

**ALEXIS LABROSSE**

**GESTION OPTIMALE DES RESSOURCES  
ET DÉVELOPPEMENT DURABLE  
POUR UNE ENTREPRISE FORESTIÈRE**

**Mémoire  
présenté  
à la Faculté des études supérieures  
de l'Université Laval  
pour l'obtention  
du grade de maître ès sciences (M.Sc.)**

**Département d'économie rurale  
Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation**

**Décembre 1998**



National Library  
of Canada

Acquisitions and  
Bibliographic Services

395 Wellington Street  
Ottawa ON K1A 0N4  
Canada

Bibliothèque nationale  
du Canada

Acquisitions et  
services bibliographiques

395, rue Wellington  
Ottawa ON K1A 0N4  
Canada

*Your file Votre référence*

*Our file Notre référence*

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

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

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-38123-4

Canada

## **RÉSUMÉ**

Si les enjeux du développement durable forestier ont été bien identifiés, les impacts financiers pour les entreprises concernées sont plus difficiles à évaluer. Dans le cadre de ce mémoire, nous avons tenté d'estimer de façon plus précise les coûts et les bénéfices possibles découlant d'une meilleure intervention en milieu forestier pour une entreprise de transformation de feuillues.

Afin d'aider le gestionnaire forestier à mieux estimer les impacts de nouvelles activités ou contraintes liées au développement durable, nous avons construit un modèle de gestion sous forme de programme linéaire. Le modèle nous indique par exemple combien l'entreprise serait disposée à investir pour une amélioration donnée de la qualité du bois. Dans une optique d'aménagement intégré et durable de la forêt, il importe que ces coûts élevés soient partagés entre les différents utilisateurs. Notre modèle de gestion a le mérite d'estimer la part que l'entreprise pourrait assumer.

## **Avant-propos**

Cette étude a débuté en janvier 1996 pour se terminer en mai 1998. Elle a été mise en veilleuse à quelques reprises pour des raisons d'ordre physiologique : manger d'abord, réfléchir ensuite.

Néanmoins, la patience et la compréhension de mes collaborateurs et mes superviseurs ont permis de bien mener l'étude à terme. Je tiens donc à remercier mon directeur Peter Calkins qui a dû composer avec mes nombreux délais, de même que monsieur Jean-Claude Mercier, qui a su apporter des conseils au niveau de la foresterie.

Je remercie également le personnel de la compagnie *Éco-Log* qui m'a permis de m'introduire dans leur établissement afin d'observer et de collecter toutes les données nécessaires à la réalisation de ce projet. La compagnie a de plus fourni une contribution financière. Je remercie aussi les intervenants de la région concernée qui m'ont fourni de précieux renseignements au niveau de la problématique générale de cette recherche.

## Table des matières

<b>Résumé.....</b>	<b>i</b>
<b>Avant-propos.....</b>	<b>ii</b>
<b>Table des matières.....</b>	<b>iii</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>vi</b>
<b>Liste des graphiques.....</b>	<b>ix</b>

### **Chapitre I : L'introduction et la problématique**

<b>1.1 <u>Introduction</u>.....</b>	<b>2</b>
1.1.1 L'écart entre les ressources et les besoins.....	3
1.1.2 L'emploi et la stabilité des revenus .....	4
1.1.3 La certification des pratiques forestières et l'aménagement intégré .....	5
1.1.4 La baisse apparente de la qualité du bois.....	7
<b>1.2 <u>Problème de recherche scientifique</u></b>	
1.2.1 Les causes possibles de ce problème.....	9
1.2.2 Le problème général de la recherche.....	10
1.2.3 Buts et objectifs de la recherche.....	11
<b>1.3 <u>L'approche et l'intérêt du sujet</u></b>	
1.3.1 L'intérêt du sujet.....	14
1.3.2 L'apport de l'économique face à ce problème de recherche.....	14
1.3.3 L'approche et le point de vue de cette recherche.....	16
1.3.4 Le plan de l'étude.....	17

### **Chapitre II : Le cadre conceptuel et la revue de littérature théorique**

#### **2.1 Revue de littérature théorique**

2.1.1 L'aménagement forestier dans l'histoire.....	20
2.1.2 La forêt et "La tragédie des communs".....	22
2.1.3 La vision écologique de la foresterie.....	23
2.1.4 La vision néoclassique de <i>l'écodéveloppement</i> .....	24
2.1.5 Durabilité et rendement soutenu.....	25

## **2.2 Les critères et les indicateurs du développement et de l'aménagement forestier durables**

2.2.1 Orientations stratégiques canadiennes.....	26
2.2.2 Les critères et les indicateurs.....	28
2.2.3 Le champ spécifique de la recherche.....	28
2.2.4 Les hypothèses et les questions de recherche.....	30

## **Chapitre III : Le cadre opératoire et la revue de littérature méthodologique**

### **3.1 Revue de littérature méthodologique**

3.1.1 La programmation linéaire.....	35
3.1.2 La programmation dynamique et le risque.....	37
3.1.3 Exemples d'application.....	38
3.1.4 Forces et faiblesses de la programmation mathématique.....	42

### **3.2 Cadre opératoire**

3.2.1 L'identification des variables générales.....	44
3.2.2 L'identification des variables spécifiques.....	46
3.2.3 L'évaluation des variables du modèle.....	48

## **Chapitre IV : Les méthodes de collecte et d'analyse des données**

### **4.1 La stratégie de collecte et d'analyse des données**

4.1.1 Les différentes étapes suivies.....	52
4.1.2 La collecte des données.....	52
4.1.3 La compilation et la stratégie d'analyse des données.....	54

### **4.2 La construction du modèle de programmation**

4.2.1 La fonction objective : Les activités formant celle-ci.....	55
4.2.2 La structure générale de la matrice.....	56
4.2.3 La prise en compte du risque.....	57
4.2.4 L'intégration d'une activité hypothétique ( <i>Am_Sylv</i> ) .....	58

### **4.3 La construction et la structure des contraintes**

4.3.1 Les contraintes d'approvisionnement.....	59
4.3.2 Les contraintes d'embauche.....	61
4.3.3 Les contraintes générales de transformation.....	62
4.3.4 Les contraintes de production au déroulage.....	65
4.3.5 Les contraintes de production au sciage.....	68
4.3.6 Les contraintes de production à la mise en copeaux.....	70
4.3.7 Les choix de transformation.....	71
4.3.8 Les contraintes reliées à la vente.....	71
4.3.9 Conclusion (concernant la construction du modèle) .....	73

## **Chapitre V : L'analyse des résultats**

### **5.1 Scénario "Référence"**

5.1.1 La solution optimale.....	76
5.1.2 Analyse du prix dual.....	79
5.1.3 Analyse de sensibilité.....	81
5.1.4 Analyse du risque.....	82
5.1.5 Conclusion.....	84

### **5.2 Scénario "Libre choix"**

5.2.1 La solution optimale.....	85
5.2.2 Analyse du prix dual.....	87
5.2.3 Analyse de sensibilité.....	88
5.2.4 Analyse du risque.....	90
5.2.5 Conclusion.....	93

### **5.3 Scénario "Aménagement sylvicole"**

5.3.1 L'activité hypothétique ( <i>Am_Sylv</i> ).....	94
5.3.2 La solution optimale.....	95
5.3.3 Analyse de la hausse de qualité.....	96
5.3.4 Analyse du prix dual.....	98
5.3.5 Analyse du risque.....	99
5.3.6 Conclusion.....	101

**Chapitre VI : Conclusion**

6.1 Évaluation de l'objectif général de la recherche.....	103
6.2 Synthèse des résultats.....	105
6.3 Portée et limite de la recherche.....	108
6.4 Suggestion et piste de recherche ultérieure.....	109
<b>Notes de renvoi.....</b>	<b>110</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>112</b>



## Liste des tableaux

### Chapitre I

Tableau 1.1 : Buts de l'entreprise et de sa région.....	<b>12</b>
---	-----------

### Chapitre II

Tableau 2.1 : But, objectifs, hypothèses de recherche et postulats.....	<b>33</b>
--	-----------

### Chapitre III

Tableau 3.1 : L'entreprise forestière et son environnement.....	<b>36</b>
Tableau 3.2 : Exemple schématique d'un modèle dynamique de programmation linéaire.....	<b>40</b>
Tableau 3.3 : Les principaux auteurs de la revue de littérature méthodologique.....	<b>41</b>
Tableau 3.4 : Les variables et les indicateurs composants le cadre opératoire.....	<b>47</b>
Tableau 3.5 : Impact espéré des investissements sur la qualité du bois.....	<b>50</b>

### Chapitre IV

Tableau 4.1 : Étapes de la collecte et de l'analyse des données.....	<b>52</b>
Tableau 4.2 : Sources de données primaires pour la construction du modèle de programmation.....	<b>53</b>
Tableau 4.3 : Approvisionnement et type de transformations.....	<b>55</b>
Tableau 4.4 : Les activités de la fonction objective.....	<b>55-56</b>
Tableau 4.5 : Structure générale de la matrice de programmation.....	<b>57</b>

## **Chapitre V**

Tableau 5.1 : Comparaison entre les résultats du scénario "Référence" et de l'année 1996-97.....	<b>77-78</b>
Tableau 5.2 : Exemples de prix dual relié aux contraintes du modèle (scénario "Référence").....	<b>80</b>
Tableau 5.3 : Exemple d'analyse de sensibilité d'une variable d'activité (scénario "Référence").....	<b>82</b>
Tableau 5.4 : Les données du graphique 5.1 et l'estimation de l'élasticité risque-revenu.....	<b>84</b>
Tableau 5.5 : Résultats sommaires du scénario "Libre choix".....	<b>86</b>
Tableau 5.6 : Réduction de coût nécessaire à l'inclusion de variables d'activité non rentables dans la solution (scénario "Libre choix" ) .....	<b>86</b>
Tableau 5.7 : Exemples de prix dual relié aux contraintes du modèle dont la valeur diffère de celle du scénario "Référence". (scénario "Libre choix").....	<b>88</b>
Tableau 5.8 : Exemples d'analyse de sensibilité d'une variable d'activité (scénario "Libre choix").....	<b>89</b>
Tableau 5.9 : Les données du graphique 5.2 et l'estimation de l'élasticité risque-revenu.....	<b>92</b>
Tableau 5.10 : Pourcentage de qualité des approvisionnements selon la provenance.....	<b>94</b>
Tableau 5.11 : Comparaison des résultats sommaires des scénarios " <i>Am_Sylv</i> " et "Libre-choix".....	<b>95-96</b>
Tableau 5.12 : Répartition de la hausse de qualité sur les produits finis (scénario " <i>Am_Sylv</i> ").....	<b>97</b>
Tableau 5.13 : Exemples de prix dual relié aux contraintes du modèle (scénario " <i>Am_Sylv</i> ").....	<b>98</b>
Tableau 5.14 : Les données du graphique 5.3 et l'estimation de l'élasticité risque-revenu.....	<b>100</b>

## Liste des graphiques

### Chapitre I

Graphique 1.1 : Évolution de la qualité des produits du bois de sciage.....	8
--	---

### Chapitre V

Graphique 5.1 : Courbe combinée du risque et du revenu (scénario "Référence").....	83
Graphique 5.2 : Courbe combinée du risque et du revenu (scénario "Libre choix" ) .....	91
Graphique 5.3 : Courbe combinée du risque et du revenu (Scénario " <i>Am_Sylv</i> ").....	99

## **CHAPITRE I**

### **L'INTRODUCTION ET LA PROBLÉMATIQUE**

#### **1.1 Introduction.**

Dans ce chapitre initial, nous introduirons la problématique de cette recherche. Le titre de ce mémoire "*Gestion optimale des ressources et développement durable pour une entreprise forestière*", suggère que la problématique soit présentée sous deux aspects particuliers. D'une part, le problème est d'ordre micro-économique, soit la gestion d'une entreprise, d'autre part, il est d'ordre macro-économique, soit le développement durable de l'économie forestière. Pour la société en cette fin de vingtième siècle, ces deux aspects sont reliés. Nous nous questionnons sur la nature de la gestion optimale pour une entreprise forestière dans un contexte de développement durable.

## **D'abord, qu'entend-t-on par développement durable ?**

Le concept de durabilité écologique et sociale du développement économique a été abordé lors de la Commission Brundtland en 1987. Le développement durable y était défini comme étant :

*"un processus dans lequel l'exploitation des ressources, la direction des investissements, l'orientation des techniques et les changements apportés à nos institutions se font de manière harmonieuse et renforcent le potentiel présent et à venir permettant de mieux répondre aux besoins et aspirations de l'humanité."*<sup>1</sup>

Les premières ébauches des principes de durabilité des forêts ont été discutées lors d'un sommet du G-7 en 1990 à Houston. De tels principes ont également été élaborés lors du Sommet de la terre tenu à Rio de Janeiro, Brésil, en 1992. Les objectifs généraux étaient de freiner le déboisement accéléré des forêts, de protéger la biodiversité et d'améliorer la gestion des forêts mondiales.

## **Qu'est-ce que le développement durable implique pour une entreprise forestière ?**

Les problèmes qui sont à la base de cette réflexion sur la durabilité concernent donc la gestion des ressources forestières. Cette gestion ne serait pas optimale, parce qu'elle négligerait le futur au profit du présent. Les ressources apparemment abondantes se détériorent et continueront de se détériorer si les pratiques de gestion et les mentalités ne changent pas. Les changements souhaitables à ce niveau risquent d'imposer de nouvelles contraintes aux entreprises forestières. C'est donc dans ce contexte que nous tenterons d'évaluer la gestion d'une entreprise. D'une part, est-ce que celle-ci tire le maximum des ressources qu'elle exploite, d'autre part, quel serait l'impact financier d'une nouvelle contrainte liée à l'aménagement forestier durable ?

La première partie de ce chapitre traitera des problèmes du milieu forestier en général. Par la suite, nous définirons plus spécifiquement les problèmes reliés à l'entreprise forestière.

### **1.1.1 L'écart entre les ressources et les besoins.**

Les raisons qui motivent les démarches visant à définir des pratiques forestières plus respectueuses de l'environnement sont nombreuses. Elles sont notamment imposées par une diminution importante des ressources naturelles combinée à une croissance de la population et de ses besoins. Donc, l'écart entre les ressources disponibles et les besoins croissants semble s'amplifier. Cette constatation alimente alors les préoccupations du public face aux problèmes de conservation et de renouvellement à long terme de ces ressources.

Nous sommes confrontés à un problème fondamental de la maximisation sous contraintes, à savoir qu'il existe des besoins à combler avec des ressources limitées. Dans ce cas, la ressource en question est la forêt. Les besoins, quant à eux, sont nombreux, différents et parfois contradictoires. La forêt est utilisée à plusieurs fins : exploitation économique de la matière ligneuse, activité de loisir et d'écotourisme, habitation du peuple autochtone. La forêt est aussi un habitat pour de nombreuses espèces et elle joue rôle dans la protection de la qualité de l'eau. La ressource forestière est donc confrontée à de nombreux besoins difficiles à concilier.

Dans ce contexte, les différents intervenants et utilisateurs du milieu forestier devront travailler conjointement afin de répondre au mieux à ces besoins, présent ou futur. Pour les entreprises forestières, cela implique une modification des modes d'exploitation afin de répondre aux besoins du

marché, dont la promotion à la fois d'une pensée écologique et d'un développement technologique.

Il devient donc primordial pour les entreprises de gérer de façon optimale les ressources auxquelles elles ont accès, afin d'assurer et de maintenir les bénéfices économiques pour les générations actuelles et futures. Dès lors, la foresterie durable devrait être le mode de développement à privilégier pour les forêts.

### **1.1.2 L'emploi et la stabilité des revenus.**

Le territoire canadien contient 10 % des forêts mondiales. Le secteur forestier joue donc un rôle de premier plan dans l'économie ; de nombreuses régions en dépendent fortement. Par exemple, dans la région choisie comme objet d'étude pour la présente recherche, le Ministère des Ressources naturelles a estimé en 1994 le taux de dépendance (en terme d'emplois générés) de la ville centre de cette région (Mont-Laurier) face à l'industrie de la transformation du bois à 60,7%. Au Canada, le secteur fournit du travail à environ 800 000 personnes. Sa contribution à la balance commerciale est supérieure à celles de l'agriculture, des pêches, de l'industrie minière et des ressources énergétiques réunies. Au Québec, on comptait en 1992 65,000 emplois directs en usine avec des livraisons atteignant près de 10 milliards de dollars. <sup>2</sup>

Il apparaît donc qu'une gestion saine du secteur forestier est nécessaire au maintien de nombreux emplois et à la viabilité des régions qui en dépendent fortement. La surexploitation de la forêt peut entraîner des problèmes similaires à la surexploitation des richesses marines (pêcheries) ; dégradation de l'environnement et de la biodiversité, rupture ou épuisement des stocks, fermeture d'usines, perte d'emplois et de qualité de vie.

Au Québec, la loi sur les forêts a été mise en application pertinemment pour éviter ce genre de problèmes. C'est-à-dire qu'elle vise un rendement soutenu

afin d'éviter les ruptures de stock et de fournir un niveau de revenu constant aux communautés qui dépendent essentiellement du secteur forestier. La politique de rendement soutenu suggère aux entreprises un ensemble de procédures et de méthodes à suivre au niveau de l'aménagement forestier (coupe et sylviculture). Toutefois, cette politique se rapporte surtout au développement des matières ligneuses et n'intègre pas l'ensemble des ressources de façon suffisante comme par exemple, le maintien de la biodiversité.

### **1.1.3 La certification des pratiques forestières et l'aménagement intégré.**

L'exploitation forestière est donc soumise à de nombreuses pressions. Ces pressions proviennent des différents utilisateurs de la forêt, des groupes ou institutions écologiques et environnementales et finalement, du commerce local et international.

Au niveau local, les consommateurs réclament de plus en plus des produits qui sont exploités tout en respectant l'environnement et par le fait même, leur qualité de vie. On peut penser par exemple aux tomates biologiques, aux poulets de grain ou encore aux thons non capturés avec des filets (sauvegarde des dauphins). Le marché s'adapte donc en conséquence et développe de nouveaux procédés et de nouvelles normes de qualité. Ces normes de qualité deviennent de plus en plus nécessaires lorsque les producteurs locaux veulent accéder aux marchés internationaux.

La mondialisation du commerce entraîne une libéralisation des échanges, mais aussi une hausse des normes de qualité pour les produits échangés.

Dans ce contexte, les entreprises forestières soucieuses d'assurer leur part du marché international devront entreprendre des démarches visant à



obtenir la certification pour l'aménagement forestier durable. Pour ce faire, elles devront se pencher sur les deux grands aspects suivants :

**i- La mise en place des critères de qualité permettant la certification des pratiques** (Normes de qualité totale ISO 9000) et de qualité internationale (ISO 14000).

La certification est un processus volontaire qui vise plusieurs objectifs :

- Assurer par l'intermédiaire du marché, le développement des pratiques forestières qui respectent l'intégrité des écosystèmes.
- Transmettre certaines responsabilités des gouvernements aux marchés.
- Répondre aux besoins des consommateurs.
- Intégrer un paramètre comme la biodiversité à l'intérieur du prix du bois. Autrement dit, les coûts environnementaux liés au maintien de la biodiversité seraient considérés et pourraient engendrer des prix plus élevés. (Pour plus de détails sur ce sujet, référez-vous à la section 2.1.4)

**ii- L'aspect aménagement intégré avec les autres utilisateurs.**

L'aménagement intégré vise à répartir l'utilisation entre l'exploitation des matières ligneuses et les autres activités sociales, récréatives et touristiques, tout en respectant les fonctions écologiques de la forêt. Comme il a été mentionné lors du 10e Congrès forestier mondial (Paris, 1991) :

*"Aménagée de la sorte, une forêt non seulement produira du bois d'œuvre sur une base durable, mais continuera à fournir à ses habitants et à ceux qui vivent aux alentours du bois de feu, des aliments et d'autres biens et services. En outre, elle maintiendra son rôle dans la conservation des ressources génétiques et de la diversité biologique ainsi que dans la protection de l'environnement."*<sup>3</sup>

En résumé, le milieu forestier est forcé de modifier sa mentalité et ses pratiques, étant donné l'écart croissant entre les besoins et les ressources, la sensibilité accrue de la population face aux problèmes environnementaux, la mise en place de normes de qualité au niveau du marché local et international.

#### **1.1.4 La baisse apparente de la qualité du bois.**

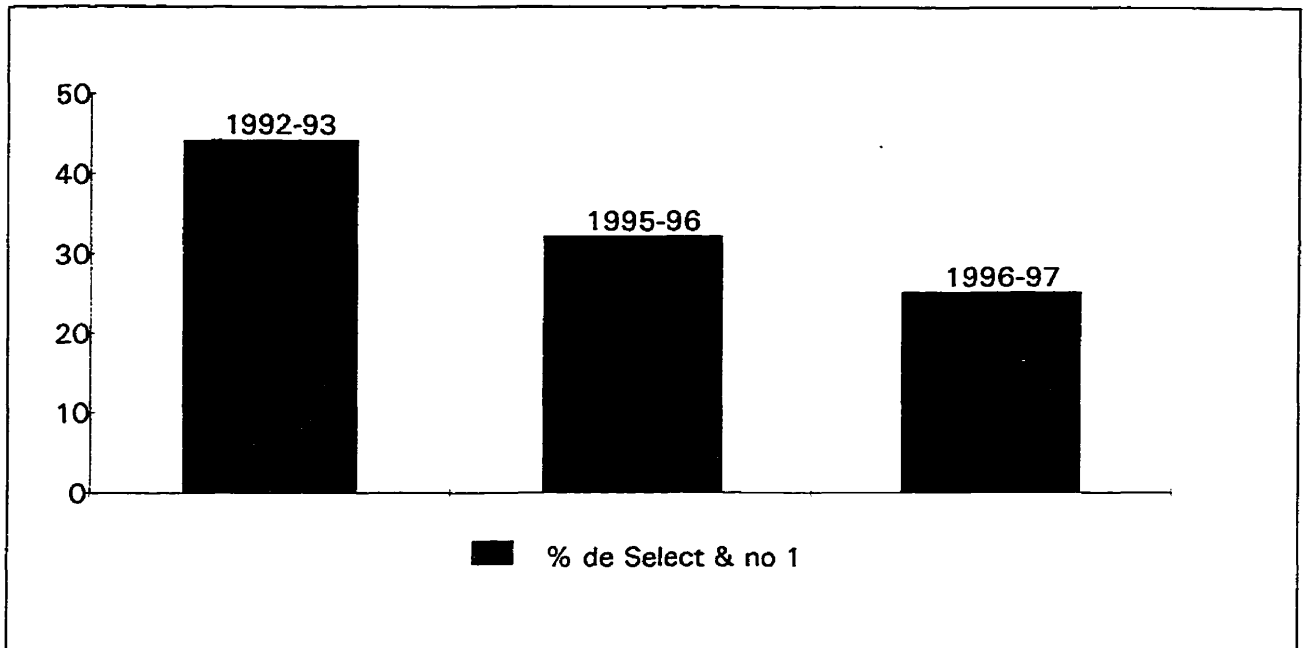
Le problème de rareté des ressources forestières se manifeste surtout au niveau des billes de qualité supérieure. Avant l'entrée en vigueur de la loi québécoise sur les forêts (1986), les exploitants forestiers pouvaient se contenter de couper les billes de meilleure qualité, en laissant la mauvaise qualité sur le terrain. Comme le constate Roma Dauphin (1994), ils ne considéraient pas le problème de rareté des ressources :

*" Avant 1970, la forêt vierge québécoise a été traitée comme si elle était un stock inépuisable."*<sup>4</sup> Aujourd'hui, les exploitants sont soumis à des restrictions qui les obligent à laisser une partie des arbres de meilleure qualité sur chaque zone de coupe utilisée. À court terme, cette mesure peut entraîner une baisse de la qualité des approvisionnements des exploitants. Cela semble être le cas de l'usine sous étude dans le présent projet de recherche.

L'entreprise qui constitue le sujet de cette étude se situe dans le district Antoine-Labelle, dans les Laurentides. Nous lui attribuons le nom fictif "Éco-Log" pour des raisons de confidentialité. Elle exploite essentiellement des feuillus : Bouleau, érable, merisier, chêne, tremble, qu'elle transforme en sciages, en placages et en copeaux. Environ 70% de ses approvisionnements proviennent de la forêt publique, le reste provenant de la forêt privée. Nous ignorons à quel point cette entreprise a pu respecter les prescriptions d'aménagement visant un rendement soutenu, mais nous savons qu'elle a

subit une diminution apparente de qualité de ses approvisionnements au cours des trois dernières années. Par exemple, au niveau des produits du sciage, le pourcentage moyen des grades no 1 commun & meilleur est passé de 44,3% pour l'année 1992-93 à 25,2 % pour l'année 1996-97 (graphique 1.1).

**Graphique 1.1 : Évolution de la qualité des produits du bois de sciage**



Le gestionnaire de l'entreprise pense que la qualité devrait s'améliorer dans les prochaines années, mais cette affirmation ne repose sur aucune base solide. D'autres intervenants de la région ont une opinion différente, et rien ne garantit que la qualité sera meilleure au cours des prochaines années (de la présente rotation de 25 ans). Les effets escomptés des travaux sylvicoles ne se manifesteront pas avant la prochaine rotation, qui débutera vers l'an 2010.

L'objectif du gestionnaire forestier consiste à répartir son intervention dans l'espace et dans le temps de façon à avoir un approvisionnement stable (en

quantité et en qualité) au cours des ans et donc un rendement économique et financier stable. Le plan général est construit sur la base d'une rotation de 25 ans, assorti de plans quinquennaux et annuels d'aménagement.

## **1.2 Problème de recherche scientifique.**

Le problème de départ identifié dans le cas de l'entreprise *Éco-Log* est donc une baisse de qualité des produits finis, particulièrement au niveau du sciage. Cette baisse de qualité entraîne nécessairement une baisse de la valeur des produits concernés.

### **1.2.1 Les causes possibles de ce problème.**

D'abord, évoquons quelques causes possibles de la baisse de la qualité et de la valeur du bois. Ces causes se regroupent sous trois rubriques : A- gestion ; B- législation ; C- état de la forêt.

#### **A. Gestion :**

D'abord, sur le plan de l'aménagement, une connaissance insuffisante de la forêt affecte la précision des plans et la répartition de la qualité dans l'espace et dans le temps.

Au niveau de l'entreposage, la qualité du bois diminue avec la durée de celui-ci, surtout en été à cause de l'exposition au soleil. Il faut donc s'assurer que l'on gère efficacement les stocks de bois et il faut éviter de s'approvisionner à certaines périodes de l'année. De plus, la façon de couper l'arbre influence son degré de conservation.

En ce qui concerne la production et la vente, il est possible que le gestionnaire actuel ne maximise pas la valeur du produit transformé et ce, pour deux raisons. D'abord, la répartition des activités de production n'est

pas optimale. Ensuite, la fixation des prix et des décisions de vente manquent d'acuité, notamment parce que les coûts généraux (fixes et variables) pour évaluer la contribution d'un produit ne fournissent pas de bons signaux à court terme.

### **B. Législation :**

Les lois actuelles obligent les exploitant forestiers à couper aussi les tiges de moins bonne qualité, diminuant ainsi le pourcentage de meilleure qualité.

### **C. État de la forêt :**

Un mauvais traitement ou une surexploitation des meilleures billes au cours des rotations précédentes réduit la disponibilité de la qualité supérieure.

### **1.2.2 Le problème général de la recherche.**

Dans cette étude, nous n'allons pas évaluer les causes de ce problème, mais plutôt les impacts financiers découlant de l'instabilité de la qualité du bois et d'une intervention hypothétique visant à atténuer ce problème. Nous reviendrons plus tard sur ces points, mais précisons d'abord la situation de départ et celle que l'on souhaiterait atteindre :

#### **Situation de départ insatisfaisante pour l'entreprise et sa région :**

Premièrement, comme nous l'avons déjà constaté, la qualité du bois semble de prime abord à la baisse.

Deuxièmement, la connaissance objective détaillée et ce à jour de la qualité et de la quantité des ressources forestières est insuffisante et constitue la plus grande contrainte du gestionnaire forestier. Troisièmement, le niveau d'emplois régional est insuffisant. Il importe donc de maintenir et de

développer les activités forestières, sans pour autant négliger la croissance et le développement des autres secteurs d'activités.

**La situation d'arrivée désirable concerne ces aspects :**

On souhaite améliorer les revenus nets de l'entreprise et contribuer à une croissance des revenus régionaux. Par le fait même, on souhaite créer plus de certitude dans les emplois, vu le taux élevé de sans emploi de la région. L'entreprise souhaite réduire le risque financier relié à la qualité et à la valeur du bois. Elle espère améliorer la qualité de ses approvisionnements, en tenant compte des objectifs de l'aménagement forestier et du développement régional durable.

Étant donné la situation telle que décrite, le problème général pour l'entreprise "Éco-Log" peut se formuler de cette façon :

*Quelle est la façon économiquement la plus efficace de respecter les contraintes de durabilité, de risque financier, d'incertitude dans la qualité des approvisionnements, des besoins des autres utilisateurs de la forêt et de la dépendance économique régionale sur la transformation du bois ?*

**1.2.3 Buts et objectifs de la recherche.**

Maintenant que nous avons formulé le problème général, nous spécifions les buts et les objectifs de cette recherche.

**A. Les buts**

Par cette étude, nous voulons contribuer à l'amélioration de la gestion optimale des ressources de l'entreprise dans une optique d'efficacité économique et écologique. Nous traitons ici des buts que l'entreprise et sa

région souhaitent atteindre par rapport au problème général. L'entreprise vise d'abord la maximisation de ses profits. Elle vise une répartition du risque et de la qualité des approvisionnements dans le temps de façon à générer des revenus annuels stables. Elle doit aussi viser une certification de ses pratiques forestières, afin de maintenir ou augmenter sa part de marché dans le futur.

Pour la région, il faut assurer des revenus et des emplois substantiels et permettre à l'ensemble des utilisateurs de bénéficier des richesses de la forêt. Le tableau suivant met en relation les buts de l'entreprise et sa région, ainsi que les outils ou les moyens qu'elles pourraient utiliser pour les atteindre.

**Tableau 1.1 : Buts de l'entreprise et de sa région.**

Buts de l'entreprise	Buts de la région	Outils et moyens
<b>Revenus maximisés</b>	<b>Profits maximisés</b>	<b>Gestion optimale</b>
<b>Revenus stables</b>	<b>Répartition du risque</b>	<b>Aménagement et Connaissance de la Forêt</b>
<b>Emplois soutenus</b>	<b>Qualité et niveaux des Approvisionnements</b>	<b>Sylviculture</b>
<b>Maintien des ressources forestières</b>	<b>Certification des Pratiques Forestières</b>	<b>Respect de l'environnement Aménagement intégré des ressources</b>

## **B. Les objectifs**

Nos objectifs, bien qu'ils se limitent à l'entreprise à l'étude, considèrent que les agissements de celle-ci ont nécessairement un impact régional. L'aménagement durable et intégré des ressources forestières impliquent une collaboration entre les différents intervenants et utilisateurs de la forêt.

### **Objectif général :**

Notre principal objectif consiste à construire un outil de gestion et de planification supplémentaire pour une entreprise de transformation forestière type, afin de permettre à son gestionnaire de prendre des décisions éclairées à court terme, et de prévoir les impacts économiques et écologiques des décisions à moyen et à long terme.

### **Objectifs spécifiques :**

Par la construction de ce modèle de gestion, nous poursuivons quatre sous-objectifs :

- 1- Estimer le revenu maximal espéré et la répartition optimale des activités de l'entreprise.
- 2- Estimer le risque relié à la qualité/valeur du bois, sous forme de déviateurs selon trois états (bon, moyen, piètre) du bois.
- 3- Estimer la variation des revenus, des activités de production et de vente, suite à une hausse des investissements dans la sylviculture et l'information (la connaissance de la forêt).



4- Évaluer le partage efficace et équitable, entre l'usine et la société, des coûts d'une exploitation durable des ressources forestières.

### **1.3 L'approche et l'intérêt du sujet.**

Dans cette section, nous discutons de l'intérêt du sujet choisit, ainsi que de l'approche générale de cette recherche face à celui-ci.

#### **1.3.1 L'intérêt du sujet.**

Ce sujet est d'abord et avant tout justifié par des considérations environnementales. Nous avons présenté au début de ce chapitre que la pression qui est exercée sur les ressources forestières est croissante, ce qui a alimenté une réflexion portant sur le développement économique durable et le maintien à long terme des ressources. Dans cette optique, nous espérons que cette étude pourra à tout le moins sensibiliser davantage les preneurs de décisions, face à un problème dont les remèdes entraînent peu de bénéfices à court terme, mais davantage pour les générations futures. De façon plus pratique, nous souhaitons développer un outil supplémentaire de gestion qui permettra d'optimiser l'utilisation des ressources forestières et d'évaluer plus précisément les impacts possibles d'une gestion plus saine de ses ressources. Cette gestion passera par la possibilité d'ajouter une activité supplémentaire d'aménagement sylvicole et d'amélioration de la connaissance de la forêt, en autant que cette activité ne soit pas totalement assumée par l'entreprise.

#### **1.3.2 L'apport de l'économie face à ce problème de recherche.**

Ce problème de recherche relève fondamentalement de la science économique. En effet, celle-ci a pour objectif de maximiser le bien-être des

individus qui ont des besoins sans cesse croissants mais des ressources limitées. Dans notre cas, la ressource limitée est la forêt. Les besoins croissants proviennent des entreprises forestières, mais aussi des autres utilisateurs de cette forêt. La science économique, avec ses théories, ses outils et ses approches, cherche donc à évaluer de quelles façons on pourrait tirer le maximum de bénéfices de cette ressource forestière dans le but de combler au mieux les besoins des individus. L'entreprise forestière, quant à elle, souhaite surtout maximiser ses profits. Par contre, ceux qui utilisent la forêt pour des fins récréatives souhaitent plutôt améliorer leur bien-être. On pourrait alors se demander lequel de ces objectifs est prioritaire ? La science économique peut-elle répondre à cela ?

Théoriquement, son objectif est de maximiser les bénéfices de toutes formes provenant des ressources rares, étant donné les préférences des individus. Si les individus ne souhaitent pas utiliser la forêt à des fins de loisirs, la science économique ne tiendra pas compte de ce type d'activité. C'est donc une question de choix sur lequel l'économique n'a pas à se prononcer.

Le champ spécifique de cette étude concerne d'abord la maximisation des revenus de l'entreprise. Toutefois, nous nous intéressons également aux externalités positives et négatives engendrées par l'exploitation de la forêt par l'entreprise. Pour illustrer ce cas, lorsque l'entreprise forestière procure des emplois et des revenus à la région, elle peut engendrer des retombées économiques positives; comme par exemple des emplois additionnels dans le secteur des services. Par contre, lorsque celle-ci cause des torts à l'environnement, elle engendre alors des externalités négatives. Par conséquent, le champ de cette étude s'intéresse aussi à ces externalités, dans la mesure où celle-ci pourrait aider le gestionnaire à agir de façon à engendrer plus d'externalités positives que négatives. Le bilan de tout cela

concerne le bien être de la population de la région concernée. Le bien-être de la population est par définition, l'objet principal de la science économique.

### **1.3.3 L'approche et le point de vue de cette recherche.**

Lorsque la science économique aborde un problème, elle peut prendre différentes approches et différents points de vue. Elle peut regarder le problème sous l'angle macro-économique, micro-économique ou encore méso-économique. Cette étude regarde surtout le problème de l'angle micro-économique. C'est-à-dire qu'elle concerne avant tout un seul producteur qui souhaite maximiser ses revenus. Toutefois, les agissements de cette entreprise se répercutent sur sa région et sa communauté. On prend alors l'angle méso-économique, c'est-à-dire que l'on s'intéresse à un secteur particulier (production forestière) pour une région et sa communauté. De l'angle macro-économique, nous aurions alors considéré l'ensemble des entreprises forestières de la province ou du pays.

Par contre, lorsqu'il est question de préservation des ressources forestières, le problème concerne alors la planète, ce qui fait que les agissements d'un producteur d'une région sur ces ressources ne doivent pas être considérés isolément. Ce qui veut dire que nous touchons, de façon indirecte, à un problème qui peut aussi s'analyser du point de vue macro-économique.

En ce qui concerne l'approche, la science économique se veut normative ou positive dans ses finalités. Elle est normative lorsqu'elle tente d'indiquer aux agents différentes solutions ou différents choix optimaux, sans toutefois se prononcer sur la solution à retenir. Elle ne porte pas de jugement sur deux choix considérés optimaux. L'analyse des résultats du modèle de gestion que nous allons construire adopte aussi cette approche dans un premier temps. Nous tentons d'estimer la stratégie optimale de l'entreprise, mais nous ne

formulons pas de recommandations particulières par rapport à celle-ci. Par exemple, si l'exploitation de l'érable et du chêne présente des bénéfices semblables, nous n'allons pas recommander l'une ou l'autre de ces essences. Le choix revient au gestionnaire.

Par contre, lorsque nous intégrons une activité hypothétique d'aménagement forestier amélioré dans le modèle, nous portons une attention particulière aux problèmes environnementaux. L'approche de l'étude devient alors positive, parce que nous choisissons de traiter un problème plutôt qu'un autre. Nous aurions pu, à la place, simuler le modèle en considérant des machines plus performantes dans les usines. Nous aurions alors porté une attention particulière aux problèmes de productivité des équipements, ce qui n'est pas le cas. Nous prenons position en faveur d'une meilleure intervention sur l'environnement.

#### **1.3.4 Le plan de l'étude.**

Cette étude débutera par la présentation du cadre conceptuel et de la revue de littérature théorique (chapitre II). Avec cette section, nous voulons préciser ce qu'implique le développement durable de façon générale et ce qu'il implique au niveau de l'aménagement forestier de façon spécifique. Nous préciserons alors sous quel angle cette étude se positionne et quels sont les concepts plus particuliers sur lesquels elle se réfère. Avec la revue de littérature, nous cherchons aussi à savoir si le sujet abordé a déjà été traité auparavant.

Une fois que nous aurons précisé le cadre conceptuel, nous allons formuler les questions de recherche et les hypothèses à évaluer. Ensuite, nous indiquerons la méthode retenue pour évaluer ces questions et hypothèses. Cette méthode choisie, qui est la programmation linéaire, fera aussi l'objet d'une revue de littérature à travers de laquelle nous voulons illustrer la

pertinence de cette dernière dans notre cas. Suivra le cadre opératoire, dans lequel nous définissons les principales variables, dépendantes et indépendantes, qui seront mises en relation dans notre étude ou dans notre modèle de gestion (chapitre III).

La section suivante traitera de la méthode de collecte de données et de la stratégie d'analyse que nous avons suivie (chapitre IV). Au cours de ce chapitre, nous expliquerons en détail la construction de la structure du modèle de gestion ainsi que des coefficients reliés aux différentes activités ou contraintes de ce modèle. Nous procéderons ensuite à l'analyse des résultats (chapitre V). Le modèle sera évalué alors à travers trois scénarios différents. Finalement, la conclusion suivra au chapitre VI.

## **CHAPITRE II**

### **LE CADRE CONCEPTUEL ET LA REVUE DE LITTÉRATURE THÉORIQUE**

#### **Introduction**

Dans ce chapitre, nous définissons le cadre conceptuel de cette étude. Au niveau théorique, nous abordons le concept de développement durable et plus particulièrement d'aménagement forestier durable. Nous précisons la portée de nos analyses par rapport à ces concepts, en présentant les critères et les indicateurs du développement durable sur lesquels nous nous référons. Nous formulerons ensuite les questions de recherche et les hypothèses à évaluer.

Nous traiterons ensuite de la revue de littérature méthodologique. Celle-ci portera sur l'outil d'analyse que nous avons retenu qui est la programmation linéaire. Nous discuterons de la pertinence de cette méthode à travers quelques exemples d'application, puis nous ferons ressortir les forces et les faiblesses de cette méthode.

## **2.1 Revue de littérature théorique.**

### **2.1.1 L'aménagement forestier dans l'histoire.**

Si le concept d'aménagement durable de la forêt a été "popularisé" lors du sommet de la terre de Rio en 1992, son origine date de plusieurs siècles. Déjà au XIV<sup>e</sup> siècle en France, on était préoccupé par des pénuries de bois de grande taille servant notamment à la construction des bateaux :

*« Les rois cherchaient en effet à avoir du bois pour la marine, (...), et des dispositions d'aménagement et de gestion des forêts étaient nécessaires pour qu'il ne soit pas trop difficile, (...), de trouver les pièces parfois très grandes qui étaient nécessaires. »<sup>5</sup>*

Deux Ordonnances au cours de ce siècle prescrivait des règles précises à suivre pour l'exploitation forestière. Par exemple, l'ordonnance de Brunoy de Philippe VI de Valois le 29 mai 1346 est décrite par Bechmann :

*« Les agents des Eaux et Forêts sont, en particulier, chargés de visiter tous les espaces boisés, d'y enquêter et de les faire exploiter dans le but, notamment, que les dites forestz se puissent perpétuellement soustenir en bon état. »<sup>6</sup>*

L'Ordonnance de Charles V en 1376 est formé de 52 articles et prescrit différentes techniques sylvicoles visant notamment à assurer la pousse d'arbres de grande taille et de grande qualité :

*« Les boys et forestz où il y a beaulx arbres et nobles, convenables pour ouvrer et faire édifice... Sy les beaulx arbres sont trop espès, on osterà les moins suffisans et seront lessez les meilleurs, plus au cler, pour qu'ils aient plus de nourriture. »<sup>7</sup>*

Par ailleurs, la chasse qui constituait le principal loisir de la noblesse et du roi, a conduit ce dernier à réserver des espaces prévues à cette fin et à prescrire des mesures tenant compte de cette activité :

*« Le taillis sous futaie, compromis entre les besoins du bois de chauffage et de carbonisation, et les besoins de bois d'oeuvre, fut une formule qui se dégagèa comme compatible aussi avec l'organisation des chasses royales. »<sup>8</sup>*

La rareté des arbres de meilleures qualités a forcé les producteurs à rationaliser leurs opérations de façon à tirer le maximum des ressources disponibles :

*« Les forêts éclaircies du continent », écrit Viollet-Le-Duc,  
« ne fournissaient plus de ces arbres deux fois séculaires et assez  
grande quantité pour que les constructeurs ne fussent pas obligés  
de remplacer le volume de bois par un judicieux emploi de leur  
qualité. »<sup>9</sup>*

Ainsi, l'architecture des grandes cathédrales a dû s'adapter à la disponibilité du bois.

Nous constatons donc, avec ce bref survol historique, que les problèmes reliés à la durabilité des forêts ne datent pas d'hier. Les mêmes problèmes semblent se répéter. C'est-à-dire que l'on surexploite les ressources avec l'idée qu'elles sont abondantes et inépuisables, afin de maximiser les profits à court terme. Puis, quand la rareté commence à se manifester clairement, des dispositions sont alors prises pour améliorer l'exploitation, pour répondre aux besoins en bois de qualité, et pour préserver la ressource.

Le principe de rendement soutenu, sur lequel repose la Loi québécoise des forêts, semble se trouver dans l'ordonnance de Brunoy de Philippe VI de Valois le 29 mai 1346 mentionné ci-haut. On retrouve aussi le principe d'aménagement intégré de la forêt. C'est-à-dire que la forêt est gérée de façon à répondre à différents types de besoins. Nous constatons dans une autre citation que le "tallis sou futaie" tente de concilier les besoins en bois de chauffage et en bois d'œuvre. Il est aussi question dans cette citation d'un aménagement tenant compte des activités de chasse de la royauté. L'aménagement intégré actuel veut aussi concilier les différents besoins en bois, ainsi que les activités de loisirs qui s'y pratiquent.



### **2.1.2 La forêt et "La tragédie des communs."**

La presque totalité (environ 90%) de l'espace forestier canadien est dite publique, c'est-à-dire qu'elle appartient à l'état et que tous les Canadiens devraient y avoir accès en principe. Cette ressource commune est toutefois exploitée en partie par des propriétaires privés. Hardin (1968) présenta une vision de la gestion des ressources qu'il appela "*La tragédie des communs*". Pour illustrer cette vision dans le cas d'une forêt, imaginons un territoire limité partagé par un grand nombre d'exploitants qui veulent chacun maximiser leurs profits nets individuels. Puisque chaque exploitant agit pour lui-même, le taux d'escompte qu'il affecte à la préservation des ressources forestières dans l'avenir est très élevé. Il tentera donc de couper dès aujourd'hui les plus beaux arbres et de laisser les moins beaux aux autres. Le résultat paradoxal en est que certains exploitants, sinon la totalité, seront pénalisés et l'état de la forêt sera détérioré. Selon Hardin, le concept du développement durable exige un esprit de communauté, un taux d'escompte faible pour l'avenir et donc la possibilité que des normes communautaires évoluent quant à l'exploitation soutenable de la forêt. Seulement si ces conditions sont réunies peut-on espérer qu'une série de générations disposant d'un territoire et de ressources limitées les exploitent sans pénaliser les générations futures. Notons toutefois que le cas illustré par Hardin s'applique à une ressource dont la propriété est commune, alors que la forêt publique canadienne est propriété étatique. Les lois gouvernementales devraient donc contraindre les exploitants de façon à permettre cette durabilité des ressources.

### **2.1.3 La vision écologique de la foresterie.**

Pour les écologistes, il est certain que les méthodes actuelles de gestion des forêts conduisent à un dépérissement de celles-ci : « *L'état de nos forêts va assurément se détériorer dans le temps si on maintient les attitudes et les pratiques de gestion actuelles.* »<sup>10</sup> Non seulement la gestion est inadéquate mais surtout, l'attitude et la mentalité des gens doivent changer si on veut résoudre les problèmes actuels : « *Changer nos attitudes et nos modes de pensée veulent dire que nous devons accepter que nous-mêmes, en tant que consommateurs de produits, sommes le problème et que, du fait même nous en sommes la solution.* »<sup>11</sup>

Pour améliorer la connaissance des écosystèmes, il faudrait que les inventaires forestiers portent davantage sur la biodiversité plutôt que de s'en tenir au stock des matières ligneuses disponibles : « *La plupart des inventaires sont surtout orientés par des soucis économiques de court terme.* »<sup>12</sup>

Les écologistes suggèrent donc aux consommateurs et aux producteurs de changer leur façon de penser et leurs habitudes. En un sens, ils veulent responsabiliser le consommateur qui est la source de la demande pour des produits qui ne seraient pas respectueux de l'environnement. Le problème, c'est que les produits certifiés biologiques, par exemple, sont plus coûteux. Par conséquent, le consommateur peut être à la fois soucieux de l'environnement et à la fois incapable de se payer ce genre de produit.

Du côté du producteur, les écologistes souhaiteraient que ces derniers procèdent à des inventaires forestiers plus complets, permettant d'améliorer la connaissance de la forêt et son écosystème. Cette connaissance améliorée pourrait guider une intervention plus saine et plus durable. Par exemple, dans la région à l'étude, des mesures ont été prises pour tenter d'assurer la

survie du cerf de Virginie. Toutefois, les impacts de ces mesures ne sont pas connus de façon précise, pour l'instant.

Pour motiver le producteur à améliorer sa connaissance de la forêt et ses pratiques, il faudrait nécessairement qu'il puisse en tirer des bénéfices. C'est pour cette raison que notre modèle de gestion tentera de simuler une activité sylvicole permettant d'obtenir une meilleure qualité d'approvisionnement. La nature de cette activité sera précisée ultérieurement.

#### **2.1.4 La vision néoclassique et l'écodéveloppement.**

La vision purement économique du courant de pensée dit " néoclassique " de l'exploitation forestière a conduit à confondre croissance économique et développement véritable. La recherche de profits à court terme dans une perspective de ressources abondantes a provoqué une surexploitation et une détérioration de celles-ci. Dans ce cas, on devrait plutôt parler de mal-développement qui est *« l'aboutissement d'une croissance mimétique qui se crée dans l'inégalité sociale et régionale qui entraîne souvent la détérioration de l'environnement. »*<sup>13</sup>

L'échec de l'économie a ce niveau concerne les externalités négatives qui n'ont pas été considérées directement dans l'évaluation du produit national brut. Ainsi, les coûts privés ne reflètent pas les coûts sociaux : *« L'échec de la politique économique en foresterie peut être en partie attribué à la divergence entre coûts privés et sociaux. »*<sup>14</sup>

Situé entre " l'économisme dur " et " l'écologisme radical ", *l'écodéveloppement*, tel que défini et promu par Ignacy Sachs, cherche un compromis qui permet l'exploitation des ressources dans un respect de l'environnement. Pour atteindre ce type de développement, il faut réduire ou

annuler l'écart entre les coûts privés et les prix sociaux, de façon à intégrer les externalités négatives :

*« Ceux qui détruisent les forêts et jouissent de bénéfices privés ne paient pas à la société le plein coût de leurs actions. Ces actions résultent souvent en une érosion du sol, en une perte de biodiversité ou en un échappement de dioxydes carboniques suite à des feux de forêt. Il serait probablement nécessaire d'internaliser une partie de ces externalités. »<sup>15</sup>*

On souhaiterait donc que ceux qui tirent profits des ressources en paient le coût réel. Ce coût réel devrait alors englober une partie des externalités négatives, telle la détérioration de l'environnement. Par contre, une hausse des coûts d'exploitation exercerait probablement une pression à la hausse sur les prix de vente, du moins à court terme.

### **2.1.5 Durabilité et rendement soutenu.**

Le développement économique durable, rappelons-le, devrait répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. Le concept d'aménagement forestier durable, tel que définit par l'Association Canadienne des Normes (ACN), dit notamment que : *« En raison de leur dynamisme naturel, les écosystèmes forestiers sont en constante évolution. L'aménagement forestier durable tente d'en maintenir la structure, la fonction et l'évolution naturelle »<sup>16</sup>*

Dans la littérature anglophone, on retrouve ce concept sous la nomination de " *sustainable forestry* ". Dans le cas de l'aménagement intégré de la forêt, on retrouve le " *complete forest concept* " qui se définit comme suit : *« Le concept de la foresterie complète constitue une perspective philosophique de la recherche forestière qui reconnaît toutes les activités, partant de la semence et allant jusqu'au consommateur final, comme faisant partie d'une filière intégrée. »<sup>17</sup>*

Toutefois, le concept de durabilité peut signifier plusieurs choses dépendant du contexte et des priorités et besoins de la population :

*« On peut toutefois l'assimiler à un processus de développement impliquant des changements de production ou de distribution des biens et services souhaitables qui résultent en un niveau plus élevé et plus soutenable de bien-être pour une population donnée. Le concept de bien-être est extrêmement complexe, car il revêt différentes significations et connotations... »<sup>18</sup>*

Le rendement soutenu est défini dans l'article 45 du Manuel d'aménagement forestier québécois :

*« La possibilité annuelle de coupe à rendement soutenu correspond au volume maximum des récoltes annuelles de bois que l'on peut prélever à perpétuité dans un territoire donné sans diminuer la capacité productive du milieu forestier. »<sup>19</sup>*

*« La possibilité à rendement soutenu d'un territoire pour une essence (ou groupe d'essences) donnée est évaluée sur un horizon de 120 à 150 ans en tenant compte, entre autres de l'évolution naturelle de la forêt et de l'effort escompté des différents traitements sylvicoles. »<sup>20</sup>*

## **2.2 Critères et indicateurs du développement et de l'aménagement forestier durables.**

### **2.2.1 Orientation stratégique canadienne.**

L'aménagement forestier durable est au centre des préoccupations du secteur forestier canadien. Afin de faire face à ces enjeux, Le Conseil canadien des ministres des forêts du gouvernement fédéral a défini les principes et les critères du développement durable forestier dans un document intitulé "*Durabilité des forêts, un engagement canadien*" publié en mars, 1992. Nous présentons ci-après de façon télégraphique quelques-unes des orientations stratégiques de ce document qui concernent la présente recherche :

### **Optimisation :**

*« Un aménagement forestier durable reconnaît la capacité d'une forêt de soutenir un éventail de valeurs et fixe des objectifs d'utilisation optimale. »*

Notre modèle de gestion va justement tenter d'estimer la stratégie optimale pour l'entreprise, au niveau de la transformation en usines.

### **Compétitivité et marchés :**

*« Le recours à des pratiques d'exploitation et à des procédés de fabrication respectueux de l'environnement rend le Canada plus capable d'écouler ses produits et ses services sur les marchés intérieurs et extérieurs. »*

Autrement dit, la certification des pratiques forestières, une sylviculture mieux élaborée ou encore une amélioration de la connaissance de la forêt entraînent des coûts supplémentaires mais présentent également des avantages, comme celui de pouvoir accéder aux marchés extérieurs.

### **Développement régional :**

*« Une économie forestière en santé est essentielle à la viabilité et à la stabilité des collectivités qui vivent de la forêt. »*

*« On doit assurer des avantages économiques stables aux communautés, aux familles et à tous les Canadiens qui dépendent de la forêt pour leur subsistance et leur mode de vie. »*

Dans notre cas, la région à l'étude est économiquement dépendante des richesses forestières qu'elle exploite.

## **Recherche forestière :**

*« Un engagement ferme et soutenu en recherche forestière et en matière d'application efficace des résultats de la recherche est essentiel au maintien des avantages écologiques, économiques, sociaux et culturels que l'on tire de la forêt. »*

### **2.2.2 Les critères et les indicateurs.**

En se basant sur ces orientations générales, différents organismes comme l'ACN, le Forest Stewardship Council, Le Processus de Montréal, ont tenté de préciser davantage les critères en leur rattachant des indicateurs mesurables. D'abord, un critère représente une catégorie de conditions ou de processus essentiels qui permettent d'évaluer l'aménagement forestier durable. Le critère se caractérise par un ensemble d'indicateurs connexes, contrôlés périodiquement afin d'évaluer le changement.

L'objectif de ces organismes est de prescrire une démarche à suivre pour obtenir la certification de qualité et de durabilité parce qu'au niveau du marché mondial, de nouvelles certifications ISO 9000 (normes de qualité totale) et ISO 14000 (normes internationales) en foresterie devront être respectées.

### **2.2.3 Le champ spécifique de la recherche.**

Afin de préciser et de délimiter notre champ d'action concernant l'aménagement forestier durable, nous avons retenu le sixième critère défini par Le Processus de Montréal qui est le suivant :

*« Maintien et accroissement des avantages socio-économiques à long terme pour répondre aux besoins de la société. »*

Ce critère s'évalue à partir de nombreux indicateurs, dont trois concernent particulièrement cette étude. Le premier, qui concerne la production, est formulé comme suit :

*« La valeur et le volume de la production de bois et de produits du bois, y compris la valeur ajoutée tout au long de la transformation en aval. »<sup>21</sup>*

Par rapport à ce critère, notre modèle estime l'espérance de revenus étant donné un volume et différentes qualités de bois.

Le second critère s'intéresse aux investissements forestiers :

*« La valeur des investissements, y compris dans la sylviculture, la santé et l'aménagement des forêts plantées, la transformation du bois ... »<sup>22</sup>*

Face à critère, notre modèle cherche à préciser les impacts d'un investissement supplémentaire dans ce genre d'activité.

Le troisième se rapporte à l'emploi et les besoins communautaires :

*« Le nombre d'emplois directs et indirects dans le secteur forestier et le pourcentage de ces emplois relativement à l'emploi total. »<sup>23</sup>*

Pour ce critère, le modèle totalise le nombre d'heures de travail requises pour transformer une quantité donnée de bois.

Nous présentons ces critères afin de justifier la pertinence de cette étude, autant pour les besoins de l'entreprise que pour ceux de la société.

Ce ne sont pas des critères que nous mesurons directement, mais nous tentons d'évaluer ou de mesurer certains aspects avec notre modèle de



programmation. Ces critères guident en quelque sorte notre action et précisent les aspects du développement durable qui concernent plus spécifiquement cette étude.

#### **2.2.4 Les hypothèses de recherche.**

La première hypothèse que l'on souhaite évaluer concerne le premier indicateur mentionné précédemment. C'est-à-dire qu'elle s'intéresse à *la valeur et le volume de la production de bois et de produits du bois*. Nous cherchons ici à savoir si la stratégie de transformation de l'entreprise est effectivement optimale. Cette hypothèse que l'on nommera H01 se formule simplement comme suit :

**H01 : L'entreprise gère ses opérations de façon optimale.**

Les questions de recherche reliées à cette hypothèse sont les suivantes :

**Q01a : Comment l'entreprise peut-elle agir pour maximiser les ressources disponibles et répartir le risque de qualité à court terme ?**

**Q01b : Quelles combinaisons de risque et de revenu sont acceptables pour l'entreprise ?**

Le postulat nécessaire pour répondre à cette question est le suivant :

**P01 : L'entreprise est averse au risque et souhaite stabiliser ses revenus.**

Afin d'évaluer la relation entre le risque et le revenu, nous utilisons le concept d'élasticité. L'élasticité est une mesure qui cherche à préciser la

sensibilité d'une variable par rapport à une autre. Dans le cas présent, nous cherchons à connaître le niveau de risque que l'entreprise doit assumer pour espérer une hausse de revenus additionnels. La situation idéale pour le gestionnaire serait d'observer une très grande sensibilité du revenu par rapport au risque. C'est-à-dire qu'il serait en mesure d'accroître son espérance de revenus sans toutefois subir une hausse de risque proportionnelle. L'élasticité risque-revenu sera l'indicateur de cette sensibilité. Elle se définit comme suit :

$$\frac{\% \text{ variation du revenu}}{\% \text{ variation du risque}} = \text{Élasticité risque-revenu}$$

La seconde hypothèse concerne l'indicateur traitant de l'investissement dans le secteur forestier.

Nous cherchons ici à évaluer les impacts possibles d'une meilleure intervention en milieu forestier. Cette hypothèse que l'on nommera H02 se formule comme suit :

**H02 : L'investissement supplémentaire dans la sylviculture et l'information est bénéfique pour l'entreprise et la société.**

Deux questions de recherche sont reliées à cette seconde hypothèse :

**Q02a : Combien l'entreprise est disposée à investir étant donné une espérance d'amélioration dans la qualité du bois.**

**Q02b : Combien la société devrait investir dans l'exploitation durable de la forêt pour bénéficier des externalités positives découlant de cet investissement supplémentaire ?**

Les postulats nécessaires pour répondre à ces questions sont les suivants :

**P02a : Une meilleure connaissance de la forêt améliore la précision et l'efficacité des plans d'aménagement forestier.**

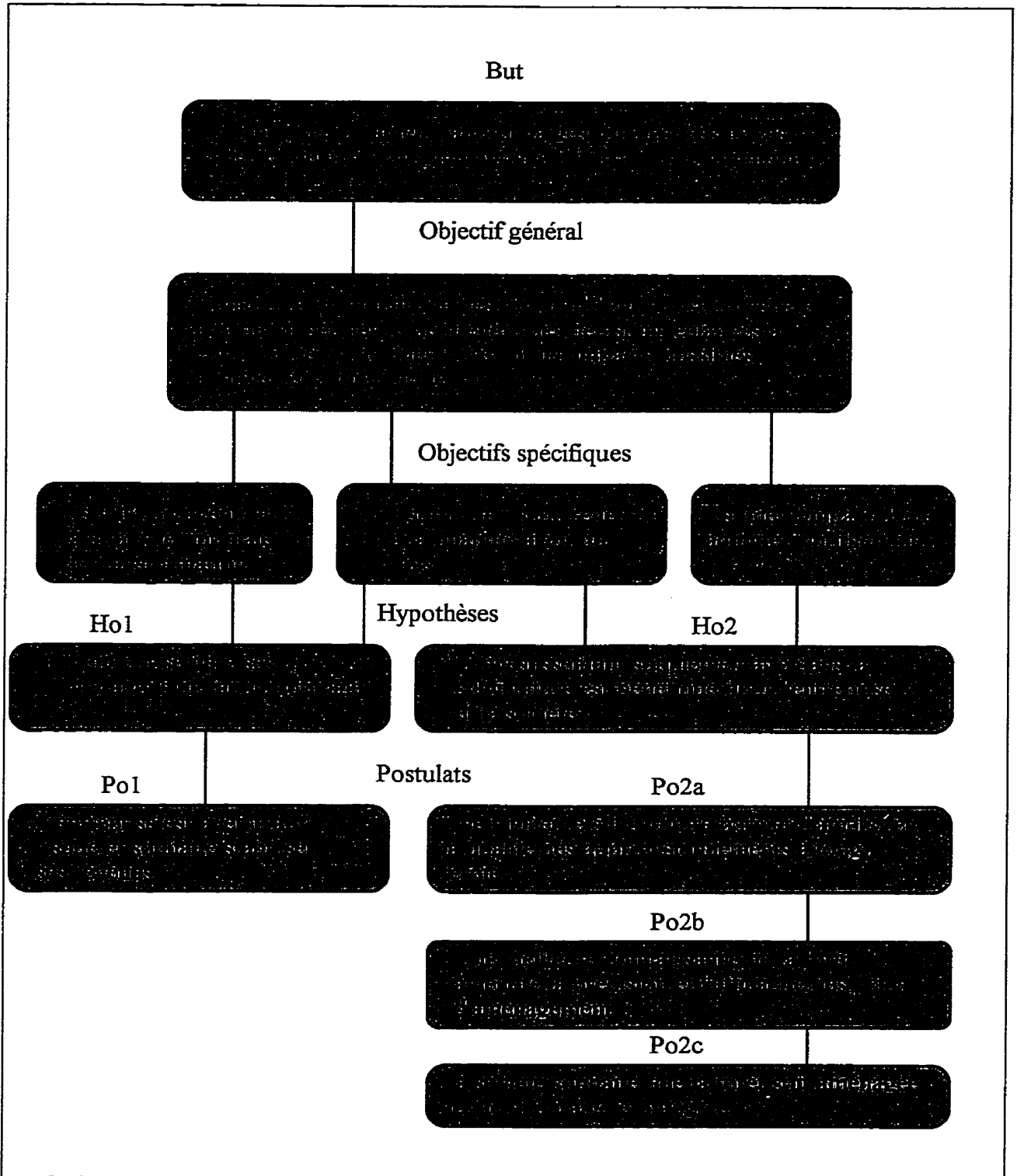
**P02b : Une meilleure sylviculture permet d'obtenir une meilleure qualité d'approvisionnement à long terme.**

**P02c : La société souhaite que la forêt soit aménagée de façon durable et intégrée.**

Nous voulons donc savoir comment l'entreprise devrait agir à court terme de façon à maximiser ses revenus. À moyen et à long terme, nous tentons d'évaluer l'impact d'une activité "hypothétique" qui permettrait de maintenir ou d'augmenter la qualité des produits, de façon à maintenir des revenus et des emplois substantiels à la communauté locale, tout en agissant de façon efficace sur l'environnement.

Le tableau de la page suivante met en relation les objectifs, les hypothèses et les postulats qui y sont reliés.

**Tableau 2.1 : But, objectifs, hypothèses de recherche et postulats.**



## **CHAPITRE III**

### **LE CADRE OPÉRATOIRE ET LA REVUE DE LITTÉRATURE MÉTHODOLOGIQUE**

#### **Introduction**

Dans ce chapitre, nous présentons la revue de littérature méthodologique. Celle-ci portera sur l'outil d'analyse que nous avons retenu qui est la programmation linéaire. Nous discuterons de la pertinence de cette méthode à travers quelques exemples d'application, puis nous ferons ressortir les forces et les faiblesses de celle-ci.

Par la suite, nous allons préciser le cadre opératoire de cette recherche. C'est-à-dire que nous allons identifier les différentes variables, dépendantes et indépendantes, qui seront intégrées explicitement dans le modèle ou qui seront considérées de façon implicite.

### **3.1 Revue de littérature méthodologique.**

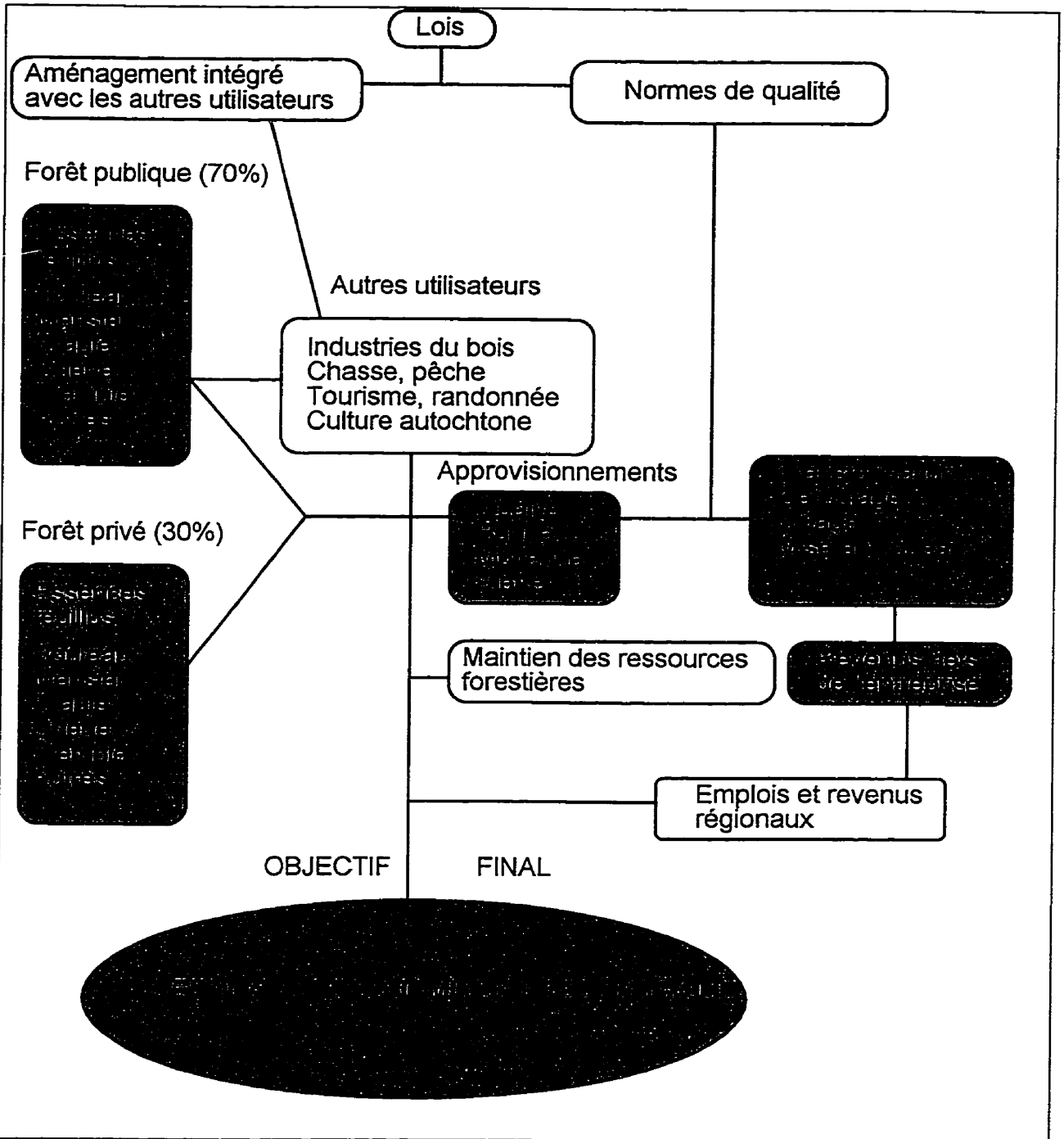
#### **3.1.1 La programmation linéaire.**

Le gestionnaire forestier doit composer avec un grand nombre d'objectifs et de contraintes écologiques, économiques et sociales. L'ensemble des variables et les relations qui les relient constitue un système (tableau 3.1 de la page suivante). Étant donné la complexité de ce système, nous avons choisi la programmation linéaire (Dantzig 1963) pour l'analyse des données et la vérification des hypothèses. Cette technique d'optimisation a été largement appliquée au niveau de la planification en milieu forestier :

*“ La programmation mathématique est la technique la plus communément utilisée en recherche opérationnelle (O.R.) pour planifier la gestion de la terre sous forêt. On peut attribuer l'utilisation courante de la programmation mathématique à son adaptabilité à une vaste gamme de problèmes rencontrés en gestion forestière. ”<sup>24</sup>*

Le choix de cette méthode est aussi motivé par des raisons d'ordres pratiques. Nous souhaitons fournir au gestionnaire forestier un outil d'aide à la décision qu'il pourra lui-même utiliser et expérimenter. Ce type de modèle permet d'intégrer différentes décisions et objectifs de l'entreprise. C'est un modèle flexible, simple à utiliser et à interpréter, une fois qu'il est construit correctement. Il n'est pas nécessaire d'avoir des connaissances approfondies en mathématique et en analyse économique pour pouvoir en interpréter les résultats. De plus, il ne nécessite pas de données étalées sur une longue période pour sa construction. Dans notre cas, nous disposons de données historiques limitées s'étalant du début des années 90 à aujourd'hui.

**Tableau 3.1 : L'entreprise forestière et son environnement**



**Tableau 3.1 :** Le modèle que nous allons construire va surtout capter les éléments des cases grises ( approvisionnement public et privé, transformation et revenus maximisés ). Cela devrait contribuer à l'efficacité économique et écologique du système.

L'objectif de la programmation linéaire est de maximiser les revenus, les profits ou de minimiser les coûts sujets à un ensemble de contraintes économiques, techniques et sociales. Il faut pour cela optimiser la valeur obtenue des ressources : “ *Les programmes linéaires servent à optimiser l'emploi des ressources et à améliorer les profits.* ”<sup>25</sup>

On organise les données en une grille où l'on retrouve les objectifs du gestionnaire à l'horizontale et les contraintes à la verticale. Dans le cas d'une exploitation forestière, la fonction économique à optimiser se construit à partir des différentes activités actuelles ou prévues de l'entreprise (coupe, transformation, transport, vente, achat, etc.) auxquelles on ajoute des objectifs secondaires (risque, durabilité, croissance de l'avoir-propre, etc.) sous forme de contraintes. À ce premier type de contraintes nous ajoutons celles de capital, de main-d'œuvre, de territoire, etc., ainsi que d'autres limites pratiques pertinentes à l'analyse.

Une fois l'ensemble des activités, contraintes et variables de décisions définies, nous solutionnons le modèle par itération<sup>26</sup> et nous obtenons une approximation de la stratégie optimale. En résumé, la programmation linéaire simple constitue une analyse normative déterministe permettant la génération de stratégies.<sup>27</sup>

### **3.1.2 La programmation dynamique et le risque.**

Les décisions du gestionnaire forestier ont un horizon temporel large, surtout au niveau de l'aménagement forestier. L'état, la quantité et la qualité de ses approvisionnements peuvent varier au cours du temps.

Pour tenir compte de ces facteurs, la programmation dynamique s'avère pertinente :

*“ Certains types de problèmes décisionnels impliquent toute une séquence de décisions inter reliées de façon à ce que l'efficacité globale*



*soit maximisée. La programmation dynamique est une approche généralisée pour résoudre de tels problèmes...*<sup>123</sup>

Ce type de programmation est surtout utile pour modéliser l'aménagement forestier et le rendement espéré dans le temps. Pour dynamiser un tel modèle, il suffit d'introduire plus d'une période que l'on caractérise par des états différents ( ex : bon, moyen, piètre ) et auxquelles on rattache une probabilité d'événement.

On passe ainsi d'une analyse normative déterministe à une analyse probabiliste. On veut ainsi adapter le choix des stratégies de gestion à l'incertitude ou le risque. Le *MOTAD*, qui se réfère à la minimisation des déviations négatives totales, constitue un prolongement à la programmation linéaire et un moyen de la rendre dynamique. Elle nous offre la possibilité d'inclure dans notre analyse les risques de l'entreprise. Le risque est alors évalué sous forme de déviateurs par rapport à la moyenne, et la stratégie optimale estimée tente de minimiser la variation de ses déviateurs, selon le degré d'aversion du gestionnaire.

Cependant, le modèle que nous construisons n'est pas dynamique. C'est-à-dire qu'on y introduit trois états différents de la nature, mais que ceux-ci ne correspondent pas à des périodes. Ils correspondent plutôt à des états de la nature qui engendrent des approvisionnements de qualité variable à l'usine. La structure du modèle pourrait tout de même permettre de le rendre dynamique en modifiant la définition des trois états possibles.

### **3.1.3 Exemples d'application.**

Les applications de la programmation linéaire à la foresterie sont nombreuses et touchent l'ensemble de ses activités, tant au niveau public que privé. L'optimisation peut concerner les aspects suivants : Gestion et allocation de la forêt publique par l'État, planification de la sylviculture, minimisation des coûts de transport, débitage et transformation. Les

exercices de simulation concernent surtout la croissance espérée de la forêt et les effets escomptés des traitements sylvicoles.

Plusieurs types de risque peuvent être intégrés à ces modèles, tels les feux de forêts ou les épidémies d'insectes. Toutefois, nous n'avons pas trouvé jusqu'à maintenant de modèles intégrant le risque relié à la qualité du bois.

Dilip B. Kotak (1976) a construit un modèle de programmation simple pour une manufacture de contre-plaqué. Il avait pour objectif de maximiser la contribution marginale des différents produits : “ *L'objectif sera de maximiser la marge de contribution, définie comme les revenus bruts des ventes moins les coûts variables ou [d'approvisionnement] en bois.* ”<sup>29</sup>

Le modèle a permis à l'entreprise d'augmenter cette contribution marginale mais l'auteur insiste sur le support à la prise de décision : “ *Le facteur clef qui explique le succès de la programmation linéaire et des systèmes de support [est] le fait qu'ils aient été utilisés en tant qu'outils pour aider les gens à prendre des décisions.* ”<sup>30</sup>

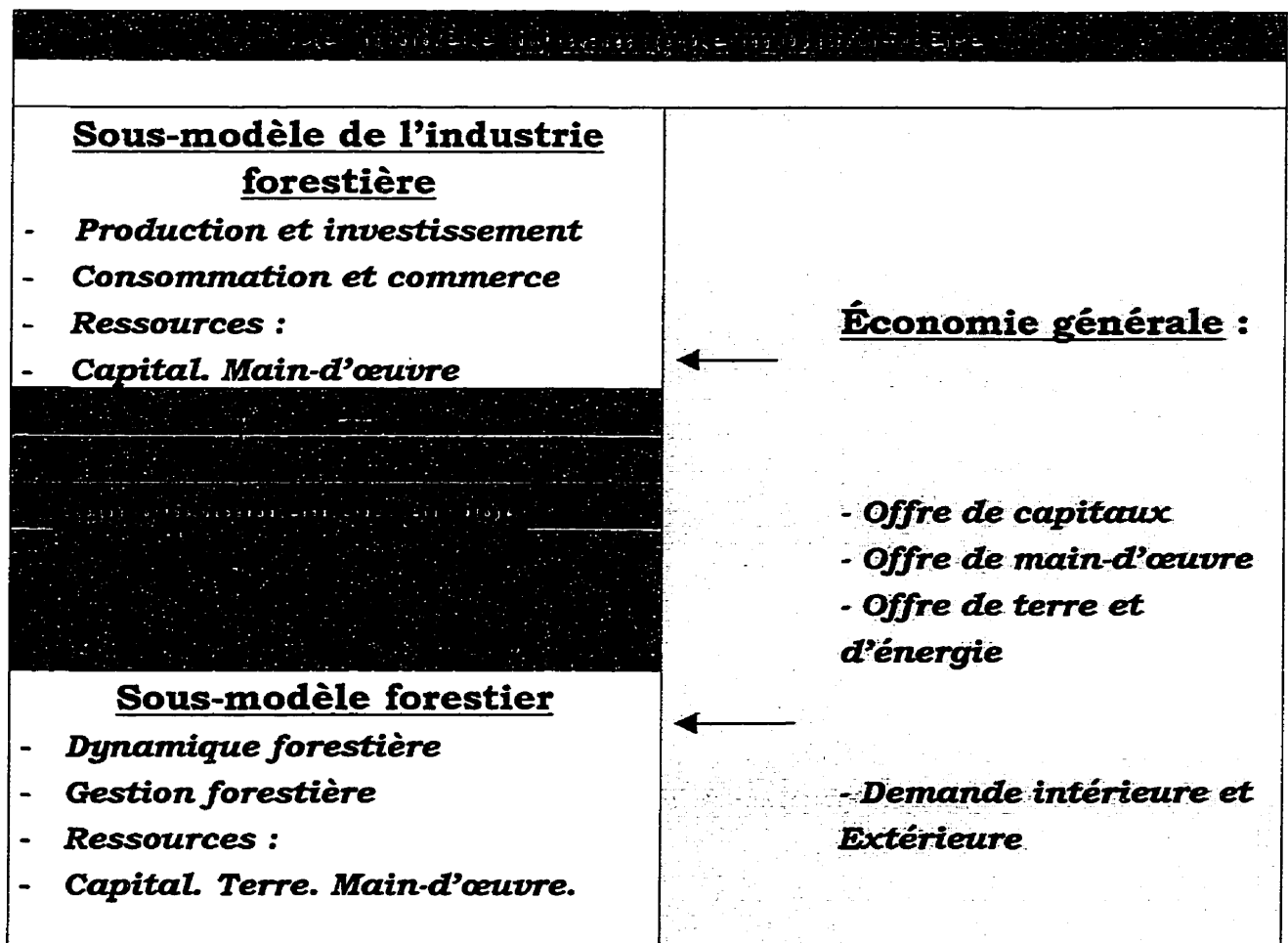
À titre d'exemple, R. Gauthier et M. Goulet (Université Laval, 1976) ont optimisé le rendement en matière du bois en modélisant le débitage sous contraintes des exigences du marché. Il s'agissait toutefois de conifères, dont les techniques de débitages diffèrent des feuillus. Ce modèle s'est avéré utile pour optimiser la coupe du bois avec la technologie disponible à cette période.

Dennis P. Dykstra (1984) a modélisé une usine de déroulage de feuillus située dans la région du Vermont par programmation linéaire simple. Tout comme Kotak, son objectif est de maximiser la contribution marginale des produits. L'entreprise modélisée avait, comme celle qui fait l'objet de cette étude, un département de sciage. La solution optimale estimée par Dykstra a permis de faire des recommandations quant aux types ou grades de billes qui

devraient être transférés à l'usine de sciage (plutôt que d'être transformés en placages).

Kallio, Propoi et Seppala (1986) ont proposé un modèle dynamique multicritère pour l'étude des choix de développement du secteur forestier au niveau national et régional (tableau 3.2). Ce modèle est divisé en deux sous-systèmes : la foresterie (approvisionnement et sylviculture) et l'industrie (transformation et vente). Ces sous-systèmes sont reliés par les fournitures de bois et sont soumis tous deux à des contraintes extérieures (économie générale).

**Tableau 3.2 : Exemple schématique d'un modèle dynamique de programmation linéaire<sup>31</sup>**



Les auteurs donnent par la suite des exemples d'objectifs régionaux ou nationaux qu'on peut considérer dans le modèle (niveau d'emplois, contribution au PNB et à la balance des paiements, etc.). Dans notre cas, le modèle que nous construisons se rapporte à la production et à l'investissement de l'entreprise forestière.

**Tableau 3.3 : Les principaux auteurs de la revue de littérature méthodologique.**

<b>Kotari (1976)</b>	<i>Simple</i>	<i>États- Unis</i>	<i>Max. de la Contribution Marginale des produits</i>	<i>Contre- Plaqué</i>	<i>Hausse des Profits</i>
<b>Gauthier &amp; Goulet (1976)</b>	<i>Simple</i>	<i>Québec</i>	<i>Optimiser Le rendement Au débitage</i>	<i>Sciage De conifères</i>	<i>Hausse du Rendement</i>
<b>Dykstra (1984)</b>	<i>Simple</i>	<i>États- Unis</i>	<i>Max. de la Contribution marginale des produits</i>	<i>Sciage et Déroulage de feuillus</i>	<i>Répartition Du bois Entre les Usines</i>
<b>Kallio, Propoi &amp; Seppala (1986)</b>	<i>Simple et Dynamique Multicritère</i>	<i>Finlande</i>	<i>Simulation de choix de Développe- ment forestier</i>	<i>Production forestière locale et nationale</i>	<i>Outil de Simulation</i>

En résumé, les applications de la programmation mathématique à la foresterie sont nombreuses. Nous avons trouvé davantage d'applications à

l'aménagement forestier qu'à l'optimisation de la transformation à l'usine. Le tableau 3.3 de la page précédente énumère les auteurs présentés dans cette section, ainsi que les modèles qu'ils ont construit.

Le modèle qui semble se rapprocher le plus de notre cas est celui développé par Dykstra qui concerne l'optimisation d'une usine de sciage et de déroulage. Toutefois, ce dernier n'intègre pas le risque ou encore une activité permettant d'améliorer la qualité des approvisionnements.

### **3.1.4 Forces et faiblesses de la programmation mathématique.**

La principale force de la programmation linéaire ou dynamique est de fournir un outil de gestion et d'aide à la décision. Elle permet d'augmenter la précision des décisions par une meilleure connaissance de ses impacts et de comprendre les interactions entre les nombreuses variables d'un système :

*“ ...mais on doit les considérer principalement comme une aide à la compréhension des interrelations au sein de systèmes complexes, comment des changements ou des actions spécifiques se communiquent par [ces interrelations] et comment leurs impacts influencent le système dans son ensemble. ”<sup>32</sup>*

Elle s'avère pertinente lorsqu'il s'agit de modéliser un système complexe : *« Because of the complexity of the system in question, linear programming (Dantzig 1963) may be considered as the most appropriate technique for this case. »<sup>33</sup>*

La principale faiblesse est, qu'étant donné la complexité des systèmes à l'étude, la nécessité d'agrèger afin de simplifier les modèles ne permet pas de capter tous les éléments d'un problème complexe comme la gestion forestière : *“ La modélisation du problème de la gestion forestière sous forme d'un programme mathématique ne pourra jamais capter plus d'un nombre restreint des aspects critiques du problème. ”<sup>34</sup>*

Toutefois, nous avons vu, à travers la revue de littérature méthodologique, que cette faiblesse peut être atténuée en construisant plusieurs sous-modèles (Kallio, Propoi et Seppala, 1986) reliés, pouvant alors capter plus d'éléments subtils. Ce problème ne se pose pas dans notre cas, puisqu'on se limite à la modélisation des usines.

### **3.2 Cadre opératoire.**

Rappelons d'abord quels sont les principaux problèmes du gestionnaire forestier auxquels nous nous intéressons. Premièrement, il subit une baisse de qualité de ses approvisionnements qui affecte alors la qualité de ses produits finis. Par rapport à cela, ce dernier souhaiterait améliorer sa connaissance de la forêt ou possiblement sa sylviculture, dans la mesure où il pourrait alors influencer la qualité de son bois.

Deuxièmement, il subit un risque relié aux fluctuations du marché. Les prix de vente fluctuent à un point tel qu'ils déterminent la décision de transformation. Il entrepose différentes essences de bois qu'il transformera au moment opportun, et dans la forme la plus rentable. Il doit donc être très attentif à son environnement extérieur qui l'oblige à prendre des décisions rapidement.

Troisièmement, comme tout producteur, il est soumis à la concurrence. Cette concurrence devient préoccupante surtout lorsqu'il s'agit d'écouler les produits de moins bonne qualité. Le gestionnaire se voit parfois contraint de baisser ses prix s'il veut demeurer concurrentiel. Cependant, il ne possède pas les outils qui lui permettraient d'évaluer très rapidement jusqu'où il peut les baisser sans encourir une perte.

Le modèle que nous proposons de construire se veut un outil qui permettra au gestionnaire de mieux évaluer les impacts financiers de ses décisions par rapport aux problèmes ci-mentionnés.

### **3.2.1 L'identification des variables générales.**

Pour agir sur la qualité de ses approvisionnements et de ces produits, l'entreprise peut agir à court, à moyen et à long terme. Nous présentons ici, de façon générale, les éléments qui peuvent être considérés.

#### **Court terme :**

- Le premier élément concerne le tronçonnage et la manipulation optimale des billes. Il s'agit de choisir entre une coupe pour le déroulage, le sciage ou une combinaison des deux : *“L'amélioration de l'utilisation du bois exige que l'on détermine [lors de coupe] le meilleur usage de la bille, ou d'une partie de la bille”*<sup>35</sup>
- Le second élément se rapporte à la coupe et à la transformation rapide des billes. La qualité du bois diminue avec le temps d'entreposage, surtout en été. Il faut donc s'assurer que l'on gère efficacement les stocks de bois et il faut éviter de s'approvisionner à certaines périodes de l'année.
- Le troisième élément à trait à la transformation et la manipulation des produits finis. Indépendamment du fait que la coupe et la transformation soient optimisées avec la technologie en place, la qualité de la main-d'œuvre est aussi importante. Par exemple, la manipulation et le classement des feuilles de placages peuvent entraîner des pertes, si ce travail n'est pas fait avec soin et attention. Les feuilles de placages sont très faciles à fendre ou à briser, si bien qu'une légère fente peut entraîner une baisse de grade du produit finis et donc une perte de revenu.

**Moyen terme :**

- Une meilleure connaissance de la forêt serait le principal élément à considérer dans ce cas. Celle-ci peut permettre à l'entreprise de mieux planifier son aménagement. Pour améliorer cette connaissance, les utilisateurs devront agir en concertation afin de respecter les aspirations de tous et chacun et afin de partager les coûts élevés qui s'y rattachent.

**Long terme :**

- Une meilleure connaissance de la forêt sera aussi bénéfique à long terme, mais ce sont surtout les travaux sylvicoles qui peuvent influencer la qualité de la prochaine rotation.

- La sylviculture est définie comme *“ l'ensemble des règles à appliquer afin d'obtenir la meilleure production possible au point de vue de la quantité, de la qualité des produits, de la conservation du sol et de l'état boisé ”*.<sup>36</sup>

À cet effet, la compagnie *Éco-Log*, qui fait l'objet de cette étude, confirme ces prescriptions dans son dernier plan quinquennal de développement : *“ Il y a donc lieu pour les intervenants de se concerter afin de définir un plan d'action propre à chacune des régions. ”*<sup>37</sup>, ce qui pourrait conduire à *“ L'application d'une sylviculture plus douce et plus respectueuse de l'environnement, qui s'appuiera sur une meilleure connaissance des écosystèmes (...). ”*<sup>38</sup>

L'entreprise a commencé à pratiquer des activités de jardinage et d'éclaircies, mais les impacts ne seront connus qu'à la prochaine rotation (15 à 20 ans). Actuellement, l'ampleur des travaux sylvicoles se limite au prescription du rendement soutenu. Investir d'avantage a ce niveau devrait améliorer la qualité de l'état de la forêt et des matières ligneuses.



### **3.2.2 L'identification des variables spécifiques.**

Nous présentons maintenant, de façon spécifique, les variables qui sont considérées, explicitement ou implicitement dans notre modèle.

À court terme, le niveau global et la qualité des approvisionnements sont donnés. La quantité et la qualité des produits finis qui en découlera dépendront essentiellement :

1- Des facteurs de transformation découlant de cette qualité. Ces facteurs intègrent de façon implicite la productivité de la technologie en place.\*

(\*nous préciserons ces relations au chapitre suivant).

2- Du type de produit fini que l'on peut obtenir en moyenne à partir d'un grade de qualité donné.

À moyen et à long terme, nous intégrons au modèle une activité hypothétique (aménagement sylvicole et/ou amélioration de la connaissance de la forêt) qui permet alors une amélioration de la qualité des approvisionnements. Cette amélioration se répercute alors sur les facteurs de transformation et permet d'obtenir une plus grande proportion de produits finis de première qualité.

Les indicateurs de la hausse de qualité des approvisionnements seront donc les suivants : - Les facteurs de transformation ; de meilleurs facteurs de transformation entraîne une hausse de la quantité des produits finis. - La qualité des produits finis ; une meilleure qualité se traduira par une répartition différente des catégories d'items de vente. Par exemple, dans le cas du sciage, on produirait plus de planches de qualité ou grade " Sélect " et moins de planche de qualité ou grade " No 3 ".

- Une hausse de l'espérance des revenus ou des profits ; cela découlera de l'amélioration tant de la quantité que de la qualité.

L'activité hypothétique devrait aussi produire des " externalités positives " qui seront bénéfiques pour l'environnement et l'ensemble des utilisateurs de la forêt.

**Tableau 3.4 : Les variables et les indicateurs composants le cadre Opérateur**

	<b>Approvisionnement</b>	<b>Allocation</b>	<b>Produits finis</b>	
	- Volume attribué Selon CAAF (publique)	Répartition Entre les usines	Qualité	<b>Ho1</b>
	- Approvisionnement privé	<b>Transformation</b>	Valeur	
		- Choix de production	Prix	
		- Facteur de Transformation		
	<b>Investissements</b>	<b>Précision et</b>	<b>Stabilité et</b>	
	<b>Sylviculture &amp;</b>	<b>Efficacité des</b>	<b>Qualité des</b>	
	<b>Connaissances de</b>	<b>Plans</b>	<b>Approvision</b>	
	<b>La forêt</b>	<b>D'aménagement</b>	<b>-Volumes</b>	
			<b>attribués</b>	
	<b>Inventory du</b>	<b>Différence</b>		<b>Ho2</b>
	<b>Terroire</b>	<b>Entre prévisions</b>	<b>% de bon bois</b>	
		<b>Et réalité</b>		
	<b>(matière ligneuse</b>			
	<b>et biomasse)</b>		<b>État de la</b>	
	<b>- Niveau des</b>		<b>Forêt</b>	
	<b>Investissements</b>		<b>Biodiversité</b>	

Le tableau 3.4 (page précédente) présente les principales variables et leurs relations. Les indicateurs de ces variables sont mentionnés en italiques. Nous indiquons à gauche du tableau les hypothèses de recherche relatives à ces variables.

### **3.2.3 L'évaluation des variables du modèle.**

Nous présentons brièvement les variables qui seront évaluées à partir des résultats de la simulation du modèle de programmation avec LINDO<sup>39</sup>.

Lorsque nous allons estimer la stratégie de court terme, nous allons supposer que l'entreprise ne peut plus influencer la qualité des approvisionnements. De plus, nous allons intégrer un MOTAD cible au modèle, afin d'évaluer plus particulièrement le risque relié à la qualité du bois et aux fluctuations du marché. Nous allons considérer trois états du bois (bon, moyen, piètre) qui seront exprimés par les coefficients techniques de transformation et la répartition de la qualité dans la production. Quant au risque relié au prix, il sera pris en compte sous forme de déviateurs et sera évalué au niveau des analyses de sensibilité que permet LINDO. Nous pourrions évaluer avec précision l'influence des variables de court terme sur la qualité/valeur du bois.

Le modèle de programmation linéaire devrait nous permettre d'évaluer les variables suivantes :

- Le niveau maximal du revenu espéré.
- Le niveau optimal des différentes catégories de bois transformés.
- Le niveau souhaitable des prix par une analyse de sensibilité.
- L'impact des différentes stratégies de production et de vente selon le risque : en simulant trois états (bon, moyen piètre) du bois.

À moyen et à long terme, nous serons probablement forcés de poser des hypothèses sur les effets quantitatifs des variables.

Pour évaluer la stratégie de long terme, nous allons procéder à des exercices d'optimisation. Dans cette partie, nous allons simuler le modèle en ajoutant de nouvelles activités visant à améliorer la connaissance de la forêt ou la sylviculture. Il peut s'agir par exemple d'inventaires additionnels du territoire, de formation accrue du personnel ou d'embauche de consultant. Puis, nous allons évaluer les impacts sur la fonction objective, plus particulièrement sur les revenus, les prix et la répartition des activités. Nous serons obligés de fixer certains coefficients de façon " subjective " ou en se basant sur des observations extra-régionales. Par exemple, on a estimé aux États-Unis les coûts supplémentaires reliés à des inventaires forestiers plus complets :

*“ L'expérience a démontré qu'un inventaire combiné du volume et de la biomasse coûtera environ 10 pour-cent de plus qu'un inventaire en volume seulement à cause du temps supplémentaire requis pour mesurer le petit lopin fixe. ”*<sup>40</sup>

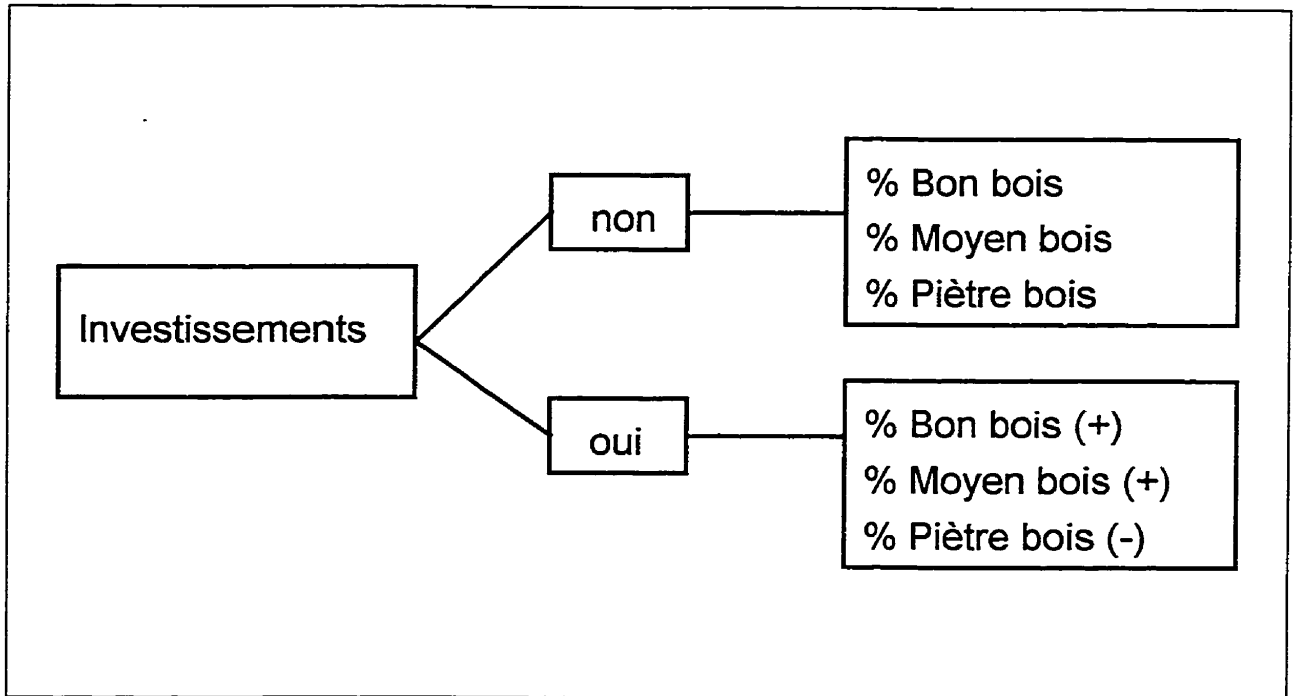
Ainsi, nous pourrions augmenter les coûts reliés aux inventaires d'environ 10%. Pour les travaux accrus de sylvicultures, il faudra déterminer un coefficient pour les effets espérés, et cela constitue un problème fréquent en foresterie :

*“ Ceux qui cherchent à analyser les problèmes forestiers manquent souvent des données fiables quant à l'inventaire forestier..., comment celui-ci croît avec le temps et comment la croissance peut être manipulée grâce à la sylviculture. ”*<sup>41</sup>

Nous avons déjà postulé que les investissements dans la sylviculture et la connaissance de la forêt aurait des effets positifs sur la qualité du bois. Dans notre cas, cela devrait influencer les probabilités reliées aux différents

états du bois. Avec les investissements, on s'attend à une probabilité accrue d'avoir du bon bois.

**Tableau 3.5 : Impact espéré des investissements sur la qualité du bois**



Toutefois, ces probabilités améliorées seront déterminées de façon arbitraire, conséquemment aux données dont nous disposons et à l'incertitude reliée à ces phénomènes. Pearse (1990) reconnaît ce genre de procédures : “ Affecter des probabilités est souvent problématique, pourtant ; la plupart du temps les informations empiriques convenables à cette fin sont éparses et il faut faire des estimations subjectives. ”<sup>42</sup>

Ces estimations dites subjectives vont toutefois considérer l'historique des approvisionnements de l'entreprise. Nous baserons ces probabilités en tenant compte des meilleures années de l'entreprise. Par exemple, nous ne simulerons pas une proportion inégalée de bon bois.

## **CHAPITRE IV**

### **LES MÉTHODES DE COLLECTE ET D'ANALYSE DES DONNÉES**

#### **Introduction**

Dans ce chapitre, nous expliquons de quelle façon nous avons procédé pour collecter les données primaires, d'ordre qualitatif et quantitatif, nécessaires à la construction de notre modèle de programmation. Nous étalons les étapes de cette collecte, ainsi que notre choix de stratégies d'analyse et de vérification. Nous présenterons ensuite la forme générale de ce modèle, puis nous verrons en détail ses différentes composantes : d'abord les activités formant la fonction objective, puis l'ensemble des contraintes reliées à ces activités. Ceci nous permettra de comprendre la structure fonctionnelle du modèle, par exemple au niveau de la transformation, ainsi que la construction et l'estimation des différents coefficients rattachés aux activités ou aux contraintes.

## **4.1 La stratégie de collecte et d'analyse des données.**

### **4.1.1 Les différentes étapes suivies.**

Le tableau 4.1 énumère les différentes étapes de notre stratégie générale de recherche, de la collecte des données à l'analyse des résultats. Dans ce chapitre, nous traiterons des six premières étapes, tandis que la septième sera traitée dans un autre chapitre.

**Tableau 4.1 : Étapes de la collecte et de l'analyse des données.**

<p><b>Étape 1 :</b> Collecte de données préliminaires (entretiens exploratoires et semi-structurés).</p> <p><b>Étape 2 :</b> Construction de la fonction objective et de la structure générale du modèle.</p> <p><b>Étape 3 :</b> Collecte et compilation de données pour chaque activité de la fonction objective.</p> <p><b>Étape 4 :</b> Construction de la matrice générale (activités et contraintes).</p> <p><b>Étape 5 :</b> Simulation du modèle avec LINDO.</p> <p><b>Étape 6 :</b> Calibrage du modèle en interaction avec l'entreprise.</p> <p><b>Étape 7 :</b> Analyse des résultats.</p>
---

### **4.1.2 La collecte des données.**

Le choix du sujet de l'étude a été motivé en partie par des considérations d'ordre pratique. Il fallait, dans un premier temps, trouver une entreprise qui accepte de participer et de supporter une partie des coûts reliés à ce projet. Une fois le projet accepté, la collecte des données a été effectuée directement dans l'entreprise. Nous avons passé plusieurs semaines à travailler dans les bureaux adjacents aux usines. Nous avons donc procédé à une observation directe qui nous a permis de construire la structure générale du modèle.

Pour ce faire, il fallait identifier la nature, l'importance et le niveau possible des différentes activités de l'entreprise. Une fois la charpente du modèle établie, nous avons préparé des fiches de collectes pour les différentes activités qui forment la fonction objective.

Les données qualitatives ont été recueillies par des entrevues exploratoires ou semi-structurées avec différents membres de l'entreprise, de l'ouvrier au directeur. Nous avons également rencontré différents intervenants forestiers régionaux, afin de préciser la problématique générale reliée à notre sujet de recherche.

Au niveau des données quantitatives, nous avons pu consulter librement les différents rapports d'achat, de production et de vente de l'entreprise. Nous avons également consulté les états financiers. Les données disponibles auxquelles nous avons eu accès s'étendent du début de la présente décennie (90) à aujourd'hui. Dans certains cas, nous avons collaboré avec les administrateurs pour préparer des rapports de compilation de ces données historiques. Le tableau suivant présente les sources de nos données primaires, utilisées pour la construction du modèle de programmation.

**Tableau 4.2 : Sources de données primaires pour la construction du modèle de programmation**

Sources	Données	
	Qualitatives	Quantitatives
<b>Entrevues</b>		
<b>Exploratoires</b>	X	
<b>Semi-structurés</b>	X	X
<b>Rapports de vente, d'achats de production</b>		X
<b>États financiers</b>		X



### **4.1.3 La compilation et la stratégie d'analyse des données.**

Une fois les données recueillies, nous avons procédé à différentes compilations de celles-ci. Par exemple, étant donné la grande diversité des items produits (essence de bois, format, qualité) par l'entreprise, nous avons dû faire des regroupements afin de simplifier l'analyse et de ne pas alourdir le modèle inutilement. Nous expliquerons cette démarche plus en détail dans la prochaine section. Ces compilations nous ont également permis d'estimer les coefficients rattachés aux activités ou aux contraintes.

Une fois les données compilées, nous avons complété la matrice générale, en formulant les différentes contraintes sous formes d'équations mathématiques. Nous avons simulé ensuite notre modèle avec LINDO.

Le calibrage du modèle s'est fait par des comparaisons entre les résultats de la simulation et les données réelles. Ce calibrage s'est effectué en interaction avec les administrateurs de l'entreprise, jusqu'à ce que l'on soit parvenu à des résultats cohérents et satisfaisants. Finalement, nous avons procédé à l'analyse des résultats.

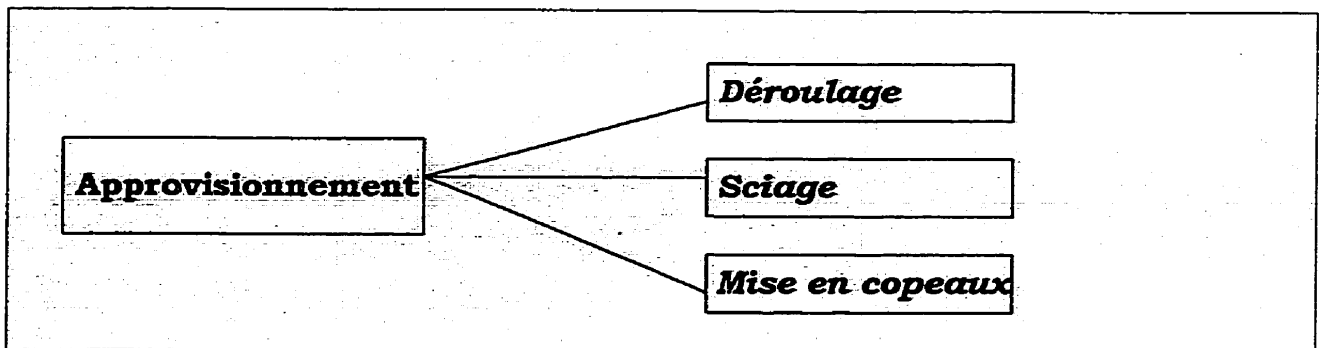
## **4.2 La construction du modèle de programmation.**

La construction du modèle constitue la partie la plus longue et la plus ardue de l'étude, en raison du temps qu'il a fallu y consacrer. Nous allons donc présenter dans cette section les différentes composantes du modèle, de même que la façon dont elles ont été structurées.

#### 4.2.1 La fonction objective.

La fonction objective constitue en fait la fonction que nous voulons maximiser. Dans ce cas, il s'agit d'optimiser la répartition des ressources et des activités entre les différents départements :

**Tableau 4.3 : Approvisionnement et type de transformations**



On retrouve dans la fonction objective l'ensemble des activités de l'entreprise que l'on énumère ici sous forme de catégories :

**Tableau 4.4 : Les activités de la fonction objective**

<b>Approvisionnement</b>	<i>Public, privé et hypothétique (relié à l'activité d'aménagement sylvicole).</i>
<b>Embauche</b>	<i>Heures de travail relatives à la Transformation.</i>
<b>Transformation Bonne, moyenne, piètre</b>	<i>Déroulage, sciage, mise en copeaux.</i>
<b>Vente</b>	<i>Items regroupés par grandes catégories de production (sciage, placage, copeaux).</i>
<b>Aménagement Sylvicole</b>	<i>Activité hypothétique qui améliore la qualité Des approvisionnements.</i>
<b>Coûts fixes</b>	<i>Paiement des coûts fixes annuels d'opération.</i>

**Tableau 4.4 (suite) : Les activités de la fonction objective**

<b>La fonction objective prend donc la forme suivante :</b>
<b>Forme générale :</b>
<p>MAX - Approvisionnement - Embauche - Transformation + Vente  - Aménagement sylvicole - Coûts fixes.</p>
<b>Tel que formulé dans le modèle, dans le cas du déroulage de bon merisier de la forêt publique :</b>
<p>MAX - Public_Merisier_Déroulage - Embauche_Travail_merisier_déroulage  - Transfo._Bon_Merisier_Déroulage + Vente_Feuilles Pleines_Merisier  + Vente_Feuilles Encollées_merisier + Vente_Placage Court_Merisier  - Aménagement_Sylvicole - Coûts_Fixes_Déroulage.</p>

On remarque que chaque activité est précédée d'un signe (+ ou -). Une activité précédée d'un signe (-) génère des coûts, tandis qu'une activité précédée d'un signe (+) génère des revenus. Ce signe est rattaché à un coefficient, de prix ou de coût, relatif aux activités. Par exemple, le coefficient rattaché à une activité de vente sera le prix du produit concerné. Nous présenterons ultérieurement des détails concernant la composition de ces catégories d'activités.

#### **4.2.2 La structure générale de la matrice.**

La fonction à maximiser est soumise à un ensemble de contraintes reliées à chacune de ses activités. On retrouve essentiellement cinq séries de contraintes : approvisionnement, embauche, transformation, vente, déviations (risque). La matrice prend donc la forme générale suivante :

**Tableau 4.5 : Structure générale de la matrice de programmation**

Matrice	1	2	3	4	5
Fonction	Approvisionnement	Embranchement	Transformation	Vente	Am Sylv
Objective	Exercer		Bonne	Scier	
	Grades		Moyenne	Picage	
			Picre	Copeaux	
<b>Sujet à</b>					
Approvisionnement					
Travail					
Transformation					
Produits finis					
Déviations					
Am sylvicole					

#### 4.2.3 La prise en compte du risque.

Nous voulons tenir compte du risque dans le modèle, de façon à mieux refléter la réalité au niveau de la fluctuation des coûts et des prix. Pour ce faire, nous intégrons des déviateurs bons ou mauvais qui indiquent l'ampleur de ces fluctuations. Prenons l'exemple des feuilles encollées de chêne. Le prix de vente dans la fonction objective est de 155 \$. En réalité, ce prix fluctue à la hausse et à la baisse en fonction de la demande de marché. Il est de même pour la matière première. Les bons déviateurs vont donc correspondre à une hausse du prix des produits vendus et une baisse du coût de la matière première, et inversement dans le cas des mauvais déviateurs. Les coûts fixes et variables, de même que les coûts en main-d'œuvre directe

seront aussi considérés. Les contraintes pour les déviations prendront la forme suivante :

<b>Forme générale :</b>	
<b>Déviateurs mauvais)</b>	achat + embauche + transformation + vente + coûts fixes - déviateurs mauvais $\leq 0$
<b>Déviateurs bons)</b>	- achat - embauche - transformation - vente - coûts fixes - déviateurs bons $\leq 0$
<b>Déviations totales)</b>	déviateurs mauvais + déviateurs bons $\leq (x) \$$

La contrainte "déviations totales" comptabilise le risque total découlant des déviateurs bons ou mauvais. La limite qu'on lui impose représente le niveau de risque que le modèle peut accepter, lors de la recherche de la solution optimale. Initialement, nous fixons ce risque à un niveau très élevé. Puis, en utilisant la fonction "paramétrer" de LINDO, nous pouvons évaluer différents niveaux de risque.

#### **4.2.4 L'intégration d'une activité hypothétique (Am Sylv).**

L'activité hypothétique d'aménagement sylvicole (*am\_sylv*) est intégrée au modèle sous forme de variable dite entière. C'est-à-dire qu'il n'y a que deux niveaux possibles : aucun aménagement (0) et l'aménagement au complet (1). Autrement dit, cette activité ne peut pas se limiter au traitement d'une seule essence de bois.

Cette activité entre alors dans la solution seulement lorsque les bénéfices découlant de celle-ci sont supérieurs aux bénéfices des activités régulières d'approvisionnement. Cela s'explique par le fait que cette activité donne accès aux approvisionnements hypothétiques de qualité supérieure qui remplace alors les approvisionnements réguliers à la forêt publique.

On retrouve la contrainte suivante, qui fait le lien entre l'aménagement et les approvisionnements hypothétiques :

<b>Forme générale :</b>
<p><b>Comptabilité aménagement)</b> - aménagement + approvisionnements hypothétiques <math>\leq 0</math></p> <p><b>Variable entière</b> = Aménagement sylvicole.</p>
<b>Tel que formulé dans le modèle :</b>
<p><b>Comptabilité Aménagement)</b> - Aménagement_Sylvicole  + Public_Merisier_Hypothétique_Déroul. + Public_Chêne_Hypot._Déroul.  + Public_Tremble_Hypot._Déroul. + Public_Meri_Hypot_Sciage  + Public_Érable_Hypot._Sciage + Public_Autres essences_Hypot._Sciage  + Public_Merisier_Hypot_Copeaux + Public_Érable_Hypot_Copeaux  + Public_Tremble_Hypot._Copeaux <math>\leq 0</math></p> <p><b>INTEGER</b> = Aménagement_Sylvicole</p>

### **4.3 Les contraintes.**

#### **4.3.1 Les contraintes d'approvisionnement.**

La première série de contraintes, et sans doute la plus importante, est reliée aux approvisionnements. D'abord, précisons la nature de cette activité. Nous considérons que l'approvisionnement correspond au volume qui est effectivement transformé dans une année. Par conséquent, il est possible que son niveau soit différent du niveau des achats annuels de bois, puisque l'entreprise détient aussi un stock de bois. Nous n'avons pas pris en compte cet aspect de la réalité, afin de ne pas alourdir notre modèle. L'avantage de cette démarche est que le modèle pourra alors estimer précisément le coût de la matière première des produits finis (puisque'il transforme entièrement le bois qui entre dans le modèle).

Les approvisionnements proviennent de la forêt publique ou privée. Ceux de la forêt publique sont attribués par le gouvernement (CAAF). Nous pouvons donc indiquer les volumes maximaux qui sont attribués à l'entreprise au niveau de cette forêt, pour chaque essence ou catégorie de bois (déroutage, sciage, copeaux).

Ainsi, pour l'approvisionnement de merisier à la forêt publique, nous aurons une contrainte représentée par l'équation suivante :

$$\text{MAX Merisier Public Déroutage)} \text{ Public Merisier Déroutage} \\ + \text{ Public Merisier Hypotétique Déroutage} \leq (X) \text{ mètres cubes.}$$

La première variable (*Public Merisier Déroutage.*) désigne l'approvisionnement régulier, tandis que la seconde (*Public Meri Hypotétique Déroutage*) désigne l'approvisionnement hypothétique.

Ces variables ne pourront excéder une limite établie en volume mètre cube de bois. Cette limite tient compte de la capacité de transformation de l'entreprise, intégrant par le fait même cette contrainte. Par exemple, la contrainte suivante indique la quantité maximale qui pourrait être transformé à l'usine de sciage, toutes essences confondues :

$$\text{Max Sciage)} \text{ Public Meri Sciage} + \text{ Public Meri Hypot. Sciage} \\ + \text{ Privé Meri Sciage} + \text{ Public Érable Sciage} \\ + \text{ Public Érable Hypot. Sciage} + \text{ Privé Érable Sciage} \\ + \text{ Public Autres Sciage} + \text{ Public Autres Hypot. Sciage} \\ + \text{ Privé Érable Sciage} \leq (X) \text{ mètres cube.}$$

Pour ce qui est de l'approvisionnement à la forêt privé, il n'existe pas de limite permise comme dans le cas de la forêt publique. Toutefois, l'offre et le pourcentage de bois provenant de celle-ci sont faibles. On retrouvera donc une série de contraintes qui limitera l'approvisionnement en provenance de celle-ci.

Par ailleurs, une partie des approvisionnements en bois de sciage peut être utilisée pour combler les besoins de l'usine de déroulage. Toutefois, il ne s'agit que du premier grade (f1) de sciage. Pour tenir compte de cela, nous indiquons, au niveau de la transformation, qu'il est possible d'utiliser une partie de ce bois. Si on considère par exemple qu'on peut utiliser jusqu'à un tiers du bon bois de sciage à cette fin, nous aurons alors la contrainte suivante :

<b>Forme générale :</b>
<b>Limite de sciage déroulé)</b> - approvisionnement de sciage + transformation de sciage déroulé <= 0
<b>Tel que formulé dans le modèle, dans le cas du bon merisier.</b>
<b>Limite_Merisier_Bon_Déroulage)</b> - 0,045 Public_Merisier_Sciage - 0,1 Public_Merisier_Hypot._Sciage - 0,36 Privé_Merisier_Sciage + 3 Transfo.Bon._Merisier_Sciage_Déroulé <= 0

#### **4.3.2 Les contraintes d'embauche.**

Les contraintes d'embauche prennent en considération le travail, en terme de coûts et d'heures, requis pour la production. Pour construire ces contraintes, il fallait d'abord déterminer de quelle façon on allait mesurer la productivité du travail. Nous avons décidé de la mesurer à partir du nombre de mètres cubes de bois transformé par heure<sup>43</sup>.

Donc, le coefficient relié à l'embauche exprimera, au niveau de la contrainte, le nombre de mètres cube transformé en une heure de travail, en moyenne.

Par exemple, voici cette contrainte dans le cas du déroulage de chêne (page suivante) :



<b>Forme générale :</b>	
<b>Embauche déroulage de chêne) + (transformation) - ( embauche ) &lt;= 0</b>	
<b>Tel que formulé dans le modèle :</b>	
<b>EMB_TRCD)</b>	Transfo_Bon_Chêne_Dér_Déroulé + Transfo_Moyen_Chêne_Dér_Déroulé + Transfo_Piètre_Chêne_Dér_Déroulé - 5,916 Embauche_Trav_Chêne_Der. <= 0

Le coefficient de 5,916 exprime donc le nombre moyen de mètres cubes de chêne déroulé à l'heure. Nous considérons qu'une heure de travail inclut l'ensemble de la main-d'œuvre directe travaillant à une chaîne de production. Ainsi, dans la fonction objective, le coefficient rattaché à une activité d'embauche sera le coût en main-d'œuvre directe total pour une heure de travail.

La solution optimale nous indiquera le nombre d'heures totales nécessaires pour chaque catégorie de production, étant donné la productivité que nous lui avons indiqué.

#### **4.3.3 Les contraintes générales de transformation.**

Les contraintes de transformation indiquent au modèle de quelles façons le bois provenant des approvisionnements sera transformé et quels seront les produits finis qui en découleront.

D'abord, soulignons que nous obligeons le modèle à transformer la totalité du bois provenant des approvisionnements.

Voici cette contrainte, exprimée dans le cas du déroulage de tremble (page suivante) :

<b>Forme générale :</b>
<b>Transfert déroulage de tremble)</b> - (approvisionnement) + (transformation) = 0
<b>Tel que formulé dans le modèle :</b>
<b>Transfert Déroulage Tremble)</b> - Public_Tremble_Déroulage - Public_Tremble_Hypot._Déroulage - Privé_Tremble_Déroulage + Transfo_Bon_Tremble_Déroulage + Transfo_Moyen_Tremble_Déroulage + Transfo_Piètre_Tremble_Déroulage = 0

Cette contrainte est nécessaire, car autrement, notre modèle se contenterait de suggérer la transformation de bonne et de moyenne qualité et délaisserait une grande partie ou la totalité du bois de piètre qualité. C'est du moins ce que nous avons observé lorsque nous procédions à différents tests de calibrage. De toute façon, le gestionnaire forestier n'a pas le choix. Il ne peut pas s'approvisionner uniquement avec du bon bois. Il s'attend au départ à obtenir avec ses billes différents niveaux de qualité de produits finis. Mais, il n'est pas parfaitement certain de ce qu'il va obtenir et ce, même s'il connaît la qualité de ses approvisionnements.

Comme nous l'avons déjà mentionné, nous voulons simuler trois états du bois (bon, moyen, piètre) dans notre modèle. Par conséquent, les séries de contraintes reliées à la transformation se divisent en trois blocs selon l'état du bois. Pour chacun de ces blocs, nous rattachons une probabilité d'événement. Chaque mètre cube de bois acheté se répartit à travers ces trois blocs de transformation, selon les pourcentages qui y seront attribués :

<b>1 mètre cube (100%) = % bon bois + % moyen bois + % piètre bois</b>
--

Voici comment nous exprimons cette répartition dans le modèle, dans le cas du sciage de l'érable :

<b>Forme générale :</b>
<p><b>Transformation d'érable)</b></p> <p>- % (approvisionnement) + transformation de sciage d'érable <math>\leq 0</math></p>
<b>Tel que formulé dans le modèle :</b>
<p><b>Bon Érable Sciage)</b></p> <p>- 0,185 Public_Érable_Sciage - 0,2 Public_Érable_Hypot._Sciage  - 0,61 Privé_Érable_Sciage + Transfo_Bon_Érable_Sciage  + Transfo_Bon_Érable_Sciable_Copeaux <math>\leq 0</math></p> <p><b>Moyen Érable Sciage)</b></p> <p>- 0,73 Public_Érable_Sciage - 0,75 Public_Érable_Hypot._Sciage  - 0,26 Privé_Érable_Sciage + Transfo_Moyen_Érable_Sciage  + Transfo_Moyen_Érable_Sciable_Copeaux <math>\leq 0</math></p> <p><b>Piètre Érable Sciage)</b></p> <p>- 0,085 Public_Érable_Sciage - 0,05 Public_Érable_Hypot._Sciage  - 0,13 Privé_Érable_Sciage + Transfo_Piètre_Érable_Sciage  + Transfo_Piètre_Érable_Sciable_Copeaux <math>\leq 0</math></p>

Remarquez que si vous additionnez les pourcentages attribués à l'érable de la forêt publique, vous obtiendrez 100 % ( 18,5 % bon + 73 % moyen + 8,5 % piètre ). Maintenant, nous devons préciser comment nous avons déterminé ces pourcentages. Nous nous sommes basés sur les différents grades de classification des billes de bois. Nous avons pour le déroulage des grades de D1 à D4 et pour le sciage, de F1 à F4.

Dans un cas comme dans l'autre, le bon bois équivaut au premier grade, le moyen bois équivaut à la somme des grades deux et trois, tandis que le piètre bois correspond au quatrième grade.

Il n'existe pas de différents grades pour le bois utilisé à la mise en copeaux. Le bon bois de copeaux présentera simplement un facteur de transformation légèrement supérieur.

Les pourcentages de qualité sont donc établis à partir des statistiques annuelles de l'entreprise pour ses approvisionnements à la forêt publique et

privée. Pour ce qui est de l'approvisionnement hypothétique, nous avons amélioré la répartition de la qualité de façon arbitraire (comme nous l'avons expliqué dans un précédent chapitre). Une fois que le bois est réparti entre ces trois blocs de transformation, il faut passer à l'étape suivante, c'est-à-dire le transformer en différents produits finis. Nous allons donc présenter dans l'ordre les contraintes de production de déroulage, de sciage, puis de copeaux.

#### **4.3.4 Les contraintes de production au déroulage.**

L'usine de déroulage est composée de deux chaînes de production. Une pour le tremble et une pour les autres essences (merisier, chêne, autres). Cette usine produit essentiellement trois catégories de placages : les feuilles pleines (FP), les feuilles encollées (FE), les placages courts et étroits (PC). Nous avons donc regroupé les différents et nombreux items dans l'une ou l'autre de ces catégories.

Chaque mètre cube qui entre dans la transformation sera donc attribué à ces catégories de produits. La quantité de produits finis qui découlera d'un mètre cube dépendra de son facteur de transformation. Les produits finis de déroulage étant mesurés en pieds carrés, le facteur sera donc un rapport mètres cubes/pieds carrés (M3/Mpi<sup>2</sup>). Ce facteur sera plus ou moins élevé, selon la qualité des approvisionnements. Le volume total d'approvisionnement exprimé en mètre cube divisé par son facteur de transformation nous donne la quantité produite en pieds carrés. Par exemple, dans le cas du merisier, on obtient au total pour l'année de référence :

$11,510 \text{ mètres cubes (m3)} / 0,2434 = 47,294 \text{ Mille pieds carrés (Mpi2)}.$
---

Le facteur (0,2434) représente une moyenne pour l'ensemble de l'année et pour les différentes qualités de bois transformés. Dans notre modèle, nous avons trois blocs de transformation, ce qui implique que nous aurons aussi trois facteurs de transformation pour chaque type d'essence. On obtiendra une plus grande quantité de produits finis dans le cas du bon bois et une plus petite dans le cas du piètre bois.

Les facteurs de transformation ont été estimés à partir des données historiques de l'entreprise de 1990-91 à aujourd'hui. Par exemple, pour le bon bois, nous nous sommes basés sur les facteurs moyens de la meilleure année qu'a connue l'entreprise durant cette période. À l'opposé, le facteur du piètre bois correspond à la pire année.

Nous savons maintenant que chaque mètre cube de bois qui entrera dans l'usine de déroulage produira une quantité de placages dont l'unité de mesure est mille pieds carrés (Mpi2). Il reste maintenant à déterminer comment cette quantité sera répartie entre les trois catégories d'items mentionnées précédemment. Nous allons donc attribuer des pourcentages à ces différentes catégories :

$$(x) \text{ Mpi2} = \% \text{ feuilles pleines} + \% \text{ feuilles encollées} \\ + \% \text{ placages courts \& \text{étroits.}}$$

Encore une fois, ces pourcentages ont été estimés à partir des données historiques, en suivant les mêmes principes que dans le cas des facteurs de transformation.

L'encadré suivant présente de quelles façons ces contraintes sont exprimées dans le cas du bon merisier :

<b>Forme générale :</b>
<b>Transfert de produits finis) - transformation + vente de produits finis &lt;= 0</b>
<b>Tel que formulé dans le modèle :</b>
<b>Merisier Feuilles Pleines)</b> - 1,6982 Transfo_Bon_Meri_Déroulé + Vente_Feuilles pleines_Merisier <= 0  <b>Merisier Feuilles Encollées)</b> - 2,1892 Transfo_Bon_Meri_Déroulé + Vente_Feuilles Encollées_Meri. <= 0  <b>Merisier Placages Courts)</b> - 0,6171 Transfo_Bon_Meri_Déroulé + Vente_Placages Courts_Meri. <= 0

Les coefficients rattachés à la transformation de merisier de déroulage sont donc établis selon un facteur de transformation qui se répartit entre les trois items. Dans le cas ci-dessus, le facteur est de 0,222. Selon notre formule de conversion, on obtient pour 1 mètre cube 4,5045 Mpi<sup>2</sup>. Cette quantité de 4,5045 se distribue selon les pourcentages correspondants aux items. Dans le cas du bon bois de merisier, nous avons estimé les pourcentages suivants :

$$(x) \text{ Mpi}^2 = 37,7 \% \text{ feuilles pleines} + 48,6 \% \text{ feuilles encollées} \\ + 13,7 \% \text{ placages courts \& \text{étroits.}}$$

Il reste maintenant à répartir 4,5045 selon ces pourcentages pour finalement obtenir les coefficients reliés à la transformation :

**Calcul des coefficients de transformation du bon merisier de déroulage :**

$$4,505 * 37,7 \% = 1,6982$$

$$4,505 * 48,6 \% = 2,1892$$

$$4,505 * 13,7 \% = 0,6171$$

#### **4.3.5 Les contraintes de production au sciage.**

L'usine de sciage est composée d'une seule ligne de production. Comme dans le cas du déroulage, nous avons regroupé les items par grandes catégories de production. Pour le sciage, nous aurons donc cinq catégories : Sélect (SL), numéro un (N1), numéro deux (N2), numéro trois A (3A), numéro trois B (3B). La catégorie trois C a été regroupée avec la trois B (3B).

Comme au déroulage, chaque mètre cube qui entre dans la transformation sera attribué aux cinq catégories ci-mentionnées. La quantité de produits finis qui découlera d'un mètre cube dépendra de son facteur de transformation. Le pied mesure de planche (pmp) constitue l'unité de mesure pour le bois de sciage. L'unité de vente dans notre modèle sera mille pieds mesure de planche (Mpmp). Dans ce cas, le facteur de transformation s'évalue par le rapport entre le nombre de mètre cube transformé et le nombre de pieds mesure de planche obtenu ( $M3/Mpmp$ ). Par exemple, pour l'année de référence, on obtient pour le sciage total le facteur suivant :

<p><b>51 507 Mètres cube (M3) / 9019 Mille pieds mesure de planche (Mpmp) = 5,71</b></p>
--

Il faut donc utiliser en moyenne 5,71 mètres cubes pour produire mille pieds mesure de planche (Mpmp). Pour la construction des coefficients, nous suivons la même logique qu'au déroulage, sauf que l'unité de mesure des produits finis n'est pas la même. Donc, chaque mètre cube de bois qui entrera dans l'usine de sciage produira une quantité de planche mesurée en pieds mesure de planche (pmp). Cette quantité sera répartie entre les cinq catégories de sciage :

<p><b>(x) Mpmp = % Sélect + % No1 + % No2 + % 3A + % 3B</b></p>
---

Voici de quelles façons ses contraintes sont exprimées dans le cas des autres essences moyennes :

<b>Forme générale :</b>
<b>Transfert de produits finis) - transformation + vente de produits finis &lt;= 0</b>
<b>Tel que formulé dans le modèle :</b>
<b>Moyen_Autres_Sélect)</b> - 0,0352 Transfo_Moyen_Autres_Sciage + Vente_Autres_Sciage_Select <= 0
<b>Moyen_Autres_N1)</b> - 0,02768 Transfo_Moyen_Autres_Sciage + Vente_Autres_Sciage_N1 <= 0
<b>Moyen_Autres_N2)</b> - 0,03504 Transfo_Moyen_Autres_Sciage + Vente_Autres_Sciage_N2 <= 0
<b>Moyen_Autres_3A)</b> - 0,0352 Transfo_Moyen_Autres_Sciage + Vente_Autres_Sciage_3A <= 0
<b>Moyen_Autres_3B)</b> - 0,02688 Transfo_Moyen_Autres_Sciage + Vente_Autres_Sciage_3B <= 0

La somme des coefficients de l'encadré précédent est de 0,16. Cela signifie que un mètre cube de bois scié produira 160 pmp ou 0,16 Mpmp. Le facteur de transformation est donc de 6,25 (1/0,16). Ce 0,16 Mpmp sera répartie entre les différentes catégories, selon les pourcentages que nous avons attribués à ces dernières. Nous avons procédé de la même façon qu'au déroulage pour estimer ces pourcentages. On répartit alors le 0,16 Mpmp dans ces proportions :

<b>Calcul des coefficients de transformation des autres essences moyennes de sciage :</b>		
<b>0,16 * 22 %</b>	<b>=</b>	<b>0,0352</b>
<b>0,16 * 17,3 %</b>	<b>=</b>	<b>0,02768</b>
<b>0,16 * 21,9 %</b>	<b>=</b>	<b>0,03504</b>
<b>0,16 * 22 %</b>	<b>=</b>	<b>0,0352</b>
<b>0,16 * 16,8 %</b>	<b>=</b>	<b>0,02688</b>



#### **4.3.6 Les contraintes de production à la mise en copeaux.**

Le modèle prévoit trois activités de mise en copeaux ; les copeaux de merisier, d'érable et de tremble. À la limite, on aurait pu faire une seule activité, car la différence entre ces copeaux est faible. Nous souhaitons toutefois que la structure de la matrice soit similaire pour les différentes usines. Cette structure peut devenir utile si des différences significatives apparaissent au niveau des coûts, des prix, ou encore de la qualité.

La construction des contraintes pour ces activités est relativement simple, puisqu'il n'existe qu'un seul item de vente, soit le copeau. La quantité de ce produit se mesure en tonne métrique anhydride (t.m.a). Nous aurons donc à estimer un facteur (M3/T.M.A.). Pour l'année de référence, nous avons le facteur suivant pour l'ensemble des copeaux :

<b>131 000 M3 / 72 296 T.M.A. = 1,81</b>
--

Il faut donc 1,81 mètres cubes de bois pour obtenir une tonne (t.m.a.) de copeaux. Dans le modèle, nous exprimons la quantité de copeaux obtenue avec un mètre cube. On obtiendrait dans le cas présent  $1/1,81 = 0,55$ . Ce facteur serait légèrement supérieur pour le bon bois et légèrement inférieur pour le piètre bois.

Ce qui se traduit comme suit dans le cas du bon merisier :

<b>Forme générale :</b>
<b>Transfert de produits finis de copeaux) - transformation</b> + vente de produits finis $\leq 0$
<b>Tel que formulé dans le modèle :</b>
<b>Merisier_Copeaux_bon) - 0,575 Transfo_Bon_Meri_Copeaux</b> + Vente_Meri_Copeaux $\leq 0$

#### **4.3.7 Les choix de transformation.**

Afin de permettre à notre modèle de choisir la transformation la plus rentable, nous avons défini différentes activités pouvant provenir d'une même source d'approvisionnement. Par exemple, il est possible d'acheminer du bois de sciage à l'usine de déroulage, ou encore à l'usine de mise en copeaux.

Ainsi, dans le cas du bon merisier, on retrouve la contrainte suivante :

<b>Forme générale :</b>
<b>Transfert bon merisier de sciage) - approvisionnement + transformation en sciage + transformation en déroulage + transformation en copeaux <math>\leq 0</math></b>
<b>Tel que formulé dans le modèle :</b>
<b>BON_ME_S) - 0,045 Public_Meri_Sciage - 0,1 Public_Meri_Hypot._Sciage - 0,34 Privé_Meri_Sciage + Transfo_Bon_Meri_Sciage_Scié + Transfo_Bon_Meri_Sciage_Déroulé + Transfo_Bon_Meri_Sciage_Mis en copeaux <math>\leq 0</math></b>

De la même façon, il est possible de scier du bois de déroulage, dans le cas du merisier et du chêne, mais non du tremble. Cela est bien sûr peu probable, mais tout de même envisageable. De plus, la solution nous indiquera de combien les coûts ou les prix doivent varier pour qu'un tel choix devienne rentable.

#### **4.3.8 Les contraintes liées à la vente des produits finis.**

Pour ce qui est de la vente des produits finis, nous avons déjà expliqué de quelle façon nous avons regroupé les différents items au niveau du sciage et du déroulage. Cependant, étant donné que nous avons trois blocs de

transformation (bon, moyen, piètre), nous avons alors trois provenances possibles pour chaque catégorie de produit, comme par exemple, le sciage Sélect de merisier. De plus, le Sélect de merisier pourrait être produit avec du bois de sciage ou de déroulage.

Par conséquent, nous allons simplement indiquer au modèle de les regrouper et de les additionner. De cette façon, nous retrouverons, dans la fonction objective, une seule catégorie de Sélect de merisier, auquel on rattache un prix de vente. La contrainte de cet exemple se formule comme suit :

<b>Forme générale :</b>
<p><b>Vente totale de Sélect de merisier)</b></p> <p>- vente de Sélect total + produits finis provenant du bon bois de sciage + (...) + produits finis provenant du piètre bois de déroulage = 0</p>
<b>Tel que formulé dans le modèle :</b>
<p><b>Vente_Sélect_Merisier)</b> - Vente_Meri_Total_Sélect  + Produits finis_Bon_Meri_Déroulage_Scié  + Produits finis_Bon_Meri_Sciage_Scié  + Produits finis_Moyen_Meri_Déroulage_Scié  + Produits finis_Moyen_Meri_Sciage_Scié  + Produits finis_Piètre_Meri_Déroulage_Scié  + Produits finis_Piètre_Meri_Sciage_Scié = 0</p>

La solution optimale nous indiquera alors la quantité totale produite de merisier Sélect.

#### **4.4 Conclusion (concernant la construction du modèle).**

Le modèle que nous avons construit capte, de façon simplifiée mais toutefois réaliste, l'ensemble des activités de transformation de l'entreprise. Il tente de faire un lien entre la quantité et la qualité des approvisionnements et des produits finis que l'on peut espérer obtenir à partir de ceux-ci. À ce sujet, nous sommes conscients du fait que les relations que nous établissons ne peuvent être qu'approximatives. Nous en serons toutefois satisfaits si les résultats nous révèlent que ces approximations se rapprochent de la réalité. Nous pensons que ce modèle pourra être utile au gestionnaire forestier, surtout au niveau de la planification et de la prévision budgétaire. L'ajout d'une activité hypothétique d'aménagement peut aussi permettre de mieux chiffrer les coûts et les bénéfices découlant d'une meilleure intervention en milieu forestier.

## **CHAPITRE V**

### **ANALYSE DES RÉSULTATS**

#### **Introduction**

Dans ce chapitre, nous allons analyser les résultats de la simulation du modèle avec LINDO. Trois scénarios seront évalués. Le scénario de référence est une approximation de l'année 1996-97 dans lequel nous forçons le modèle à transformer la quantité de bois correspondant au niveau de cette année là. Nous allons comparer les résultats de la simulation avec les résultats réels de cette année de référence. Cette comparaison nous permettra d'évaluer notre première hypothèse de recherche ( l'entreprise gère ses opérations de façon optimale). Si l'écart entre les résultats de notre simulation et la réalité est inférieur à 20%, nous ne pourrons rejeter l'hypothèse  $H_0$ . Dans le deuxième scénario, nous laissons le modèle libre de choisir le niveau de production et le type d'essence transformé. Cette simulation a pour objectif d'évaluer si l'entreprise a fait les bons choix

durant l'année de référence ou est-ce que le modèle suggère une stratégie différente qui aurait permis des revenus supérieurs. Cela viendra en quelque sorte appuyer l'hypothèse de base si la stratégie de transformation demeure sensiblement la même.

Dans le troisième scénario, nous cherchons un niveau d'investissement en aménagement sylvicole ou en information ( amélioration de la connaissance de la forêt ) permettant d'obtenir une qualité légèrement supérieure d'approvisionnement à la forêt publique. On suppose que cette amélioration de qualité se traduit par des pourcentages plus élevés de bon bois et moins élevé de mauvais bois. Cette amélioration des approvisionnements entraîne une plus grande proportion de produit finis de meilleure qualité. Par exemple, au niveau du sciage, on obtiendra davantage de Sélect et No1 commun.

Nous procédons également à différentes analyses pour les trois scénarios ci-mentionnés ; l'analyse du prix dual des différentes activités nous permettra d'identifier celles qui sont le plus ou le moins rentable. L'analyse de sensibilité produite par LINDO nous permettra d'identifier les activités les plus sensibles à des variations de prix ou de coût de production. Finalement, nous tentons d'estimer la courbe risque-revenu de l'entreprise. Pour ce faire, nous utilisons la fonction "*paramétrer*" de LINDO qui permet d'établir différents niveaux de revenu espéré pour un niveau de risque donné. Par la suite, nous estimons l'élasticité risque-revenu qui se définit comme suit :

$$\frac{\% \text{ variation du revenu}}{\% \text{ variation du risque}} = \text{Élasticité risque-revenu}$$

Cette élasticité nous indique la proportion de risque que l'entreprise devra assumer pour obtenir un revenu espéré supérieur.

Si l'élasticité est supérieure à l'unité, il peut être avantageux pour l'entreprise d'assumer un risque puisque les revenus associés à ce niveau additionnel de risque sont supérieurs à ce dernier. L'entreprise souhaite évidemment augmenter ses revenus sans que les risques qui s'y rattachent soient élevés.

## **5.1 Scénario "Référence".**

### **5.1.1 La solution optimale.**

Pour le scénario de référence, nous avons tenté de calibrer le modèle en se référant aux résultats de l'année 1996-97 de l'entreprise à l'étude. Nous avons donc forcé le modèle à transformer les quantités et les essences de bois correspondant à cette période. Pour ce faire, nous avons modifié les contraintes reliées aux approvisionnements. Ainsi, au lieu d'avoir des bornes maximales, nous avons des égalités au niveau des équations. Ce qui se traduirait comme suit dans le cas du bois de sciage de merisier :

<p><b>Scénario "Référence" : Max_Merisier_Public_Sciage) Public_Merisier_Sciage</b>  <b>+ Public_Merisier_Hypothétique_Sciage = 44 770</b></p>
<p><b>Scénario "libre choix" : Max_Merisier_Public_Sciage) Public_Merisier_Sciage</b>  <b>+ Public_Merisier_Hypothétique_Sciage &lt;= 44 770</b></p>

Dans le scénario de référence, la contrainte ci-dessus force à acheter 44 770 Mètres cubes de merisier de sciage à la forêt publique. Dans le scénario libre, la contrainte permet d'acheter une quantité de bois n'excédant pas 44 770 mètres cubes. Le scénario de référence ne permet donc aucun choix au niveau des approvisionnements. On bloque de plus l'activité (*Am\_Sylv*) en lui attribuant un coût astronomique. Toutefois, nous n'avons pas forcé l'achat d'érable de déroulage, car cette activité est plutôt marginale et occasionnelle. Vous remarquerez d'ailleurs ce détail lors de la présentation des résultats.

Nous avons aussi utilisé les prix d'achat et de vente de cette année, ainsi que les coûts fixes et variables de production. Les coefficients de transformation sont construits selon l'historique de l'entreprise de 1990 à 1997 (les détails explicatifs de cette démarche se trouvent dans le chapitre traitant de la construction du modèle). Toutefois, nous les avons légèrement modifié de façon à se coordonner avec les coefficients moyens annuels de cette année de référence. Par exemple, au niveau du sciage total, la pondération des données historiques se traduisait par un coefficient moyen de transformation (M3/Mpmp)<sup>44</sup> de 5,47 comparativement à 5,71 pour l'année de référence. On observait donc un écart de 4,2 %. Étant donné que nous observons une baisse de qualité des approvisionnements au cours des dernières années, nous jugeons acceptable d'altérer légèrement la pondération des quelques données historiques dont nous disposons. Les pourcentages attribués à la qualité des approvisionnements (bon, moyen, piètre) sont établis aussi selon les données de cette période.

Le tableau qui suit constitue un sommaire des résultats de notre simulation en comparaison avec les données réelles. Nous pouvons constater que les résultats sont très satisfaisants étant donné que les écarts sont généralement très faibles :

**Tableau 5. 1 : Comparaison entre les résultats du scénario "Référence" et de l'année 1996-97**

<b>Scénario :</b>	<b>Référence</b>	<b>1996-97</b>	<b>Écart Quantité</b>	<b>(%)</b>
<b>Valeur de la fonction Objective :</b>	<b>2 172 806</b>	<b>2 219 774</b>	<b>- 46 969</b>	<b>- 2,1</b>
<b>Approvisionnement (Mètre cube)</b>				
<b>Total déroulage</b>	<b>17 714</b>	<b>20 861</b>	<b>- 3 147</b>	<b>-15,1</b>
<b>Total sciage</b>	<b>54 009</b>	<b>51 507</b>	<b>2 502</b>	<b>4,9</b>
<b>Total copeaux</b>	<b>131 000</b>	<b>131 000</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>



**Tableau 5.1 (suite) : Comparaison entre les résultats du scénario  
Référence et de l'année 1996-97.**

Scénario :	Référence	1996-97	Écart Quantité	(%)
<b>Transformation déroulage</b>				
(Mètre cube)				
<b>Merisier</b>	11 500	11 510	-10	-0,1
<b>Épicéa</b>	3 397	3 400	-3	-0,1
<b>Tremble</b>	5 314	5 313	1	0,0
<b>Érable</b>	0	637	-637	100,0
<b>Total déroulage</b>	20 211	20 860	-649	-3,1
<b>Transformation sciage</b>				
(Mètre cube)				
<b>Merisier</b>	44 770	44 770	0	0,0
<b>Érable</b>	4 414	4 414	0	0,0
<b>Autres</b>	2 325	2 325	0	0,0
<b>Total sciage</b>	51 509	51 509	0	0,0
<b>Total (Mppm)</b>	9 023	9 019	4	0,0
<b>Vente copeaux</b>				
(Tonne métrique anhydride T.M.A)				
<b>Essences mixtes</b>	72 239,95	72 296	-56	-0,1
<b>Heures de travail/année</b>				
<b>Sciage</b>	3 930	3 995	-65	-1,6
<b>Déroulage</b>	3 534	3 539	-5	-0,1
<b>Copeaux</b>	1 575	1 956	-381	-19,5
<b>Total</b>	9 039	9 490	-451	-4,8
<b>Facteur de transformation</b>				
<b>Sciage M3/Mppm</b>	5,71	5,71	0,00	0,0
<b>Déroulage M3/Mp2</b>	0,30	0,31	-0,01	-4,7
<b>Copeaux M3/P.M.A</b>	1,81	1,81	0,00	0,0

On remarque d'abord que la valeur de la fonction objective ( 2 172 806 \$ ) est inférieure de seulement 2,1% du bénéfice net avant impôt de cette période ( 2 219 774 \$ ).

Par ailleurs, les écarts observés peuvent s'expliquer de plusieurs façons. Par exemple, l'écart de 100% de la transformation de déroulage de bois d'érable s'explique simplement par le fait que le modèle ne prévoit pas cette activité étant donné qu'elle est marginale et plutôt occasionnelle. De toute façon, on ne constate qu'un écart de 3,1% au niveau du déroulage total. L'écart de 15,1% au niveau de l'approvisionnement de déroulage de merisier s'explique par le fait qu'une partie du bois de sciage comble cet écart. Les écarts au niveau de la quantité des produits finis s'expliquent par une différence des facteurs de transformation. Les écarts au niveau des heures de travail s'expliquent par une différence de la productivité de la main-d'œuvre.

À la lumière de ces résultats, nous pouvons simplement être confiants que notre modèle capte bien la réalité. Nous pourrions éventuellement appuyer notre hypothèse  $H_0$  (qui avance que l'entreprise gère effectivement ses activités de façon optimale) avec l'évaluation des résultats du scénario "Libre choix".

### **5.1.2 Analyse du prix dual des contraintes ou activités (scénario "Référence" ).**

Le tableau qui suit présente une série ordonnée de prix dual associé à des contraintes de notre modèle. Le prix dual indique la variation du revenu espéré (fonction objective) si on relâche la contrainte d'une unité. Par exemple, prenons la première contrainte du tableau ci-bas; si on pouvait transformer un mètre cube additionnel de *merisier de sciage pouvant être déroulé*, la fonction objective serait alors augmentée de 261,73 \$.

**Tableau 5.2 : Exemples de prix dual relié aux contraintes du modèle (scénario "Référence")**

(1) Contrainte	(2) Description	(3) Prix Dual	(4) Prix ou Coût du Marché	(3)/(4)
MAX (M1)	Transfo. merisier, sciage déroulé	261,73	n/a	n/a
MAX (M2)	Approv. Privé merisier déroulage	215,58	153,56	1,4
MAX (M3)	Approv. Public merisier déroulage	194,92	130,50	1,49
EM (E1)	1 heure travail déroulage chêne	135,80	135,80	1
EM (E2)	1 heure travail déroulage merisier	131,60	131,60	1
MAX (P1RS)	Approv. privé érable sciage	68,42	61,41	1,11
MAX (P2RS)	Approv. public érable sciage	49,49	59,53	0,83
EM (E3)	1 heure travail déroulage tremble	44,75	44,75	1
MAX (M4RS)	Approv. pavé merisier sciage	24,99	65,98	0,38
MAX (P1RB)	Approv. privé tremble déroulage	22,75	57,2	0,40
MAX (P2RB)	Approv. public tremble déroulage	21,76	57,2	0,38
EM (E4)	1 heure travail usine sciage	14,03	14,03	1
MAX (P1RC)	Approv. privé chêne déroulage	9,15	193,57	0,05
MAX (P2C)	Approv. public bois copeaux	4,21	30,1	0,14
EM (E5)	1 heure travail mise en copeaux	1,19	1,19	1
MAX (P3US)	Approv. public merisier sciage	1,02	64,98	0,02
MAX (P4RS)	Approv. privé autres bois sciage	-5,3	62,33	-0,09
MAX (P5RS)	Approv. public autres bois sciage	-9,94	62,33	-0,16
MAX (DER)	Déroulage total merisier, chêne	-35,79	n/a	n/a

Le tableau nous indique que l'activité de déroulage de merisier serait la plus rentable pour l'entreprise. On remarque aussi que le prix dual associé à l'approvisionnement en forêt privé de toutes essences est supérieur à cet approvisionnement en forêt public. Cela n'a rien d'étonnant, car la qualité des approvisionnements privés est supérieure, donc les produits qui en découlent le sont également. On remarque à la fin du tableau des activités qui seraient non rentables pour l'entreprise si elles prenaient plus d'ampleur.

Il s'agit de la transformation des autres essences de sciage ( frêne, tilleul, autres) et du déroulage de chêne provenant de la forêt publique.<sup>45</sup>

Dans certains cas, on peut comparer le prix dual avec le prix du marché. Le rapport (prix dual/prix du marché) le plus élevé nous indique le produit le plus rentable, si l'entreprise veut augmenter sa capacité de production. Dans le cas présent, l'entreprise aurait avantage à investir dans l'approvisionnement public de merisier de déroulage, qui présente un rapport de 1,49 (194.92/130,50).

### **5.1.3 Analyse de sensibilité.**

Les analyses de sensibilité produites par LINDO nous indiquent dans quelle mesure les coefficients de prix ou de coût des variables d'activité peuvent fluctuer sans toutefois affecter la stratégie de l'entreprise. Dans le cas du présent scénario, nous pouvons au départ nous attendre à ce qu'une partie de ces analyses soit peu significative, étant donné que nous contraignons les choix de production du modèle. Pour cette raison, nous porterons une attention plus particulière à ces analyses avec le scénario "Libre choix" qui permet plus de flexibilité au modèle. Les analyses de sensibilité du scénario "Référence" peuvent tout de même nous fournir des renseignements intéressants quant à l'arbitrage existant entre la provenance des approvisionnements. Voici un exemple présenté au tableau de la page suivante. Ce tableau nous indique que si le prix au mètre cube du merisier de déroulage augmente de 2,34 \$ au niveau de la forêt publique (*public\_merisier\_déroulage*), sa rentabilité serait alors équivalente à celle du merisier des approvisionnements dits "hypothétiques" (*public\_merisier\_hypot.\_déroulage*).

**Tableau 5.3 : Exemple d'analyse de sensibilité d'une variable d'activité (Scénario "Référence").**

<b>Variable :</b>	<b>Coefficient actuel</b>	<b>Variation permise Hausse</b>	<b>Variation permise Baisse</b>
<i>Public_merisier_déroulage</i>	- 130,50	2,34	Infini
<i>Public_merisier_hyp_déroulage</i>	- 130,50	Infini	2,34

Cela est tout à fait conforme à nos attentes, puisque nous avons établi que les approvisionnements hypothétiques sont de meilleure qualité. Le tableau nous indique aussi que le coût de l'approvisionnement à la forêt publique peut augmenter à l'infini sans que la stratégie soit modifiée. Ce résultat en apparence "illogique" s'explique par le fait que nous contraignons le modèle à acheter un niveau fixe de ce type de bois. Dans ce cas, une hausse de coût n'a pas d'impact, puisqu'il n'y a pas de choix.

#### **5.1.4 Analyse du risque ( scénario "Référence" )**

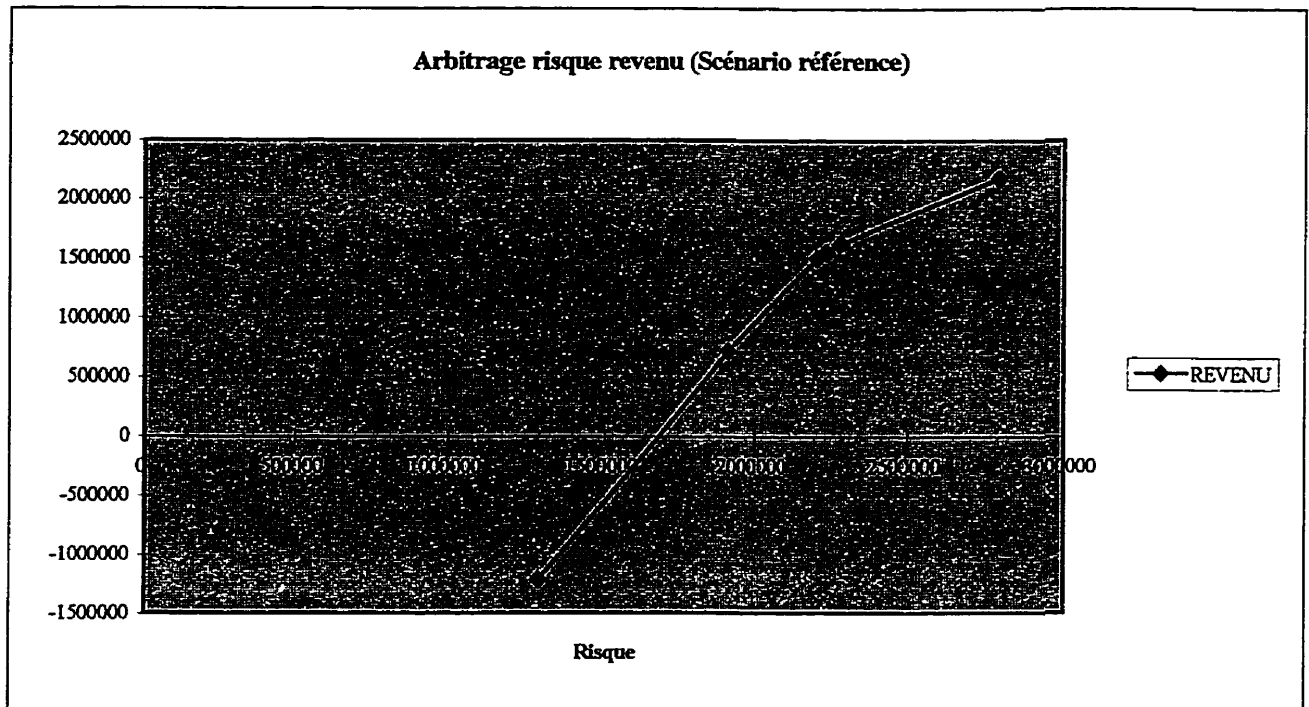
Comme nous l'avons mentionné au début du chapitre, nous procédons à une analyse du risque en fonction de différents niveaux de revenu espéré, à l'aide de la fonction "*paramétrer*" de LINDO. Le graphique 5.1 de la page suivante combine le risque et le revenu sur une même courbe. Lorsque la pente de cette courbe est abrupte, cela indique qu'une hausse de revenu s'accompagne d'une faible hausse du risque.

On remarque d'abord que le niveau de risque est toujours supérieur au revenu espéré. Encore une fois, le fait de contraindre le modèle lui enlève toute flexibilité, entraînant alors un fort niveau de risque. Nous verrons d'ailleurs que ce risque diminue considérablement dans le cas du scénario "Libre choix".

Nous constatons aussi qu'il est possible d'obtenir une espérance de revenu nulle ou même négative, tout en assumant un niveau de risque supérieur à

un million de dollars. Cela s'explique en grande partie par le fait que l'entreprise assume au départ des coûts fixes de l'ordre de huit cent trente trois mille dollars ( 833 000 \$).

**Graphique 5.1 : Courbe combinée du risque et du revenu (scénario "Référence").**



Le tableau suivant présente les différents points du graphique 5.1, ainsi que les pourcentages de variation du risque et du revenu entre les différents points des courbes. Ces données nous permettent alors d'estimer l'élasticité risque-revenu, tel que défini au début du chapitre. Avec ce tableau, nous voyons plus précisément le niveau de risque qui est associé à un niveau de revenu espéré. Par exemple, le niveau de risque associé au revenu espéré maximal (2 172 180 \$) est de 2 789 330 \$. Pour ce qui est des variations du risque et du revenu, on remarque que les pourcentages de variation du revenu sont toujours plus élevés que ceux du risque. Cela signifie, si on

prend par exemple le premier point du tableau, qu'une unité additionnelle (1\$) de risque entraîne une hausse de revenu de 1,53 \$ par unité.

**Tableau 5.4 : Les données du graphique 5.1 et l'estimation de l'élasticité risque-revenu (scénario Référence).**

<b>RISQUE</b>	<b>REVENU</b>	<b>% variation du risque</b>	<b>% variation du revenu</b>	<b>Elasticité risque-revenu</b>
<b>1 288 060</b>	<b>- 1 212 150</b>	<b>n/d</b>	<b>n/d</b>	
<b>1 909 520</b>	<b>716 487</b>	<b>48,25%</b>	<b>159,11%</b>	<b>3,30</b>
<b>2 204 610</b>	<b>1 496 380</b>	<b>15,45%</b>	<b>108,85%</b>	<b>7,04</b>
<b>2 235 070</b>	<b>1 549 430</b>	<b>1,38%</b>	<b>3,55%</b>	<b>2,57</b>
<b>2 277 770</b>	<b>1 617 040</b>	<b>1,91%</b>	<b>4,36%</b>	<b>2,28</b>
<b>2 281 260</b>	<b>1 621 890</b>	<b>0,15 %</b>	<b>0,30%</b>	<b>1,96</b>
<b>2 789 330</b>	<b>2 172 810</b>	<b>22,27%</b>	<b>33,97%</b>	<b>1,53</b>

L'élasticité risque-revenu tend à diminuer à mesure que l'espérance de revenu augmente. Autrement dit, il faut prendre de plus en plus de risque pour atteindre les niveaux de revenus les plus élevés. Le risque de l'entreprise suit donc en quelque sorte la loi des rendements décroissants.

#### **5.1.5 Conclusion du scénario "Référence".**

L'objectif de ce scénario initial visait à confronter notre modèle avec les données réelles de l'entreprise pour l'année 1996-97. Nous constatons que les résultats sont très satisfaisants et que les écarts avec la réalité sont faibles. Les coefficients moyens de transformation, établis selon les données historiques, fournissent donc une bonne estimation de l'espérance de revenu sur une base annuelle. Cela nous permet donc d'appuyer notre hypothèse  $H0_1$ , qui stipule que l'entreprise gère ses activités de façon optimale. Les résultats de ce scénario ne semblent pas révéler quoi que ce soit qui irait à

l'encontre cette hypothèse. Les résultats du scénario "Libre choix" pourront nous indiquer s'il existe de meilleure stratégie pour cette période.

Par ailleurs, nous avons constaté les limites des analyses de sensibilité dans le cas d'un modèle fortement déterminé. Comme nous l'avons déjà mentionné, nous n'avons donné aucun choix d'approvisionnement pour ce scénario. L'absence de choix n'implique aucun changement de stratégie, ce qui annule en quelque sorte la signification des variations permises des coefficients. Cette détermination du scénario "Référence" entraîne de plus des niveaux élevés de risque, dû à l'absence de flexibilité dans les stratégies de l'entreprise.

## **5.2 Scénario "Libre choix".**

### **5.2.1 La solution optimale.**

Le scénario "Libre choix" est presque identique au scénario "Référence". La seule différence est que les contraintes d'approvisionnement ont été relâchées, laissant ainsi un choix de production lors de la recherche de la solution optimale. Au lieu de retrouver des égalités simples (=) au niveau de ces contraintes, on retrouve des bornes supérieures ( $\leq$ ) (un exemple a été présenté dans la section 5.1.1). L'activité (*Am\_Sylv*) reste toujours bloquée comme au scénario précédent. Le tableau de la page suivante présente les résultats du scénario "Libre choix" qui diffèrent de ceux du scénario "Référence". On remarque que la valeur de la fonction objective a augmenté d'environ 6 % par rapport au scénario zéro. Cette différence proviendrait du choix de ne pas dérouler de chêne et de ne pas scier la catégorie "autres". Ceci laisse croire que ces activités ne sont pas rentables, puisque le revenu espéré augmente lorsqu'on les délaisse. La solution nous indique effectivement de combien les coûts d'approvisionnement devraient diminuer pour que ces activités deviennent rentables. Il en est de même pour les coûts de transformation des activités non rentables (voir tableau 5.6).



**Tableau 5.5 : Résultats sommaires du scénario "Libre choix"**

<b>Valeur de la fonction objective :</b>	
<b>Libre choix</b>	<b>2 307 040 \$</b>
<b>Réel 1996-97</b>	<b>2 219 774 \$</b>
<b>Approvisionnement (M3)</b>	
<i>Total déroulage</i>	16 841
<i>Total sciage</i>	51 634
<b>Vente déroulage (Mpi2)</b>	
<i>Chêne</i>	0
<i>Total</i>	56 834
<b>Transformation déroulage (M3)</b>	
<i>Chêne</i>	0
<i>Total déroulage</i>	16 841
<b>Vente sciage (Mppmp)</b>	
<i>Autres</i>	0
<i>Total</i>	8 648
<b>Transformation sciage (M3)</b>	
<i>Autres</i>	0
<i>Total sciage</i>	49 184
<b>Facteur de transformation</b>	
<b>Sciage M3/Mppmp</b>	<b>5,69</b>
<b>Déroulage M3/Mpi2</b>	<b>0,30</b>
<b>Revenus de travail annés</b>	
<i>Sciage</i>	3 752
<i>Déroulage</i>	2 959
<i>Total</i>	8 286

**Tableau 5.6 : Réduction de coût nécessaire à l'inclusion de variables d'activité non rentables dans la solution. ("Libre choix")**

<b>Variable</b>	<b>Valeur</b>	<b>Coût réduit (reduced cost)</b>
<b>Approvisionnement</b>		
<i>Privé chêne déroulage</i>	0	19,98
<i>Public autres sciage</i>	0	9,95
<i>Privé autres sciage</i>	0	5,30
<b>Transformation</b>		
<i>Bon merisier sciage mis en copeaux</i>	0	95,67
<i>Bon chêne déroulage déroulé</i>	0	6,23
<i>Moyen merisier déroulage scié</i>	0	264,99

Ce tableau indique que le prix d'achat d'un mètre cube de chêne de déroulage en provenance de la forêt privé devrait diminuer de 19,98 \$ pour entrer dans la solution. Cette diminution serait respectivement de 9,95 \$ et de 5,30 \$ dans le cas des autres essences de sciage provenant de la forêt publique et privée.

Cette exclusion de ces variables entraîne toutefois une baisse des activités de l'entreprise et donc une réduction des heures de travail de 753 heures, soit une baisse d'environ 8% sur une base annuelle. Par ailleurs, on remarque une amélioration du coefficient de transformation du sciage, passant de 5,71 à 5,69 par rapport au scénario "Référence". Ceci indique que le rendement en matière des autres essences de sciage est inférieur à celui du merisier et de l'érable.

Le bas du tableau 5.6 nous renseigne sur la réduction de coût nécessaire à la transformation de bon merisier de sciage en copeaux, de bon chêne de déroulage déroulé et de moyen merisier de déroulage scié. Cet aspect de l'analyse peut s'avérer utile à l'entreprise forestière qui doit parfois prendre la décision de transférer du bois d'une usine à l'autre, selon de la demande du marché. On remarque toutefois, dans le cas du merisier de déroulage, qu'il faudrait subir un effondrement des prix considérable pour que l'on décide de l'envoyer vers l'usine de sciage, puisque le coût réduit de transformation est de 264,99 \$ du mètre cube.

### **5.2.2 Analyse du prix dual (scénario "libre choix").**

Nous remarquons au tableau suivant que le prix dual pour l'approvisionnement de merisier de déroulage a diminué. Cela s'explique par le fait que le modèle, étant plus flexible, peut disposer d'alternatives pour générer des revenus. Nous pouvons aussi affirmer que le prix du merisier de déroulage à la forêt public (*Public\_Merisier\_Déroulage*), qui se situe actuellement à 130.50 \$, pourrait augmenter jusqu'à 159.13 \$ du mètre

cube sans affecter la stratégie de transformation. Quant à son rapport (*prix dual/prix du marché*), il est passé de 1,49 ( 194,92/130,50) à 1,21 (159,13/130,50).

**Tableau 5.7 : Exemples de prix dual relié aux contraintes du modèle dont la valeur diffère de celle du scénario "Référence" (scénario "Libre choix").**

(1) Contrainte	(2) Description	(3) Prix Dual	(4) Prix ou Coût du Marché	(3)/(4)
MAX(MPRD)	Approv. privé.merisier.déroutage	179,78	153,56	1,17
MAX(MPRD)	Approv. public.merisier.déroutage	159,13	130,50	1,21

### 5.2.3 Analyse de sensibilité (scénario "Libre choix").

Comme nous l'avons mentionné précédemment, nous porterons une plus grande attention à ce type d'analyse pour ce scénario, étant donné que celui est moins restreint au niveau des choix. Le tableau 5.8 de la page suivante présente quelques exemples d'analyse de sensibilité portant sur l'approvisionnement, la transformation et la vente.

L'analyse de sensibilité de l'approvisionnement nous indique par exemple que la valeur de l'arbitrage entre le merisier provenant de la forêt publique et celui provenant éventuellement de cette forêt avec une qualité accrue. Cette qualité meilleure procurerait la même espérance de revenu malgré un coût d'acquisition plus élevé (+ 2,34 \$ du mètre cube).

Au niveau de la transformation, l'analyse nous révèle que si le coût variable de transformation d'un mètre cube de bon merisier de sciage déroulé augmente de 127,67 \$, nous sommes alors indifférents entre transformer ce

bois à ce coût ou transformer le moyen merisier de sciage déroulé au coût variable de 60 \$ du mètre cube. Le tableau 5.8 indique de plus que le sciage des autres essences pourrait devenir une activité rentable si son coût variable diminuait de 9,14 \$.

**Tableau 5.8 : Exemples d'analyse de sensibilité d'une variable d'activité (scénario "Libre choix")**

<b>Variable :</b>	<b>Coefficient actuel</b>	<b>Variation permise Hausse</b>	<b>Variation permise Baisse</b>
<b>Préparation</b>			
<i>Public_merisier_déroulage</i>	- 130,50	2,34	159,13
<i>Public_merisier_hyp_déroulage</i>	- 130,50	Infini	2,34
<i>Public_érable_sciage</i>	-59,53	Infini	5,43
<i>Public_érable_hyp_sciage</i>	-59,53	5,43	Infini
<b>Transformation</b>			
<i>Bon_merisier_sciage_déroulé</i>	-60,00	127,67	67,85
<i>Moyen_merisier_sciage_déroulé</i>	-60,00	67,85	127,67
<i>Bon_merisier_déroulage_scié</i>	-32,00	317,29	Infini
<i>Moyen_merisier_déroulage_scié</i>	-32,00	264,99	Infini
<i>Piètre_merisier_déroulage_scié</i>	-32,00	206,40	Infini
<i>Bon_autres_sciage_scié</i>	-32,00	9,14	61,65
<b>Ventes</b>			
<i>Feuilles_encollées_merisier_bon</i>	176,00	Infini	29,50
<i>Feuilles_encollées_merisier_moyen</i>	176,00	37,69	36,55
<i>Feuilles_encollées_merisier_piètre</i>	176,00	29,79	131,36
<i>Copeaux_mixtes_totaux</i>	68,00	0,82	1,19

Au niveau de la vente, l'analyse de sensibilité indique dans quelle mesure les prix de vente peuvent varier sans affecter la stratégie de transformation.

Ainsi, le prix des bonnes feuilles encollées de merisier pourrait diminuer de 29,50 \$ du Mpi<sup>2</sup> tout en demeurant un choix d'activité rentable. On remarque que les variations permises augmentent lorsque la qualité du bois diminue. Cela s'explique peut-être parce que l'alternative la plus rentable est moins bonne avec une qualité de bois inférieure. Finalement, on remarque que les copeaux sont très sensibles à une variation de prix, indiquant ainsi une rentabilité moindre.

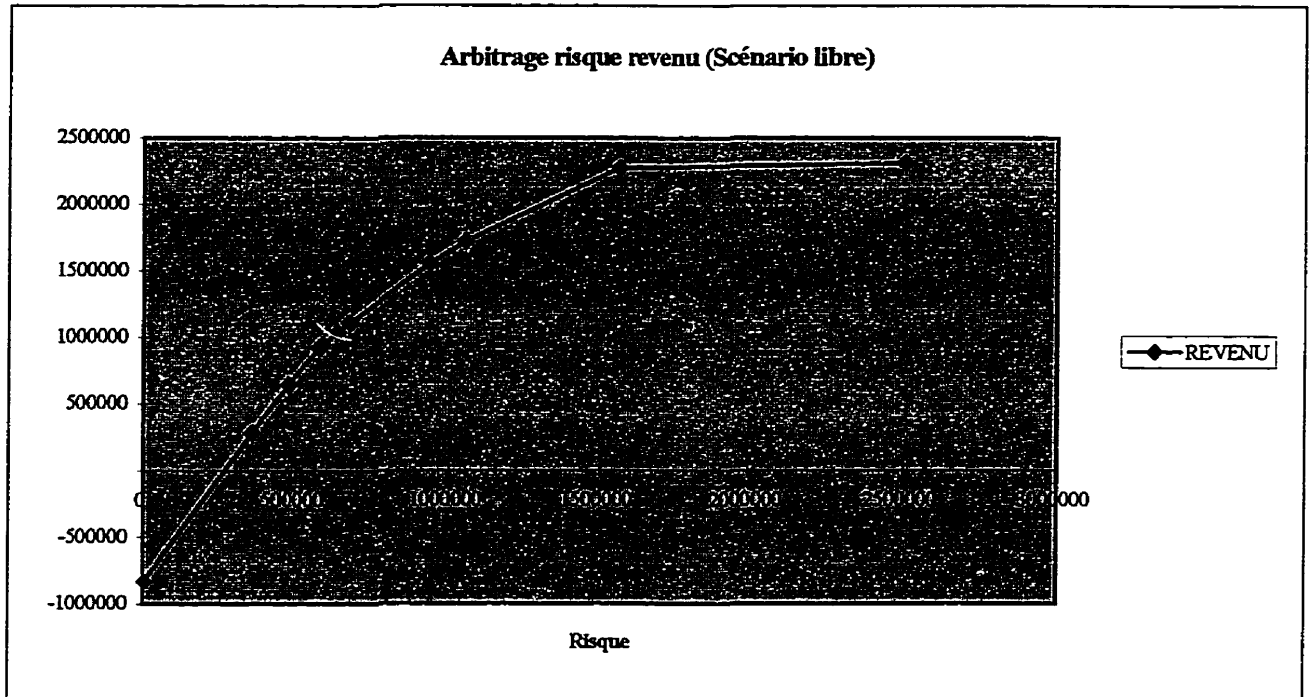
Nous pouvons conclure que la sensibilité du modèle augmente lorsqu'il existe un plus grand nombre de choix. Nous devons souligner que le modèle reste tout de même soumis à de nombreuses contraintes. Par exemple, en supposant que le déroulage de chêne serait l'activité la plus rentable pour l'entreprise, le modèle ne permettrait pas une spécialisation entière dans cette production, d'une part par la contrainte d'approvisionnement, d'autre part parce que la demande du marché ne correspond pas uniquement à des produits de placage de chêne.

#### **5.2.4 Analyse du risque (scénario "Libre choix").**

Le graphique 5.2 de la page suivante trace la courbe combinée du risque et du revenu dans le cas de ce scénario.

La diminution du risque entraîne un rapprochement de la courbe vers l'axe des ordonnées (verticale). On remarque toutefois la faiblesse de la pente entre les deux points les plus élevés. Cela indique alors qu'il faut assumer un risque élevé pour atteindre le point culminant.

**Graphique 5.2 : Courbe combinée du risque et du revenu  
(scénario "Libre choix" )**



Le tableau 5.9 (page suivante) présente les données du graphique précédent ainsi que l'estimation des élasticités risque-revenu. Si on considère l'avant dernier point du tableau, on remarque que le risque pour un revenu espéré de 2,269,490 \$ se chiffre à 1,561,710 \$. En comparaison, le revenu maximal espéré dans le cas du scénario "Référence" était légèrement inférieur (2,172,810 \$) mais accompagné d'un niveau de risque beaucoup plus élevé (2,789,330\$).

Le premier point du tableau indique un revenu négatif de 833,750 \$. Il correspond au total des coûts fixes de l'entreprise. Le niveau de risque de 6008 \$ est attribuable au fait le montant de ces coûts fixes peut aussi varier.

**Tableau 5.9 : Les données du graphique 5.2 et l'estimation de l'élasticité risque-revenu (scénario Libre choix).**

<b>RISQUE</b>	<b>REVENU</b>	<b>% variation du risque</b>	<b>% variation du revenu</b>	<b>Élasticité risque-revenu</b>
<b>6008</b>	<b>- 833 750</b>	<b>N/d</b>	<b>n/d</b>	<b>n/d</b>
<b>359 264</b>	<b>280 149</b>	<b>5879,76%</b>	<b>133,60%</b>	<b>0,02</b>
<b>477 256</b>	<b>639 723</b>	<b>32,84%</b>	<b>128,35%</b>	<b>3,91</b>
<b>575 176</b>	<b>917 933</b>	<b>20,52%</b>	<b>43,49%</b>	<b>2,12</b>
<b>576 080</b>	<b>920 312</b>	<b>0,16%</b>	<b>0,26%</b>	<b>1,65</b>
<b>587 992</b>	<b>943 066</b>	<b>2,07%</b>	<b>2,47%</b>	<b>1,20</b>
<b>638 768</b>	<b>1 036 960</b>	<b>8,64%</b>	<b>9,96%</b>	<b>1,15</b>
<b>677 424</b>	<b>1 105 380</b>	<b>6,05%</b>	<b>6,60%</b>	<b>1,09</b>
<b>936 256</b>	<b>1 549 610</b>	<b>38,21%</b>	<b>40,19%</b>	<b>1,05</b>
<b>1 053 640</b>	<b>1 718 580</b>	<b>12,54%</b>	<b>10,90%</b>	<b>0,87</b>
<b>1 561 710</b>	<b>2 269 490</b>	<b>48,22 %</b>	<b>32,06%</b>	<b>0,66</b>
<b>2 505 070</b>	<b>2 307 040</b>	<b>60,41%</b>	<b>1,65%</b>	<b>0,03</b>

Nous constatons encore une fois que l'élasticité risque-revenu diminue à mesure que l'espérance de revenu augmente. L'élasticité devient même inférieure à l'unité pour les trois derniers points. Cela signifie alors qu'un dollar additionnel de risque procure une espérance de revenu moindre. Ainsi, pour passer d'une espérance de revenu de 2,269,490 à 2,307,070 \$, le risque serait de un dollar par gain de trois sous.

Pour conclure cette section, le niveau absolu de risque a considérablement diminué par rapport au scénario "Référence". Par contre, les élasticités quant à elles, ont diminué. On observe maintenant des élasticités inférieures à l'unité, ce qui n'est pas souhaitable pour un gestionnaire qui est averse au risque.

### **5.2.5 Conclusion du scénario "Libre choix".**

L'objectif du scénario "Libre choix" visait à assouplir le modèle de référence (scénario initial) dans le but de savoir s'il existe une stratégie différente permettant une espérance de revenu supérieure. A cet effet, nous avons constaté que deux activités engendraient de légères pertes pour l'entreprise. Il s'agit, comme nous l'avons présenté, du déroulage de chêne et du sciage des essences autres que le merisier et l'érable. Néanmoins, l'écart de revenu entre les deux scénarios n'est que de 6% environ ( 134 234 \$ ). Ces résultats pris ensemble, nous permettent donc de ne pas rejeter notre hypothèse  $H_{01}$ , et de considérer que l'entreprise gère effectivement ses activités de façon optimale.

### **5.3 Scénario "Aménagement sylvicole" (*Am Sylv*).**

Avec ce dernier scénario, nous voulons évaluer la validité de notre seconde hypothèse qui stipule que *"L'investissement supplémentaire dans la sylviculture et l'information est bénéfique pour l'entreprise et la société."* Pour ce faire, nous reprenons le scénario "Libre choix" et nous cherchons par tâtonnement à réduire le coefficient relié à la variable d'aménagement sylvicole (*Am\_Sylv*), de façon à ce que cette activité entre dans le modèle, donnant ainsi accès à l'approvisionnement hypothétique de meilleure qualité. Notez que dans les scénarios précédents, nous avons volontairement fixé ce coefficient à un niveau très élevé afin qu'il n'entre pas dans la solution.

Pour ce scénario, nous allons d'abord présenter l'activité hypothétique que nous intégrons dans le modèle et qui entraîne des changements au niveau de l'approvisionnement. Nous présenterons ensuite la solution optimale produite par ce scénario. Nous laisserons de côté les analyses de sensibilité, car ces dernières n'ont rien révélé de significativement différent des autres



scénarios. Nous terminerons avec l'analyse du risque et les conclusions qu'on peut dégager de ce scénario.

### **5.3.1 L'activité hypothétique (scénario "Am Sylv").**

L'activité hypothétique englobe en fait deux effets séparés : un *aménagement sylvicole* accru et plus efficace et/ou une *recherche d'information* permettant de meilleures pratiques forestières ( exemple : meilleure sélection de coupe). Le coefficient qui s'y rattache représente les coûts reliés à cette activité. Le tableau suivant présente les pourcentages pondérés<sup>46</sup> de qualité qui ont été attribués au bois de sciage, de déroulage et de copeaux, au niveau de l'approvisionnement public régulier, public hypothétique et privé. L'approvisionnement public hypothétique remplacera la totalité de l'approvisionnement public régulier lorsque les coûts de l'activité hypothétique (*Am\_Sylv*) seront suffisamment bas et que celle-ci entrera donc dans la solution.

**Tableau 5.10 : Pourcentage de qualité des approvisionnements selon la provenance.**

	Déroulage			Sciage		
	<i>Public</i>	<i>Hypot.</i>	<i>Privé</i>	<i>Public</i>	<i>Hypot.</i>	<i>Privé</i>
<i>Bon</i>	25,3	27,1	27,9	6,7	11,8	37,4
<i>Moyen</i>	19,9	23,0	62,2	60,5	61,7	59,8
<i>Piètre</i>	54,8	49,9	9,9	32,8	26,5	2,9
Copeaux						
	<i>Public</i>	<i>Hypot.</i>	<i>Privé</i>			
<i>Bon</i>	33	35	33			
<i>Moyen</i>	33	34	33			
<i>Piètre</i>	34	31	34			

On remarque que dans le cas de l'approvisionnement hypothétique, le pourcentage de piètre bois diminue légèrement au profit du moyen et du bon bois. Par exemple, pour le déroulage, le piètre bois diminue de 4,9 % tandis que le moyen et le bon bois augmentent respectivement de 3,1 % et de 1,8 %.

### **5.3.2 La solution optimale (Scénario "Am Sylv").**

Voyons maintenant la solution du scénario "Am\_sylv". Nous avons trouvé que l'activité hypothétique d'aménagement sylvicole devenait rentable à partir d'un coût inférieur à 257 000 \$. Le tableau 5.11 présente un sommaire des éléments de la solution changeants par rapport au scénario précédent. La stratégie de transformation optimale est exactement la même. Par contre, la qualité améliorée de l'approvisionnement entraîne une légère hausse tant de quantité que de qualité des produits finis. La différence de revenu espéré entre les deux scénarios étant de 14 546 \$, on peut alors déduire que l'accès aux approvisionnements hypothétiques permet des revenus supplémentaires de 271 546 \$ (257 000 + 14 546).

**Tableau 5.11 : Comparaison des résultats sommaires des Scénarios "Am Sylv" et "Libre choix".**

<b>Scénario :</b>	<b>Libre choix</b>	<b>Am_Sylv</b>	<b>Écart Quantité</b>	<b>(%)</b>
<b>Revenu</b>	<b>2 307 040</b>	<b>2 321 586</b>	<b>14 546</b>	<b>0,63</b>
<b>Coût</b>	<b>-----</b>	<b>257 000</b>		
<b>Revenu net</b>	<b>48 339</b>	<b>48 900</b>	<b>561</b>	<b>1,16</b>
<b>Quantité</b>	<b>8 495</b>	<b>8 525</b>	<b>30</b>	<b>0,35</b>
<b>Qualité</b>	<b>56 834</b>	<b>57 425</b>	<b>591</b>	<b>1,04</b>

**Tableau 5.11 (suite) : Comparaison des résultats sommaires des Scénarios "Am Sylv" et "Libre choix".**

<b>Scénario :</b>	<b>Libre choix</b>	<b>Am_Sylv</b>	<b>Écart Quantité</b>	<b>(%)</b>
<b>Mensier</b>	<b>7 834</b>	<b>7 892</b>	<b>58</b>	<b>0,74</b>
<b>Érable</b>	<b>814</b>	<b>816</b>	<b>2</b>	<b>0,25</b>
<b>Total</b>	<b>8 648</b>	<b>8 708</b>	<b>60</b>	<b>0,69</b>
<b>Vente copeaux (t.m.a)</b>				
<b>Essences mélangées</b>	<b>72 240</b>	<b>72 384</b>	<b>144</b>	<b>0,20</b>
<b>Facteur de transformation</b>				
<b>Déroulage M3/Mpi2</b>	<b>0,30</b>	<b>0,29</b>	<b>- 0,01</b>	<b>-3,33*</b>
<b>Sciage M3/Mpmp</b>	<b>5,69</b>	<b>5,65</b>	<b>- 0,04</b>	<b>-0,70*</b>
<b>Copeaux M3/t.m.a</b>	<b>1,81**</b>	<b>1,81**</b>	<b>- 0,004</b>	<b>-0,20*</b>

\* Quoique négatif, cela représente tout de même une amélioration.

\*\* Le facteur , arrondi à deux décimales, s'est légèrement amélioré.

### **5.3.3 Analyse de la hausse de qualité**

Le tableau 5.12 (page suivante) présente les effets de l'activité (*AM\_SYLV*) sur la qualité et la quantité des produits finis découlant des approvisionnements qu'elle engendre. Au niveau du déroulage, on remarque que les pourcentages de feuilles pleines et encollées augmentent, tandis que ceux des placages et autres diminuent. Au niveau du sciage, on obtient davantage de grade Sélect & No1 et moins de grade No 3. La légère hausse de quantité s'explique par de meilleurs coefficients de transformation.

**Tableau 5.12 : Répartition de la hausse de qualité sur les produits finis  
(Scénario "Am Sylv")**

<b>Production</b>	<b>Scénario Libre choix</b>	<b>Scénario Am_sylv</b>	<b>Différence en %</b>
<b>Merisier</b>			
<i>Feuilles pleines</i>	31,13%	31,70%	0,57%
<i>Feuilles encollées</i>	42,30%	43,08%	0,78%
<i>Placages &amp; autres</i>	26,57%	25,22%	-1,35%
<b>Tremble</b>			
<i>Feuilles no 1</i>	70,99%	71,55%	0,56%
<i>Feuilles no 2</i>	24,81%	24,93%	0,12%
<i>Spécial &amp; coupons</i>	4,20%	3,52%	-0,68%
<b>Total Mp2</b>	<b>56 834</b>	<b>57 425</b>	<b>1,04%</b>
<b>Serage</b>			
<b>Merisier</b>			
<i>Sélect</i>	20,14%	20,86%	0,72%
<i>Numéro 1</i>	16,98%	17,19%	0,21%
<i>Numéro 2</i>	11,31%	11,26%	-0,05%
<i>Numéro 3a</i>	27,63%	27,64%	0,01%
<i>Numéro 3b</i>	23,94%	23,05%	-0,89%
<b>Érable</b>			
<i>Sélect</i>	22,79%	23,01%	0,21%
<i>Numéro 1</i>	20,60%	20,71%	0,10%
<i>Numéro 2</i>	12,49%	12,53%	0,04%
<i>Numéro 3a</i>	19,78%	19,72%	-0,06%
<i>Numéro 3b</i>	24,33%	24,03%	-0,30%
<b>Total Mpmp</b>	<b>8 648</b>	<b>8 708</b>	<b>0,69%</b>
<b>Total t.m.a</b>	<b>72 720</b>	<b>72 384</b>	<b>0,20%</b>

Pour conclure, si on considère que le pourcentage de piètre bois a diminué d'environ 5 %, cela signifierait qu'une amélioration de 1 % de la qualité du bois permet d'espérer des revenus supplémentaires se situant autour de

50 000\$. Cela ne constitue bien sûr qu'un ordre de grandeur approximatif. L'activité d'aménagement sylvicole peut donc présenter des avantages, mais il reste à savoir s'il est effectivement possible d'investir de façon à altérer la qualité du bois dans les proportions que nous avons évalué.

#### **5.3.4 Analyse du prix dual.**

La hausse de la qualité devrait se refléter sur le prix dual des approvisionnements publics. Le tableau suivant confirme cette affirmation. Le modèle réagit effectivement à la hausse de qualité. La hausse la plus remarquable est associée au merisier de sciage. Le prix dual passe de 1,02 \$ à 5,58 \$. Cela n'a rien d'étonnant, puisque c'est au niveau du sciage que nous avons simulé la meilleure amélioration en approvisionnement, le merisier étant majoritaire.

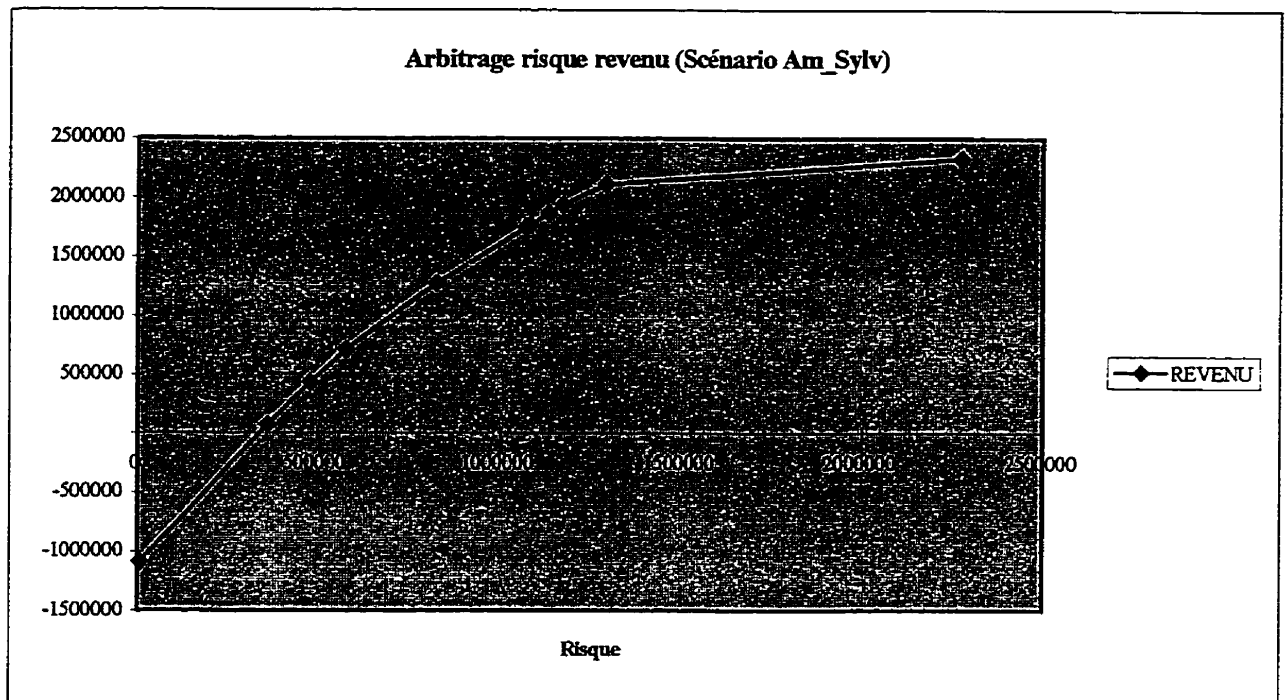
**Tableau 5.13 : Exemples de prix dual relié aux contraintes du modèle**  
**(scénario "Am Sylv")**

<b>(1)</b> <b>Contrainte</b>	<b>(2)</b> <b>Description</b>	<b>(3)</b> <b>Prix dual</b> <b>Libre</b> <b>Choix</b>	<b>(4)</b> <b>Prix dual</b> <b>Am_Sylv</b>	<b>(4)-(3)</b>
<b>MAX MPUD</b>	<i>Approuv. public. merisier. déroulage</i>	<b>159,13</b>	<b>166,03</b>	<b>6,90</b>
<b>MAX TPUD</b>	<i>Approuv. public. tremble. déroulage</i>	<b>21,76</b>	<b>22,71</b>	<b>0,95</b>
<b>MAX PUC</b>	<i>Approuv. public. bois. copeaux</i>	<b>4,21</b>	<b>4,28</b>	<b>0,07</b>
<b>MAX MPUS</b>	<i>Approuv. public. merisier. sciage</i>	<b>1,02</b>	<b>5,58</b>	<b>4,56</b>

### 5.3.5 Analyse du risque (Scénario "Am Sylv").

Le graphique 5.3 nous présente la courbe de risque et de revenu dans le cas du présent scénario.

**Graphique 5.3 : Courbe combinée du risque et du revenu  
Scénario "Am Sylv")**



Si on compare avec les courbes des scénarios précédents (graphique 5.1 et 5.2), on remarque qu'au point de revenu maximal, le risque n'excède plus le revenu. Sinon, la forme des courbes est sensiblement la même mais l'écart entre le risque et le revenu semble bien avoir augmenté. Encore une fois, la faiblesse de la pente entre les deux points du sommet indique qu'il faut assumer un fort niveau de risque pour atteindre le plus haut niveau de revenu espéré.

Le tableau 5.14 présente les données de ce graphique, ainsi que l'estimation des élasticités risque-revenu. Nous constatons que le niveau absolu de risque a encore diminué par rapport au scénario précédent.

Les élasticités se sont également améliorées, étant généralement supérieures à celles du scénario "Libre choix". Le point du revenu espéré maximal présente toutefois un haut niveau de risque, avec une élasticité de 0,13. Toutefois, si on se rend au point précédent, le risque absolu diminue de 979 900 \$ tandis que le revenu espéré ne diminue que de 210 010 \$.

**Tableau 5.14 : Les données du graphique 5.3 et l'estimation de l'élasticité risque-revenu.**

<b>RISQUE</b>	<b>REVENU</b>	<b>% variation du risque</b>	<b>% variation du revenu</b>	<b>Élasticité risque-revenu</b>
<b>6008</b>	<b>- 1 090 750</b>	<b>n/d</b>	<b>n/d</b>	<b>n/d</b>
<b>362 696</b>	<b>71 478</b>	<b>5936,88%</b>	<b>- 106,55%</b>	<b>-0,02</b>
<b>480 688</b>	<b>431 050</b>	<b>32,53%</b>	<b>503,05%</b>	<b>15,46</b>
<b>578 608</b>	<b>709 261</b>	<b>20,37%</b>	<b>64,54%</b>	<b>3,17</b>
<b>579 512</b>	<b>711 640</b>	<b>0,16%</b>	<b>0,34%</b>	<b>2,15</b>
<b>826 016</b>	<b>1 272 350</b>	<b>42,54%</b>	<b>78,79%</b>	<b>1,85</b>
<b>1 069 540</b>	<b>1 748 430</b>	<b>29,48%</b>	<b>37,42%</b>	<b>1,27</b>
<b>1 081 460</b>	<b>1 771 190</b>	<b>1,11%</b>	<b>1,30%</b>	<b>1,17</b>
<b>1 132 840</b>	<b>1 869 170</b>	<b>4,75%</b>	<b>5,53%</b>	<b>1,16</b>
<b>1 171 500</b>	<b>1 937 600</b>	<b>3,41%</b>	<b>3,66%</b>	<b>1,07</b>
<b>1 289 910</b>	<b>2 111 580</b>	<b>10,11%</b>	<b>8,98%</b>	<b>0,89</b>
<b>2 269 810</b>	<b>2 321 590</b>	<b>75,97%</b>	<b>9,95%</b>	<b>0,13</b>

L'activité hypothétique (*Am\_Sylv*) présente donc un autre avantage, celui de diminuer le risque absolu et relatif que doit subir le gestionnaire forestier. Cela est tout à fait plausible, puisque le bois de meilleure qualité est plus rare et est donc moins soumis aux pressions de la concurrence. C'est-à-dire

qu'il est moins soumis aux pressions à la baisse des prix. Dans le cas du bois de piètre qualité, il est plus difficile à écouler sur le marché, et l'entreprise est parfois obligée de baisser ses prix de vente pour s'en "débarrasser".

### **5.3.5 Conclusion du scénario "Am\_sylv".**

L'objectif du scénario "Am\_sylv" consistait à évaluer l'impact d'une activité supplémentaire dans notre modèle initial. Cette activité, que l'on espère plus respectueuse et bénéfique pour l'environnement, devrait améliorer la qualité des approvisionnements. Nous constatons que l'amélioration de la qualité prescrite au modèle engendre une très légère hausse du revenu, malgré les coûts supplémentaires. Elle diminue aussi le risque absolu et relatif, assurant ainsi une plus grande stabilité pour l'entreprise. Cette activité supplémentaire devrait aussi procurer des emplois, ce qui est bénéfique pour la région et sa population.

Avec ce scénario, nous voulions également évaluer notre seconde hypothèse H02 *"L'investissement supplémentaire dans la sylviculture et l'information est bénéfique pour l'entreprise et la société."*

Il serait bénéfique pour l'entreprise par une hausse de l'espérance de revenu et une plus grande stabilité par une diminution du risque. Pour la collectivité, les bénéfices concernent la gestion et l'exploitation durable des ressources forestières, permettant des emplois, des loisirs et une qualité de vie pour les générations actuelles et futures. Par rapport à cette hypothèse, nous avons formulé deux questions de recherche :

1. *"Combien l'entreprise est disposée à investir étant donné une espérance d'amélioration dans la qualité du bois ?"*



2. "Combien la société devrait investir pour bénéficier des externalités positives induites par cette nouvelle activité hypothétique ?"

À la première question, nous répondons qu'un investissement de l'ordre de 250 000 \$ (sur une base annuelle) est acceptable si l'activité (*Am\_Sylv*) entraîne effectivement les hausses de qualité prescrites au modèle. C'est-à-dire que, de façon approximative, une hausse moyenne de 1% dans la qualité des approvisionnements peut générer des revenus supplémentaires de l'ordre de 50 000 \$.

Il est plus difficile de répondre à la deuxième question. Il faudrait d'abord savoir combien il en coûterait réellement pour obtenir l'amélioration de qualité que nous avons simulé dans le modèle. Si ce montant est inférieur à 257 000 \$, l'entreprise peut alors assumer seule ces frais. S'ils sont supérieurs (ce qui est probablement le cas), nous considérons que la collectivité aurait avantage à financer la différence, puisque celle-ci bénéficiera des externalités positives de l'activité (*Am\_Sylv*). Des externalités comme des emplois durables, une meilleure qualité de vie, une forêt mieux entretenue et accessible à l'ensemble des utilisateurs (touristes, chasseurs, pêcheurs, randonneurs, etc.).

## CHAPITRE VI

### **CONCLUSIONS ET LIMITES DE LA RECHERCHE**

#### **6.1 Évaluation de l'objectif général de la recherche.**

Cette recherche avait pour but de *contribuer à l'amélioration de la gestion des ressources de l'entreprise dans une optique d'efficacité économique et écologique.*

Pour atteindre ce but, nous avons fixé comme principal objectif de *construire un modèle de gestion pour l'entreprise forestière afin de lui permettre de prendre des décisions éclairées à court terme, et de mieux prévoir les impacts possibles à moyen et à long terme.*

L'efficacité économique signifie que l'on utilise pleinement les ressources disponibles afin de satisfaire nos besoins. Dans le cas de l'entreprise à l'étude, le modèle estime, selon les contraintes qu'on lui indique, une

stratégie optimale d'opérations permettant de maximiser l'espérance de revenus.

Le modèle que nous avons élaboré semble estimer correctement les revenus maximaux sur une base annuelle. Il établit un lien entre la qualité des approvisionnements et celle des produits finis et il identifie les activités rentables et celles qui ne le sont pas. À court terme, le modèle peut donc permettre au gestionnaire de mieux planifier ses budgets, selon les types d'essences de bois et les volumes qu'il prévoit acquérir, selon les coûts de transformation (tenant compte de la productivité), les prix d'achat et de vente et le degré d'aversion au risque. Dans le cas de situation imprévue, comme une chute de prix d'un produit vendu, il sera possible pour le gestionnaire de simuler le modèle afin de mieux évaluer les impacts et les solutions envisageables.

À moyen et à long terme, le modèle permet de simuler des activités hypothétiques. Dans notre cas, nous voulions intégrer une dimension d'efficacité écologique au projet. Cette efficacité implique que l'on doit exploiter les ressources forestières de façon durable, sans quoi l'entreprise pourra difficilement espérer améliorer la qualité de ses approvisionnements. C'est notamment par cette amélioration que les revenus de l'entreprise peuvent augmenter. Il existe bien sûr d'autres moyens comme augmenter la valeur ajoutée des produits ou utiliser une technologie plus performante. Mais étant donné la problématique environnementale, nous préconisons avant tout un aménagement forestier intégré et durable. Nous avons donc tenté d'estimer les impacts financiers possibles découlant de meilleures pratiques d'exploitation. Nous disons impacts possibles, parce que nous ne connaissons pas avec précision de quelle manière et surtout, à quel coût il est possible d'améliorer cette qualité.

Nous concluons que l'outil que nous avons développé peut permettre d'atteindre le but poursuivi par cette recherche dans la mesure où le gestionnaire utilisera effectivement et correctement cet outil.

## **6.2 La synthèse des résultats.**

Le modèle de programmation a été évalué et optimisé selon trois scénarios différents. Avec le scénario "Référence", nous voulions confronter le modèle à la réalité en le comparant avec les résultats d'exploitation d'une année récente (1996-97). Nous avons donc forcé le modèle à transformer les quantités et modes de transformation de chaque essence de bois correspondant à cette année-là. Les résultats de ce scénario nous ont permis de conclure que le modèle est fonctionnel et capte bien la réalité de l'entreprise Éco-Log. Donc, les pourcentages attribués aux différents états du bois (bon, moyen, piètre), les coefficients de transformation, la répartition des produits finis et la productivité du travail ont été compilés et pondérés de façon satisfaisante.

Le modèle a estimé une espérance de revenus de 2 172 806 \$, alors que les bénéfices bruts d'Éco-log étaient de 2 219 774 \$ pour cette année de référence. Avec un écart de seulement 2,1 % entre cette estimation et la réalité, nous ne pouvons rejeter l'hypothèse  $H_0$  qui stipule que l'entreprise gère ses opérations de façon optimale.

Par le scénario "Libre-choix", nous voulions rendre le modèle plus flexible de façon à vérifier si les choix de transformation de l'entreprise étaient effectivement les meilleurs dans les circonstances. Nous avons donc relâché les contraintes d'approvisionnement de façon à permettre au modèle de rejeter des activités non rentables s'il y a lieu. La solution optimale a

démontré que le déroulage de chêne et le sciage de la catégorie « autres » n'étaient pas rentables. En délaissant ces activités, la valeur de la fonction objective augmente de 6% par rapport au scénario précédent pour se chiffrer à 2 307 040 \$. Toutefois, l'écart entre cette estimation et la réalité demeure minime, permettant ainsi d'appuyer solidement l'hypothèse  $H_{01}$ .

Avec le troisième et dernier scénario (Am\_Sylv), nous voulions évaluer l'impact d'une activité hypothétique entraînant une légère amélioration de la qualité des approvisionnements. Cette activité a été intégrée au modèle sous forme de variable dite entière (oui/non). Nous avons ajusté les coûts de cette activité jusqu'à ce qu'elle devienne avantageuse et entre dans la solution optimale. Cette simulation a suggéré qu'au montant de 257 000 \$, il devient avantageux pour l'entreprise d'accéder à ces approvisionnements hypothétiques. Cela permettait même, malgré l'investissement supplémentaire, d'augmenter légèrement la valeur de la fonction objective au niveau de 2 321 586 \$ (+ 0,63%). Pour donner un ordre de grandeur approximatif, nous croyons qu'une amélioration de 1% de la qualité du bois peut permettre une espérance de revenus additionnels d'environ 50 000 \$ annuellement.

Avec ce dernier scénario, nous avons aussi comme objectif d'évaluer la seconde hypothèse  $H_{02}$  qui stipule que l'investissement supplémentaire dans la sylviculture et l'information est bénéfique pour l'entreprise et la société. Pour l'entreprise, elle peut être bénéfique dans la mesure où elle procure effectivement une meilleure qualité de bois. Cela engendre de meilleurs facteurs de transformation et une plus grande proportion de produits finis de première qualité, permettant alors une espérance de revenu additionnel, de même qu'une diminution du risque.

La société quant à elle pourra profiter de ces investissements qui engendreront des retombées économiques positives (exemple : emplois et revenus régionaux). Il n'est pas difficile d'affirmer que des pratiques sylvicoles plus respectueuses de l'environnement procurent des bénéfices à la société (dans l'optique d'aménagement intégré et durable de la forêt). Par contre, dans le cas de l'entreprise, il faut que ces investissements lui en procurent également. Or, comme nous l'avons déjà souligné, la question qui reste en suspend concerne la relation entre les coûts réels de ces pratiques et les bénéfices que l'on peut effectivement escompter.

Au dire des intervenants forestiers, les coûts réels pour l'aménagement forestier durable sont élevés et doivent être assumés par l'ensemble des utilisateurs. Le problème consiste à déterminer alors la part que chacun doit assumer. Dans le cas d'Éco-Log, nous suggérons que le montant de 257 000 \$ (sur une base annuelle) représente la part maximale qu'elle devrait fournir dans la mesure où elle accède à une qualité d'approvisionnement semblable à celle que nous avons introduite avec l'activité hypothétique *Am\_Sylv*. Étant donné l'état actuel de la forêt, il apparaît que cette suggestion ne doit être considérée que dans une optique de moyen et de long terme. Autrement dit, les retombées positives de la sylviculture ne s'observent pas à court terme.

À travers les trois scénarios, nous avons aussi construit des courbes du risque et du revenu et nous avons estimé les élasticités de ces courbes. Nous avons alors remarqué que le risque relatif et absolu diminuait lorsque les contraintes d'approvisionnements étaient relâchées (scénario "Libre choix") et lorsque l'activité hypothétique (*Am\_Sylv*) entrait dans la solution optimale. Nous avons aussi constaté que le risque en fonction du revenu est soumis à la loi des rendements décroissants. La faible pente observée au haut des courbes illustre que le gestionnaire doit subir de plus en plus de risque pour

espérer augmenter ses revenus. Cela se traduit aussi au niveau des élasticités qui sont alors inférieures à l'unité. Dans la mesure où nous avons postulé que le gestionnaire forestier est averse au risque, les parties de ces courbes présentant de telles élasticités ne sont pas des situations recommandables.

### **6.3 Portée et limites de la recherche.**

La portée de cette recherche se limite spécifiquement à l'entreprise *Éco-Log* et sa région. Il pourra fournir de précieux renseignements au gestionnaire au niveau de la planification et de la prévision de ses activités.

Le modèle de gestion considère que la réalité de cette dernière, c'est-à-dire sa technologie, sa main-d'œuvre, ses produits, etc. Le modèle considère la région parce que les approvisionnements proviennent du territoire environnant. Étant donné que cette région dépend fortement de l'exploitation forestière (coupe et activités récréatives et touristiques), les agissements de l'entreprise aura nécessairement des répercussions importantes sur l'activité économique régionale.

Les résultats de cette recherche ne peuvent donc pas être généralisés. Toutefois, il existe d'autres entreprises qui ont un profil semblable à *Éco-Log*. C'est-à-dire qu'elles transforment des feuillus sous forme de placage, de sciage et de copeaux. Lorsque nous estimons la part qu'*Éco-Log* devrait assumer pour l'aménagement durable, nous suivons une logique qui pourrait s'appliquer aux autres entreprises. C'est-à-dire que cette part devrait au moins procurer des bénéfices permettant de ne pas affecter l'espérance de revenu sur une base annuelle. A cet effet, le modèle a estimé qu'une augmentation à la marge de la qualité des approvisionnements permet d'augmenter l'espérance de revenus tout en diminuant le risque. Cette

relation peut probablement s'appliquer aux entreprises de transformation de feuillus avec une ampleur toutefois différente.

#### **6.4 Suggestions et piste de recherche ultérieure.**

Nous sommes relativement satisfaits des résultats du modèle de gestion de l'entreprise forestière, mais nous croyons tout de même que le modèle pourrait être amélioré.

D'abord, la relation que nous avons établie entre la qualité des approvisionnements et la qualité des produits finis reste à préciser avec plus d'exactitude. À ce sujet, l'entreprise *Éco-Log* avait dans le passé procédé à des tests visant à connaître plus précisément la qualité que l'on peut obtenir à partir d'une bille donnée. Mais, les résultats de ces tests ne sont plus applicables étant donné que la technologie a changé. En disposant de données plus précises à ce sujet, il serait alors possible d'augmenter la précision et la validité des résultats d'optimisation du modèle.

Ensuite, faute de données précises, l'activité hypothétique que nous avons introduite dans le modèle demeure vague. Tout ce qu'on peut en dire, c'est qu'elle serait appliquée dans une optique d'aménagement intégré et durable de la forêt et qu'elle permettrait à moyen et à long terme une amélioration de la qualité des approvisionnements. Préciser la nature de ces activités relève d'une expertise qui n'est pas la nôtre. Toutefois, si des chercheurs futurs en connaissaient les coûts réels et les effets escomptés, la simulation de cette activité dans le modèle leur permettra alors de dégager des résultats plus concrets.



### Notes de renvoi

- 
- <sup>1</sup> FAO, Le défi de l'aménagement durable des forêts, p.2
- <sup>2</sup> Source : Ministère de l'énergie et des ressources dans "Durabilité des forêts, un engagement canadien.
- <sup>3</sup> FAO, Le défi de l'aménagement durable des forêts, p.3
- <sup>4</sup> Dauphin, Roma. Économie du Québec, une économie à la remorque de ses groupes, p.66
- <sup>5</sup> Bechmann, R. Des arbres et des hommes, p.251
- <sup>6</sup> Bechmann, R. Des arbres et des hommes, p.284
- <sup>7</sup> Idem, p. 252
- <sup>8</sup> Bechmann, R. Des arbres et des hommes, p.51
- <sup>9</sup> Idem, p.222
- <sup>10</sup> Maser, Cris. Sustainable forestry, p. 343
- <sup>11</sup> Maser, Cris. Sustainable forestry, p. 341
- <sup>12</sup> Seminar of experts on sustainable development of boreal and temperate forest, p. 19
- <sup>13</sup> Sachs, Ignacy cité par Guy Debailleul. Note de cours : La crise des communs et l'écodéveloppement, p.3
- <sup>14</sup> World Bank. Forestry Management for sustainable development, p.2
- <sup>15</sup> Idem, p. 39
- <sup>16</sup> C.S.A. A sustainable forest management system, draft Z808, 19 janvier 1996.
- <sup>17</sup> The complete forest concept - a fifteen year progress report, p. 8
- <sup>18</sup> Petro Giovanni in Seminar of experts on sustainable development of boreal and temperate forest, p.89
- <sup>19</sup> Ministère de l'énergie et des ressources du Québec. Manuel d'aménagement forestier, p.27
- <sup>20</sup> Ministère de l'énergie et des ressources du Québec. Manuel d'aménagement forestier, p.32
- <sup>21</sup> Le Processus de Montréal. Les critères et les indicateurs pour la conservation et l'aménagement durable des forêts tempérées et des forêts boréales, p. 13
- <sup>22</sup> Idem, p. 14
- <sup>23</sup> Idem, p.15
- <sup>24</sup> Kallo, Andersson,..., Systems analysis in forestry and forest industries, p.337
- <sup>25</sup> Baldwin, R. Operation Management, p.69
- <sup>26</sup> Selon la méthode du "simplexe" mise au point par George Dantzig
- <sup>27</sup> Calkins, Peter. Note de cours : Méthodologie de la recherche, automne 1994.
- <sup>28</sup> Dykstra, Dennis P. Mathematical programming for natural resource management, p.287
- <sup>29</sup> Kotak Dilib B. In Interfaces, november 1976, pp. 57

<sup>30</sup> Idem, p. 64

<sup>31</sup> Kallio, Andersson. Systems analysis in forestry and forest industries, p.102

<sup>32</sup> Pearse, Peter H. Introduction to forestry economics, p. 219

<sup>33</sup> Kallio, Andersson. Systems analysis in forestry and forest industries, p.90

<sup>34</sup> Kallio, Andersson. Systems analysis in forestry and forest industries, p.349

<sup>35</sup> Stumbo, Donald A. Utilization of low-grade southern hardwoods, p.14

<sup>36</sup> Selon la définition du dictionnaire Larousse.

<sup>37</sup> *Éco-Log* (nom fictif de l'entreprise), Plan de développement quinquennal, p.13

<sup>38</sup> Idem.

<sup>39</sup> (Linear interactive Discrete Optimizer).

<sup>40</sup> Stumbo, Donald A. Utilization of low-grade southern hardwoods, p. 6

<sup>41</sup> Pearse, Peter H. Introduction to Forestry Economics, p. 219

<sup>42</sup> Idem, p. 123

**À noter que les citations provenant d'ouvrages anglophones ont fait l'objet d'une traduction libre.**

<sup>43</sup> Cela implique que les coûts relatifs de main-d'œuvre pour les produits finis seront d'autant plus faibles que les coefficients de transformation seront élevés. Un coefficient de transformation supérieur implique que l'on obtient davantage de produits finis pour un volume de mètres cubes donné.

<sup>44</sup> M3/Mpmp : nombre de mètre cube requis pour un obtenir un Mpmp.

<sup>45</sup> \* la contrainte MAX\_DER) combine le déroulage de merisier et de chêne. Toutefois, d'autres analyses nous ont permis de déduire que c'est le chêne qui cause ce prix dual négatif.

<sup>46</sup> Pondérés selon la proportion des différentes essences.

## Bibliographie

- Adamowicz, Boxall, Luckert, Phillips & White. 1996. *Forestry, economics and the environment*. CAB International.
- \*Baldwin, Richard F. 1984. *Operations management in the forest products industry*. San Francisco: Miller Freeman Publications.
- \*Bechmann, Roland. 1984. *Des arbres et des hommes, la forêt au Moyen Âge*. Paris: Flammarion.
- Bourdages, Jean-Luc. 1992. *Le développement durable des forêts : une stratégie nationale*. Ottawa: Bibliothèque du Parlement.
- Bouthillier, Luc. 1994. *Les forêts : Un riche champ d'application du développement durable*. GREEN, Cahier 94-14, Université Laval, Sainte-Foy.
- Bouthillier, L. et autres 1992. *Réflexion ,économique sur le rendement soutenu, le développement durable et l'aménagement intégré des ressources forestières*. G.R.E.E.N., Université Laval.
- Buongiorno et Gilles. 1987. *Forest management and economics, a primer in quantitative methods*. New York: MacMillan Publishing Co.
- \*Conseil canadien des Ministres des forêts. 1992. *Durabilité des forêts, un engagement canadien*. Hull.
- \*----- . 1995. *Définir la gestion durable des forêts, une approche canadienne aux critères et indicateurs*. Hull.
- \*Association canadienne des normes (C.S.A). 1996. *A sustainable forest management system, draft Z808 & Z809*, 19 janvier.
- \*Dauphin, Roma. 1994. *Économie du Québec, une économie à la remorque de ses groupes*. Collection Reflets, Éditions Beauchemin.
- \*Dykstra, Dennis P. 1984. *Mathematical programming for natural resource management*. New York: Mc Graw Hill.
- \*FAO. 1994. *Le défi de l'aménagement durable des forêts, quel avenir pour les forêts mondiales?* Rome.
- \*Gauthier, Raymond et M. Goulet 1976. *Exemples de planification du débitage des bois par programmation linéaire*, Université Laval.

## Bibliographie

Gaudreau, Guy. 1896. *L'exploitation des forêts publiques au Québec 1842-1905*. Québec: Institut québécois de recherche sur la culture.

\*Hardin, Garrett, 1968. *The tragedy of the commons*, *Science* no 162, pp.1243-48

\*Kallo, Andersson, 1986. *Systems analysis in forestry and forest industries*. Studies in the Management Sciences. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.

\*Maser, Cris. 1994. *Sustainable forestry, philosophy, science and economics*. St. Lucie Press.

Martin, Patrick. 1992. *Bois et productique*. Toulouse : Cépaduès-Éditions.

Ministère de l'énergie et des ressources, 1991. *Aménager pour mieux protéger les forêts : un projet de stratégie*. Québec.

\*------. 1987. *Manuel d'aménagement forestier*. Québec.

\*Pearse, Peter H. 1990. *Introduction to Forestry Economics*. Victoria, B.C.: The University of British Columbia Press.

Sachs, Ignacy, 1980. *Stratégies de l'écodéveloppement*. Paris : Les Éditions Ouvrières.

\*Schrage, Linus. 1986. *Linear, integer and quadratic programming with LINDO*. Palo Alto, Ca: The Scientific Press.

\*Stumbo Donald A. 1981. *Utilization of low-grade southern hardwoods*. Madison, Wisc. Forest products research society.

\*Service Canadien des forêts/ Ressources naturelles Canada, 1995. *Le processus de Montréal, les critères et les indicateurs pour la conservation et l'aménagement durable des forêts tempérées et des forêts boréales*. Hull.

------. 1993. *Seminar of experts on sustainable development of boreal and temperate Forests*. Technical report - Annex 1. Ottawa.

\*World Bank. 1993. *Forestry Management for Sustainable Development*. EDI policy Seminar Report no 32. Washington, D.C.