

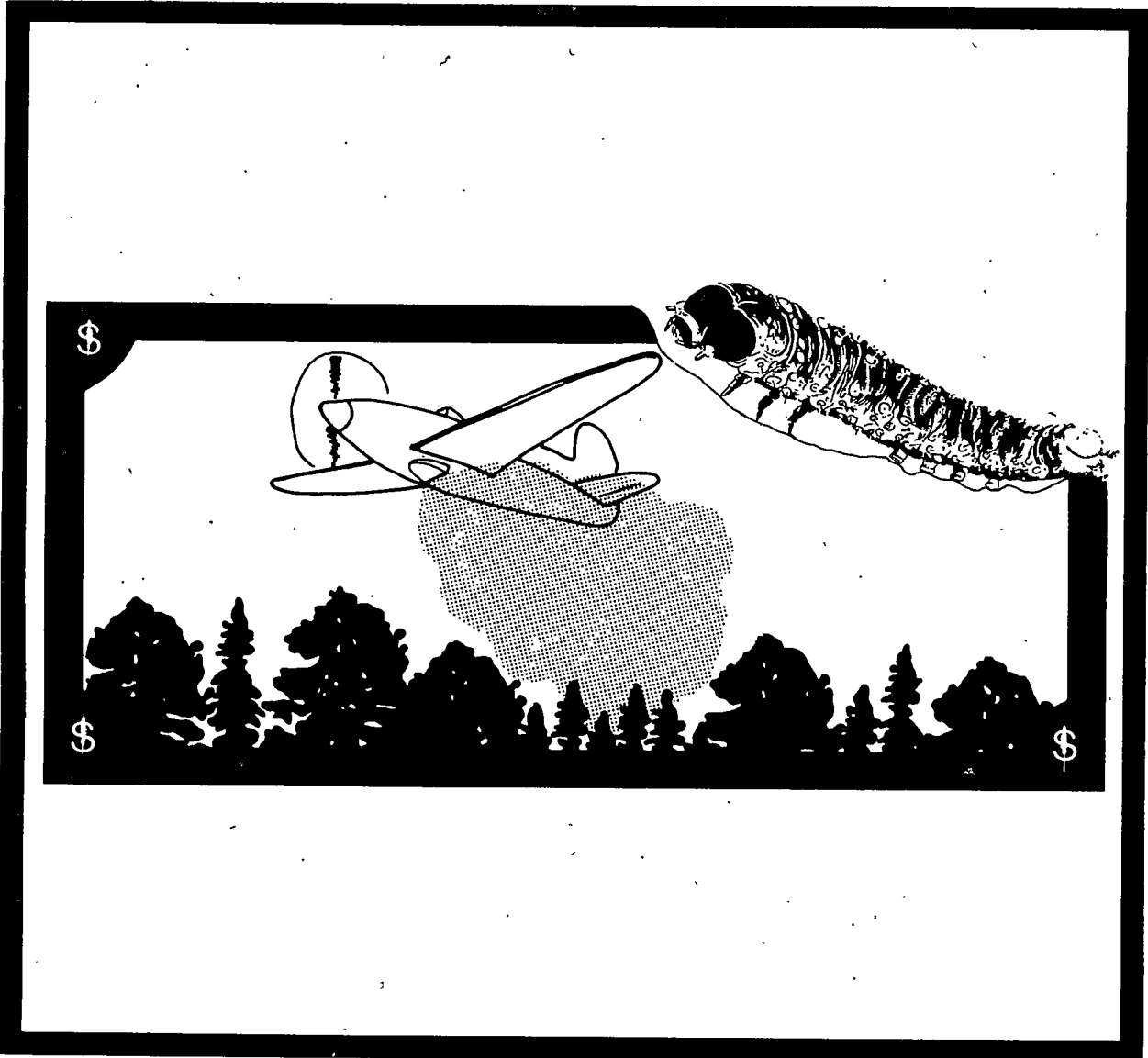


Mémoire n° 71

# LES ASPECTS ÉCONOMIQUES DE L'AMÉNAGEMENT FORESTIER EN FONCTION DE LA TORDEUSE

## TOME II: L'AMÉNAGEMENT DES PEUPLEMENTS SUSCEPTIBLES

par Germain Paré et Henriel Poulin.



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

HENRIEL POULIN est bachelier ès sciences appliquées (génie forestier) de l'université Laval depuis 1974. La même année, il entrait au Service de la recherche dans la division d'économie forestière.



LES ASPECTS ÉCONOMIQUES DE L'AMÉNAGEMENT  
FORESTIER EN FONCTION DE LA TORDEUSE

TOME II: L'AMÉNAGEMENT DES PEUPELEMENTS SUSCEPTIBLES

par

GERMAIN PARÉ, ing.f.

et

HENRIEL POULIN, ing.f.

MÉMOIRE N° 71

SERVICE DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE  
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES

1981

Ce texte constitue le rapport final du projet de recherche Ecn 77-1

ISBN 2-550-02301-3

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

Tous droits réservés - Gouvernement du Québec

## REMERCIEMENTS

Sans la collaboration de nombreuses personnes, ce rapport n'aurait pu être réalisé. Nous sommes redevables au Dr Jean-Paul Nadeau, directeur de la Division de l'économie forestière, qui a fourni de précieux conseils pour l'exécution de ce travail. Nous remercions le personnel du bureau régional du M.E.R. à Hull et des unités de gestion concernées: MM. André Beaupré, Jean-François Gravel, Maurice Doucet et Réjean Marois; du Service de l'entomologie et de la pathologie, MM. Louis Dorais et Clément Bordeleau; du Service de l'inventaire, MM. Jean-Yves Perron, André Tremblay. M. Maurice Gagnon, technicien forestier, a grandement contribué à la compilation des données et des résultats. Mme Linda Jobin, secrétaire, a également participé à ce travail.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont révisé ce texte avant sa publication.

1980



## RÉSUMÉ

Ce deuxième rapport sur les aspects économiques de l'aménagement forestier comme moyen de lutte à la tordeuse des bourgeons de l'épinette porte sur l'aménagement des peuplements susceptibles, c'est-à-dire dont le volume total est composé à 25 p. 100 ou plus d'essences-hôtes (sapin baumier et épinette blanche). Les objectifs de l'aménagement sont:

- a) de diminuer la susceptibilité des peuplements et les pertes potentielles au cours d'une épidémie;
- b) de modifier le comportement des futures épidémies.

Plusieurs auteurs (Westveld, Baskerville, Blais, etc.) recommandent de s'attaquer aux causes des épidémies, c'est-à-dire à la composition et à la distribution de la forêt elle-même, mais les aspects économiques de ces actions n'ont été jusqu'à maintenant que superficiellement abordés. Cette étude s'efforce d'analyser théoriquement différents traitements sylvicoles usuels en fonction de leurs possibilités d'application au point de vue économique et de leurs «succès» par rapport aux objectifs mentionnés plus haut. Les traitements sylvicoles étudiés sont: la pulvérisation d'insecticide, les coupes de régénération, les coupes de dégagement, le drainage, la

fertilisation en forêt naturelle et les éclaircies précommerciales et commerciales.

Nous avons ensuite procédé à une simulation de ces techniques d'aménagement avec les données disponibles pour le cas-type du bassin de la Gatineau. L'utilisation de l'aménagement forestier dans les peuplements susceptibles, basée sur des critères de rentabilité économique pour chacun des traitements, offre peu de chances de contrer le développement des épidémies de TBE. Les superficies économiquement adéquates pour les traitements sont trop restreintes par rapport aux superficies infestées et les périodes de temps nécessaires pour obtenir les réactions aux traitements sont trop longues. Par l'augmentation de la productivité des peuplements aménagés, une part appréciable des pertes subies lors de la dernière épidémie peut être compensée.

L'aménagement forestier ne peut pas éliminer la tordeuse.

## ABSTRACT

*This second report, on the economics of forest management as a means to fight Spruce Budworm, deals only with susceptible stands, i.e. those where 25 p. 100 or more of total volume is made up of host species (balsam fir and white spruce). The objectives of forest management in susceptible stands are:*

- a) to diminish the susceptibility of stands and potential losses incurred during an outbreak;*
- b) to modify the development of future outbreaks.*

*Previous studies (Westveld, Baskerville, Blais, etc.) recommend fighting the prime causes of outbreaks, i.e. forest composition and distribution, by forest management techniques, but until now the economic aspects of these actions were only lightly touched on. This study begins with a theoretical analysis of various usual silvicultural treatments to find their possibilities:*

- a) of utilization from an economic point of view;*
- b) of «success» with respect to the objectives listed above.*

*Silvicultural treatments considered are: insecticide*

*spraying, regeneration cutting techniques, release cutting techniques, drainage, fertilization, and precommercial and commercial thinning.*

*We then simulated of these management techniques with the available data from the case-study of the Gatineau River Basin. With respect to economic feasibility of each treatment, the use of forest management to fight the development of Spruce Budworm outbreaks has very little chance of success. Areas where silvicultural treatments are economically possible are too small with respect to infested areas and the time periods are too long. Meanwhile, the rise of productivity in treated stands can be used as a compensation for the losses incurred during an outbreak.*

*Forest management is not a means to eliminate Spruce Budworm.*

## TABLE DES MATIÈRES

	page
REMERCIEMENTS . . . . .	iii
RÉSUMÉ . . . . .	v
ABSTRACT . . . . .	vii
TABLE DES MATIÈRES . . . . .	xi
LISTE DES TABLEAUX . . . . .	xi
LISTE DES FIGURES . . . . .	xiii
INTRODUCTION . . . . .	1
CHAPITRE I - L'AMÉNAGEMENT DES PEUPELEMENTS SUSCEPTIBLES COMME MOYEN DE LUTTE À LA TORDEUSE . . . . .	5
1.1 Définitions . . . . .	5
1.2 Problématique et revue de littérature . . . . .	6
1.3 Méthodologie de l'étude . . . . .	19
CHAPITRE II - REVUE DES PRINCIPAUX TRAITEMENTS SYLVICOLES APPLICABLES . . . . .	21
2.1 Économique de l'aménagement utilisé comme moyen de lutte à la tordeuse . . . . .	21
2.2 La pulvérisation d'insecticide . . . . .	27
2.3 Les coupes de régénération . . . . .	30
2.4 Les coupes de dégagement . . . . .	33
2.5 La fertilisation . . . . .	34
2.6 Le drainage . . . . .	36
2.7 Les éclaircies . . . . .	36

	page
CHAPITRE III - APPLICATION AU CAS-TYPE DU BASSIN DE LA GATINEAU . . . . .	43
3.1 Localisation des superficies susceptibles . . . . .	45
3.2 Analyse des modèles d'aménagement proposés . . . . .	56
3.2.1 La pulvérisation d'insecticide . . . . .	57
3.2.2 Les coupes de régénération . . . . .	59
3.2.3 Les coupes de dégagement . . . . .	61
3.2.4 La fertilisation . . . . .	62
3.2.5 Les coupes d'éclaircie . . . . .	73
 CONCLUSION . . . . .	 83
 BIBLIOGRAPHIE . . . . .	 89

## LISTE DES TABLEAUX

		page
Tableau 1	Traduction de l'Appendice E de Turner (1952): Liste des recommandations les plus importantes faites par divers auteurs pour réduire la susceptibilité et la vulnérabilité des peuplement de sapin et épinette . . . . .	11-13
Tableau 2	Avantages et désavantages de la coupe de régénération . . . . .	32
Tableau 3	Résumé des avantages et des désavantages des traitements sylvicoles . . . . .	41
Tableau 4	Localisation des superficies susceptibles, U.G. 72 (en ha) . . . . .	48
Tableau 5	Localisation des superficies susceptibles, U.G. 76 (en ha) . . . . .	49
Tableau 6	Localisation des superficies susceptibles, ensemble du territoire (en ha) . . . . .	50
Tableau 7	Classification de la superficie susceptible selon l'âge de révolution (AR) et l'âge actuel de la strate (AA) . . . . .	52
Tableau 8	Volume marchand de sapin baumier et d'épinette blanche dans les superficies susceptibles avant la dernière épidémie (en millions de m <sup>3</sup> ) . . . . .	54
Tableau 9	Classification de la superficie susceptible selon les classes de mortalité (en km <sup>2</sup> ) . . . . .	55
Tableau 10	Pertes enregistrées au cours de la dernière épidémie de TBE dans les superficies susceptibles (1 000 000 m <sup>3</sup> ) . . . . .	56

Tableau 11	Augmentation de la production de matière ligneuse due à la fertilisation dans les strates susceptibles productives . . . . .	67
Tableau 12	Augmentation de la production de matière ligneuse par la fertilisation dans les strates susceptibles non-productives . . . . .	68
Tableau 13	Superficies éclaircies et volume récolté par période . . . . .	78
Tableau 14	Effet des éclaircies sur les pénuries occasionnées par la TBE . . . . .	79

## LISTE DES FIGURES

	page
Figure 1 Carte des super-parcelles, U.G. 72 . . . . .	45
Figure 2 Carte des super-parcelles, U.G. 76 . . . . .	46
Figure 3 Classification de la superficie susceptible selon l'âge de révolution (AR) et l'âge actuel de la strate (AA) . . . . .	53
Figure 4 Carte des unités de compilation, U.G. 76 . . . . .	69
Figure 5 Carte des unités de compilation, U.G. 72 . . . . .	70
Figure 6 Hypothèse concernant la croissance après une éclaircie . . . . .	77



## INTRODUCTION

Le présent mémoire est le deuxième d'un groupe de six portant sur les aspects économiques de l'aménagement forestier comme moyen de lutte contre les ravages de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana Clem.). Il étudie les possibilités de pratiquer divers traitements sylvicoles dans certains peuplements susceptibles à la TBE de manière à diminuer la proportion des essences-hôtes ou d'augmenter suffisamment la productivité pour contrer le fléau.

Nous visons donc deux objectifs: à long terme, diminuer suffisamment la susceptibilité de la forêt (en diminuant la proportion d'essences-hôtes) pour contrer le développement des épidémies et, à court et moyen termes, augmenter si possible le rendement des peuplements (diminution de la période de révolution, augmentation du volume produit) pour compenser au moins une partie des pertes subies au cours d'une épidémie.

C'est en 1975 que le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec (alors appelé Terres et Forêts) a commencé à songer sérieusement à l'aménagement forestier comme moyen de lutter contre la TBE ou au moins de réduire sensiblement les dommages causés par cet

insecte défoliateur.<sup>1</sup> Toute la question des aspects économiques de cette forme de lutte est un point important. Dans cette optique, on a commencé quatre projets de recherche portant sur différentes options envisagées. En résumé, les études portaient sur:

- 1- l'aménagement intensif des peuplements susceptibles;
- 2- la conversion complète des peuplements les plus susceptibles;
- 3- la compensation des pertes par de l'aménagement intensif de peuplements non-susceptibles, et
- 4- la récupération des bois attaqués.

De ces quatre projets découlent six rapports du Service de la recherche forestière; le premier portant sur la problématique du phénomène de la TBE, la description détaillée d'un cas-type et sur les aspects communs des projets (méthodologie pour l'évaluation des pertes physiques et économiques), suivi de quatre rapports particuliers sur les options étudiées et, finalement, d'un document-synthèse.

Le premier chapitre du présent rapport brosse le tableau de l'aménagement des peuplements susceptibles comme moyen de lutte à la TBE. On y retrouve une problématique de l'aménagement, une revue de littérature et les définitions qui s'imposent.

Le deuxième chapitre fait une revue des principaux traitements applicables. Il en fait la description, donne les possibilités et limites (conditions requises, façons de procéder, technologie, etc.), analyse le degré potentiel de protection contre la TBE et les autres insectes et maladies, mentionne les coûts et les rendements espérés

---

<sup>1</sup> Ministère des Terres et Forêts, 1975.

et, finalement, envisage le problème des effets possibles sur l'environnement.

Le chapitre III fournit les résultats de l'application de ces traitements à l'intérieur du cas-type choisi pour ces études, soit le bassin de la Gatineau (unités de gestion 72 et 76). Finalement, la dernière section apporte les conclusions de cette étude.



## CHAPITRE I

### L'AMÉNAGEMENT DES PEUPEMENTS SUSCEPTIBLES COMME MOYEN DE LUTTE À LA TORDEUSE

#### 1.1 DÉFINITIONS

Aménager un peuplement susceptible dans une optique de lutte à la tordeuse signifie y pratiquer un traitement sylvicole ou une série de traitements sylvicoles en fonction des objectifs décrits un peu plus loin. Un peuplement est considéré comme susceptible à la tordeuse lorsqu'on y trouve plus de 25 p. 100 de son volume total en essences-hôtes, soit le sapin baumier et l'épinette blanche.

Le but premier de l'aménagement forestier en général est d'obtenir une récolte forestière de façon continue, en quantité et en qualité répondant aux besoins des utilisateurs et à meilleur coût. Dans l'optique de la lutte à la tordeuse, on vise de plus deux objectifs très interreliés:

- a) contrer la tordeuse en modifiant son habitat et ses sources de nourriture pour influencer le développement des épidémies;

- b) minimiser les pertes physiques et économiques découlant du passage de l'insecte.

Le premier de ces objectifs s'attaque aux causes du déclenchement et du développement des épidémies de TBE tandis que le second en vise les effets. Lequel de ces deux objectifs doit prédominer? Il est bien difficile de donner une réponse unique. Un modèle d'aménagement donné (c'est-à-dire un traitement sylvicole ou une séquence de traitements définis, y compris la coupe finale) peut viser les deux objectifs à la fois et parfois un seul. C'est la situation économique, la situation particulière de la superficie visée par le modèle d'aménagement et les résultats espérés qui influencent la priorité à accorder. Peu importe l'objectif, un modèle doit cependant être rentable.

## 1.2 PROBLÉMATIQUE ET REVUE DE LITTÉRATURE

La première constatation qu'il faut faire en abordant le sujet de l'aménagement des peuplements susceptibles est la reconnaissance non équivoque que l'aménagement ne peut éliminer la tordeuse et ses problèmes. Le Cabinet Committee on Economic Development du Nouveau-Brunswick, dans son rapport sur l'évaluation des moyens de combattre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, mentionne qu'il ne semble pas exister de modèle d'aménagement des essences-hôtes pratiquement réalisable et qui, par lui-même, offrirait une protection continue contre la TBE (New Brunswick Cabinet Committee on Economic Development, 1976, p. 102).

Déjà en 1946, Westveld disait à propos des moyens de lutte en vigueur, y compris l'aménagement des peuplements susceptibles, que personne n'espérait l'élimination des épidémies de tordeuse (p. 949-950).

Dans un numéro spécial du Forestry Chronicle en 1975, Miller et Varty prévoient ce qui suit au sujet de l'aménagement des peuplements susceptibles:

«... des forêts libres de TBE ne sont pas prévisibles pour l'avenir. Au contraire, nous croyons que la tordeuse demeurera continuellement présente parce que ses sources de nourriture auront été protégées et maintenues sur de grandes superficies.» (p. 156)<sup>1</sup>

Cette constatation se confirme de plus en plus par les observations des épidémies récentes au Nouveau-Brunswick et au Québec. On observe une diminution relative des périodes endémiques et un allongement des périodes épidémiques où la TBE est présente en nombre suffisant pour causer des dommages.

Dans le même numéro spécial, Baskerville élabore une argumentation rigide pour démontrer les faiblesses de l'aménagement comme moyen de lutte. Il base son raisonnement sur un principe et quatre conditions implicites:

«... Le principe de réprimer un insecte par l'aménagement de l'hôte est très simple. Nous avons seulement besoin de découvrir, dans l'environnement de l'insecte, un facteur donné qui soit important pour la régulation de la taille de la population et qui puisse être influencé par l'aménagement du peuplement-hôte».

«... Quatre conditions doivent être respectées pour l'utilisation de l'aménagement comme moyen de répression de la tordeuse. Ce sont (1) que la tordeuse présente des limites de tolérance relativement restreintes pour un facteur aménageable de son environnement et que cette tolérance limitée soit une caractéristique génétiquement stable; (2) que les modifications requises à la forêt puissent être faites facilement et rapidement, c'est-à-dire au moins entre deux épidémies; (3) qu'il n'existe pas de contraintes sur la manière, l'endroit ou le

<sup>1</sup> Nous traduisons.

moment de la récolte; et (4) que les effets sur l'écologie, induits par les changements dans des peuplements-hôtes, soient acceptables. Si ces conditions peuvent être respectées, alors les techniques d'aménagement devraient réussir. Si l'une ou plusieurs des conditions ne peuvent être remplies, alors ces techniques deviennent moins fiables». (p. 157)<sup>1</sup>

Il est ensuite assez facile à Baskerville de démontrer la précarité des quatre conditions nécessaires au succès de l'aménagement. Pour ce qui est des limites de tolérance, il suffit de considérer la gigantesque aire de distribution naturelle, les conditions de déclenchement des épidémies, la faculté de dispersion qui assure le mélange continu des populations, etc. pour constater que les limites de tolérance de la tordeuse à la plupart des facteurs de son environnement sont très grandes. De plus, le temps nécessaire au changement d'un facteur du milieu (aménagement) laissera probablement suffisamment de temps à l'insecte pour s'adapter à son nouvel environnement. Selon Baskerville, «... la tordeuse produirait peut-être 80 générations pendant la période de révolution (minimum) nécessaire pour modifier la forêt<sup>1</sup>».

La deuxième condition, c'est-à-dire la modification rapide de la forêt, est également improbable, voire même impossible, si l'on considère que normalement il faut au moins une révolution pour altérer un facteur (tel que la distribution des classes d'âge), alors que la période entre deux épidémies est plus courte qu'une révolution.

La troisième condition présuppose une planification des aménagements et des actions posées sur l'ensemble de l'aire de

---

<sup>1</sup> Nous traduisons.

distribution en ignorant les frontières, aussi bien provinciales qu'internationales. On doit également agir sur l'ensemble des forêts susceptibles sans restriction de productivité ou de besoins.

Finalement, comme quatrième point, il y aura certainement des effets secondaires d'ordre écologique. Il est évident que le travail consiste à les identifier et à les faire accepter. Baskerville conclut ainsi:

«... Même si l'aménagement peut ne pas être la solution au problème de la tordeuse, il semble certain qu'aucune autre approche ne peut réussir à long terme sans un programme d'aménagement efficace ayant pour objectif de réduire la susceptibilité de la forêt». (p. 160)<sup>1</sup>

La majorité des auteurs qui ont traité du sujet de l'aménagement des peuplements susceptibles, tels Baskerville, McLintock, Westveld, Morris, Hardy et Blais, sont d'accord que l'on ne saurait envisager une solution aux problèmes de la tordeuse sans que l'aménagement en fasse partie. Au Nouveau-Brunswick, le Cabinet Committee on Economic Development dit, dans son rapport:

«... Évidemment, aucune des approches disponibles ou potentielles pour combattre la tordeuse n'est entièrement satisfaisante» (p. 120)

Puis, à propos de l'aménagement:

«... Nous ne pouvons espérer que les actions d'aménagement réalisées aujourd'hui pour la répression de la tordeuse rapportent des bénéfices substantiels avant un demi-siècle. Cela

---

<sup>1</sup> Nous traduisons.

les rend très faciles à mettre de côté, particulièrement si elles ajoutent au coût total de l'aménagement.

... Puisque le problème est étroitement associé à la forme et à la structure de la forêt et puisque nous devons de toute façon modifier cette forme et cette structure par nos exploitations, il semble également incorrect de ne pas régler ces modifications de manière à réduire le problème.

... La seule façon de réaliser le développement de ces méthodes est d'aller de l'avant et de les appliquer». (p. 120)<sup>1</sup>

Dans l'État du Maine également, l'aménagement devient de plus en plus un cheval de bataille contre la TBE. Récemment, Irland (1977a) intitulait justement un article: Maine's Spruce Budworm Program: Moving toward Integrated Management. Dans la description de ce nouveau programme, on trouve des incitations fiscales en faveur des propriétaires de forêts susceptibles qui désirent pratiquer des travaux sylvicoles (Maine Forest Service, 1976). De plus, très récemment, les responsables de la lutte contre la TBE au Maine ont déclaré qu'ils avaient comme objectif de cesser toute utilisation d'insecticide chimique à partir de 1981. Par conséquent, l'aménagement des forêts susceptibles prend encore une importance accrue et le Maine entreprendra un programme de recherche pour découvrir des prescriptions sylvicoles améliorées pour la lutte contre la TBE (Maine Forest Service, 1976).

Au Québec, la préoccupation envers l'aménagement des forêts susceptibles comme moyen de lutte contre la TBE devient évidente à partir de 1975, alors que le ministère des Terres et Forêts propose de mettre sur pied un grand programme de recherche en fonction de la TBE,

---

<sup>1</sup> Nous traduisons.

Tableau 1

Traduction de l'Appendice E de Turner (1952)<sup>1</sup>

APPENDICE E		
Liste des recommandations les plus importantes faites par divers auteurs pour réduire la susceptibilité et la vulnérabilité des peuplements de sapin et d'épinette		
Référence n°	Auteur	Recommandations
1 <sup>2</sup>	BALCH (1946)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiser exactement les superficies où l'on retrouve d'importants peuplements de sapin et d'épinette à maturité.</li> <li>- Rendre ces superficies pleinement accessibles par un système adéquat de routes forestières permanentes.</li> <li>- Diriger les coupes vers ces superficies le plus rapidement possible de préférence aux superficies où prédominent l'épinette ou les jeunes peuplements.</li> <li>- Concevoir des méthodes de coupe pour rencontrer les objectifs mentionnés ci-dessus. Le sapin suranné et en mauvaise condition devrait être coupé dans les limites du pratique. La coupe de l'épinette immature devrait être évitée.</li> <li>- Considérer l'aménagement futur des superficies où de grandes quantités de jeunes sapins baumiers vont constituer un danger en regard de la tordeuse lorsqu'ils vieilliront.</li> </ul>
2	CRAIGHEAD (1924)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Développer les peuplements par blocs de classes d'âge différentes.</li> <li>- Couper à blanc le sapin au plus petit diamètre possible.</li> <li>- Conserver des arbres semenciers d'épinettes blanche et noire pour augmenter la proportion de ces essences dans les peuplements ultérieurs.</li> <li>- Utiliser le sapin sur de courtes révolutions.</li> <li>- Utiliser des feuillus pour rendre possible un aménagement adéquat de peuplements mélangés de deuxième venue.</li> <li>- Sur les sols minces et les sites pauvres, cultiver des arbres non-hôtes de la TBE, tels que les pins.</li> </ul>
3	CRAIGHEAD (1925)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recommandations spécifiques à la région des Maritimes. L'idée maîtresse est de couper sélectivement en encourageant les peuplements de belle venue et en favorisant l'épinette.</li> </ul>
5	GRAHAM (1925)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prévenir le développement de peuplements susceptibles sur de vastes superficies au même moment.</li> <li>- Fractionner les peuplements en blocs de 40 acres (12 ha env.) et développer une diversité maximum de l'âge et de la composition entre les blocs adjacents. Empêcher qu'une vaste superficie continue n'atteigne la maturité au même moment.</li> </ul>
6	GRAHAM et ORR (1940)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sur les terrains où le sapin doit être une des principales essences récoltées, fractionner le terrain en petits blocs de travail.</li> <li>- En utilisant des méthodes culturales, prévenir la maturité du sapin sur de vastes superficies. Garder le sapin inquiète.</li> <li>- Lorsque d'autres essences sont présentes en quantité, les favoriser aux dépens du sapin. Même si le bouleau blanc et le peuplier n'ont qu'une faible valeur commerciale dans une région, ils ont une valeur très importante pour la protection du sapin.</li> </ul>
4	De GRUYSE (1944)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enlever les peuplements de sapin matures et surannés.</li> <li>- Utiliser sur une courte révolution les peuplements de sapin jeunes et plus vigoureux.</li> <li>- Encourager la régénération des meilleures essences, en particulier l'épinette.</li> </ul>
8	McLINTOCK (1947)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser la coupe finale ou partielle. Couper en premier lieu les peuplements qui ont beaucoup de sapins murs et surannés de préférence aux peuplements où la proportion d'épinette est élevée et où le sapin est jeune et vigoureux.</li> <li>- Les vieux sapins non-merchants laissés après l'exploitation devraient être coupés comme mesure sanitaire.</li> <li>- Diminuer par la coupe la proportion du sapin par rapport à l'épinette pour encourager l'établissement de cette dernière.</li> <li>- Utiliser de courts cycles de coupe - environ 20 ans. Cela évite des pertes par carie et par chablis.</li> </ul>
9	McLINTOCK (1948)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système de sélection arbre par arbre sur une courte révolution (jusqu'à 25 ans). La sélection des arbres destinés à la coupe est basée sur la vigueur, qui tient compte de la croissance terminale et latérale et du développement général de la cime. Les arbres de plus faible vigueur sont coupés en premier.</li> </ul>
7	McLINTOCK et WESTVELD (1946)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Au cours des opérations de coupe, enlever le sapin baumier suranné et déficient, peu importe la quantité de bois marchand. Cette étape est probablement réalisable sans coûts excessifs pour l'utilisateur.</li> </ul>

<sup>1</sup> Traduction des auteurs<sup>2</sup> Les numéros de références ont été changés pour correspondre à ceux de la liste (p. 13)

Tableau 1 (suite) Les principales recommandations faites par Westveld (10-11-12) sont résumées ci-dessous et proviennent directement d'un court article de Westveld et MacAloney (13)

TECHNIQUES DE COUPE POUR PRÉVENIR LES DOMMAGES CAUSÉS PAR LA TORDEUSE

Types de peuplements	Objectifs premiers	Principes guides	Critères de coupe
Coupe sélective			
<p>Peuplements de sapin baumier et d'épinette en proportions variées, jeunes, marchands, équiennes ou inéquiennes; peuplements mélangés avec d'autres conifères, peuplements mélangés avec des feuillus en quantités variées</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Augmenter la proportion d'épinette.</li> <li>2) Favoriser une grande vigueur des peuplements</li> <li>3) Promouvoir une production rapide du bois</li> <li>4) Assurer la régénération</li> <li>5) Maintenir des peuplements à l'épreuve des chablis</li> </ol>	<p>Favoriser l'épinette aux dépens du sapin. Coupes légères mais fréquentes. Maintenir les arbres bien distribués, sains et ceux pouvant jouir d'une croissance rapide. Limiter la coupe à 40% du volume. Ne jamais enlever plus de 60% du volume</p>	<p>Peuplements contenant beaucoup d'épinette. Couper les épinettes à 14 pouces (35 cm) au d.h.p. et plus, de même que les individus de mauvaise qualité, même sous le diamètre recommandé. Couper le sapin baumier jusqu'à 6 pouces (15 cm) au d.h.p. Peuplements contenant peu d'épinette Épargner les épinettes vigoureuses et de bonne qualité. Aussi préserver les sapins baumiers sains et vigoureux de 6, 7, 8 et 9 pouces (15, 17,5, 20 et 22,5 cm) en nombre suffisant comme protection contre le chablis et pour assurer un accroissement rapide</p>
Coupe à blanc			
<p>Peuplements à prédominance de sapin baumier, équiennes, matures et surannés  Peuplements d'épinette équiennes surannés</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Prévenir des dommages sérieux de la part de la tordeuse, du vent et de la carie</li> <li>2) Stimuler une croissance rapide de la régénération préétablie de sapin et d'épinette</li> </ol>	<p>Mesures d'amélioration du peuplement</p>	<p>Couper tous les arbres marchands</p>

Tableau 1 (suite et fin) Liste des références citées par Turner

- 1- BALCH, R.E., 1946. The spruce budworm and forest management in the Maritime Provinces. Canada, Dept. Agr., Div. Entomol. Proc. Pub. 60. Ottawa.
- 2- CRAIGHEAD, F.C., 1924. Studies on the Spruce budworm (Cacoecia fumiferana Clem.). Part II. General bionomics and possibilities of prevention and control. Canada, Dept. Agr. Tech. Bull 37 (n.s.) Ottawa.
- 3- CRAIGHEAD, F.C., 1925. Relation between mortality of trees attacked by the Spruce budworm (Cacoecia fumiferana Clem.) and previous growth. J. Agr. Research, 30: 541-555.
- 4- de GRYSE, J.J., 1944. Enemies of the forest - Man or insects? Proc. Roy. Can. Inst., Ser. III A, 9: 52-62.
- 5- GRAHAM, S.A., 1939. Principles of forest entomology. 2nd ed. McGraw-Hill, New York.
- 6- GRAHAM, S.A. et L.W. ORR, 1940. The spruce budworm in Minnesota. Univ. Minn. Agr. Expt. Sta. Tech. Bull. 142.
- 7- McLINTOCK, T.F. et M. WESTVELD, 1946. Some financial aspects of removal of overmature balsam fir as a budworm control measure. U.S. Dept. Agr., For. Serv., Northeast For. Expt. Sta., For. Mgt. Paper 1.
- 8- McLINTOCK, T.F., 1947. Silvicultural practices for control of spruce budworm. J. of Forestry 45: 655-658.
- 9- McLINTOCK, T.F., 1948. Evaluation of tree risk in the Spruce - fir region of the Northeast. Iowa State Coll. J. Sci. 22: 415-419.
- 10- WESTVELD, M., 1944 Forest management as a measure for controlling the spruce budworm. Talk to Maine Timberland Owners Comm., Bangor, Nov. 10, 1944.
- 11- WESTVELD, M., 1945. A suggested method for rating the vulnerability of spruce fir stands to budworm attack. U.S. Dept. Agr., For. Serv., Northeast For. Expt. Sta. 4 p. (processed)
- 12- WESTVELD, M., 1946. Forest management as a means of controlling the spruce budworm. J. of Forestry 44: 949-953.
- 13- WESTVELD, M. et H.J. MacALONEY, 1948. Cutting practices to prevent budworm damage. U.S. Dept. Agr., For. Serv., Northeast For. Expt. Sta. Memo.

où l'aménagement des peuplements susceptibles occupe une part importante des projets de recherche (MTF, 1975).

L'aménagement ne règle pas tous les problèmes. Il est évident que l'on ne pourra aménager toutes les forêts susceptibles à cause de l'éloignement ou de la faible productivité de certains peuplements et, bien entendu, à cause aussi des coûts élevés liés à l'aménagement. De plus, les immenses superficies en cause impliquent un nombre considérable d'années avant qu'un résultat sensible puisse se faire sentir. Cependant, il faut commencer maintenant.

Pour réaliser les deux objectifs présentés précédemment, plusieurs stratégies d'aménagement sont possibles. Divers auteurs mentionnent des tactiques sylvicoles à employer. Turner (1952) a fait un excellent résumé des études qui l'ont précédé. Le tableau 1 (p. 11-13) reprend les conclusions de son travail. Plusieurs de ces recommandations sont cependant difficiles d'application et difficilement conciliables avec les utilisations actuelles de la forêt.

Un peu plus tard, Westveld (1953) utilise la forêt climatique comme guide, pour suggérer l'aménagement le plus approprié à chaque site. Au sujet de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, il termine en disant:

«... Heureusement, les méthodes de coupes sélectives, conçues pour les objectifs habituels d'augmentation de croissance, sont également efficaces pour accroître la résistance à ces insectes».<sup>1</sup>

Même à l'heure actuelle, peu de nouveaux concepts d'aménagement en fonction de la TBE se retrouvent dans la littérature. On

---

<sup>1</sup> Nous traduisons.

reprend toujours les mêmes concepts de base, soit (1) modifier la composition des peuplements (généralement en favorisant l'épinette aux dépens du sapin), (2) utiliser de courtes rotations dans des peuplements aux classes d'âges diversifiées, (3) utiliser un système de «coupe par bloc» pour fractionner la forêt susceptible et, finalement, (4) cultiver le sapin sur de courtes révolutions (25-35 ans) pour limiter les dégâts lors des épidémies. Plusieurs auteurs suggèrent aussi des mesures d'assainissement comme:

- 1- couper les peuplements de sapins surranés ou en mauvais état, sans égard au volume marchand disponible;
- 2- enlever le plus possible de sapin lors de coupes sélectives pour réduire la susceptibilité du peuplement et réduire les dommages potentiels.

Pour chacun des grands concepts présentés un peu plus haut, Baskerville essaie d'en trouver les limitations et les difficultés. Pour ce qui est de la «coupe par bloc», il est tout d'abord assez pessimiste quant aux résultats possibles, à cause surtout de la mobilité de l'insecte. Les blocs devraient être petits, environ 2,6 km<sup>2</sup>, et séparés par des forêts non-susceptibles. Au Nouveau-Brunswick, comme au Québec actuellement, il existe de vastes superficies de peuplements susceptibles équiennes rendant difficile un aménagement de ce type. De plus, si l'on considère que beaucoup de forêts susceptibles sont des propriétés privées, il faudrait une réglementation élaborée pour appliquer un aménagement de cette sorte.

Dans le cas des coupes sélectives utilisant de courtes rotations (20-25 ans), il s'agit de développer des peuplements ayant

une structure d'âge diversifiée où l'on va fréquemment récolter une partie de la matière ligneuse. Théoriquement, un tel peuplement est moins susceptible qu'un peuplement équienné et les dommages sont probablement limités au maximum puisque les visites sont suffisamment rapprochées pour faire de la prérécupération ou de la récupération selon le cas, et que le volume susceptible d'être perdu est moindre. Cependant, la preuve n'est pas encore faite qu'un peuplement inéquien est moins susceptible qu'un peuplement équienné. Cette preuve devrait être faite avant de recommander des traitements coûteux qui n'aboutiraient peut-être à rien. Les observations faites au Québec tendent plutôt à montrer que les peuplements mélangés et inéquiens ne sont pas épargnés. Dans ce cas, si toutes les forêts sont aménagées en suivant ce principe, on aura plus de superficies susceptibles d'être attaquées en même temps qu'à l'heure actuelle.

Un autre des concepts présentés est celui des courtes révolutions. Selon certaines personnes, il serait probablement plus rentable de récolter le sapin très jeune (30-35 ans) lorsqu'on considère la récolte de matière ligneuse pour la pâte et les coûts de protection contre la TBE. Par conséquent, on pourrait aménager intensivement de plus petites superficies de peuplements équiennés de sapins. On ignore cependant si les jeunes peuplements seraient moins susceptibles (cela exige de la recherche). Dans le cas contraire, on se trouverait en présence de monocultures de sapin qu'il faudrait protéger, probablement par des insecticides. Il est donc possible qu'en dernière analyse, cette forme d'aménagement n'apporte aucun bénéfice à notre lutte contre la TBE.

Enfin, le concept consistant à modifier la composition de la forêt a aussi des désavantages sérieux. Premièrement, il est difficile de modifier la composition de la forêt puisque même avec des coupes partielles, la régénération naturelle du sapin est généralement importante. En conséquence, il faudra probablement utiliser des techniques de coupe de régénération accompagnées de traitements intermédiaires, probablement pré-commerciaux. On ignore aussi les effets écologiques d'une telle pratique. Si l'on considère les superficies à traiter, les coûts associés à l'aménagement devraient être énormes. De plus, il ne faut probablement pas non plus s'engager dans la monoculture d'autres essences; on se créerait d'autres problèmes. Cette dernière remarque concerne plutôt l'étude de la conversion des sapinières en peuplements non-susceptibles; un rapport particulier a été produit pour cet aspect du problème (cf. Tome III).

Finalement, pour n'importe lequel des quatre concepts discutés, deux limitations importantes doivent être prises en considération. La première est le temps. Il faut de 50 à 100 ans au moins pour réaliser une part importante des aménagements proposés dans la partie susceptible de la forêt. Cette période de temps nécessaire oblige à considérer la probabilité qu'une ou plusieurs épidémies séviront après la présente, d'où des dommages potentiels (pertes économiques).

La deuxième limitation touche la quantité de superficies à traiter. Lorsqu'on regarde une carte de l'aire de distribution de la tordeuse au Québec, on constate que les superficies à aménager sont immenses, d'autant plus que pour plusieurs des aménagements préconisés,

il faudra s'attaquer à toutes les superficies susceptibles y compris celles ne comportant pas un volume marchand suffisant après l'épidémie pour rentabiliser une coupe, même à blanc. A ce sujet, Hardy (1977) écrit:

«... les schémas d'aménagement qui ont été suggérés jusqu'ici, tels que: une révolution plus courte, une sylviculture intensive, la conversion des peuplements de sapin baumier par des essences moins vulnérables, etc. ne sont pas applicables. A cause de l'échelle des épidémies et parce que le Québec n'exploite pas encore toute sa possibilité, il est impossible suivant ce taux d'utilisation et durant une courte période de temps de modifier la composition de la forêt d'une manière significative». (p. 3)<sup>1</sup>

Cette argumentation a une certaine valeur mais doit être nuancée à la lumière de la situation de chacune des régions. Dans plusieurs régions, les essences-hôtes sont l'objet d'une demande égale et même supérieure à la possibilité du territoire. Une planification des opérations de récolte forçant l'aménagement des peuplements à dominance de sapin pourrait alors modifier de façon sensible la composition de la forêt.

Dernière remarque: il faut aussi que l'aménagement pratique soit adéquat aux conditions du terrain (productivité du site, essences, etc.) et soit aussi approprié aux conditions socio-économiques de la région (demande par essence, par produit, etc.). Cela implique donc que ce n'est pas un seul concept qui sera appliqué à tout le territoire, mais plutôt une combinaison de concepts qui devront satisfaire le plus possible à toutes les conditions.

---

<sup>1</sup> Nous traduisons.

### 1.3 MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

D'une façon générale, il s'agit d'étudier les aspects économiques de l'aménagement des peuplements susceptibles, soit l'applicabilité économique, les séquences probables des coûts et des bénéfices, et les résultats en termes d'augmentation de la productivité, de raccourcissement de la révolution ou de diminution des pertes.

Le but de l'étude est de déterminer dans quelles conditions il serait rentable d'envisager l'aménagement des forêts susceptibles à la TBE et d'établir les limites entre lesquelles cette rentabilité demeure valable.

Dans un premier temps, nous abordons le sujet de l'économie de l'aménagement des peuplements susceptibles, c'est-à-dire que nous discutons de tous les facteurs économiques qui doivent être pris en considération avant et pendant le déroulement du processus d'aménagement.

Nous procédons ensuite à une analyse détaillée des principaux traitements sylvicoles qui peuvent être envisagés. Nous en faisons la description, expliquons les techniques qui peuvent être utilisées pour leur application, mentionnons les endroits où ils peuvent être appliqués (terrain, type de peuplement, etc.), essayons de déterminer les effets sur la TBE, détaillons les coûts et les revenus ou rendements espérés et, finalement, abordons le sujet des effets possibles sur l'environnement. Pour chacun des traitements, nous essayons également de donner dans quels modèles d'aménagement (séquence de traitements) il peut s'appliquer.

Nous procédons ensuite à des applications théoriques à l'intérieur du cas-type. De cette façon, les solutions proposées par le projet de recherche sont étudiées dans un cadre où elles pourraient être effectivement utilisées. La région de l'Outaouais a été choisie pour plusieurs raisons, mais principalement parce que la présente épidémie de tordeuse y a fait des ravages assez importants et parce que c'est la région où les possibilités d'aménagement comme moyen de lutte contre la tordeuse sont les plus grandes compte tenu des caractéristiques de la forêt et de l'économie. Les deux unités de gestion en cause sont celles de la Basse-Gatineau (numéro 72) et de la Haute-Gatineau (numéro 76). Ensembles, ces deux unités de gestion représentent une diversité de conditions intéressante.

## CHAPITRE II

### REVUE DES PRINCIPAUX TRAITEMENTS SYLVICOLES APPLICABLES

Le but de ce chapitre est de présenter les principaux traitements sylvicoles usuels et de voir de quelle manière ils pourraient avoir une influence sur la TBE (comportement des épidémies et dommages causés). Comme cette étude s'intéresse surtout aux aspects économiques, une première section sera consacrée à l'économie de l'aménagement des peuplements susceptibles en fonction de la TBE. On y trouvera une description des critères économiques utilisés pour l'analyse de rentabilité de même que les données économiques nécessaires à cette analyse.

#### 2.1 ÉCONOMIQUE DE L'AMÉNAGEMENT UTILISÉ COMME MOYEN DE LUTTE À LA TORDEUSE

On étudie l'aménagement dans une optique bien précise, c'est-à-dire en tant que moyen de protection. Il est assez important d'apporter cette précision puisque l'analyse de rentabilité d'une action de protection comporte certaines particularités. En effet,

selon Nadeau et al. (1978):

«Le déboursé maximum économiquement justifiable pour fins d'arrosage contre la tordeuse doit être inférieur à la valeur des dommages évités par l'arrosage»<sup>1</sup>

Ce principe est exprimé pour l'arrosage (c'est-à-dire plus justement, la pulvérisation) mais il est valable pour toute forme d'aménagement qui vise la TBE.

La notion de «dommages évités» nous dicte la méthode de l'analyse de rentabilité. L'analyse marginale, c'est-à-dire la comparaison de la situation avec aménagement versus la situation sans aménagement, est la méthode appropriée. L'objectif de protection peut s'ajouter à d'autres objectifs, comme celui par exemple d'augmenter la productivité du site. Il peut s'avérer assez difficile en certaines circonstances de séparer les résultats. Prenons par exemple un peuplement composé pour moitié de sapin et pour moitié d'épinette. Le gestionnaire décide que pour augmenter la production de matière ligneuse, il est rentable de pratiquer une éclaircie commerciale équivalente à 30 p. 100 du volume. En même temps, il opte pour la politique de récolter le plus possible de sapin de manière à favoriser l'épinette pour augmenter la résistance du peuplement en cas d'épidémie de TBE. Quelle situation de référence utiliser pour l'analyse marginale? Si l'on compare avec le rendement que le peuplement aurait eu sans éclaircie, l'augmentation de rendement est peut-être suffisante pour justifier économiquement l'éclaircie, mais l'action d'enlever le sapin de préférence à l'épinette ne serait pas rentable si les coûts

---

<sup>1</sup> NADEAU et al., 1978, p. 22.

supplémentaires pour «courir» les sapins sont tels que les dommages évités sont insuffisants à en assurer la rentabilité. Quelle différence réelle dans la proportion sapin-épinette des arbres récoltés au cours de l'éclaircie y a-t-il en introduisant le critère de protection? Quels sont exactement les coûts supplémentaires entre une éclaircie conventionnelle et une éclaircie avec le critère de protection? Quelle quantité supplémentaire de dommages sera évitée par l'introduction du critère de protection, par rapport à l'éclaircie conventionnelle? Y a-t-il au bout du compte une augmentation significative de la productivité du peuplement entre l'éclaircie conventionnelle et l'éclaircie avec protection? C'est à ce genre de questions qu'il faut répondre pour effectuer l'analyse marginale.

On peut identifier six types de bénéfices de l'aménagement que le gestionnaire doit considérer:

- 1- Une augmentation du rendement physique du peuplement traité. C'est la différence entre le rendement sans traitement et le rendement avec traitement. Un traitement pourrait peut-être avoir pour résultat de diminuer le rendement. En ce cas, c'est un bénéfice négatif et il se soustrait des autres bénéfices.

- 2- Une certaine quantité de dommages évités à l'intérieur du peuplement. Il est bien entendu impossible de savoir quand une prochaine épidémie sévira et quelle quantité de bois mourra. La meilleure méthode consisterait sans doute à étudier la fréquence des épidémies passées sur le territoire et de voir avec quelle intensité elles ont sévi. On obtiendrait ainsi un certain niveau de pertes périodiques qui devrait être ajusté par un indice de probabilité.

3- Une certaine quantité de dommages évités sur les superficies avoisinantes. A l'heure actuelle, une telle évaluation n'est pas possible car il faudrait en connaître plus sur l'épidémiologie de la TBE (comportement de l'insecte lors d'une phase épidémique). On peut penser à ce type de bénéfice si la théorie des épïcêtres se confirme (cf. Hamel et Hardy, 1978; Hardy et Hamel, 1979). S'il était possible d'identifier à coup sûr qu'une superficie donnée est un épïcêtre potentiel, la modification du couvert végétal par l'aménagement pourrait influencer le déclenchement des épidémies (Pour une discussion plus détaillée des épïcêtres, notre Tome III, section 1.2 élaborera assez longuement). Si le bénéfice découlant de la diminution des dommages à l'extérieur de l'aire traitée est suffisamment important, il pourrait justifier l'aménagement dans des endroits non-exploitablement économiquement.

4- Une diminution des distances de transport. Si les prochaines épidémies se montrent aussi dévastatrices, les pertes de matière ligneuse obligeront probablement les utilisateurs à aller chercher leur matière première dans des territoires plus éloignés, augmentant ainsi les coûts. Si la protection des territoires les plus près est efficace, il vaut sans doute mieux y investir maintenant une partie de l'argent qui devrait être déboursé plus tard à cause d'une augmentation des coûts de transport. Si un investissement actuel a pour résultat de diminuer un coût futur, c'est certainement un bénéfice. De plus, de nombreux avantages socio-économiques découlent d'une diminution de la distance de transport.

5- Une diminution du coût des pulvérisations d'insecticide

pour les prochaines épidémies, si la politique du gouvernement demeure telle qu'elle est actuellement. En cas d'abandon total des pulvérisations, ce bénéfice devient nul.

6- Une possibilité de production d'énergie. Dans un avenir plus ou moins lointain, la production d'énergie à partir de la biomasse forestière récupérée au cours des traitements de protection pourrait engendrer un certain bénéfice.

Deux types de coûts doivent être comptabilisés:

- 1- Les coûts supplémentaires pour réaliser les interventions spécifiques par rapport aux coûts initiaux d'aménagement des peuplements (ces coûts sont nuls si aucun aménagement n'était pratiqué dans le peuplement).
- 2- Le coût d'opportunité de l'investissement. Si l'argent consacré à l'aménagement aurait pu être alloué à des fins plus rentables, l'investisseur subit une certaine perte. On peut en tenir compte grâce à un taux d'intérêt.

Une autre question importante au point de vue économique est le temps. Il est évident que tout le territoire susceptible à la TBE ne peut être traité en quelques années et que les résultats d'un traitement donné peuvent s'échelonner sur une très longue période. En conséquence, on ne peut envisager l'aménagement des peuplements susceptibles que comme une mesure à très long terme. C'est seulement lorsqu'une partie assez importante du territoire aura été traitée et que les traitements appliqués commenceront à produire des résultats que l'on pourra juger de ses effets sur le comportement des épidémies.

Le facteur temps est important également dans le calcul des bénéfices. Retirer une somme d'argent dans deux ans est plus profitable que retirer la même somme dans 10 ans. Il est donc très

important de considérer la période de temps écoulée entre l'investissement et la réalisation des bénéfices. Cette période est bien entendu très variable selon le traitement choisi et les particularités du site.

Un autre facteur économique à considérer est la composition de la demande de matière ligneuse par essence et par type de produit. Il est évident que le traitement envisagé doit avoir pour résultat de satisfaire la demande. Le Québec s'achemine vers une pénurie ou au moins une utilisation complète des essences résineuses dans un avenir prévisible. Déjà plusieurs régions du Québec enregistrent des déficits. Les traitements devraient donc avoir au moins comme contrainte de ne pas réduire la possibilité en résineux. Le bénéfice sera d'autant plus grand que l'on offre un produit qui correspond à la demande des utilisateurs.

Un dernier facteur qui devrait être assez évident est la grande variabilité des traitements possibles et des peuplements où ils peuvent être appliqués. Il est évident qu'un seul traitement ne peut s'appliquer partout et que la rentabilité économique va varier grandement selon les endroits où il est pratiqué. Cela signifie que c'est cas par cas, selon les conditions d'ensemble et les conditions particulières du site, qu'il faut déterminer le traitement le plus rentable économiquement.

Les sections suivantes font une brève révision des principaux modèles d'aménagement les plus utilisés au Québec et tentent d'analyser leurs possibilités en termes de protection contre la TBE.

Autant que possible, nous avons également estimé les coûts<sup>1</sup> de même que les effets sur la productivité du site pour chaque modèle.

## 2.2 LA PULVÉRISATION D'INSECTICIDE

La pulvérisation d'insecticide chimique ou biologique, par voie terrestre ou aérienne, demeure un des moyens les plus utilisés comme mesure de protection face aux dommages résultant d'une épidémie d'insecte. En ce qui concerne le problème particulier de la TBE, les premières applications d'insecticide avaient pour but de réprimer le développement des populations d'insectes pour éviter l'expansion de l'épidémie. On a également essayé d'utiliser l'insecticide pour «éteindre» un foyer d'infestation bien localisé et restreint. Par rapport aux objectifs visés, la majeure partie de ces applications ont été des échecs.

Par la suite, les pulvérisations d'insecticide ont été considérées plus comme un moyen de protéger la forêt que comme un moyen de contrôler les populations d'insectes. On a restreint les insecticides aux endroits où le risque de mortalité était très élevé. Dès que le risque revient à un niveau acceptable ou que l'épidémie décline, les pulvérisations cessent.

L'utilisation des insecticides doit être considérée comme une technique d'aménagement comme les autres et le gestionnaire doit en peser les avantages et les désavantages. Très succinctement, les avantages sont les suivants:

---

<sup>1</sup> Tout au long de ce travail et à moins d'indications contraires, les coûts sont exprimés en dollars de 1978. Les coûts mentionnés dans des publications antérieures à 1978 ont été «gonflés» pour les rendre comparables. L'indice d'inflation utilisé a été fourni par le Bureau de la Statistique du Québec:

1972 : 104,3	1976 : 147,4
1973 : 111,9	1977 : 159,7
1974 : 124,5	1978 : 173,1
1975 : 138,1	

1- L'insecticide peut être utilisé rapidement et généralement. Face aux dangers, on peut agir rapidement, contrairement aux techniques de modification de la forêt qui doivent être prévues des dizaines d'années d'avance pour fournir une protection adéquate. L'utilisation est générale dans le sens qu'il n'est pas nécessaire de faire varier l'application en fonction du type de peuplement, de la productivité, de sa situation géographique, etc. La même recette est à peu près bonne partout sans modifications majeures.

2- Les pulvérisations aériennes contre la TBE donnent généralement de bons résultats lorsque toutes les conditions nécessaires sont respectées.

3- On peut faire porter les efforts sur les superficies les plus menacées. Lorsque la décision de pulvériser est prise, on est en possession des informations entomologiques et on peut s'attaquer aux endroits où l'on est certain qu'il y aurait des dommages. De cette façon, il est plus facile de rentabiliser l'investissement en comparaison avec un aménagement où, au moment de l'investissement, on ignore quand et avec quelle intensité une épidémie frappera le territoire traité. Avec l'insecticide, on peut concentrer l'investissement au moment et à l'endroit où il est le plus rentable.

4- Finalement, le gestionnaire peut choisir une stratégie de pulvérisation parce qu'il y voit la possibilité de développements technologiques et techniques importants qui pourraient en améliorer l'efficacité ou contrer des désavantages importants. Depuis qu'elles sont utilisées, les pulvérisations ont fait l'objet d'importantes améliorations. Dans l'avenir, on peut envisager la réalisation de dosages

améliorés, de nouveaux insecticides biologiques ou chimiques plus sélectifs et moins dangereux, une amélioration assez générale des méthodes d'application, etc.

Une stratégie de protection utilisant les pulvérisations d'insecticide offre cependant plusieurs désavantages qui en diminuent la rentabilité ou les possibilités d'application.

1- Une telle stratégie demande une surveillance continue du territoire. Parce qu'on attend que le risque de mortalité soit assez élevé, il faut bien entendu assurer une surveillance adéquate qui est longue et coûteuse.

2- Bien que cela ne soit pas prouvé, plusieurs experts croient que l'utilisation des insecticides pourrait prolonger la durée des épidémies parce que l'habitat et la nourriture de l'insecte sont préservés. Peut être vaut-il mieux une épidémie un peu plus longue qu'une courte épidémie, avec beaucoup de dommages.

3- Le coût des arrosages peut être considéré comme un désavantage. Les coûts directs de la pulvérisation aérienne se chiffrent à 3,11\$/ha par application pour un insecticide chimique et à 16,22\$/ha pour l'insecticide biologique «BT»<sup>1</sup> (Davidson, 1978). Au cours d'une année, il faut normalement deux applications d'insecticide chimique, soit 6,22\$/ha par année.

4- Un autre reproche fréquemment mentionné à l'encontre des insecticides est qu'ils ne solutionnent pas le problème des

---

<sup>1</sup> BT = Bacillus thuringiensis

épidémies. Ils ne visent qu'à atténuer les conséquences les plus dramatiques de celles-ci.

5- Les insecticides peuvent offrir des dangers pour l'homme et l'environnement. Même une surveillance étroite ne peut éliminer complètement les risques dus aux accidents, aux mauvaises utilisations et aux effets secondaires à long terme non prévus. En cela comme en beaucoup d'autres domaines il y a des risques: quand cela vaut-il la peine de les courrir et quand cela ne le vaut-il pas? Voilà une question difficile à trancher. Les contraintes environnementales sont de plus en plus importantes.

6- L'utilisation des insecticides est une stratégie globale, c'est-à-dire qu'à cause des complexités de l'organisation (spécialistes, équipements sophistiqués, dispendieux et souvent spécifiques, problèmes de surveillance, etc.) elle doit se faire à grande échelle. On ne peut pas mobiliser une telle organisation pour un territoire trop restreint ou une brève période de temps sans aboutir à une augmentation considérables des coûts.

### 2.3 LES COUPES DE RÉGÉNÉRATION

Le but d'une coupe de régénération est de favoriser une régénération naturelle en essences de valeur. En termes de protection contre la TBE, on essaie bien entendu de favoriser une régénération autre qu'en sapin baumier.

Deux stratégies sont possibles pour une coupe de régénération:

- 1- favoriser l'ensemencement du territoire;

2<sup>e</sup> favoriser une certaine régénération préétablie.

La première stratégie, l'ensemencement naturel, peut prendre la forme d'une coupe avec réserve de semenciers, soit par pied d'arbre (laisser quelques bons producteurs de graines dispersés sur l'aire de coupe), soit par bandes. A la limite, cela pourrait être une coupe à blanc si l'on sait que le sol est bien pourvu de graines dont on peut favoriser le développement par des traitements appropriés, comme un brûlage léger ou une scarification.

La deuxième stratégie, favoriser la régénération préétablie, consiste surtout en coupes progressives. L'application consiste à enlever partiellement la forêt mature pour hâter le développement des semis tout en les protégeant quand même contre une compétition trop forte de la végétation herbacée ou des essences de lumière à croissance rapide qui sont souvent peu désirables (érable à épis, peuplier faux-tremble, etc.). Une visite ou des visites subséquentes auront lieu pour récolter le reste de la matière ligneuse mature lorsque la régénération se sera établie en quantité et avec une vigueur adéquates. A la limite, ce genre de coupe peut prendre la forme de coupes à diamètre limite ou de jardinage cultural, où l'on essaie de conserver une variété de classes d'âge qui permet de fréquentes visites pour récolter la matière ligneuse mûre. Ce genre de coupe nécessite une main-d'oeuvre qualifiée pour éviter les blessures aux arbres laissés debout tout en ménageant au maximum la régénération préétablie.

Le tableau 2 présente les avantages et désavantages de la coupe de régénération.

Tableau 2

## Avantages et désavantages de la coupe de régénération

AVANTAGES	
Stratégie 1 Ensemencement naturel	Stratégie 2 Régénération préétablie
<ul style="list-style-type: none"> <li>- la stratégie n'augmente pas directement le rendement physique du peuplement, mais permet de réduire la période de régénération</li> <li>- elle pourrait permettre à très long terme de morceler jusqu'à un certain point la forêt susceptible en blocs d'âges variés ou de types de végétation différente, tel que le suggèrent plusieurs auteurs</li> <li>- les coupes de régénération auraient un effet bénéfique sur la faune en général en accroissant la variété du milieu (abri et nourriture)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>idem</u></li> <li>- une forêt inéquienne aménagée par des coupes sélectives pourrait subir moins de dommages et les fréquentes visites permettraient de récupérer les arbres endommagés</li> <li>- <u>idem</u></li> </ul>
DÉSAVANTAGES	
Stratégie 1 Ensemencement naturel	Stratégie 2 Régénération préétablie
<ul style="list-style-type: none"> <li>- la vigoureuse régénération du sapin en empêche l'utilisation dans bon nombre de peuplements</li> <li>- il y a augmentation des coûts d'exploitation; le coefficient d'exploitation devrait passer de 0,6 (coupe à blanc) à 0,7 - 0,75 pour une coupe par bandes</li> <li>- Les coupes de régénération sont une mesure de protection à long terme et il est difficile de prévoir si cela pourrait avoir un effet sur les superficies avoisinantes</li> <li>- les coupes de régénération doivent tenir compte des dangers de chablis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>idem</u></li> <li>- il y a augmentation des coûts d'exploitation parce qu'il faut parcourir une superficie plus grande pour obtenir la même quantité de matière ligneuse</li> <li>- il y a aussi une augmentation des coûts d'infrastructures (routes, ponts, bâtiments, etc.)</li> <li>- l'emploi de machines est limité pour éviter les dommages à la régénération préétablie</li> <li>- <u>idem</u></li> <li>- <u>idem</u></li> </ul>

## 2.4 LES COUPES DE DÉGAGEMENT

La coupe de dégagement est appliquée à un jeune peuplement où une régénération préétablie composée de semis ou de gaulis est opprimée par un couvert d'essences indésirables.<sup>1</sup> On peut remplacer la coupe de dégagement par des arrosages aériens de sylvicides.

En termes de protection contre la TBE, cette forme d'aménagement ne fournit pas beaucoup de possibilités. En effet, on se contente de favoriser une régénération déjà établie et normalement ce sont plutôt les essences résineuses qui subissent l'oppression. Le bénéfice provient de l'accélération de la croissance qui entraîne une diminution de la période de révolution. Les possibilités d'utilisation dans les peuplements susceptibles se résument à faire suivre le dégagement d'une intervention de type éclaircie pour réduire la proportion d'essences-hôtes dans le peuplement, ou à utiliser le dégagement à la suite d'un reboisement ou d'un ensemencement artificiel pour convertir un peuplement très susceptible (cf. Tome III: La conversion des peuplements les plus susceptibles).

Le coût de l'utilisation de sylvicides par arrosages aériens se situe entre 80 et 125\$/ha environ (moyenne de 100\$/ha) (Gagnon, 1978; Ministère des Terres et Forêts, 1977; Vézina et al., 1976) et varie selon le type d'appareil et les produits utilisés de même qu'avec les caractéristiques physiques du site. Les risques de pollution sont relativement faibles lorsque les précautions nécessaires sont prises et une ou deux applications au maximum ont une efficacité généralement bonne. Cependant, cette technique a été utilisée seulement à titre plus ou moins expérimental

---

<sup>1</sup> Vézina, 1971.

jusqu'à maintenant. Une utilisation à grande échelle en forêt naturelle pourrait faire ressortir des problèmes de pollution de l'environnement.

## 2.5 LA FERTILISATION

Nous traitons ici de la fertilisation en forêt naturelle. Elle a pour objectif principal d'accélérer la croissance des arbres en leur fournissant les éléments nutritifs dont ils ont besoin. La fertilisation peut se faire par voie terrestre ou aérienne et s'adresse principalement aux peuplements dont le sol est déficient en minéraux (surtout en azote). Les essais de fertilisation ont montré qu'il est préférable de traiter les peuplements ayant déjà un bon accroissement annuel courant, le volume supplémentaire produit étant supérieur.

Au point de vue protection, des «... résultats montrent d'une part que les peuplements fertilisés de la forêt Montmorency ont été moins affectés par la tordeuse que les peuplements témoins voisins et d'autre part, on constate que les peuplements fertilisés n'ont pas subi de perte de vigueur annuelle en 1976 alors que les peuplements témoins ont subi une perte de vigueur de 37 p. 100. Il ressort de ces constatations que les peuplements fertilisés de la forêt Montmorency ont bénéficié d'une protection de l'ordre de 100 p. 100 par rapport aux peuplements témoins voisins. Il semble donc que la fertilisation a eu sur ces peuplements un effet protecteur qui leur permettra de mieux récupérer après les attaques de la TBE» (Sheedy, 1976, p. 15). Plus tard, le même auteur confirme ses premières conclusions en disant: «...Dans les peuplements de la forêt Montmorency où la fertilisation a été effectuée sur une grande superficie, on remarque que les dommages causés par la tordeuse et par le gel (1978) sont plus importants dans

les secteurs témoins et tout semble confirmer que cette partie des peuplements est en moins bonne santé que la partie fertilisée» (Sheedy, 1979, p. 12-13).

«Le coût de la fertilisation dépend essentiellement des deux facteurs suivants: (a) le coût de l'engrais et (b) le coût de l'application» (Vézina et al., 1976. p. 66).

Au cours de l'été 1976, une expérience de fertilisation aérienne à l'urée sur un peuplement naturel de pin gris a été conduite en Mauricie. Les coûts totaux de l'opération avaient été de 88,91\$/ha (104,41\$/ha en dollars 1978), mais ont été «ajustés» à 76,38\$/ha (89,71\$/ha en dollars 1978) pour tenir compte du caractère expérimental de l'opération (utilisation de la piste d'avion et superficie traitée) (Nadeau, 1977b, p. 25). Le coût de la fertilisation est grandement influencé par la quantité d'engrais, qui varie d'un type de peuplement à l'autre. En moyenne le coût devrait se situer entre 55 et 100\$/ha (Vézina et al., 1976).

En ce qui concerne l'augmentation du rendement, Sheedy (1978) pour une fertilisation expérimentale de sapinières en Gaspésie, conclut: «... La fertilisation a causé des gains modérés de croissance, après 5 ans, avec des accroissements supplémentaires en volume total dus aux traitements qui s'échelonnent en moyenne entre 5,8 et 8,7 m<sup>3</sup>/ha, soit de 20 à 30 p. 100 d'augmentation» (Sheedy, 1978, p. 45). Ces résultats ont été recueillis avant que l'épidémie de TBE parvienne à cette région. La fertilisation avait été réalisée en 1970 (printemps) et les échantillonnages en 1969 et 1974 (5 ans après). Les dommages dus à la TBE y sont apparus en 1974.

## 2.6 LE DRAINAGE

Le drainage vise les terrains tourbeux dénudés ou boisés. Ces derniers sont cependant généralement non-productifs par suite de la croissance très lente des arbres due au manque d'oxygène dans le sol ou d'éléments nutritifs.

En conséquence, ces superficies n'entrent pas dans la catégorie de celles qui font ici l'objet d'aménagement dans le but d'en réduire leur susceptibilité à la TBE. Elles sont plutôt du ressort de la compensation (cf. Tome IV).

## 2.7 LES ÉCLAIRCIES

Une éclaircie a pour but de diminuer la compétition à l'intérieur d'un peuplement. Une concurrence moins forte accélère la croissance des arbres résiduels, ce qui peut se traduire par une diminution de la période de révolution (généralement inférieure à 10 ans) et une augmentation du volume récolté à la fin de la période puisqu'une certaine partie de la mortalité naturelle est récoltée. Doublée d'un objectif de protection contre la TBE, l'éclaircie consiste à enlever de préférence le sapin baumier pour augmenter la résistance du peuplement.

On distingue deux types d'éclaircie:

### a) Éclaircies précommerciales

L'éclaircie précommerciale est une coupe qui s'adresse à un jeune peuplement où, selon le contexte, il faut régulariser l'espacement, modifier la composition du peuplement, dégager les essences de valeur ou enlever les essences indésirables<sup>1</sup>. L'emploi d'un sylvicide par voie

---

<sup>1</sup> Gagné et al., 1977.

aérienne n'est généralement pas possible. Le coût moyen d'une éclaircie précommerciale est d'environ 425\$/ha et peut varier selon les méthodes, l'outillage utilisé et les facteurs physiques tels que le diamètre moyen, la densité initiale, etc. Une éclaircie précommerciale pourrait éventuellement fournir un certain volume de biomasse pour la production d'énergie, mais le coût de cette récolte serait probablement très élevé. Un désavantage important de l'éclaircie précommerciale est l'immobilisation de l'investissement durant une très longue période de temps.

#### b) Éclaircies commerciales

Lorsque le peuplement est suffisamment âgé, on peut prélever une certaine partie du volume marchand pour réduire la concurrence et récupérer jusqu'à un certain point une partie de la mortalité naturelle qui se produirait avant sa maturité. On parle généralement de régime d'éclaircie, de 1 à 3 éclaircies commerciales, selon les essences et les conditions bio-physiques, édaphiques et climatiques du milieu concerné. Le coût d'une éclaircie commerciale varie énormément d'un endroit à l'autre et son coefficient d'exploitation est généralement de l'ordre de 0,9. L'augmentation du rendement peut aller jusqu'à 100 p. 100, mais se situerait plus probablement autour de 50 p. 100 pour une forêt naturelle jouissant d'un régime d'éclaircie approprié. L'augmentation du rendement se situe autour de 20 p. 100 en moyenne si l'éclaircie est retardée (Vézina et al., 1976, p. 58).

Pour les deux types d'éclaircies, le succès de la stratégie de protection peut varier énormément selon le type de peuplement et les conditions du milieu. Si le peuplement visé est composé uniquement de sapins équiennes, il est assez peu probable que dans l'éventualité d'une

épidémie, celle-ci soit moins intense et cause moins de dommages parce que le peuplement est éclairci. En effet, l'éclaircie devrait augmenter la vigueur de l'arbre qui se traduit normalement par une cime et une quantité de feuillage plus abondantes. Comme ces deux facteurs sont également favorables à la tordeuse, la quantité de dommages produits est assez difficile à prévoir. Par contre, un bon régime d'éclaircie dans une sapinière devrait permettre de récolter périodiquement un volume ligneux susceptible de mourrir en cas d'épidémie. De plus, les éclaircies devraient permettre d'aménager les sapinières sur de plus courtes révolutions, rendant possible un programme de récupération ou de pré-récupération en cas d'épidémie.

Par contre, l'aménagement au moyen d'éclaircies des peuplements dont seulement une partie du volume est constituée de sapin, offre de bonnes chances de protection. La stratégie consistant à enlever le plus possible de sapins au cours des éclaircies devrait se traduire par une diminution des dommages en cas d'épidémie. Pour le moment, il est assez difficile de déterminer l'ampleur de cette diminution parce qu'on ne connaît pas encore la relation existante entre la quantité de sapin et l'intensité d'une épidémie. A la limite, il est logique de croire que le risque de mortalité est moins élevé pour des sapins isolés.

---

<sup>1</sup> Le coefficient d'exploitation est le rapport  $\frac{\text{Coût d'exploitation}}{\text{Prix de vente}}$

Un C.E. égal à 1 signifie que les revenus provenant de la vente du bois sont égaux aux coûts de l'exploitation. Pour être rentable, une exploitation doit avoir un C.E. inférieur à 1.

En ce qui concerne la protection que cette forme d'aménagement pourrait accorder aux superficies avoisinantes, elle dépend à notre avis de l'ampleur des aménagements. On peut croire en effet que lorsqu'une superficie suffisamment importante aura été traitée, il pourrait y avoir une influence sur le développement d'une épidémie. Quant à la possibilité d'aménager les foyers d'infestations (épïcén-tres), elle demeure sujette à la localisation de ces superficies particulières sur le terrain et aux conditions nécessaires pour le déclenchement des épidémies.

Un autre avantage d'enlever sélectivement le sapin au cours d'éclaircies successives serait la diminution de la régénération du sapin. Cette hypothèse n'est pas vérifiée mais il est raisonnable de penser que moins de sapins mûrs dans un peuplement produisent moins de graines et, par conséquent, moins de régénération en sapin lors de la coupe finale.

Les coûts supplémentaires engendrés par l'introduction du critère de protection sont très difficiles à estimer et devraient varier considérablement d'un peuplement à l'autre. La disposition du sapin dans le peuplement (dominant, co-dominant et intermédiaire), sa dispersion, ses caractéristiques physiques (hauteur, diamètre, etc.) sont autant de facteurs qui peuvent influencer le coût supplémentaire et même la possibilité de pratiquer des éclaircies dans une optique de protection pour un peuplement donné. L'objectif de protection doit être rentable et ne doit pas avoir pour effet de diminuer considérablement la valeur de l'éclaircie au point de vue augmentation du rendement. Un autre facteur à considérer est l'éventuelle récolte des

résidus d'exploitation dans le but de produire de l'énergie. Finalement, l'aménagiste doit aussi tenir compte des dangers de chablis qui menacent tout peuplement subissant une éclaircie.

Cette analyse des principaux traitements sylvicoles permet de tirer certaines conclusions en fonction des objectifs de l'aménagement comme moyen de lutte (cf. section 1.1). Ces objectifs, réduire la susceptibilité ou augmenter le rendement, peuvent être analysés en termes des six types de bénéfices énumérés au début de ce chapitre. Le tableau 3, ci-après, présente cette analyse. Tandis que la coupe de régénération et l'éclaircie permettent de rencontrer les deux objectifs à la fois, la coupe de dégagement et la fertilisation ne font qu'augmenter le rendement, alors que la pulvérisation d'insecticide ne fait ni l'un ni l'autre.

Tableau 3

## Résumé des avantages et des désavantages des traitements sylvicoles

	Pulvérisation d'insecticide	Coupe de régénération	Coupe de dégagement	Fertilisation	Éclaircie
<b>AVANTAGES</b>					
a) Augmentation du rendement physique	Aucun	Oui, mais indirectement par une diminution de la période de révolution	Peut peut-être augmenter le rendement, mais surtout diminuer la période de révolution	Oui, de 20 à 30%	Oui, de 20 à 100% selon les circonstances. Peut aussi contribuer à réduire la période de révolution
b) Diminution de la susceptibilité du peuplement	Non	Oui, à long terme	Non	Non	Oui, à long terme
c) Diminution des dommages dans les superficies traitées	Oui, jusqu'à 90% en moyenne lorsque réussie	Oui, à très long terme	Non	Oui, jusqu'à 100% (données expérimentales) mais annule l'augmentation du rendement	Oui, à long terme mais aurait un effet sur le rendement final
d) Diminution des dommages dans les superficies avoisinantes	?	?(s'appliquerait aux épices si ceux-ci pouvaient être localisés)	Non	?	? Problématiquement mais à très long terme lorsque beaucoup de superficies auront été traitées
e) Diminution des coûts de transport	Oui, par rapport à une politique «aucune intervention»	Incertain, pourrait diminuer les distances mais augmenterait les superficies à récolter pour obtenir la même quantité de matière ligneuse	?	Oui, si l'augmentation de rendement n'est pas annulée	Oui, si l'augmentation de rendement n'est pas annulée
f) Diminution des coûts des arrosages	Ne s'applique pas	Oui, à long terme	Non	Oui, à long terme	Oui, à long terme
g) Possibilités de produire de l'énergie	Non	Faibles, seulement la récupération des déchets de coupe	Non, s'il y a utilisation de sylvicides. Faibles si dégagement manuel	Non	Oui, éclaircie précommerciale mécanisée Récupération de déchets de coupe pour éclaircie commerciale
h) Autres avantages	Méthode déjà utilisée	Pourrait être bénéfique pour la faune			- Pourrait être bénéfique pour la faune - À long terme, pourrait réduire la proportion de sapins dans un territoire
<b>DÉSAVANTAGES</b>					
a) Coûts*	3,11\$/ha (arrosage chimique) 16,22\$/ha (avec BT)	Variet selon les conditions mais augmentation de 10 à 20% par rapport à une coupe à blanc	De 80\$ à 125\$/ha (pour sylvicides par voie aérienne)	Environ 90\$/ha (urée) (selon données expérimentales)	- précommerciale 42\$/ha - commerciale, varie selon les peuplements, coefficient d'exploitation de 0,9 à 1,0
b) Autres désavantages	- dangers pour l'environnement et, éventuellement, pour l'homme  - doivent être répétées à chaque épidémie  - peut prolonger la durée d'une épidémie  - demande une surveillance continue du territoire	- dangers de chablis  - demande des infrastructures importantes (routes, ponts, bâtiments)  - utilisation limitée	- ne constitue pas une mesure pour augmenter la résistance d'un peuplement  - doit être jumellée avec d'autres interventions  - risques de pollution par sylvicides (faibles)	- pourrait augmenter l'intensité d'une épidémie (plus de nourriture pour la tordeuse) - caractère expérimental des données - tend à être rentable seulement si appliquée vers la fin de la période de révolution	- bénéfiques au point de vue protection à long terme seulement  - dangers de chablis

\* Les coûts sont tous exprimés en dollars de 1978



## CHAPITRE III

### APPLICATION AU CAS-TYPE DU BASSIN DE LA GATINEAU

Ce document étudie les aspects économiques de l'aménagement des forêts susceptibles à la TBE dans le but soit de réduire leur vulnérabilité, soit de diminuer les pertes lors d'une prochaine épidémie. Plusieurs modèles d'aménagement ont été décrits et analysés au chapitre précédent.

Le présent chapitre vise à appliquer ces modèles d'aménagement dans un cas-type particulier pour en analyser les possibilités et les conséquences en termes de coûts et de protection contre la TBE. Comme pour les autres projets du Comité de recherche sur l'économie de la tordeuse (CORET), le cas-type utilisé est celui du bassin de la Gatineau, c'est-à-dire le territoire représenté par les unités de gestion 72 et 76. Une description détaillée du cas-type est présentée dans le Tome I de la présente série de mémoires: Impacts bio-physiques et économiques sur un cas-type (Haute et Basse Gatineau).

Le but de ce chapitre n'est pas de suggérer les actions d'aménagement pour lutter contre la TBE dans le territoire du cas-type. Il vise plutôt à analyser les possibilités et les aspects économiques de diverses formes d'aménagement à l'aide d'un exemple. Nous voulons analyser les effets des modèles d'aménagement étudiés au chapitre précédent sur les pertes et leurs répercussions économiques en utilisant des données réelles d'un cas-type. Notre horizon économique a une durée de 40 ans et s'étend de 1968, année que l'on peut considérer comme le début de l'épidémie, à 2008; il est subdivisé en périodes de 10 ans:

- période 0 : 1969 - 1978
- période 10 : 1979 - 1988
- période 20 : 1989 - 1998
- période 30 : 1999 - 2008.

Nous considérons la période 0 comme étant la période épidémique, c'est-à-dire celle où se produit la mortalité. L'année 1978 est l'année de base pour les données économiques et tous les coûts et revenus sont exprimés en dollars de 1978.

Encore une fois, nous ne cherchons pas à planifier l'aménagement dans le cas-type, mais seulement à analyser les aspects économiques de modèles d'aménagement en fonction d'un objectif de lutte à la TBE en utilisant la simulation à partir de données réelles provenant du cas-type.

A titre de rappel, mentionnons que nous ne considérons que le territoire public de ces deux unités de gestion, ce qui représente une superficie boisée de près de 12 200 km<sup>2</sup>. Pour les fins du projet,

toutes les données forestières proviennent du Service de l'Inventaire forestier. Pour la réalisation des plans de gestion, le territoire forestier avait été subdivisé en 201 parcelles pour l'unité 72 et 430 parcelles pour l'unité 76. Nous avons procédé à un regroupement de ces parcelles en 99 unités géographiques plus grandes, appelées super-parcelles; 46 pour l'unité 72 et 53 pour l'unité 76<sup>1</sup>. Les figures 1 et 2 présentent ces subdivisions géographiques.

Finalement, toutes les données concernant l'épidémie de TBE proviennent de cartes ou de documents du Service de l'Entomologie et de la Pathologie.

### 3.1 LOCALISATION DES SUPERFICIES SUSCEPTIBLES

Comme nous l'avons mentionné auparavant, nous avons considéré comme susceptible toute strate dont 25 p. 100 ou plus du volume total était constitué de sapin baumier et d'épinette blanche. Les tableaux 4, 5 et 6 présentent cette compilation.

Dans le territoire du cas-type, 53 p. 100 de la superficie totale est susceptible à la TBE, soit environ 654 000 hectares. De ce nombre, 35 p. 100, soit près de 228 000 hectares, doit être considéré comme exploitable, c'est-à-dire que les strates doivent respecter les deux conditions suivantes:

- 1- une strate est exploitable si elle est mature ou quasi-mature, c'est-à-dire si son âge est égal ou supérieur à l'âge de révolution de cette strate moins 10 ans, donc:

---

<sup>1</sup> On pourra trouver la liste des parcelles par super-parcelle pour chacune des unités de gestion aux tableaux 2 et 3 du Tome III.

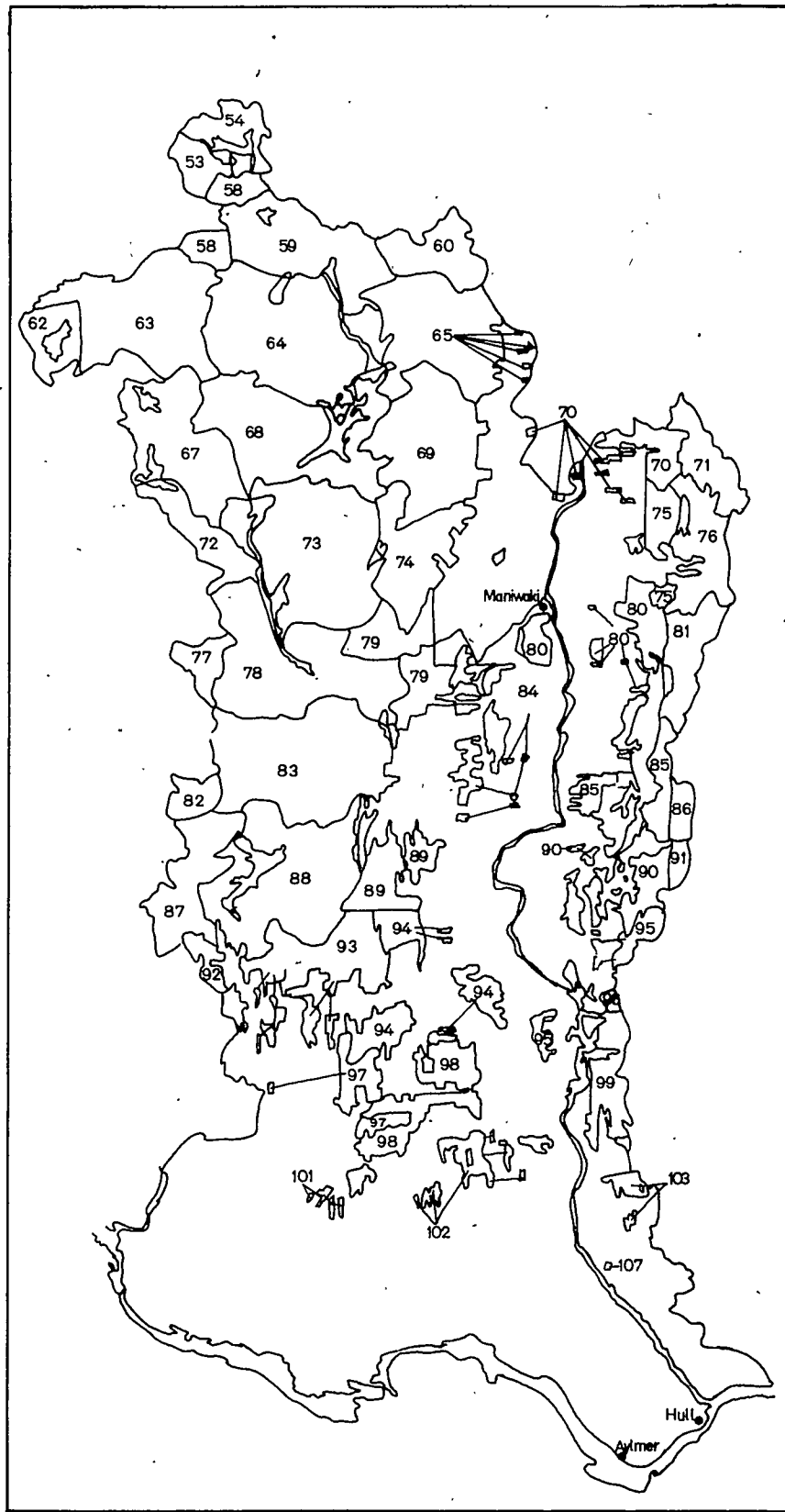


Figure 1 - Carte des super-parcelles, U.G. 72

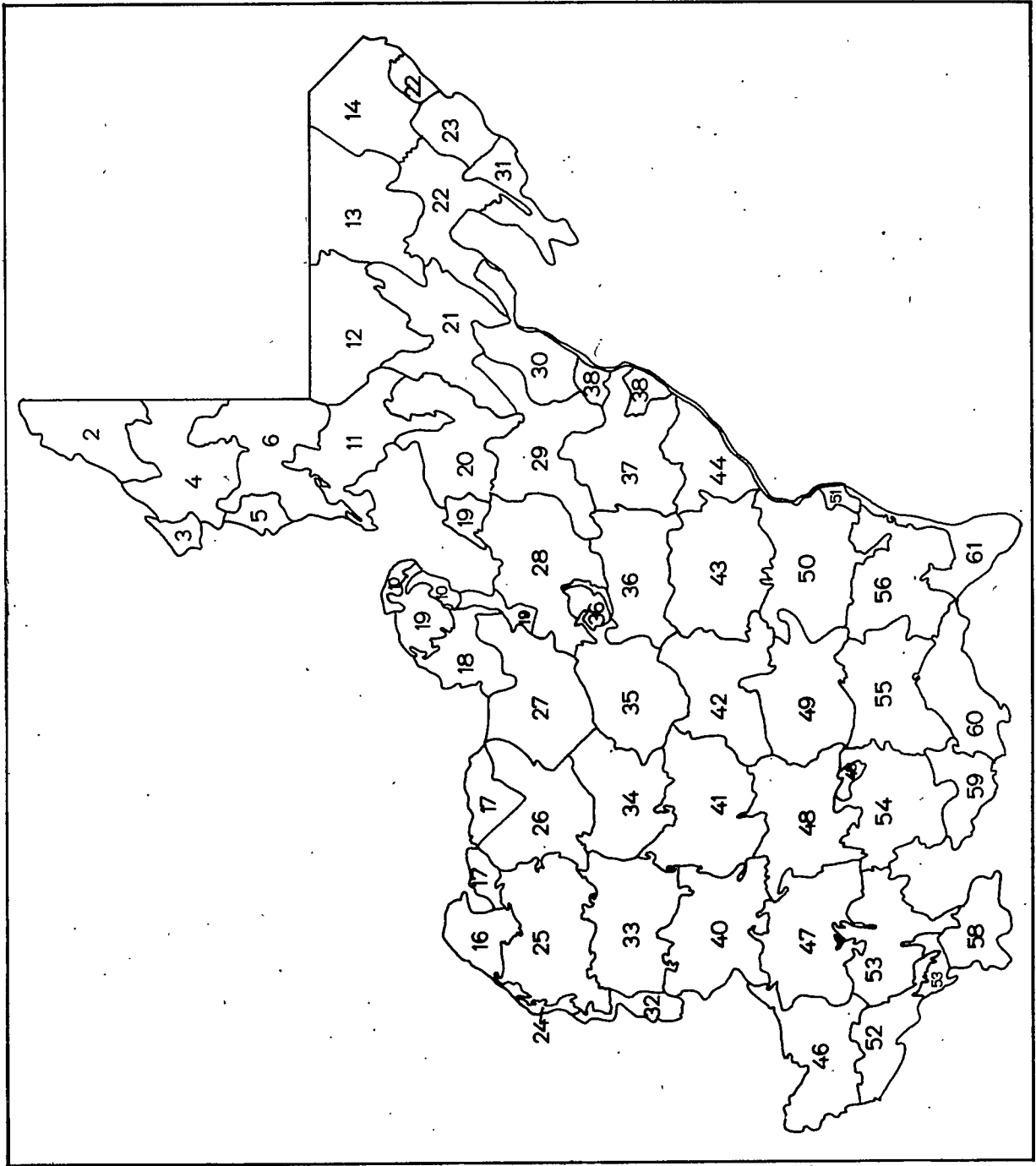


Figure 2 - Carte des super-parcelles, U.G. 76

Tableau 4

Localisation des superficies susceptibles, U.G. 72

(en ha)

Super- parcelle n°	Superficie totale de super-par.	Superficie susceptible	% susceptible	% de l'ensemble de l'U.G.	Superficies susceptibles exploitables	% exploitables/ susceptibles	% de l'ensemble de l'U.G.
53	2 733	2 137	78	1,30	587	27	,91
54	4 688	3 414	73	2,08	630	18	,97
58	4 767	2 690	56	1,64	402	15	,62
59	16 170	8 222	51	5,00	2 712	33	4,18
60	6 972	3 176	46	1,93	1 257	40	1,94
62	4 276	2 454	57	1,49	765	31	1,18
63	19 939	9 943	50	6,05	2 676	27	4,13
64	25 483	13 814	54	8,40	5 067	37	7,82
65	17 750	7 027	40	4,27	3 115	44	4,81
67	15 750	7 524	48	4,57	1 044	14	1,61
68	21 188	9 652	46	5,87	3 059	32	4,72
69	18 022	8 591	48	5,22	3 358	39	5,18
70	4 040	2 276	56	1,38	1 630	72	2,52
71	3 902	1 560	40	0,95	932	60	1,44
72	5 772	2 701	47	1,64	382	14	0,59
73	25 973	12 851	49	7,81	3 667	29	5,66
74	11 350	5 122	45	3,11	2 308	45	3,56
75	4 109	1 541	38	0,94	1 066	69	1,65
76	8 299	3 621	44	2,20	2 696	74	4,16
77	2 929	1 821	62	1,11	261	14	0,40
78	23 221	12 122	52	7,37	3 038	25	4,69
79	10 880	4 919	45	2,99	2 651	54	4,09
80	6 632	2 940	44	1,79	2 033	69	3,14
81	7 056	1 858	26	1,13	1 029	55	1,59
82	2 768	358	13	0,22	221	62	0,34
83	25 402	12 708	50	7,73	5 615	44	8,67
84	5 658	1 843	33	1,12	949	52	1,46
85	7 099	2 013	28	1,22	842	42	1,30
86	2 281	250	11	0,15	19	7	0,03
87	9 493	2 744	29	1,67	1 960	71	3,02
88	23 479	2 709	12	1,65	1 698	63	2,62
89	6 048	1 592	26	0,97	1 482	93	2,29
90	7 245	1 237	17	0,75	350	28	0,54
91	1 248	275	22	0,17	68	25	0,10
92	1 629	107	7	0,07	8	8	0,01
93	12 344	1 994	16	1,21	1 588	80	2,45
94	8 973	2 359	26	1,43	1 976	84	3,05
95	5 309	377	7	0,23	339	90	0,52
97	4 417	1 215	28	0,74	1 062	87	1,64
98	7 039	251	4	0,15	212	84	0,33
99	3 504	219	6	0,13	65	30	0,10
101	1 796	2	0	0	1	50	0
102	3 108	9	0	0,01	9	100	0,01
103	1 227	11	1	0,01	6	57	0,01
106	3 505	232	7	0,14	4	2	0,01
107	34	0	0	0	0	0	0
Total	415 507	164 480	40	100,00	64 836	39	100,00

Tableau 5

Localisation des superficies susceptibles, U.G. 76  
(en ha)

Super- parcelle n°	Superficie totale de super-parc.	Superficie susceptible	% susceptible	% de l'ensemble de l'U.G.	Superficies susceptibles exploitables	% exploitables/ susceptibles	% de l'ensemble de l'U.G.
2	12 186	5 268	43	1,08	376	7	0,23
3	2 694	1 763	65	0,36	242	14	0,15
4	19 476	10 467	54	2,14	1 111	11	0,68
5	3 528	1 794	51	0,37	193	11	0,12
6	20 386	8 466	42	1,73	1 068	13	0,65
10	4 337	2 904	67	0,59	871	30	0,53
11	19 100	8 996	47	1,84	1 298	14	0,80
12	23 569	7 878	33	1,61	718	9	0,44
13	25 307	8 601	34	1,76	863	10	0,53
14	19 111	9 650	50	1,97	544	6	0,33
16	6 610	4 194	63	0,86	2 108	50	1,29
17	10 185	7 067	69	1,45	3 137	44	1,92
18	7 831	4 602	59	0,94	2 286	50	1,40
19	11 107	8 782	79	1,80	3 380	38	2,07
20	19 429	13 082	67	2,68	2 116	16	1,30
21	21 524	11 469	53	2,35	2 086	18	1,28
22	19 057	13 565	71	2,77	1 254	9	0,77
23	7 472	1 688	23	0,35	178	11	0,11
24	1 767	1 228	69	0,25	485	40	0,30
25	15 873	13 159	83	2,69	6 986	53	4,28
26	17 437	10 587	61	2,17	5 339	50	3,27
27	24 100	16 305	68	3,33	6 080	37	3,73
28	22 959	17 476	76	3,57	5 134	29	3,15
29	21 405	15 514	72	3,17	3 850	25	2,36
30	12 751	8 152	64	1,67	1 656	20	1,02
31	9 062	5 613	62	1,15	522	9	0,32
32	4 046	2 696	67	0,55	983	36	0,60
33	10 078	7 717	77	1,58	4 252	55	2,61
34	19 177	13 020	68	2,66	6 971	54	4,27
35	17 887	12 641	71	2,59	5 228	41	3,21
36	22 360	17 034	76	3,48	6 816	40	4,18
37	21 023	15 599	74	3,19	5 924	38	3,63
38	5 319	4 195	79	0,86	1 929	46	1,18
40	18 558	11 894	64	2,43	5 044	42	3,09
41	24 450	15 722	64	3,22	5 382	34	3,30
42	22 369	14 376	64	2,94	7 415	52	4,55
43	24 858	15 303	62	3,13	7 365	48	4,52
44	12 343	7 544	61	1,54	4 121	55	2,53
46	16 920	14 670	87	3,00	4 752	32	2,91
47	18 960	13 545	71	2,77	3 582	26	2,20
48	19 707	13 663	69	2,79	5 779	42	3,54
49	21 409	9 173	43	1,88	1 268	14	0,78
50	22 204	9 890	45	2,02	5 392	55	3,31
51	1 650	560	34	0,11	425	76	0,26
52	9 226	6 393	69	1,31	3 050	48	1,87
53	18 427	15 110	82	3,09	5 435	36	3,33
54	20 180	12 517	62	2,56	4 274	34	2,62
55	24 959	9 178	37	1,88	679	7	0,42
56	20 586	10 328	50	2,11	5 226	51	3,20
58	7 952	6 165	78	1,26	2 624	43	1,61
59	8 487	4 762	56	0,97	2 078	44	1,27
60	11 504	4 452	39	0,91	1 705	38	1,05
61	3 567	2 620	73	0,54	1 484	57	0,91
Total	806 471	489 035	61	100,00	163 063	33	100,00

Tableau 6

Localisation des superficies susceptibles, ensemble du territoire (en ha)

U.G.	Superficie totale	Superficie susceptible	%	% ensemble du territoire	Superficie exploitable	%	% ensemble du territoire
72	415 507	164 480	40	25	64 836	39	28
76	806 471	489 035	61	75	163 063	33	72
Total	1 221 978	653 515	53	100	227 899	35	100

$$AA > AR - 10$$

où: AA = âge de la strate au moment des compilations

AR = âge de révolution de cette strate;

- 2- le volume marchand total de la strate est égal ou supérieur au seuil d'exploitabilité minimum que nous avons fixé à 49 m<sup>3</sup>/ha, donc

$$VMT > 49 \text{ m}^3/\text{ha}$$

où: VMT = volume marchand total (toutes essences) de la strate au moment de la compilation.

Toujours à l'aide du tableau 6, on peut remarquer que l'U.G. 76 comprend plus de forêts susceptibles que l'U.G. 72; 61 p. 100 de son territoire forestier est susceptible alors que seulement 40 p. 100 l'est pour l'U.G. 72. C'est également l'U.G. 76 qui comprend la majorité des forêts susceptibles du cas-type puisque 75 p. 100 de toute la superficie susceptible s'y trouve.

Une autre façon de présenter la forêt susceptible est selon son âge. Cependant, une distribution directe de la superficie par classes d'âge est peu utile car l'âge de révolution varie selon la strate. Pour étudier l'application de modèles d'aménagement, qui sont souvent établis dans la vie d'un peuplement par rapport à l'âge de révolution, il est plus intéressant de connaître quelle superficie est actuellement mature, laquelle le sera dans 10 ans, dans 20 ans, etc. C'est une classification de ce type que l'on trouve au tableau 7. Elle est reprise à la figure 3 sous forme d'histogramme.

---

<sup>1</sup> Nous considérons ici un seuil d'exploitabilité minimum de 49 m<sup>3</sup>/ha, toutes essences alors que nous utilisons habituellement un seuil de 42 m<sup>3</sup>/ha en résineux ou en feuillus pour les autres calculs.

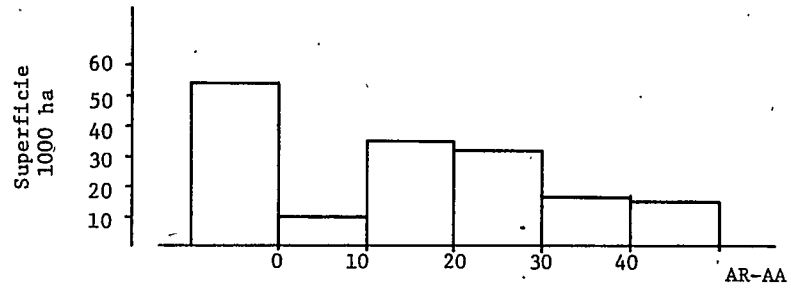
Tableau 7

Classification de la superficie susceptible selon  
l'âge de révolution (AR) et l'âge actuel de la strate (AA)

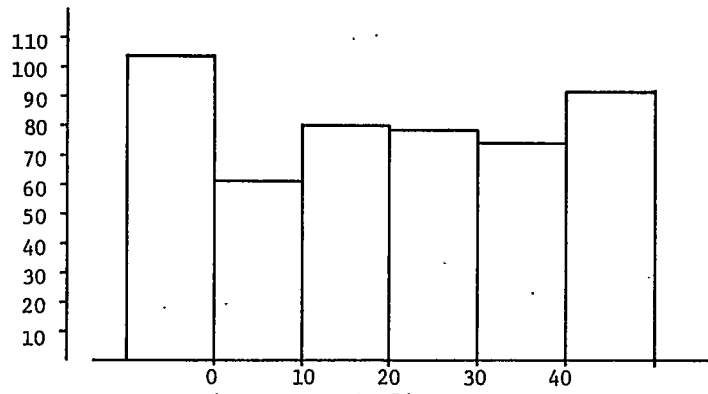
AR - AA	U.G. 72		U.G. 76		Total	
	1 000 ha	%	1 000 ha	%	1 000 ha	%
< 0	55	33	104	21	159	24
> 0 < 10	10	18	61	12	71	11
> 10 < 20	36	22	80	16	116	18
> 20 < 30	32	19	78	16	110	17
> 30 < 40	17	10	74	15	91	14
> 40	15	9	92	19	107	16
Total	165	100	489	100	654	100

Figure 3

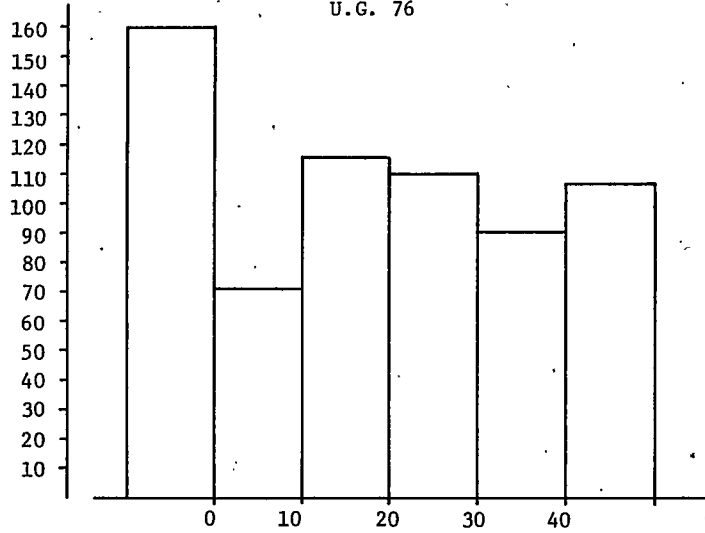
Classification de la superficie susceptible selon l'âge de révolution (AR) et l'âge actuel de la strate (AA)



U.G. 72



U.G. 76



TOTAL

Une autre information intéressante concernant les forêts susceptibles est le volume de sapin baumier et d'épinette blanche avant la dernière épidémie de TBE. On trouve cette information au tableau 8.

Tableau 8

Volume marchand de sapin baumier et d'épinette blanche dans les superficies susceptibles avant la dernière épidémie  
(en millions de m<sup>3</sup>)

Unité de gestion	Volume marchand total	Volume susceptible	$\frac{\text{Vol. susc.}}{\text{Vol. tot.}}$	Vol. susc. exploitable	$\frac{\text{Vol. susc. exp.}}{\text{Vol. susc.}}$
U.G. 72	8,7	5,8	67%	2,5	43%
U.G. 76	23,2	20,0	86%	7,2	36%
Total	31,9	25,8	81%	9,7	38%

Si l'on poursuit l'analyse du cas-type en incluant des informations concernant l'épidémie de TBE, on peut voir au tableau 9 une classification de la superficie susceptible selon quatre classes de mortalité, soit 0, 33, 57 ou 78 p. 100 de mortalité.<sup>1</sup> Pour compléter l'information, on trouve au tableau 10 les pertes pour le sapin et l'épinette en termes de volume marchand.

Pour terminer cette première section sur la localisation des superficies susceptibles dans le cas-type, les informations données précédemment montrent qu'on y trouve beaucoup de superficie susceptible et que celle-ci est distribuée sur l'ensemble du territoire forestier.

<sup>1</sup> Cf. Tome I, Chapitre IV, pour une explication de ces classes de mortalité

Tableau 9

Classification de la superficie susceptible selon  
les classes de mortalité (en km<sup>2</sup>)

Superficie susceptible										
Unité de gestion	0%		33%		57%		78%		Total	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
U.G. 72	243	14,8	299	18,2	770	46,8	333	20,2	1 645	100,0
U.G. 76	387	7,9	1 596	32,7	1 209	24,7	1 698	34,7	4 890	100,0
Total	630	9,6	1 895	29,0	1 979	30,2	2 031	31,1	6 535	100,0
Superficie susceptible exploitable										
Unité de gestion	0%		33%		57%		78%		Total	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
U.G. 72	165	25,5	103	15,9	262	40,3	118	18,3	648	100,0
U.G. 76	30	1,8	413	25,3	481	29,5	707	43,4	1 631	100,0
Total	195	8,6	516	22,6	743	32,6	825	36,2	2 279	100,0

Tableau 10

Pertes enregistrées au cours de la dernière épidémie  
de TBE dans les superficies susceptibles<sup>1</sup>

(1 000 000 m<sup>3</sup>)

Unité de gestion	Volume total		Volume susceptible		Volume susc. exploitable	
		%		%		%
U.G. 72	3,8	43	2,8	48	1,1	42
U.G. 76	12,1	52	10,6	53	4,2	59
Total	15,9	50	13,4	52	5,3	55

<sup>1</sup> Pourcentage par rapport au volume avant l'épidémie  
(cf. tableau 8)

### 3.2 ANALYSE DES MODÈLES D'AMÉNAGEMENT PROPOSÉS

Au chapitre précédent, nous avons étudié six modèles d'aménagement dans l'optique de la lutte à la tordeuse. Cependant, nous avons conclu que le drainage ne trouvant que peu d'application dans les peuplements susceptibles déjà productifs, il pouvait être négligé pour le moment. Nous considérerons quand même le drainage comme moyen de compenser les pertes en améliorant la productivité de terrains actuellement marginaux. (cf. Tome IV).

Donc, cinq formes d'aménagement des peuplements susceptibles sont analysées:

- 1- la pulvérisation d'insecticide
- 2- les coupes de régénération
- 3- les coupes de dégagement
- 4- la fertilisation
- 5- les éclaircies.

### 3.2.1 LA PULVÉRISATION D'INSECTICIDE

Rappelons tout d'abord que dans le territoire du cas-type, un grand total de 2 095 000 hectares ont été arrosés entre 1970 et 1976<sup>1</sup> (N.B.: un hectare arrosé plusieurs fois est comptabilisé autant de fois qu'il a été arrosé). De plus, nous considérons que chaque hectare arrosé coûte 3,11\$ exprimés en dollars 1978, ce qui correspond à une dépense totale de près de 6,5 millions de dollars.<sup>1</sup> L'objectif de ces arrosages était de garder la forêt verte.

Lors de l'analyse des modèles au chapitre précédent, nous avons conclu que la pulvérisation d'insecticide diminuait les dommages causés par la tordeuse dans une proportion de 90 p. 100 lorsqu'elle était réussie. Malgré des arrosages relativement importants dans le territoire du cas-type, l'épidémie a quand même causé des pertes par mortalité de l'ordre de 15,9 millions de m<sup>3</sup> de sapin baumier et d'épinette blanche, soit environ 50 p. 100 du volume avant l'épidémie (cf. tableau 10). Cependant, un échantillonnage, bien que superficiel, a démontré que sur des superficies attaquées sévèrement et où aucun arrosage n'avait eu lieu, les pertes se chiffraient à environ 85 p. 100 du volume marchand du sapin baumier et entre 25 p. 100 et 48 p. 100 de celui de l'épinette blanche.<sup>2</sup>

Ces chiffres nous portent à croire que l'arrosage a eu un effet bénéfique (diminution des dommages) dans le cas-type, mais sans atteindre un plein succès. Il est cependant impossible avec les chiffres disponibles de quantifier l'effet bénéfique ou le taux de

---

<sup>1</sup> Cf. Tome I, p. 69

<sup>2</sup> Cf. Paré, 1980.

succès. Il serait illogique de faire l'hypothèse que l'épidémie aurait été très sévère partout puisque certaines superficies qui n'ont pas été arrosées ont subi très peu ou pas du tout de dommages. Il serait également illogique de supposer le plein succès des arrosages lorsque des superficies, bien qu'arrosées, montrent une mortalité très importante.

Ce qu'il est important d'analyser, c'est une politique de pulvérisation d'insecticide comme moyen de protection des forêts en regard des prochaines épidémies. Il ne fait pas de doute que dans un avenir plus ou moins rapproché, la tordeuse entrera de nouveau dans une phase épidémique. A cause des pertes importantes enregistrées au cours de la dernière épidémie et de l'utilisation de plus en plus grande du potentiel de la forêt, la prochaine épidémie sera à notre avis très critique. En effet, nous avons estimé que, dans le territoire du cas-type, les pertes récentes vont occasionner un déficit de matière ligneuse (pour les résineux) au cours des 30 prochaines années même si l'on fait l'hypothèse que l'activité des industries forestières a une croissance nulle, c'est-à-dire qu'elles maintiennent au niveau actuel leur demande de matière ligneuse.<sup>1</sup> Une nouvelle épidémie pourrait donc être catastrophique pour l'industrie régionale.

Il est actuellement impossible de prévoir ce que sera la prochaine épidémie: où se produira-t-elle? avec quelle intensité? quand? Comme on l'a vu un peu plus haut, il est difficile de connaître précisément ce que donnera une stratégie de pulvérisation d'insecticide en termes de taux de succès et de dommages épargnés.

---

<sup>1</sup> Cf. Tome I, Chapitre V.

Compte tenu des oppositions actuelles à la pulvérisation d'insecticide chimique, surtout en ce qui concerne les dangers supposés pour l'environnement, l'avenir de cette stratégie de lutte réside à notre avis dans le développement de nouveaux insecticides plus sélectifs et dans l'amélioration des techniques d'application. En guise de conclusion, nous croyons que la pulvérisation d'insecticide a sa place dans l'arsenal des moyens de lutte aux épidémies d'insectes sans pour autant être le seul. Les progrès technologiques nous diront quelle place elle occupera lors des prochaines épidémies mais nous croyons qu'il faut s'attaquer dès maintenant à la transformation du milieu, c'est-à-dire à la forêt elle-même, pour la rendre moins vulnérable.

### 3.2.2 LES COUPES DE RÉGÉNÉRATION

L'objectif est d'éviter qu'un peuplement se régénère dans une forte proportion en sapin baumier. On sait que la proportion de sapin a augmenté progressivement à la suite des exploitations forestières dans la région du cas-type que nous étudions. Il s'agirait donc d'inverser le phénomène, c'est-à-dire d'utiliser des techniques d'exploitation qui défavoriseraient la régénération du sapin aux dépens des autres essences. Bien que le présent rapport ne s'intéresse qu'aux superficies susceptibles, il nous paraît évident qu'un gestionnaire au fait des problèmes causés par la tordeuse essaiera autant que possible de ne pas produire de nouvelles superficies susceptibles. Dans une optique de lutte à la TBE, les coupes de régénération peuvent donc s'appliquer également à des peuplements non-susceptibles mais qui pourraient le devenir à cause de l'exploitation. Cependant, nous ne nous intéressons ici qu'au premier volet, c'est-à-dire les coupes de

régénération pour défavoriser la régénération du sapin. Il est bien entendu que les nouvelles essences doivent correspondre aux besoins de l'industrie forestière de la région. Il faut aussi que les coûts d'une telle pratique se justifient économiquement.

Le problème consiste à identifier les endroits où une telle stratégie est applicable et quelles en sont les conséquences en termes d'augmentation des coûts d'exploitation et en termes de protection contre les prochaines épidémies.

Généralement, dans les peuplements de sapin baumier:

«... il y a toujours une quantité de graines ou de semis sur le sol... Les perturbations autres que le feu occasionnent généralement un nombre plus que suffisant de tiges pour restocker la superficie. Une densité trop forte est la règle après la coupe à blanc, un chablis ou des perturbations par des insectes».<sup>1</sup> Cette vigoureuse régénération du sapin (généralement sous forme préétablie) laisse peu de chances de favoriser d'autres essences par des coupes de régénération. Qu'elles soient par bande, par réserve de semenciers ou progressives, les coupes de régénération favoriseraient plutôt le sapin si celui-ci est déjà présent en assez grande proportion dans le peuplement. Cette facilité de régénération favorise le sapin face aux autres essences résineuses.

En peuplements mélangés, le sapin subit la concurrence de l'érable, du bouleau, du peuplier et de broussailles qui peuvent contrer la régénération mais qui se traduisent souvent par des peuplements de peu de valeur, étant donnés les besoins de l'industrie.

---

<sup>1</sup> Holt, 1965, p. WR-324. Nous traduisons.

En résumé, la coupe de régénération se révèle peu applicable dans des peuplements susceptibles et matures à cause de la vigoureuse régénération du sapin baumier. Il reste cependant la possibilité d'agir plus tôt dans le développement du peuplement de telle sorte que lorsque celui-ci est rendu à maturité, la proportion du sapin y a considérablement diminué (par conséquent sa régénération aussi) de manière que les coupes de régénération soient possibles pour éviter le retour du sapin. On pense alors à des coupes de dégagement ou à des coupes d'éclaircies (qui seront traitées dans des parties suivantes de ce chapitre).

En terminant, mentionnons qu'il est également possible d'agir sur la régénération après la coupe finale. Essentiellement, il s'agit alors de régénérer artificiellement un peuplement, sujet qui fait l'objet du Tome III de la présente série de mémoires: «La conversion des peuplements les plus susceptibles».

Rappelons également que les coupes de régénération comme moyen de lutte à la TBE sont applicables dans des peuplements qui ne sont pas susceptibles actuellement mais qui pourraient le devenir à la suite de l'exploitation. Il est indéniable qu'il est à l'avantage des utilisateurs de la forêt de ne pas augmenter les superficies susceptibles. On pense surtout ici aux pessières noires et aux pinèdes à pin gris qui ont des problèmes de régénération. On trouvera dans le Tome IV une analyse de l'aménagement des peuplements non-susceptibles comme moyen de compenser les pertes causées par la TBE.

### 3.2.3 LES COUPES DE DÉGAGEMENT

On a déjà mentionné au chapitre précédent que la coupe de dégagement dans un peuplement susceptible ne constitue pas en elle-même

une mesure de protection contre la TBE. En effet, ce traitement consisterait à dégager dans un très jeune peuplement une régénération préétablie qui serait supprimée par un couvert d'essences indésirables (broussailles, certaines essences feuillues). Un dégagement peut se faire manuellement ou par l'emploi d'un sylvicide approprié. Dans un peuplement susceptible à la TBE, ce sont généralement les essences-hôtes qui sont supprimées. En conséquence, à moins de circonstances vraiment particulières, un dégagement ne peut diminuer la susceptibilité d'un peuplement.

Cependant, la coupe de dégagement est intéressante parce qu'elle diminue la période de révolution. Combinée avec d'autres traitements, la coupe de dégagement a sa place dans l'ensemble des mesures d'aménagement pour contrer les effets de la TBE.

Les compilations réalisées avec les données forestières du cas-type ne nous permettent pas d'identifier les superficies qui pourraient faire l'objet d'une telle pratique.

#### 3.2.4 LA FERTILISATION

A cause de son coût relativement élevé, entre 50\$ et 100\$/ha en moyenne, il est bien entendu illogique pour le moment de vouloir utiliser la fertilisation pour réduire les dommages causés par une épidémie de TBE. Bien que des expériences récentes (cf. chapitre II) aient montré que les peuplements fertilisés recevaient une certaine protection, celle-ci était acquise au détriment de l'augmentation de croissance visée par la fertilisation. L'objectif de la fertilisation est donc d'augmenter la production de matière ligneuse.

Pour être rentable, la fertilisation doit produire à maturité une augmentation de matière ligneuse suffisante pour compenser l'investissement. Pour éviter de supporter le fardeau financier sur une longue période, il est avantageux de pratiquer la fertilisation vers la fin de la période de révolution.<sup>1</sup> Si l'on considère que l'effet d'une fertilisation s'étend sur environ 10 ans, celle-ci devrait être pratiquée 10 ans avant l'âge de révolution fixé pour cette strate.

Un coût de 80\$/ha en moyenne semble réaliste compte tenu des données recueillies. La fertilisation, telle que considérée dans ce rapport, est une action de protection. Nous ne visons pas à protéger l'arbre comme par la pulvérisation d'insecticide, mais plutôt l'approvisionnement de l'usine. Si une usine peut maintenir son approvisionnement actuel à cause de l'augmentation de volume due à la fertilisation alors qu'elle n'aurait pu le faire s'il n'y avait pas eu fertilisation, la fertilisation peut être considérée comme une action de protection. A la limite, si l'on applique à la lettre le critère de protection, il faut que la valeur de l'augmentation de volume due à la fertilisation soit au moins égale au coût de cette fertilisation, même si elle survient 10 ans après, puisque nous travaillons en dollars constants.

En considérant un coût de 80\$/ha, il faut donc une récolte supplémentaire ayant une valeur de 80\$/ha.

Si l'on voulait considérer la fertilisation comme une mesure d'aménagement, il faudrait que la valeur de la récolte supplémentaire

---

<sup>1</sup> Nadeau, 1977b, p. 40

ait une valeur supérieur au coût pour refléter le coût de l'immobilisation de l'argent durant une certaine période. Ce «taux d'intérêt» est fixé aux environs de 4% pour un investissement gouvernemental en aménagement forestier. Un coût de 80\$/ha doit donc produire une récolte supplémentaire (10 ans plus tard) ayant une valeur minimum de 118,42\$/ha<sup>1</sup> pour être rentable.

Au chapitre V du Tome I de la présente série de mémoires, nous avons évalué à 16,06\$ la valeur de chaque m<sup>3</sup> de matière ligneuse pour le gouvernement (y compris les revenus indirects). Pour être rentable, la fertilisation doit donc engendrer une augmentation minimum de la productivité de 5 m<sup>3</sup>/ha en tant que mesure de protection ou 7,4 m<sup>3</sup>/ha en tant que mesure d'aménagement.

De plus, la fertilisation peut s'appliquer à des peuplements non productifs. Si à la suite de la fertilisation, le taux de boisement devient supérieur au seuil d'exploitabilité minimum, peu importe l'accroissement de volume dû à la fertilisation, celle-ci est rentable. Par exemple, si une strate comporte seulement 38 m<sup>3</sup>/ha de volume marchand de résineux à maturité, alors que le seuil minimum d'exploitabilité est fixé à 42 m<sup>3</sup>/ha (cf. Tome I), cette strate est non-productive. Si en fertilisant 10 ans avant l'âge de révolution, le volume marchand en résineux passe à 42 m<sup>3</sup>/ha, la strate devient productive et le gain net dû à la fertilisation est égal à 42 m<sup>3</sup>/ha et non pas à

---

<sup>1</sup>  $F = P (1 + i)^n$

où F = valeur future  
P = valeur présente  
i = taux d'actualisation  
n = nombre d'années.

42 - 38 = 4 m<sup>3</sup>/ha seulement, ce qui serait insuffisant pour justifier économiquement la fertilisation. En effet, les 38 m<sup>3</sup>/ha n'auraient pas été exploités sans la fertilisation.

Lors de la discussion sur la fertilisation au chapitre précédent, nous avons relaté des expériences où elle avait contribué à réduire les dommages causés par la TBE, mais ces expériences sont vraiment trop peu nombreuses et trop partielles pour que l'on puisse formuler des hypothèses valables quant au niveau de protection accordée. De toutes façons, nous ne connaissons pas assez l'épidémiologie de la TBE pour simuler les effets d'une politique de fertilisation, en période épidémique, sur le comportement de l'épidémie et toutes les répercussions aux niveaux de la localisation et de la quantité de pertes. Ces raisons nous ont amené à considérer la fertilisation uniquement comme un moyen d'augmenter la productivité des peuplements, dans le but évidemment de diminuer la pénurie prévue (cf. Tome I). Nous avons donc fait l'hypothèse que les strates fertilisées durant la période épidémique (période 0) subissaient le même pourcentage de pertes. Cependant, après le décompte des pertes, ces strates conserveraient un volume résiduel supérieur parce qu'elles avaient profité de l'augmentation de croissance due à la fertilisation. Évidemment, cela s'applique seulement aux strates atteignant la maturité au cours de la période 10 et qui respectent les critères de rentabilité de la fertilisation.

Dans le cas-type, en considérant le chiffre de 5 m<sup>3</sup>/ha comme l'augmentation minimum que doit produire la fertilisation pour être rentable, un total de près de 24 000 ha pourrait être fertilisé

au cours des 30 premières années dans les strates susceptibles déjà productives (tableau 11). Rappelons qu'une strate est considérée comme susceptible si le volume marchand des essences-hôtes compte pour 25 p. 100 ou plus du volume marchand total (proportion calculée avant la réduction du volume due aux pertes de la dernière épidémie). Rappelons également qu'une strate est considérée productive pour les résineux si elle contient à maturité au moins 42 m<sup>3</sup>/ha d'essences résineuses commerciales, soit de sapin baumier, d'épinette blanche, d'épinette noire et de pin gris. Cette fertilisation produirait un surplus de matière ligneuse équivalent à 4 800 m<sup>3</sup>/année, 10 600 m<sup>3</sup>/année et 4 900 m<sup>3</sup>/année pour les périodes 10, 20 et 30 respectivement, compte tenu que les strates fertilisées à la période 0 viennent à maturité au cours de la période 10 et ainsi de suite. Le tableau 11 fournit des informations plus détaillées. On trouvera aux figures 4 et 5 les limites géographiques des unités de compilation utilisées dans ces tableaux.

Si l'on calcule l'augmentation de production de matière ligneuse par la fertilisation des strates susceptibles non productives mais qui le deviennent à cause de la fertilisation, la production est augmentée de 8 600 m<sup>3</sup>/ha et de 400 m<sup>3</sup>/an par les périodes 10 et 20 respectivement, pour une superficie fertilisée de 2 113 hectares (tableau 12).

En résumé donc, l'augmentation de la production de matière ligneuse par la fertilisation serait de:

- 13 400 m<sup>3</sup>/an pour la période 10
- 11 000 m<sup>3</sup>/an pour la période 20
- 4 900 m<sup>3</sup>/an pour la période 30

Tableau 11

Augmentation de la production de matière ligneuse due à la fertilisation dans les strates susceptibles productives

U.G.	Sup. fertilisée par période (ha)			Augmentation du vol. marchand brut (résineux seulement) par période (m <sup>3</sup> /an)		
	0	10	20	10	20	30
76-1	809	1 148	2 220	656	1 349	2 425
76-2	296	481	0	208	479	0
76-3	228	370	0	123	318	0
76-4	2 591	3 584	353	1 428	2 993	177
76-5	1 193	1 715	400	762	1 642	909
76-6	1 106	2 702	19	686	2 246	41
Total U.G. 76	6 223	10 000	2 992	3 863	9 027	3 552
72-7	0	0	0	0	0	0
72-8	966	1 708	1 437	989	1 590	892
72-9	0	0	571	0	0	452
Total U.G. 72	966	1 708	2 008	989	1 590	1 344
Total territoire	7 198	11 708	5 000	4 852	10 617	4 896

Tableau 12

Augmentation de la production de matière  
ligneuse par la fertilisation dans les  
strates susceptibles non-productives .

U.G.	Sup. fertilisée par période (ha)		Augmentation du vol. marchand brut (résineux seulement) par période (m <sup>3</sup> /an)	
	0	10	10	20
<u>Période</u>	0	10	10	20
76-1	102	0	446	0
76-2	75	0	330	0
76-3	4	0	18	0
76-4	553	0	2 383	0
76-5	262	0	1 108	0
76-6	270	105	1 204	441
Total U.G. 76	1 266	105	5 489	441
72-7	0	0	0	0
72-8	742	0	3 116	0
72-9	0	0	0	0
Total U.G. 72	742	0	3 116	0
Total territoire	2 008	105	8 605	441

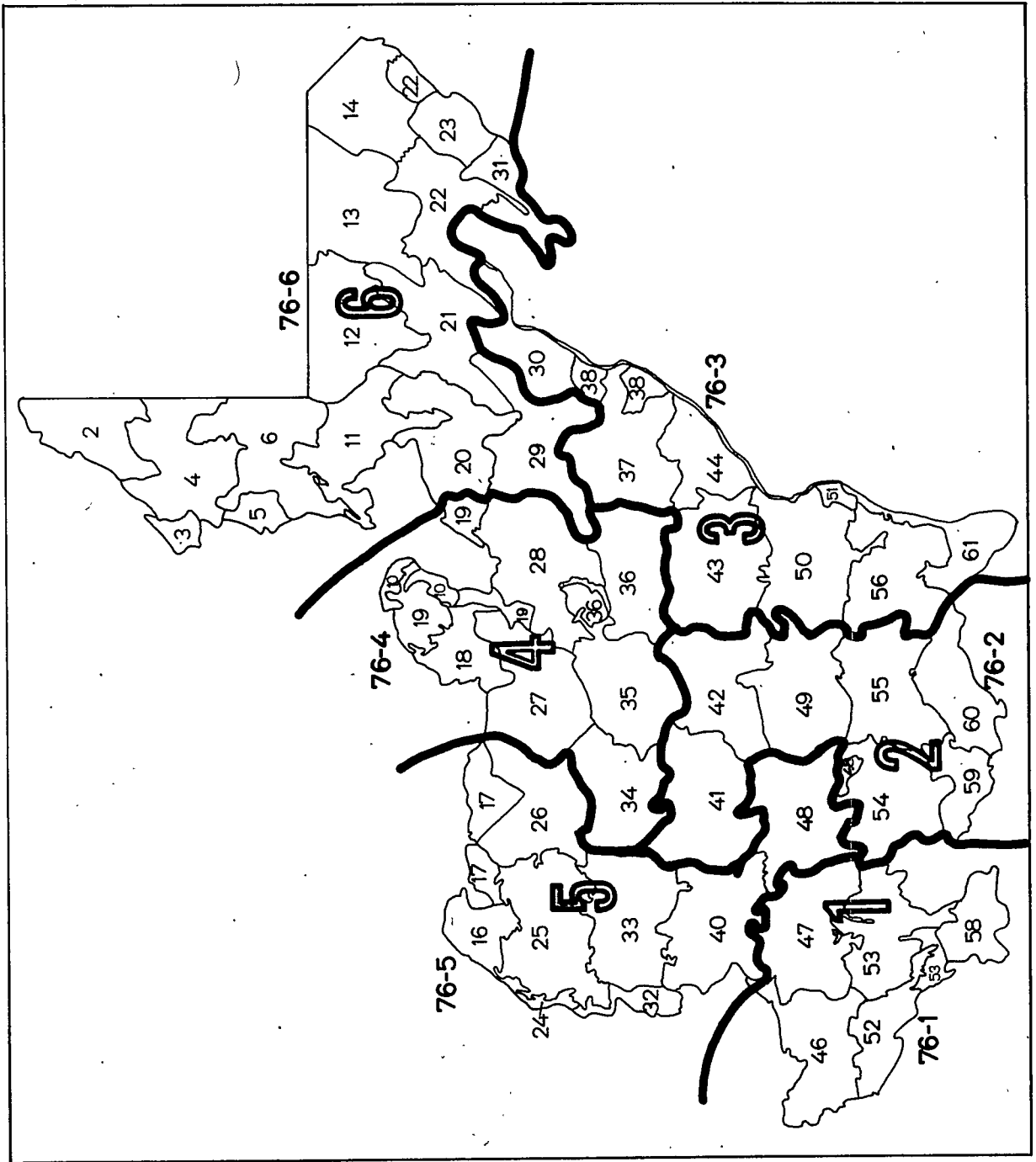


Figure 4 - Carte des unités de compilation, U.G.76

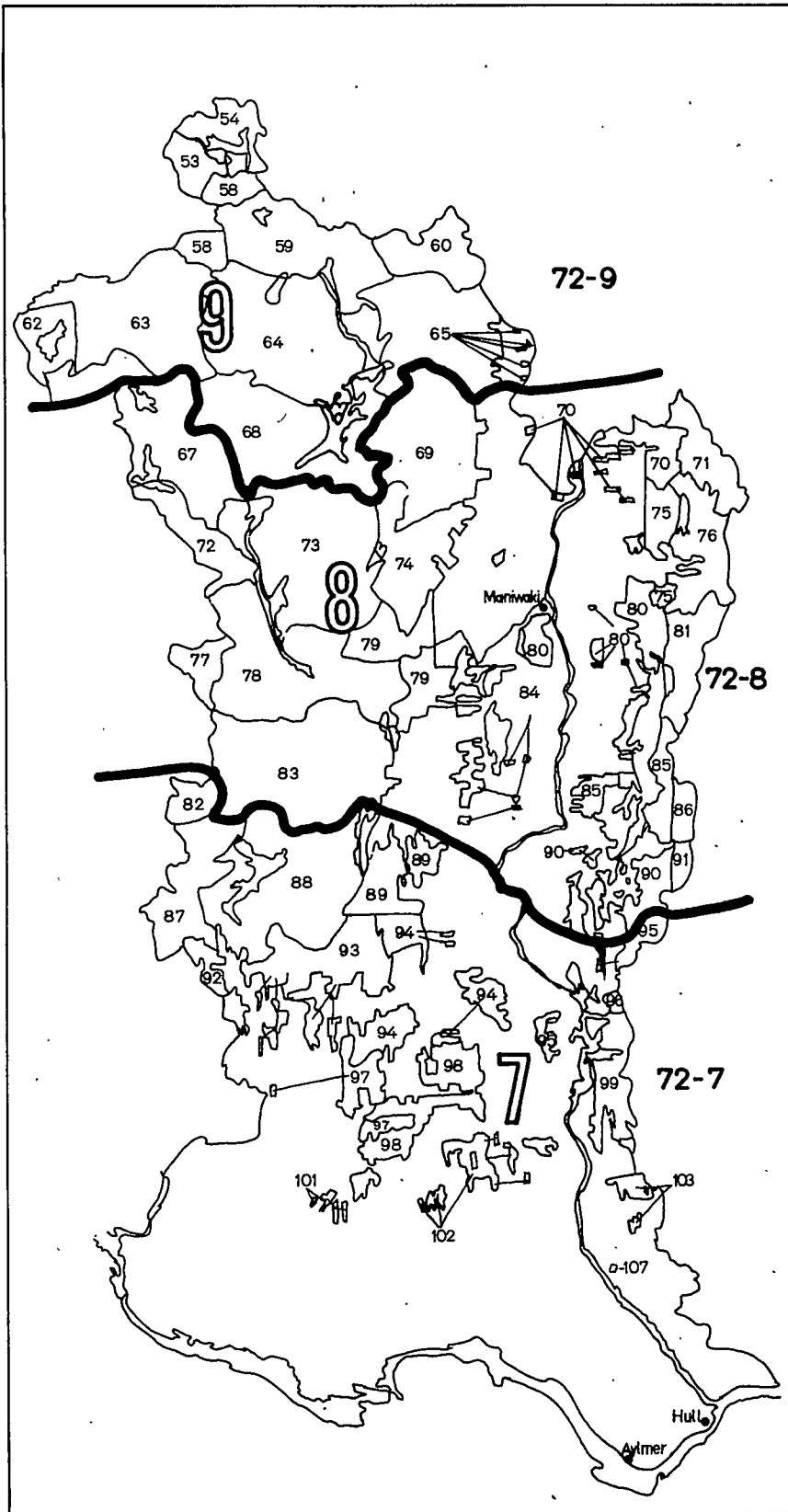


Figure 5 - Carte des unités de compilation, U.G. 72

Ces volumes additionnels ont été calculés en utilisant les données bio-physiques et la procédure de simulation de l'évolution des strates données au chapitre III du Tome I. Les calculs faits tiennent compte des pertes occasionnées par la TBE. Pour l'augmentation de croissance, nous avons utilisé le chiffre de 40 p. 100 d'augmentation de la croissance durant les 10 années s'étendant entre le moment de la fertilisation et l'âge de révolution.<sup>1</sup>

De plus, ces volumes sont des volumes bruts. Pour obtenir les volumes qui pourraient être effectivement exploités, il faut les réduire de 15 p. 100 pour tenir compte de la carie et des autres pertes,<sup>2</sup> ce qui ramène les volumes additionnels à environ:

- 11 400 m<sup>3</sup>/année pour la période 10
- 9 350 m<sup>3</sup>/année pour la période 20
- 4 200 m<sup>3</sup>/année pour la période 30

Les coûts de la fertilisation seraient de l'ordre de:

- période 0 :	9 200 ha	au coût de	736 960\$
- période 10 :	11 813 ha	au coût de	945 040\$
- période 20 :	5 000 ha	au coût de	400 000\$
			<hr/>
total	: 26 019		2 082 000\$

Enfin, ces calculs peuvent être influencés par plusieurs autres facteurs qui ont été négligés:

a) Les compilations utilisées ne tiennent pas compte de la dispersion des peuplements à l'intérieur des limites de l'unité

---

<sup>1</sup> D'après Vézina et al., 1976, p. 67

<sup>2</sup> Cf. Tome I, chap. 3.

de compilation. Un peuplement, ou une strate donnée, peut posséder les caractéristiques de taux de boisement et de vigueur adéquate pour justifier économiquement la fertilisation, mais la dispersion ou le morcellement sur le terrain peut en rendre l'exécution impossible. Il existe certainement une superficie homogène minimum en deçà de laquelle la fertilisation ne peut être exécutée.

b) Pour les calculs, nous avons utilisé les strates classées accessibles lors de l'inventaire forestier. A notre avis, une strate accessible dans le sens de l'inventaire forestier peut ne pas l'être pour la fertilisation (routes pour acheminer le matériel et le personnel, piste d'aviation à proximité, etc.). Les compilations disponibles ne nous permettent pas d'évaluer ce facteur.

c) Le coût moyen utilisé peut varier considérablement d'un endroit à l'autre du territoire. Une fluctuation du coût entraîne des modifications aux critères pour le choix des strates économiquement fertilisables.

d) Les informations sur la fertilisation proviennent toutes de données expérimentales. On ne peut prédire si ces informations concordent réellement pour une fertilisation à grande échelle.

e) Enfin, les calculs ne tiennent compte que des essences résineuses commerciales, même si elles se trouvent dans des peuplements mélangés. Les calculs du Tome I concluent à une pénurie de bois résineux à cause des pertes de la TBE, mais aussi à un surplus d'essences feuillues par rapport à leur niveau d'utilisation actuel. A moins de procéder par voie terrestre, il est évidemment impossible de ne fertiliser que les essences résineuses des peuplements mélangés. Si l'on

tient compte des effets sur les essences feuillues, on peut être amené à modifier considérablement les critères de sélection des superficies à fertiliser. Malheureusement, très peu d'expériences ont porté jusqu'ici sur la fertilisation des feuillus en forêt naturelle.

En guise de conclusion, les données actuelles ne nous permettent pas de considérer la fertilisation sur une grande échelle dans les peuplements susceptibles comme un moyen vraiment important de lutter contre les pertes dues aux épidémies de TBE. Les volumes additionnels qui résulteraient d'une politique de fertilisation à grande échelle sont relativement peu importants en regard des pertes enregistrées au cours de la dernière épidémie et des pénuries prévues de matière ligneuse. De plus, comme nous l'avons mentionné au chapitre II, la fertilisation ne modifie pas la susceptibilité de la forêt aux attaques de la TBE, malgré que les pertes puissent être beaucoup moindres dans les peuplements fertilisés, mais au détriment de l'augmentation de volume désirée.

A notre avis, la fertilisation en forêt naturelle est un traitement sylvicole valable (d'après les expériences réalisées à jour) dans certains peuplements offrant des caractéristiques particulières, mais en regard d'une politique intégrée de lutte à la tordeuse par l'aménagement des forêts susceptibles, les résultats demeurent trop aléatoires pour en suggérer l'utilisation sur une grande échelle.

### 3.2.5 LES COUPES D'ÉCLAIRCIE

L'éclaircie constitue sans aucun doute le traitement sylvicole le plus adéquat pour lutter contre la tordeuse. En effet, il permet de viser deux objectifs simultanément, soit:

- réduire la susceptibilité des peuplements en enlevant de préférence les essences-hôtes;
- augmenter la productivité du site en récupérant une partie de la mortalité naturelle, y compris celle provenant d'une éventuelle épidémie de TBE.

Pour le cas-type du bassin de la Gatineau, nous n'avons pas étudié les possibilités de l'éclaircie précommerciale à cause de la difficulté de déterminer l'âge des strates jeunes et le contenu par essence des strates en régénération et en voie de régénération selon les données disponibles dans la Banque de données du Service de l'inventaire forestier. De plus, notre horizon économique s'étend sur une période de 40 ans à partir du début de l'épidémie, ce qui est souvent trop court pour constater l'effet d'une éclaircie précommerciale au niveau de l'exploitation. Enfin, l'éclaircie précommerciale aurait le même effet qu'une coupe de dégagement, c'est-à-dire une diminution de la période de révolution, sauf qu'en plus, elle pourrait servir à réduire le niveau de susceptibilité d'un peuplement en diminuant la proportion d'essences-hôtes.

Pour le choix des strates susceptibles (c'est-à-dire dont le volume marchand avant l'épidémie était composé à 25 p. 100 ou plus d'essences-hôtes), pouvant être éclaircies et pour le calcul du volume récolté au cours des éclaircies durant chacune des quatre périodes de notre horizon économique, il a été nécessaire de formuler plusieurs hypothèses.

#### Critère de rentabilité

Une éclaircie se doit d'être rentable, c'est-à-dire que le volume récolté doit être suffisant pour au moins couvrir les frais de

l'exploitation. Il n'est pas nécessaire que la rentabilité soit positive au moment de l'éclaircie. Pour couvrir les frais, le volume récolté au cours de l'éclaircie doit être au minimum de 35 m<sup>3</sup>/ha en moyenne.<sup>1</sup>

#### Intensité de l'éclaircie

La proportion du volume marchand enlevée lors d'une éclaircie égale 35 p. 100.<sup>1</sup> Il faut donc qu'une strate ait au moins 100 m<sup>3</sup>/ha au moment de l'éclaircie.

#### Critère de protection

Comme l'éclaircie a pour objectif de diminuer la susceptibilité d'une strate donnée, la priorité est donnée à l'enlèvement des essences-hôtes (sapin baumier et épinette blanche). S'il y a suffisamment d'essences-hôtes pour fournir le volume à couper (35 p. 100 du volume marchand total), seules les essences-hôtes sont enlevées. Si au contraire, il n'y a pas suffisamment d'essences-hôtes, 95 p. 100 du volume de celles-ci est enlevé et le volume manquant est pris au prorata de leur volume respectif dans les autres essences commerciales, résineuses (pin gris et épinette noire) et feuillues (pin rouge, pin blanc,<sup>2</sup> bouleau blanc, bouleau jaune, érable à sucre, peuplier faux-tremble et peuplier à grandes dents). De toutes façons, 35 p. 100 du volume des essences commerciales est toujours enlevé.

#### Période minimum

Entre deux éclaircies ou entre une éclaircie et l'âge de récolution, il doit s'écouler une période minimum de 20 ans. Nous

<sup>1</sup> Vézina et al., 1976.

<sup>2</sup> Le pin rouge et le pin blanc sont considérés ici comme des essences feuillues à cause de leur utilisation (cf. Tome I).

considérons que cette période est nécessaire pour que le volume résiduel puisse profiter de l'augmentation de croissance due à l'éclaircie, même si plusieurs auteurs suggèrent 10 ou 15 ans seulement.

#### Hypothèses concernant la période épidémique

La première période de notre horizon économique (période 0: 1969-1978) réfère à la période où l'épidémie a sévi dans le territoire du cas-type. Parce qu'il est impossible de prédire les effets des éclaircies sur le comportement et le développement de l'épidémie et leurs répercussions au niveau des pertes enregistrées, nous faisons l'hypothèse que les pertes surviennent dans la même proportion qu'il y ait éclaircie ou non. Les éclaircies durant la période épidémique sont appliquées seulement dans les strates qui, après déduction des pertes dues à la TBE telles que calculées, respectent encore l'hypothèse de volume marchand minimum et les autres hypothèses mentionnées plus haut. En d'autres mots, le volume coupé au cours des éclaircies durant la période épidémique provient d'arbres qui de toutes façons ne mourraient pas à la suite de l'épidémie.

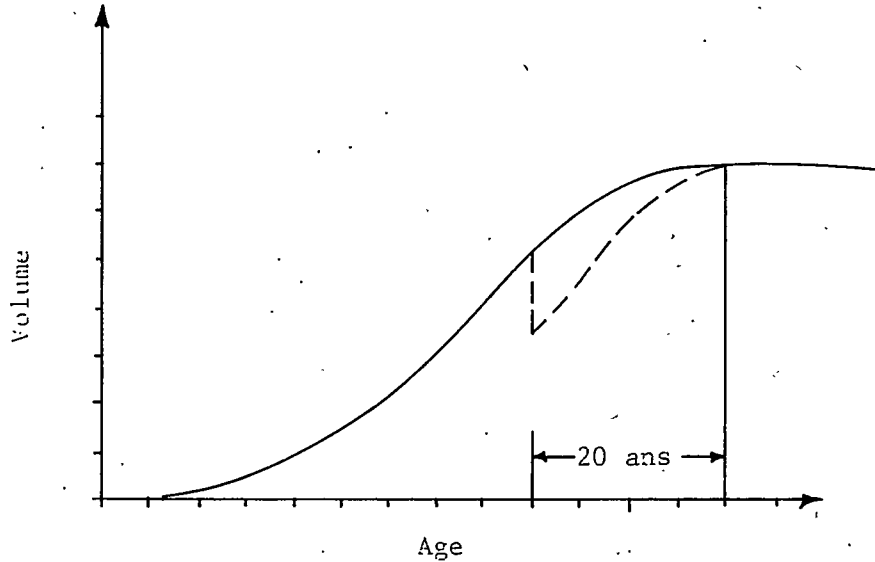
L'éclaircie est alors utilisée comme une mesure de protection à plus long terme, c'est-à-dire pour diminuer la susceptibilité de la forêt qui demeure après le passage de l'épidémie. Cette façon de procéder est très conservatrice quant à la quantité de bois qu'il serait possible de récolter par la technique des coupes d'éclaircie au cours de la période épidémique.

#### Effets de l'éclaircie sur la croissance

L'hypothèse de base concernant l'augmentation de croissance à la suite d'une éclaircie est que le peuplement, 20 ans après

Figure 6

Hypothèse concernant la croissance  
après une éclaircie



l'éclaircie, retrouve le même volume qu'il aurait eu à ce moment si l'éclaircie n'avait pas eu lieu (figure 6).

Il est bien entendu que cette hypothèse de base n'implique pas que le volume, 20 ans après l'éclaircie, soit composé dans la même proportion quant aux essences qui le composent puisque l'enlèvement des essences-hôtes a la priorité. La croissance est simulée selon la technique expliquée au chapitre III du Tome I; les ajustements appropriés sont cependant faits pour respecter l'hypothèse de base.

L'application de ces hypothèses aux données bio-physiques du cas-type et la simulation durant tout l'horizon économique donnent les résultats exprimés au tableau 13. Durant les 40 années de l'horizon économique, environ 107 000 hectares de forêt susceptible se prêteraient à l'éclaircie soit seulement 16 p. 100 de la superficie susceptible totale

Tableau 13

## Superficies éclaircies et volume récolté par période

U.G.	Superficies éclaircies (ha)				Volume récolté (m <sup>3</sup> /année)											
	0	10	20	30	Résineux				Feuillus							
76-1	1 708	2 220	4 740	1 001	2 763	8 257	12 586	2 254	3 629	823	5 035	1 547				
76-2	176	868	3 232	0	552	1 222	10 057	0	219	1 840	3 761	0				
76-3	484	4 821	4 634	4 302	1 547	13 639	17 838	6 307	737	6 273	423	15 056				
76-4	320	1 129	524	8 263	586	3 432	1 341	23 376	876	790	503	9 898				
76-5	602	200	3 543	0	973	741	6 806	0	1 278	160	5 966	0				
76-6	3 476	13 291	16 394	9 000	11 641	52 009	53 973	20 175	2 051	1 336	7 886	21 611				
Total U.G. 76	6 766	22 529	33 067	22 566	18 062	79 300	102 601	52 112	8 790	11 222	23 574	48 112				
72-7	2 026	0	0	0	5 316	0	0	0	3 573	0	0	0				
72-8	778	0	5 044	923	2 014	0	10 457	1 862	1 264	0	8 731	1 562				
72-9	2 062	6 866	2 491	1 519	2 801	12 244	7 174	1 918	4 505	15 118	2 072	6 888				
Total U.G. 72	4 866	6 866	7 535	2 442	10 131	12 244	17 631	3 780	9 342	15 118	10 803	8 450				
TOTAL	11 632	29 395	40 602	25 008	28 193	91 544	120 232	55 892	18 132	26 340	34 377	56 562				

(cf. Tableau 6). Le volume récolté au cours des éclaircies apparais-  
sant au tableau 13 est le volume brut. On retrouve au tableau 14

Tableau 14

Effet des éclaircies sur les pénuries  
occasionnées par la tordeuse

	Période			
	0	10	20	30
Volume brut résineux provenant des éclaircies (1000 m <sup>3</sup> /an)	28,2	91,5	120,2	55,9
Volume net résineux provenant des éclaircies (1000 m <sup>3</sup> /an) <sup>1</sup>	24,0	77,8	102,2	47,5
Pertes ayant une incidence économique (1000 m <sup>3</sup> /an) <sup>2</sup>	0	118,0	194,0	66,0
Surplus/pénurie (1000 m <sup>3</sup> /an)	+24,0	-40,2	-92,2	-19,5

<sup>1</sup> Volume net = 85 p. 100 du volume brut (cf. Tome I, section 3.4.2)

<sup>2</sup> Cf. Tome I, tableau 18.

une comparaison entre les pénuries dues à la TBE calculées au Tome I, et le volume supplémentaire de résineux qui pourrait être exploité avec une politique d'éclaircies. Il faut préciser immédiatement que la simulation des éclaircies néglige plusieurs facteurs importants, tel l'accessibilité des strates. Dans les compilations, nous n'avons tenu compte que des strates accessibles, telles que codifiées dans la Banque de données; cependant on ne peut être sûr à tout coup qu'une strate accessible dans le sens de l'inventaire l'est aussi pour une éclaircie. Un autre facteur important pourrait être la superficie minimum pour que l'éclaircie puisse avoir lieu. Les données utilisées ne tiennent pas compte de ce facteur. Tenir compte de ces facteurs réduirait sans doute significativement les superficies à éclaircir.

Le tableau 14 nous dit que les éclaircies à elles seules (dans le territoire susceptible) ne peuvent compenser les pertes encourues lors de la dernière épidémie, bien qu'elles apportent une amélioration appréciable de la situation. Plus de 50 p. 100 des pertes ayant une incidence économique sont compensées par une politique d'éclaircies à grande échelle. Les bénéfices les plus importants des éclaircies sont moins visibles. Les peuplements qui ont subi une éclaircie se retrouvent avec une proportion beaucoup plus faible d'essences-hôtes, c'est-à-dire une diminution de la susceptibilité. L'horizon économique de 40 ans est trop court pour que le phénomène puisse apparaître d'une façon significative, surtout que les éclaircies doivent s'échelonner dans le temps et que c'est lors de la prochaine période épidémique que l'on pourra constater la valeur d'une telle diminution.

Cependant, les éclaircies ont aussi des effets que l'on ne peut qu'entrevoir, effets qui ne sont pas toujours désirables. Une éclaircie a lieu dans un peuplement d'un certain âge où diverses essences apparaissent dans une proportion donnée. Comme la majorité des forêts du cas-type sont mélangées, la coupe prioritaire des essences-hôtes (sapin baumier et épinette blanche) a tendance à augmenter la proportion des feuillus. Lorsqu'on regarde les essences demandées par l'industrie forestière de la région par rapport aux volumes disponibles, certains feuillus sont déjà en surabondance tandis qu'il y a un manque de résineux, surtout si l'on ajoute les pertes de la dernière épidémie.

Enfin, de quelle manière la régénération des peuplements éclaircis se fera-t-elle? Quelles essences prédomineront dans ce nouveau peuplement? Ce sont des questions importantes auxquelles il est actuellement bien difficile d'apporter des réponses.



## CONCLUSION

Tout au long de ce travail, nous avons toujours gardé à l'esprit que nous ne visions pas à planifier l'aménagement des peuplements susceptibles d'un territoire donné, mais plutôt à analyser les aspects économiques de divers modèles d'aménagement en fonction de la lutte à la TBE. Dans ce sens, notre recherche est plutôt une étude méthodologique en vue de la prochaine épidémie.

Les études antérieures recommandent de s'attaquer aux causes des épidémies de TBE, c'est-à-dire à la composition même de la forêt, comme moyen de solutionner les problèmes engendrés par ces épidémies. Les aspects économiques de l'aménagement des forêts susceptibles ne sont cependant que superficiellement effleurés. Le présent rapport vise justement à étudier les implications économiques de l'aménagement comme moyen de protection contre les ravages futurs des épidémies de TBE.

La rentabilité d'une action de protection se mesure par l'analyse marginale. Pour être rentable, les bénéfices prévus doivent surpasser les coûts impliqués par cette action de protection ou leur être au moins égaux. Au point de vue de la lutte contre la TBE, les bénéfices de l'aménagement peuvent provenir des sources suivantes:

- augmentation du rendement
- dommages évités à l'intérieur du peuplement
- dommages évités sur les superficies avoisinantes
- diminution des distances de transport
- diminution des coûts d'arrosage si la politique du gouvernement demeure telle qu'elle est actuellement
- possibilité de production d'énergie.

Les coûts de l'aménagement sont:

- coûts supplémentaires pour réaliser les interventions spécifiques
- coût d'opportunité de l'investissement, c'est-à-dire à quel taux le gouvernement est prêt à investir de l'argent en protection.

Ce travail s'intéresse aux aspects économiques de l'aménagement comme moyen de lutter contre la TBE. D'autres recherches, en cours actuellement, visent les aspects bio-physiques. Elles ont comme objectif de «délimiter les zones d'abondance de la tordeuse en vue de formuler des recommandations d'aménagement aptes à prévenir et/ou contrôler les épidémies. Ces recommandations tiendront compte des caractéristiques forestières, climatiques, physiographiques et biotiques des zones d'abondance qui auront été déterminées en fonction du comportement et de l'impact de l'épidémie» (Hardy et Hamel, 1980).

L'horizon économique sur lequel l'étude est basée a été fixé à 40 ans; c'est-à-dire 1969-2008. D'un point de vue économique, cet horizon est déjà très long puisque de nombreuses modifications peuvent survenir aux facteurs économiques durant cette période. Des changements aux niveaux des coûts, de la demande de matière ligneuse

(par essence) dans la région, des innovations technologiques dans les industries, etc. sont autant de facteurs qui entraînent inévitablement des répercussions dans l'analyse économique. D'un autre côté, cet horizon est trop court aux niveaux forestier et entomologique pour que tous les résultats des actions d'aménagement puissent se faire sentir.

L'aménagement est généralement une action à très long terme à cause des contraintes physiques telles la superficie du territoire à traiter, la structure d'âges diversifiée de la forêt, les questions d'accessibilité, etc. Cependant, seul l'aménagement peut s'attaquer à la cause même des épidémies de TBE: la composition de la forêt.

En termes de réduction de la susceptibilité de la forêt, seule l'éclaircie, en donnant la priorité à l'enlèvement des essences-hôtes, offre de bonnes chances de succès. Malheureusement, dans le territoire que nous avons choisi comme cas-type, seulement 16 p. 100 du territoire susceptible (sur une période de 40 ans) peut fournir les conditions nécessaires pour réaliser économiquement des éclaircies dans une optique de protection. De plus, le travail commencé avec les éclaircies devrait dans la majorité des peuplements être poursuivi par des traitements comme la coupe de régénération ou la coupe de dégagement pour contrer la vigoureuse régénération naturelle du sapin. Tout l'aménagement dans son ensemble devrait avoir comme objectif (à long terme) de modifier sensiblement la proportion des essences qui composent actuellement les forêts. Malheureusement, les essences qu'il faut défavoriser sont également celles qui sont le plus utilisées par l'industrie et qui sont déjà en déficit. Certaines essences qui pourraient prendre leur place dans les peuplements traités sont souvent en

excédent ailleurs sur le territoire, ce qui n'offre pas beaucoup d'avantages sur le plan économique.

La lutte contre la TBE devrait aussi prendre la forme du développement de nouvelles technologies qui permettraient l'utilisation des essences feuillues que l'on trouve déjà en abondance dans le territoire étudié.

D'autres traitements comme la fertilisation, l'éclaircie précommerciale et la coupe de dégagement permettent d'augmenter la productivité d'un site ou de diminuer la période de révolution, mais ils n'offrent que peu d'avantages sur le plan de la protection. Seuls ou en combinaison avec d'autres traitements et dans les endroits où les conditions en permettent l'utilisation économique, ils peuvent cependant compenser partiellement les pertes causées par la TBE.

La pulvérisation d'insecticide demeure une technique d'aménagement qui offre de nombreux avantages. Des améliorations à la technologie actuelle et le développement de nouveaux insecticides - chimiques et biologiques - pour les prochaines épidémies permettent de croire que cette technique occupera encore longtemps une place importante dans la lutte à la TBE.

En conclusion, cette étude montre que l'utilisation de l'aménagement forestier dans les peuplements susceptibles, basée uniquement sur des critères de rentabilité économique pour chacun des traitements, offre peu de chances de contrer le développement des épidémies de TBE. Les superficies économiquement adéquates pour les traitements sont trop restreintes par rapport aux superficies infestées et les périodes de temps nécessaires pour obtenir une réaction aux

traitements sont trop longues pour que l'on puisse simuler avec un tant soit peu de réalisme le développement des épidémies futures.

L'optique de l'aménagement comme moyen de lutte devrait être plus globale. Pour vraiment faire participer l'aménagement à la lutte contre la TBE, c'est à la base qu'il faudrait commencer. Chaque gestionnaire, chaque personne qui a un mot à dire dans l'aménagement des forêts devrait s'interroger sur les impacts de ses actions sur la TBE. Le problème de la TBE provient en grande partie de l'utilisation qui est faite des forêts. Les erreurs passées demeurent mais les actions futures peuvent modifier complètement la situation. Le problème de la TBE disparaîtra de lui-même lorsque par l'aménagement au sens large - car du point de vue de l'économiste, l'écosystème forestier comprend aussi l'usine qui utilise le bois - l'industrie n'entrera plus en compétition directe avec la TBE pour la même matière ligneuse.



## BIBLIOGRAPHIE

- BASKERVILLE, G.L., 1975. Spruce budworm: the answer is forest management: or is it? J. of Forestry, 51 (4), August: 157-160.
- BATZER, H.O., 1965. Damage by the Spruce Budworm (Choristoneura fumiferana (Clemens) in Northeastern Minnesota as affected by stand conditions and forest management practices. Univ. of Minnesota, Agriculture, Forestry and Wildlife. 167 p.
- BLAIS, J.R., 1973. Control of Spruce budworm: current and future strategies. Bull. Entomol. Soc. Am. 19: 208-213.
- COMITE DE COORDINATION DES RECHERCHES SUR L'ÉCONOMIQUE DE LA TORDEUSE, 1980. Les aspects économiques de l'aménagement forestier en fonction de la tordeuse.  
Tome I: Impacts bio-physiques et économiques sur un cas-type (Haute et Basse Gatineau) par le CORET. Mémoire n° 67, paru.  
Tome III: La conversion des peuplements les plus susceptibles par PARÉ, G. et H. POULIN. Mémoire n° 73 (à paraître).  
Tome IV: La compensation des pertes par un aménagement des peuplements non-susceptibles par POULIN, H., G. PARÉ. et D. MÉNARD. Mémoire n° 74 (à paraître).  
Tome V: Les avantages et désavantages économiques de la récupération des bois attaqués par POULIN, H. et G. PARÉ. Mémoire n° 77 (à paraître).  
Tome VI: Document-synthèse par POULIN, H. et G. PARÉ. Mémoire n° 78 (à paraître).  
Service de la recherche forestière, ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec.
- CONSEIL DES MINISTRES DES RESSOURCES ET DE L'ENVIRONNEMENT DU CANADA, 1976. Politiques forestières au Canada. Volume I: Identification et tendances des principaux objectifs, problèmes et sujets de discussion préparée par le Groupe de travail sur les politiques forestières au Canada, Juin 1976. 107 p.

- DAVIDSON, J.-G., 1978. Politiques à court, moyen et long terme du ministère des Terres et Forêts en matière de lutte contre la TBE. Rapport présenté lors d'une journée d'information sur la TBE à la Forêt Montmorency le 28 septembre 1978. Gouv. du Québec, Min. des Ter. et For., Dir. gén. de la Conservation, Serv. de l'entomo. et de la patho., 9 p.
- FORESTRY CHRONICLE, 1975. (August Issue: special issue on budworm). 51 (4).
- GAGNÉ, G., G. GAUTHIER, P. LUSSIER et J. TOMLINSON, 1977. Technologie des travaux sylvicoles. Ministère des Terres et Forêts du Québec, Groupe de conseillers en gestion des forêts (COGEF).
- GAGNON, M., 1978. Étude économique comparative des méthodes de régénération artificielle: semis en godets, semis à racines nues et ensemencement direct. Revue de littérature (technologie). Rapp. int. n° 187. Serv. de la rech., Min. des Ter. et For. du Québec.
- HAMEL, L. et Y. HARDY, 1978. Caractérisation des foyers d'infestation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Rapport annuel 1977-78. F.R.U.L. Québec, 65 p.
- HARDY, Y., 1977. Integrating the Spruce budworm into the management of Quebec forests. 58th Annual Meeting of the Woodlands Section, C.P.P.A.
- HARDY, Y. et L. HAMEL, 1979. Caractérisation des foyers d'infestation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Rapport final I. Le milieu forestier. F.R.U.L. Québec, 49 p. + tableaux.
- HARDY, Y. et L. HAMEL, 1980. Rapport d'étape projet Ent 79-1: Détermination des zones d'abondance de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Fonds de Recherches forestières de l'université Laval, Québec. 5 p.
- HOLT, L. et al., 1965. Some aspects of Balsam Fir management -a symposium. Pulp and Paper Magazine of Canada, 66(7): WR 322-338.
- IRLAND, L.C., 1977a. Maine's spruce budworm program: moving toward integrated management. J. of Forestry, 75: 774-777.
- IRLAND, L.C., 1977b. Notes on the economics of Spruce budworm control. School For. Resour. Univ. of Maine at Orano Tech. Note 67, 26 p.
- MAINE FOREST SERVICE, 1976. Spruce budworm programs in Maine 1976-1981. Maine Department of Conservation. Maine Forest Service. Augusta, 23 p.

- MILLER, G.A. et I.W. VARTY, 1975. Current tactics in spruce budworm management. J. of Forestry, August, 51 (4): 153-156.
- MINISTÈRE DES TERRES ET FORÊTS, 1975. Suggestion d'un programme de recherche et de développement forestier en regard de la tordeuse. Rapport non publié, préparé par un groupe de travail du ministère des Terres et Forêts, Québec. Avril 1975, 63 p.
- MINISTÈRE DES TERRES ET FORÊTS, 1977. Reboisement et travaux connexes sur les forêts publiques. Rapport annuel 1976-77. Min. Ter. et For., Dir. Gén. des For., Serv. de la Rest., mai 1977.
- NADEAU, J.-P. et al., 1978. Étude de détermination d'une politique globale d'arrosage aérien contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette à partir de critères économiques au Québec. Rapport technique du Comité d'étude économique des arrosages préparé sous la direction de J.-P. Nadeau, Ph.D., économiste forestier. Mars 1973. Service de la recherche, ministère des Terres et Forêts du Québec, 356 p.
- NADEAU, J.-P., 1977a. Aspects économiques de la lutte contre la présente épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec. Service de la recherche. Ministère des Terres et Forêts. Mémoire n° 33F.
- NADEAU, J.-P., 1977b. La fertilisation aérienne des forêts: un investissement rentable? Expérience avec le pin gris en Mauricie, Québec. Serv. de la rech., Dir. gén. des for., min. des Ter. et For. du Québec. Mémoire n° 35, xiv + 45 p.
- NEW BRUNSWICK CABINET COMMITTEE ON ECONOMIC DEVELOPMENT, 1976. Report of the task force for evaluation of budworm control alternatives. Department of Natural Resources. Fredericton. 210 p.
- PARÉ, G., 1980. Les pertes physiques dues à l'épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette dans la région du lac Nilgaut. Rapport interne n° 211. Serv. de la Rech. for., Min. de l'Énergie et des Ressources. 32 p.
- PREBBLE, M.L. et R.F. MORRIS, 1951. Forest entomology in relation to silviculture in Canada. Part III. The spruce budworm problem. Forestry Chronicle 27: 14-22.
- SHEEDY, G., 1976. Évaluation des dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans des dispositifs de fertilisation établis dans des peuplements de sapin et d'épinette. Serv. de la rech., Dir. gén. des for., min. des Ter. et For. du Québec, Rapport interne n° 176, 23 p.

- SHEEDY, G., 1978. Évaluation des dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans 26 peuplements naturels de sapin et d'épinette qui ont été fertilisés. Rapport préliminaire. Serv. de la rech., Dir. gén. des for., min. des Ter. et For. du Québec, Rapport interne n° 172, 9 p.
- SHEEDY, G., 1979. Évaluation des dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans 18 peuplements de sapin et d'épinette qui ont été fertilisés. Serv. de la rech., Dir. gén. des for., min. des Ter. et For. du Québec, Rapport interne n° 192, 14 p.
- TURNER, K.B., 1952. The relation of mortality of balsam fir, Abies balsamea (L.) Mill., caused by the Spruce budworm, Choristoneura fumiferana (Clem.), to forest composition in the Algoma Forest of Ontario. Canada Dept. Agr., Pub. 875. Ottawa, 107 p.
- VEILLEUX, J.-M. et G. SHEEDY, 1978. Projet interprovincial de fertilisation des forêts naturelles. I - Effets de la fertilisation sur quelques caractéristiques de sept sapinières en Gaspésie. Serv. de la rech., Dir. gén. des for., min. des Ter. et For. du Québec. Mémoire n° 45, xiv + 63 p.
- VÉZINA, P.-E., 1971. Sylviculture appliquée. I: Les forêts de conifères. Notes de cours. Faculté de Foresterie et de Géodésie. Université Laval. 103 p.
- VÉZINA, P.-E., C. LABARRE, G. GAUTHIER et J.-C. MERCIER, 1976. Traitements et stratégies sylvicoles applicables à divers peuplements forestiers du Québec. Min. des Ter. et For., COGEF - Groupe de conseillers en gestion des forêts. Août 1977.
- WESTVELD, M., 1945. A suggested method for rating the vulnerability of spruce-fir stands to budworm attack. U.S. Dept. Agr. For. Serv. Northeast For. Expt. Sta. 4 p.
- WESTVELD, M., 1946. Forest management as a means of controlling the spruce budworm. Jour. Forestry 44: 949-953.
- WESTVELD, M. et H.J. MacALONEY, 1948. Cutting practices to prevent budworm damage. Memo. U.S. Dept. Agr. For. Serv. Northeast For. Expt. Sta.
- WESTVELD, M., H.J. MacALONEY et J.R. HANSBROUGH, 1950. Forest crop security: the right tree on the right site. Forestry Chronicle 26: 144-151.
- WESTVELD, M., 1953. Ecology and silviculture of the Spruce-Fir forests of Eastern North America. J. of Forestry, 51 (6), June: 522-430.



Le ministère de l'Énergie et des Ressources a la responsabilité de protéger les ressources forestières et de les gérer pour le mieux être de la population du Québec. La récente épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette a des impacts considérables sur la forêt et sur l'économie des régions affectées. La lutte à la tordeuse peut se faire par des insecticides et aussi par l'aménagement des forêts pour les rendre plus résistantes à ce fléau. Dans les limites de ses responsabilités, la Division de l'Économie forestière du Service de la recherche forestière entreprend les études qui lui sont demandées de manière à fournir au Ministère de l'Énergie et des Ressources les informations qui lui permettront de gérer adéquatement la forêt.



Éditeur officiel du Québec  
Imprimé au Québec