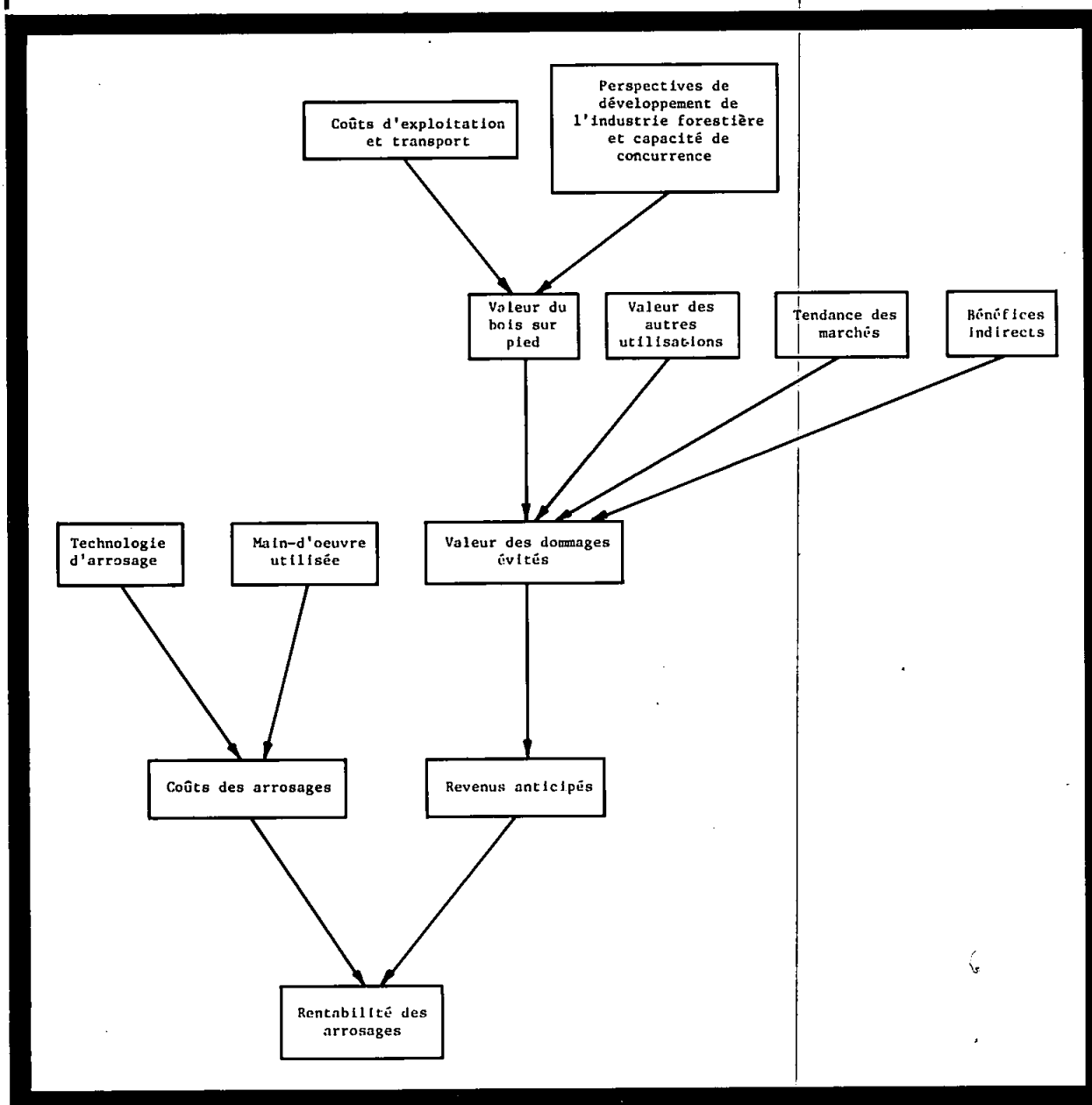




MÉMOIRE N° 33F

ASPECTS ÉCONOMIQUES DE LA LUTTE CONTRE LA PRÉSENTE ÉPIDÉMIE DE TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'ÉPINETTE AU QUÉBEC

par Jean-Paul Nadeau



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

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

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

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

ASPECTS ECONOMIQUES DE LA LUTTE CONTRE LA
PRESENTE EPIDEMIE DE TORDEUSE DES
BOURGEONS DE L'EPINETTE AU QUEBEC*

par

JEAN-PAUL NADEAU

MEMOIRE N^O 33F

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

1977

* Communication présentée à la Conférence sur la protection des plantes dans la perspective de l'économie, Bruxelles, Belgique, du 15 au 16 mai 1973, sous les auspices de l'Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes.

Ce mémoire est aussi disponible en anglais sous le
titre: *Economic feasibility of controlling the
current spruce budworm outbreak in Quebec.*
Mémoire No. 33E.

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

RESUME

Même si le phénomène des épidémies d'insectes forestiers date de quelques siècles au Canada, l'aspect économique de ces épidémies fut à peu près ignoré jusqu'à récemment. Ce mémoire présente les grandes lignes et quelques-uns des résultats d'une étude économique réalisée au cours de l'année 1972 au Service de la recherche du ministère des Terres et Forêts du Québec, concernant la rentabilité des arrosages aériens contre la Tordeuse des bourgeons de l'épinette.

Cette étude proposait une politique globale de lutte à partir de la comparaison de neuf choix possibles d'arrosage en termes de critères économiques. L'approche marginale est utilisée.

La politique d'arrosage doit être intégrée aux autres politiques forestières et gouvernementales.

L'étude repose sur des hypothèses de base concernant l'entomologie, l'aménagement forestier et l'économie..

L'un des choix d'arrosage les plus rentables en valeurs directes, rapporte 8 p. 100 sur l'investissement. Ce choix consiste en un arrosage en séquence caractérisé par deux années d'arrosage suivies

d'une période de deux années sans arrosage, de tous les peuplements résineux et mélangés.

Sans intervention de lutte, l'épidémie actuelle au Québec pourrait représenter, sur une base annuelle et pour une durée de plus de quarante ans, des pertes minimales de:

- 1- Plus de deux millions de cunits* de bois
(5,6 millions de mètres cubes);
- 2- \$12,6 millions en termes de droits de coupe
sur les forêts publiques;
- 3- \$14,7 millions en termes de taxes, impôts, etc;
- 4- \$63,2 millions en termes de salaires;
- 5- 17 000 emplois.

* 1 cunit = 100 pi³ = 2,83 m³

SUMMARY

Even though insect outbreaks have been known for centuries in Canadian forests, the economics of control measures was almost completely ignored till recently. This paper presents the highlights and main results of an economic study prepared in 1972 under the auspices of the Quebec Department of Lands and Forests Research Service, concerning the feasibility of aerial spraying against spruce budworm. This study arrives at a general pest control policy, by comparing nine spraying alternatives in terms of economics criteria. The marginal approach of economic analysis is used. One pre-condition set was that spraying policy must be integrated with other forest policies. The study is based upon certain assumptions concerning entomology, forest management, and economics.

One of the most economically feasible spraying option indicates an 8 p. 100 rate of return on investment in terms of direct value saved (stumpage value only). It calls for the spraying of softwood and mixedwood stands, for two successive years, then a halt to spraying for two years, and so on till the end of the outbreak.

Without treatment, the minimum annual loss in the outbreak area in Quebec could present, over the next forty-year period, the following picture:

- 1- Over two million units of timber, destroyed (5,6 million cubic metres);
- 2- 12,6 million dollars in lost stumpage dues from public forests;
- 3- 14,7 million dollars in lost taxes;
- 4- 63,2 million dollars in lost salaries and wages;
- 5- 17 000 fewer jobs.

TABLE DES MATIERES

	page
RESUME	iii
SUMMARY	v
TABLE DES MATIERES	vii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES	xi
INTRODUCTION	1
- But de l'étude	2
- Définition du problème	3
CHAPITRE I - METHODES D'ANALYSE	5
1- Approche économique générale	5
2- Critères généraux d'évaluation économique du programme de lutte	7
3- Liste des alternatives d'arrosage	8
4- Critères économiques de décision	10
5- Variables stratégiques	10
6- Intégration de la lutte contre les insectes aux autres politiques forestières gouvernementales	11
CHAPITRE II - HYPOTHESES DE BASE	15
CHAPITRE III - VOLUMES DE BOIS EPARGNES GRACE AU PROGRAMME DE LUTTE: CEDULE DES COUTS ET REVENUS	21
CHAPITRE IV - MODELES ECONOMIQUES ET FONDEMENT THEORIQUE D'ANALYSE	23
1- La tordeuse: problème d'investissement et de prise de décision	24

	page
2- Approche marginale et principaux modèles économiques	24
3- Diagramme de décision et règles de décision	27
4- Critères économiques retenus dans cette étude	29
CHAPITRE V - RESULTATS DE L'ANALYSE ECONOMIQUE	31
CONCLUSION	37
BIBLIOGRAPHIE	39

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		page
1	Liste des alternatives et des options d'arrosage en fonction des peuplements et de l'intervalle de temps entre deux arrosages	9
2	Perte d'accroissement en volume en pourcentage par année de défoliation	16
3	Taux de mortalité annuelle selon les années de défoliation successive	17
4	Contributions aux trésors fédéral, provincial et municipal en dollars par cunit de bois transformé dans diverses industries forestières (Lussier <i>et al.</i> , 1969)	20
5	Quantité de main-d'oeuvre utilisée dans différents secteurs de l'activité forestière (Lussier <i>et al.</i> , 1969)	20
6	Valeurs présentes nettes totales des options en fonction des taux d'escompte et d'une valeur du bois sur pied de \$3.64 par cunit (\$1.30/m ³) pour le sciage et de \$5.88 par cunit (\$2.10/m ³) pour la pâte	32
7	Valeurs présentes nettes directes des options en fonction des taux d'escompte et d'une valeur du bois sur pied de \$3.64 par cunit (\$1.30/m ³) pour le sciage et de \$5.88 par cunit (\$2.10/m ³) pour la pâte	33
8	Rapports bénéfices-coûts des options en fonction des taux d'escompte et de la valeur du bois sur pied seulement	34
9	Rapports bénéfices-coûts des options en fonction des taux d'escompte, de la valeur du bois sur pied et des bénéfices indirects	34

10	Taux interne de rendement sur investissement (valeurs directes seulement), les options étant basées sur une valeur de \$3.64 par cunit (\$1.30/m ³) pour le bois de sciage et de \$5.88 par cunit (\$2.10/m ³) pour le bois à pâte	35
11	Taux interne de rendement sur investissement (valeurs directes et indirectes), les options étant basées sur une valeur de bois sur pied de \$3.64 par cunit (\$1.30/m ³) pour le bois de sciage et \$5.88 par cunit (\$2.10/m ³) pour le bois à pâte. .	35

LISTE DES FIGURES

Figure		page
1	Interrelations de la politique d'arrosage et des autres politiques forestières	12
2	Schéma montrant l'interrelation des variables économiques et financières impliquées dans le calcul de rentabilité des arrosages	19
3	Diagramme montrant les étapes de la décision basée sur le critère de la valeur présente nette . .	29

INTRODUCTION

Même si le phénomène des épidémies d'insectes date de quelques siècles au Canada, l'aspect économique de ces épidémies fut à peu près ignoré jusqu'à très récemment. Une première étude économique de la rentabilité des arrosages aériens contre la Tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* Clem.) au Canada fut réalisée par Pierre Dorion (1958). Celui-ci n'a retenu qu'une seule option (arrosage *versus* non arrosage) dans les forêts résineuses de la Gaspésie (partie Est de la province de Québec). Cette option couvre une période de dix ans. Son étude a conclu qu'en terme de valeur du bois debout, les arrosages aériens à l'insecticide contre la Tordeuse étaient rentables. Un peu plus tard, D.A. Wilson (1966) a retenu la même option pour les forêts du Nouveau-Brunswick et, sur la base d'un horizon économique de quarante ans, il a conclu de la même façon que Dorion, à partir des valeurs directes et indirectes.

L'étude de Nadeau *et al.* (1972) est l'une des premières études détaillées de la rentabilité de la lutte contre une épidémie de Tordeuse au Canada. Elle a été réalisée en collaboration avec un entomologiste forestier et de deux aménagistes forestiers du Québec. De plus, cette étude compare les alternatives d'arrosage sur la base

de critères économiques et démontre que la décision de lutte contre l'épidémie de Tordeuse est une décision d'ordre économique. De plus, elle compare neuf alternatives d'arrosage à l'aide de critères économiques.

Le but de ce mémoire est de présenter les grandes lignes de cette étude économique réalisée par Nadeau *et al.* en 1972. Plus particulièrement, les aspects suivants sont analysés: le but de l'étude de rentabilité, la définition du problème de la Tordeuse, les méthodes d'analyse, l'intégration de la politique d'arrosage aux autres politiques forestières du gouvernement, les hypothèses de travail, le calcul des volumes de bois épargnés, les modèles économiques utilisés et finalement, la rentabilité directe et totale des arrosages.

BUT DE L'ETUDE

Le but général de cette étude de rentabilité est le suivant:

- 1- Définir les éléments d'une politique globale d'arrosage pour le ministère des Terres et Forêts du Québec;
- 2- Analyser les facteurs économiques, d'aménagement et entomologiques impliqués dans la détermination d'une saine politique concernant la lutte contre les épidémies de Tordeuse au Québec.

Plus spécifiquement, le but consiste à:

- 1- Définir des alternatives ou choix d'arrosage en fonction de l'intervalle entre deux arrosages successifs et du choix des peuplements à arroser;
- 2- Evaluer les volumes de bois épargnés par l'arrosage selon chaque alternative;
- 3- Evaluer financièrement les dommages évités par l'arrosage selon chacune des alternatives d'arrosage;

4- Déterminer si oui ou non l'Etat doit arroser les forêts contre la Tordeuse et, si oui:

- a) définir dans quelles conditions de peuplement (nature et densité), de fréquence des arrosages, de valeur de bois sur pied, de bénéfices indirects, de coûts d'arrosage, etc., les arrosages sont rentables pour l'Etat, en termes de valeur tant directe et indirecte que totale;
- b) déterminer jusqu'où l'Etat devrait investir dans les arrosages;
- c) évaluer ce que les investissements rapportent comme rendement sur investissement en terme de divers critères économiques.

DEFINITION DU PROBLEME

Au Québec, actuellement, la Tordeuse des bourgeons de l'épinette affecte les principales sources d'approvisionnement des industries forestières. Entre 150 et 200 millions de cordes de bois (*544 et 725 millions de mètres cubes*) ont été détruites au Québec durant les deux épidémies enregistrées depuis le début du siècle. L'épidémie actuelle met en danger de façon critique les peuplements de sapin et d'épinette blanche à plusieurs endroits au Québec, surtout dans l'Ouest. Depuis 1968, plus de vingt-six millions d'acres de forêt (*10,5 millions d'hectares*) ont été attaquées par la Tordeuse. D'ici 1988, plus de quarante-six millions d'acres de forêts (*18,6 millions d'hectares*) auront été touchées par l'insecte. Sans traitement, environ cent millions de cordes de bois (*trois cent soixante deux millions de mètres cubes*) pourraient être perdus au cours de la prochaine décennie.

Sans intervention de lutte, l'épidémie actuelle au Québec pourrait représenter, sur une base annuelle et pour une durée de plus de quarante ans, des pertes minimales de:

- 1- plus de 2 millions de cunits de bois
(5,6 millions de mètres cubes);
- 2- 12,6 millions de dollars en termes de droits de coupe perdus dans les forêts publiques;
- 3- 14,7 millions de dollars perdus en taxes;
- 4- 63,2 millions de dollars perdus en salaires;
- 5- 17 000 emplois.

Le problème de la Tordeuse est donc un problème économique lié aux objectifs du gouvernement, du ministère des Terres et Forêts et de tous les utilisateurs de la forêt. La solution implique un investissement considérable. Cet investissement est-il rentable?

CHAPITRE I

METHODES D'ANALYSE

1- APPROCHE ECONOMIQUE GENERALE

L'élément principal à la base d'une politique globale d'arrosage contre le Tordeuse est la grande règle de décision suivante: le déboursé maximum économiquement justifiable pour fins d'arrosage contre la Tordeuse doit être inférieur à la valeur des dommages évités par les arrosages. La valeur des dommages évités est une valeur potentielle pour toutes les utilisations et n'est pas limitée à la seule matière ligneuse.

De plus l'approche globale de cette analyse économique est également caractérisée par l'intégration des données biologiques (c'est-à-dire entomologiques et d'aménagement) au raisonnement économique. La lutte contre une épidémie d'insectes doit être considérée comme partie intégrante de l'aménagement forestier, les coûts d'arrosage constituant une partie des coûts d'aménagement d'une forêt. En effet, les pertes

en bois causées par une épidémie devraient être considérées dans le calcul de la possibilité forestière.

La décision finale de combattre une épidémie d'insectes est une décision principalement économique, en ce sens que la politique de lutte consiste à protéger les forêts infestées seulement dans le cas où il existe une relation raisonnable entre les coûts de lutte et la valeur épargnée. De plus, l'investissement que constitue la lutte doit rapporter autant que le même investissement dans une autre activité de protection ou autre, même non forestière.

Les principales étapes de la récente étude de rentabilité des arrosages contre la Tordeuse au Québec sont les suivantes:

- 1- Détermination d'alternatives d'arrosage en fonction de l'intervalle entre deux arrosages et du choix des peuplements;
- 2- Détermination d'options d'arrosage par comparaison de chaque alternative avec l'alternative de base qui correspond au non-arrosage;
- 3- Evaluation de la possibilité nette par alternative, de la possibilité marginale par option et du coût de l'arrosage par alternative à divers taux d'escompte;
- 4- Evaluation des pertes directes, indirectes et totales épargnées par l'arrosage, pour chaque option et à divers taux d'escompte;
- 5- Evaluation financière de chaque option en fonction de divers critères économiques et de divers taux d'escomptes (rentabilité directe, indirecte et totale);
- 6- Classification des options et choix des options les plus rentables en tenant compte d'un taux de rendement alternatif approprié.

Ces étapes impliquent les sous-étapes ou phases suivantes:

- 1- Préparation d'une cédule des valeurs épargnées;
- 2- Etablissement d'une cédule des coûts de contrôle;
- 3- Détermination d'un taux de rendement alternatif approprié;
- 4- Actualisation des valeurs épargnées;
- 5- Actualisation de la cédule des coûts;
- 6- Calcul du taux interne de rendement sur investissement, du rapport bénéfices-coûts et de la valeur présente nette pour chaque option.

2- CRITERES GENERAUX D'EVALUATION ECONOMIQUE DU PROGRAMME DE LUTTE

La décision d'arroser les forêts du Québec contre la Tordeuse constitue, dans l'éventualité où ces arrosages doivent couvrir toute la Province, un changement substantiel. Etant donné que les changements ne sont pas tous souhaitables, il y a lieu de se demander quels sont les tests que doit subir un changement pour être souhaitable (Mary, 1972). Les principaux tests sont les suivants:

- 1- Possibilité de réalisation technique.

Ainsi, les arrosages à l'insecticide contre la Tordeuse doivent pouvoir être réalisés physiquement et techniquement sans trop de difficulté. De plus, il doit y avoir suffisamment de main-d'oeuvre et d'argent pour effectuer ces arrosages.

2- Productivité.

Les arrosages doivent, comme deuxième test, aider les organismes impliqués, soit le gouvernement, le ministère des Terres et Forêts et tous les utilisateurs, à atteindre davantage leurs objectifs.

3- Acceptabilité.

Le programme des arrosages doit être acceptable aux yeux de toute les personnes possédant une influence quelconque sur la prise de la décision finale, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'entité administrative.

4- Efficacité économique

Finalement, le quatrième test est la mesure de l'efficacité économique du programme des arrosages. Ce programme doit, de plus, constituer un apport additionnel à un coût raisonnable.

3- LISTE DES ALTERNATIVES

Etant donné que l'objectif du programme de lutte est la recherche non pas d'une solution simplement rentable mais de la solution la plus rentable possible, il y a lieu de définir plusieurs alternatives ou choix d'arrosage, basés sur l'intervalle entre deux arrosages consécutifs et le choix des peuplements à protéger. A cette fin, on a défini neuf alternatives et huit options d'arrosage dans le but de comparer la valeur des dommages épargnés au coût additionnel que constituent les arrosages. Le tableau 1 présenté ci-dessous décrit les alternatives ou choix ainsi que les options retenues.

TABLEAU 1

Liste des alternatives et des options d'arrosage en fonction des peuplements et de l'intervalle de temps entre deux arrosages.

Numéro de l'alternative	Numéro de l'option	Identification des alternatives et des options
1		Aucun arrosage
2	1	Arrosage de tous les peuplements résineux et mélangés, chaque année
3	2	Arrosage de tous les peuplements résineux et mélangés, tous les deux ans
4	3	Arrosage de tous les peuplements résineux et mélangés, tous les trois ans
5	4	Arrosage, tous les ans, des peuplements ayant plus de 5 cunits à l'acre ($34,72 \text{ m}^3/\text{ha}$) de sapin et d'épinette blanche et de peuplements ayant 3 et 4 cunits ($20,83$ et $27,78 \text{ m}^3/\text{ha}$) de sapin et d'épinette blanche lorsque ce volume représente plus de 25 pour 100 du volume de toutes les essences
6	5	Même chose que l'alternative 5, mais tous les deux ans seulement
7	6	Même chose que l'alternative 5, mais tous les trois ans
8	7	Arrosage durant 2 années consécutives suivies d'une période de 2 années sans arrosage, de tous les peuplements mélangés et résineux
9	8	Arrosage durant 2 années consécutives, suivies d'une période de 2 années sans arrosage, des peuplements ayant 5 cunits et plus à l'acre ($34,72 \text{ m}^3/\text{ha}$) de sapin et d'épinette blanche et des peuplements ayant 3 ou 4 cunits à l'acre ($20,83$ et $27,78 \text{ m}^3/\text{ha}$) dont le volume de sapin et d'épinette blanche représente au moins 25 pour 100 du volume total

De façon à comparer le déboursé et le revenu additionnels correspondant à chaque alternative, il faut définir des options d'arrosage. Une option est la comparaison de la première alternative, ayant un coût nul, à chacune des huit autres alternatives. Ainsi, il y a huit options pour lesquelles il s'agit de comparer le coût additionnel de lutte et la valeur des dommages épargnés ou des revenus anticipés.

4- CRITERES ECONOMIQUES DE DECISION

La comparaison des neuf alternatives d'arrosage est basée sur les trois critères économiques suivants:

- 1- Valeur présente nette;
- 2- Rapport bénéfices-coûts;
- 3- Taux interne de rendement sur investissement.

5- VARIABLES STRATEGIQUES

Une analyse bénéfices-coûts d'un programme de répression des insectes forestiers nécessite la détermination de variables stratégiques, c'est-à-dire de tout facteur qualitatif ou quantitatif ayant une incidence directe ou indirecte sur la rentabilité des arrosages, donc sur le rendement des peuplements affectés, les coûts de lutte et les revenus anticipés.

Les variables biologiques concernent l'insecte lui-même et les facteurs de son développement. Les variables physiques concernent le territoire et la forêt elle-même (type de peuplements, accroissement, possibilités nette et brute, etc.). Les variables technologiques réfèrent au choix de l'insecticide, au mode d'application de l'insecticide et à l'utilisation de la matière ligneuse.

Le groupe des variables de coûts réfère à la technologie de lutte contre l'insecte et de transformation des bois à l'usine. Puis, les variables de revenus anticipés concernent la valeur des bois sur pied, la valeur du produit fini et sa demande, et le montant des bénéfices indirects créés par l'activité forestière. En tout dernier lieu, il y a le taux minimum d'escompte.

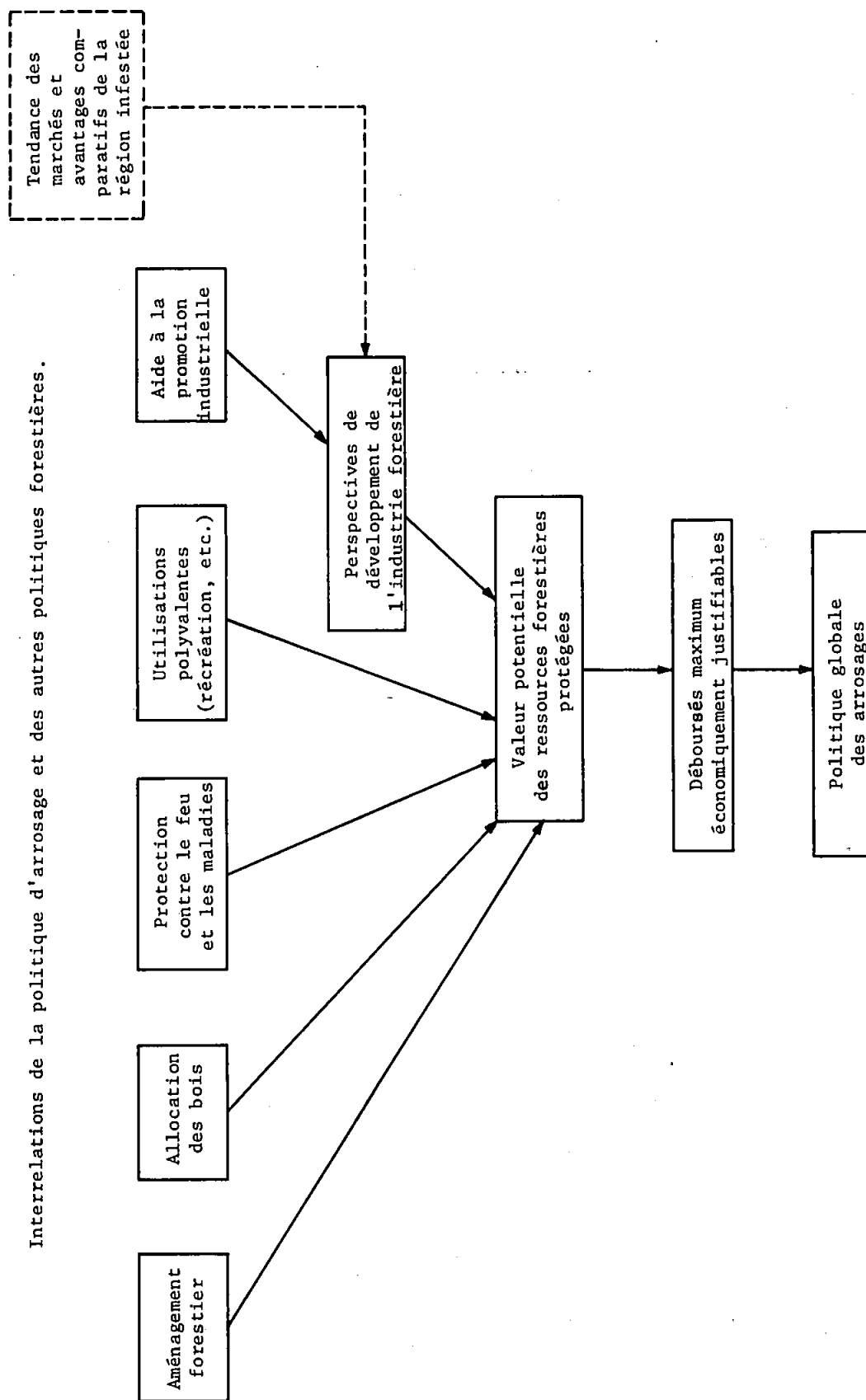
6- INTEGRATION DE LA POLITIQUE DE LUTTE CONTRE LES INSECTES AUX AUTRES POLITIQUES FORESTIERES DU GOUVERNEMENT

La politique de lutte contre la Tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec doit être située dans le contexte des autres politiques forestières du gouvernement. En effet, il faut intégrer la politique des arrosages non seulement aux autres formes de protection de la forêt, mais aussi aux autres politiques forestières générales concernant l'aménagement forestier, l'allocation des bois, l'utilisation polyvalente de la forêt et l'aide à la promotion de l'industrie forestière.

La figure 1, ci-après, illustre schématiquement l'interrelation de ces diverses politiques. Les déboursés maximaux économiquement justifiables pour lutter contre la Tordeuse sont fonction de la valeur potentielle de la forêt concernée. Cette valeur est à son tour déterminée en bonne partie par les politiques du gouvernement concernant l'aménagement forestier, l'allocation de la matière ligneuse, l'aide au développement de l'industrie forestière et les autres aspects de la protection des forêts.

FIGURE 1

Interrelations de la politique d'arrosage et des autres politiques forestières.



Ainsi, l'aménagement intensif augmente le volume de bois épargné ainsi que la valeur des dommages évités, de sorte que la rentabilité des arrosages est accrue par le fait même. La valeur potentielle de la forêt est également fonction de son utilisation, laquelle est déterminée par la politique d'allocation du bois entre les utilisateurs.

De même, la politique d'aide à l'industrie affecte la politique de lutte contre les insectes, parce qu'il ne sert à rien de protéger une forêt contre les insectes si l'on ne dispose pas d'argent pour financer son développement par l'industrialisation et l'aide à l'industrie. En résumé, en plus de protéger la forêt, il faut financer le développement de cette valeur protégée.

CHAPITRE II

HYPOTHESES DE BASE

L'analyse coûts-bénéfices du programme actuel de lutte contre la Tordeuse au Québec repose sur des hypothèses de base définissant le cadre analytique de référence de l'étude. Une telle analyse implique beaucoup d'incertitude et de risque quant aux valeurs des paramètres, de sorte qu'il faut souvent supposer certaines valeurs ou certains faits. Ces hypothèses se répartissent en trois groupes: l'entomologie, l'aménagement forestier et l'économique.

Les hypothèses de base au sujet de l'aspect économique concernent: l'intervalle entre deux épidémies consécutives, le taux de mortalité par essence et par année d'infestation, l'évaluation des dommages dans le temps et l'espace et l'efficacité des méthodes actuelles de lutte. Les principales hypothèses retenues sont les suivantes:

- 1- La durée de l'épidémie est évaluée à dix ans;
- 2- La période de répit après l'épidémie est estimée à trente ans;
- 3- L'horizon d'analyse est de quarante ans;

- 4- L'épidémie se déplace rapidement de l'Ouest à l'Est;
- 5- L'étendue des dommages actuels est connue;
- 6- Les méthodes actuelles de lutte sont relativement efficaces;
- 7- Les taux de mortalité dus à la défoliation sont acceptables;
- 8- La valeur de la perte d'accroissement en volume, en pourcentage, est acceptable pour les fins de cette étude.

Considérons brièvement la perte d'accroissement et la mortalité dues à la défoliation.

Selon McIntock (1955), une année de défoliation entraîne une perte d'accroissement en diamètre chez le sapin baumier. On peut supposer que l'épinette blanche subit une réduction au moins d'égale valeur. De plus, on peut supposer, à partir de vérifications faite à différentes hauteurs sur l'arbre (McIntock, 1955), que la perte d'accroissement en volume est proportionnelle à la perte d'accroissement en diamètre, ce qui permet d'utiliser les taux suivants de perte de volume (tableau 2) :

TABLEAU 2

Perte d'accroissement en volume, en pourcentage,
par année de défoliation

Année de défoliation	Perte d'accroissement en volume en pourcentage
Première année	30
Années postérieures	60*

* Taux de perte minimum

Pour ce qui est de la mortalité due à la défoliation, les taux de mortalité utilisés sont inspirés de recherches effectuées dans l'Ouest du Québec par le Service forestier américain au cours de l'infestation précédente (McLintock, 1955). Ces taux sont présentés au tableau 3 ci-dessous. D'autres études faites par le Gouvernement du Canada soutiennent ces données et indiquent que nos chiffres sur la mortalité sont plutôt conservateurs.

TABLEAU 3

Taux de mortalité annuelle selon les années de défoliation successive.

Année de défoliation successive	Taux de mortalité en pourcentage	
	Sapin	Epinette blanche
Première	0	0
Deuxième	0	0
Troisième	0	0
Quatrième	1	0
Cinquième	4	1
Sixième	15	5
Septième	25	7
Huitième	15	5
Neuvième	5	2
TOTAL	65	20

Les hypothèses de base concernant l'aménagement forestier touchent les aspects suivants: l'impact de l'épidémie sur les coupes, l'accroissement et les superficies affectées, sur la possibilité de

lutte par l'aménagement ou la récupération et, finalement, sur la production de matière ligneuse.

L'étude économique des arrosages présuppose également des hypothèses concernant les variables économiques et financières en jeu. Globalement, la rentabilité est déterminée par les relations coûts-revenus. La figure 2 illustre l'interrelation des variables économiques impliquées. Les valeurs retenues pour la plupart de ces variables économiques sont présentées ci-après. La valeur unitaire retenue pour le coût des arrosages est de \$0.70 par acre (\$2.73/ha) avec un taux d'accroissement annuel moyen de 3 pour 100. Les revenus résultant des arrosages aériens s'expriment, d'une part, en valeur directe à l'aide de la valeur du bois sur pied et, d'autre part, en valeur indirecte et totale, en ajoutant les bénéfices indirects à la valeur du bois sur pied. La valeur du bois sur pied retenue ici est de \$3.64 par unité de 100 pi³ (\$1.29/m³) pour le bois de sciage et \$5.88 par unité de 100 pi³ (\$2.08/m³) pour le bois à pâte (sapin et épinette). Les valeurs des bénéfices indirects retenus se retrouvent aux tableaux 4 et 5 présentés ci-dessous. Les données sur les revenus sont appliquées au volume de bois épargné et comparées aux données sur les coûts de lutte, de façon à déduire la rentabilité du programme.

FIGURE 2

Schéma montrant l'interrelation des variables économiques et financières impliquées dans le calcul de rentabilité des arrosages

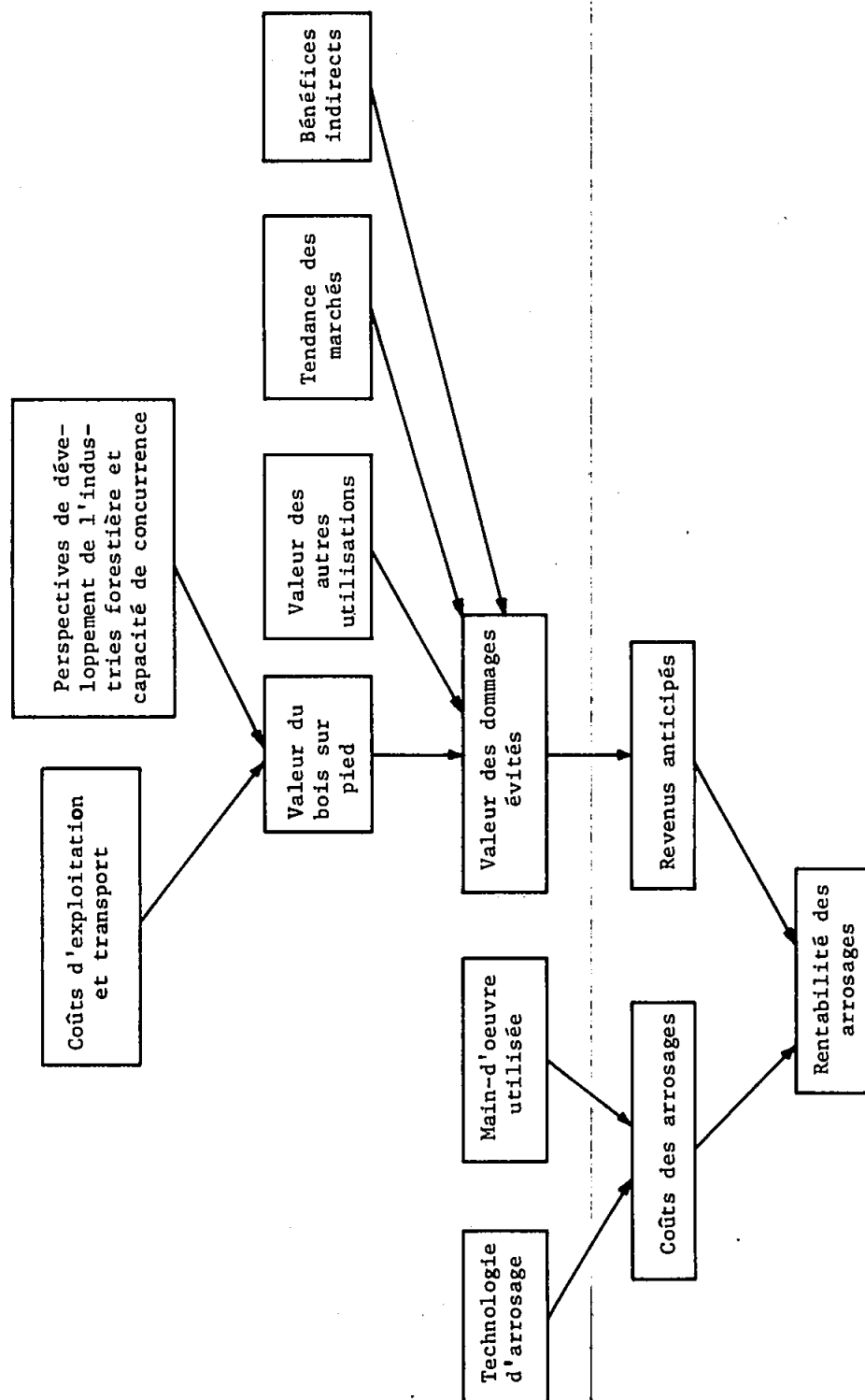


TABLEAU 4

Contributions aux trésors fédéral, provincial et municipal
en dollars par cunit de bois transformé dans diverses indus-
tries forestières (Lussier *et al.*, 1969)

	Contribution			Contri- bution totale
	Federal	Provincial	Municipal	
Sciage	\$ 6.18 (\$2.18/m ³)	\$3.44 (\$1.21/m ³)	\$0.04 (\$0.01/m ³)	\$ 9.66 (\$2.40/m ³)
Pâte et papier	\$10.58 (\$3.74/m ³)	\$6.89 (\$2.43/m ³)	\$1.16 (\$0.41/m ³)	\$18.63 (\$6.58/m ³)

TABLEAU 5

Quantité de main-d'oeuvre utilisée dans différents secteurs
de l'activité forestière (Lussier *et al.*, 1969)

Secteurs d'activité	Main-d'oeuvre utilisée			Nombre d'em- plois par cunit ⁴
	homme-année / 1000 cunits ³			
	Directe	Induite	Totale	
Exploitation	3.32 (\$1.17/1000 m ³)	0.16 (\$0.06/1000 m ³)	3.48 (\$1.26/1000 m ³)	-
Sciage	5.51 (\$1.95/1000 m ³)	3.61 (\$1.27/1000 m ³)	9.12 (\$3.22/1000 m ³)	0.0091 0.0032/m ³
Pâte et papier	3.05 (\$1.08/1000 m ³)	4.21 (\$1.49/1000 m ³)	7.26 (\$2.57/1000 m ³)	0.0083 0.0029/m ³

³ Taux basés sur la technologie de 1965.

⁴ Taux basés sur la technologie de 1961.

CHAPITRE III

VOLUMES DE BOIS EPARGNES GRACE AU PROGRAMME DE LUTTE: CEDULE DE COUTS ET REVENUS

Après avoir calculé, sur une période de quarante années, la possibilité nette en bois correspondant à chaque alternative d'arrosage en tenant compte des pertes d'accroissement et de mortalité dues à la défoliation, on a déterminé les volumes de bois épargnés par l'arrosage. La possibilité marginale de chacune des huit options d'arrosage a été calculée également pour quarante ans. Par exemple, les volumes de bois épargnés dans le cas de l'option 1 sont obtenus en soustrayant les chiffres de la possibilité de l'alternative 1 de ceux de la possibilité de l'alternative 2, et ainsi de suite. La possibilité marginale varie d'une option à l'autre.

Il y a donc neuf cédules de possibilités nette et huit cédules de possibilité marginale et de revenus anticipés, sur une durée de quarante ans. Une cédule des coûts d'arrosage a été préparée pour chaque alternative, en tenant compte de la fréquence et de la superficie d'arrosage. Des cédules de revenus anticipés ont été également préparées

sur une période de quarante ans, à partir de la valeur du bois sur pied (rentabilité directe) et de la valeur des bénéfices indirects d'exploitation et de transformation (rentabilité indirecte et totale).

La comparaison des huit options d'arrosage a été faite à l'aide de trois critères économiques et à divers taux d'escompte. Un taux de 8 p. 100 a été considéré comme étant une valeur minimale réaliste.

CHAPITRE IV

MODELES ECONOMIQUES ET FONDAMENT THEORIQUE D'ANALYSE

La décision d'investir dans les arrosages aériens contre la Tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec est une décision économique en ce sens qu'un propriétaire forestier devrait investir dans la lutte contre cet insecte dans les seuls cas où il existe une relation acceptable entre les coûts du traitement et les dommages évités par ce traitement. Par conséquent, il est nécessaire de faire appel à quelques notions de base des théories économique, financière et de prise de décision dans la recherche d'une solution au problème de la lutte contre la Tordeuse au Québec. Plus spécifiquement, considérons brièvement les aspects suivants:

- 1- La Tordeuse: problème d'investissement et de prise de décision;
- 2- Approche marginale et principaux modèles économiques;
- 3- Diagramme de décision et règles de décision;
- 4- Critères économiques retenus.

1- LA TORDEUSE: PROBLEME D'INVESTISSEMENT ET DE PRISE DE DECISION

La décision d'arroser est une décision d'investissement, pour deux raisons. D'une part, en raison du budget limité, il s'agit de l'allocation optimale de ressources limitées en vue de la satisfaction de besoins futurs en matière ligneuse et d'autres utilisations de la forêt. D'autre part, il existe une période de temps entre le déboursé initial (coûts des arrosages) et le maintien de la productivité à long terme. Il s'agit de sacrifier un déboursé immédiat (achat d'insecticide, location d'avions et d'équipement, engagement de personnel, etc.) dans le but de maintenir la productivité à long terme de la forêt (source de bois pour l'industrie, etc.). Il faut non seulement évaluer la rentabilité globale du projet en tenant compte d'un taux d'escompte minimum prédéterminé, mais aussi évaluer les neuf alternatives ou choix d'arrosages mentionnés antérieurement. Il est nécessaire dans cette analyse de classer ces choix par priorité, par rapport aux objectifs des personnes et organismes qui sont impliqués dans la décision d'accepter ou de refuser le programme d'arrosage (utilisateurs et gouvernements en général). Cette classification des choix doit se faire à partir de critères économiques acceptables.

2- APPROCHE MARGINALE ET PRINCIPAUX MODELES ECONOMIQUES

La recherche de la solution la plus rentable au problème des arrosages contre la Tordeuse est basée sur la notion de la marge, en ce sens que le déboursé additionnel (coût des arrosages) doit être compensé par un revenu additionnel. Le point d'équilibre est le point où le coût additionnel est égal au revenu additionnel. En bas de ce

point, le coût additionnel est inférieur aux bénéfices encourus (valeur des dommages évités à la forêt par les arrosages) de sorte qu'il y a avantage dans un tel cas à investir plus dans l'opération. Au dessus du point d'équilibre, le coût additionnel est trop élevé par rapport aux avantages du traitement.

Le modèle économique général est le suivant:

$$C_0 \leq R_0$$

où

C_0 = déboursé marginal de l'opération, ramené au temps zéro, pour chaque option;

R_0 = revenu marginal de l'opération, ramené au temps zéro, pour chaque option; c'est-à-dire le volume de bois épargné, multiplié par la valeur du bois sur pied.

En d'autres mots, il s'agit de vérifier cette équation pour chaque option d'arrosage, en termes de valeurs directes, indirectes et totales et pour certains taux d'escompte.

Les principaux autres modèles économiques utilisés dans l'étude sont les suivants:

1- C_0 maximum = R_0 (par option et pour les valeurs directe, indirecte et totale):

La valeur actualisée du déboursé total maximum pour fins d'arrosage au cours de l'épidémie de dix ans est égale à la valeur des dommages évités au cours des quarante ans.

2- Bénéfice net annuel moyen à l'acre:

$$BAN = \left[\frac{VPN}{(1+K)^L} \right] \left[\frac{K}{(1+K)^L} - 1 \right]$$

(par option et pour les
valeurs directe, indi-
recte et totale)

où

BAN = bénéfice annuel net moyen à l'acre

VPN = valeur présente nette à l'acre.

K = taux d'escompte

L = nombre d'années,

c'est-à-dire que le bénéfice net annuel moyen à l'acre des arrosages est équivalent à un revenu net annuel, durant quarante ans, résultant d'un actif (annuité) dont la valeur actualisée est égale à VPN .

3- Taux interne de rendement sur investissement:

$$TIR = K \text{ pour lequel } C_0 = R_0$$

où

TIR = taux interne de rendement sur investissement.

Le taux de rendement interne sur investissement est le taux d'escompte pour lequel la valeur présente des coûts est égale à la valeur présente des revenus. Un projet est accepté si le taux de rendement est supérieur au coût du capital.

4- Maximisation de la valeur présente nette:

Cette valeur doit être positive pour qu'un projet soit acceptée. Le choix entre deux projets se fait en faveur de celui ayant la plus grande valeur présente nette.

$$R_0 - C_0 \geq 0$$

5- Rapports bénéfices-coûts.

$$\bar{R}_0/C_0 \geq 1$$

Le rapport bénéfices-coûts d'un projet ou d'une option doit être supérieur ou égal à l'unité, sinon le projet est rejeté.

3- DIAGRAMME DE DECISION ET REGLES DE DECISION

L'application de l'approche marginale utilisée dans cette étude peut se résumer sous forme d'un diagramme (figure 3) montrant les diverses étapes de la décision. Ces étapes présupposent la disponibilité des données suivantes: taux d'escompte choisis, cédule des coûts de contrôle et cédule des dommages évités par l'arrosage.

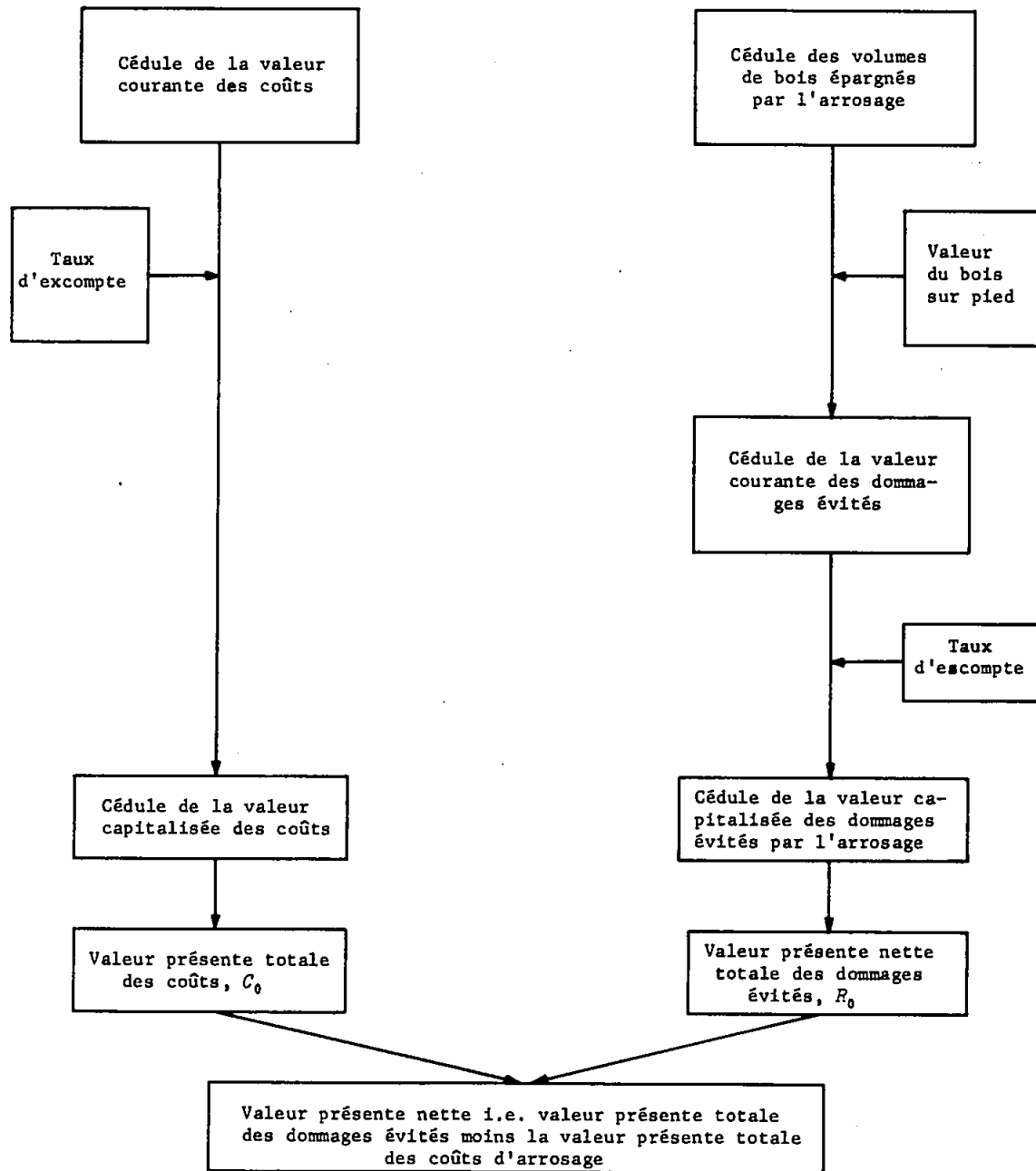
Selon la figure 3, il s'agit d'une part, de calculer la cédule des valeurs courantes et capitalisées des coûts d'arrosage sur dix ans et à divers taux d'escompte par option et, d'autre part, de calculer la cédule des volumes de bois épargnés et la cédule des valeurs courantes et capitalisées sur quarante ans des dommages évités par l'arrosage et à divers taux d'escompte par option. La valeur présente nette est obtenue en soustrayant la valeur présente totale des coûts de la valeur présente totale des dommages évités.

Les règles de décisions sont les suivantes:

- 1- La valeur présente totale des coûts doit être inférieure ou égale à la valeur présente totale des dommages évités, c'est-à-dire $C_0 \leq \bar{R}_0$;
- 2- La valeur présente nette d'une option doit être positive et supérieure à celles des autres options, c'est-à-dire $VEN > 0$.

FIGURE 3

Diagramme montrant les étapes de la décision basée sur le critère de la valeur présente nette.



Règles de décision: $C_0 \leq R_0$
 $VPN > 0$

Dans le cas du critère du taux de rendement interne sur investissement, la règle de décision consiste à retenir une option si le taux est supérieur au taux d'escompte minimal. Quant au critère rapport bénéfices-coûts, la règle de décision consiste à exclure un projet lorsque ce rapport est inférieur à l'unité.

4- CRITERES ECONOMIQUES RETENUS DANS CETTE ETUDE

Même si le critère de la valeur présente nette est considéré comme le plus utile dans la présente étude, les critères du taux interne de rendement sur investissement et du rapport bénéfices-coûts sont également utilisés pour fins de comparaison. Ces trois critères sont tous acceptables parce qu'ils considèrent tous dans le temps les mouvements d'argent qui se produisent au cours de la durée d'un projet. Cependant, même si ces critères aboutissent à un même résultat lorsqu'il s'agit de déterminer si un projet donné est acceptable ou non, ils peuvent différer quant à l'ordre de préférence dans le cas du choix entre plusieurs options.

CHAPITRE V

RESULTATS DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

Un très court résumé des résultats de l'étude de rentabilité du programme de lutte contre la Tordeuse au Québec apparaît aux tableaux 6 à 11 présentés ci-dessous. A un taux d'escompte de 8 p. 100 et en valeurs totales (bénéfices directs et indirects), les options 1, 2, 7 et 3 sont préférables dans cet ordre (tableau 6). On remarque qu'en termes de rentabilité directe et d'un taux minimum d'escompte de 8 p. 100, seules les options 3, 6 et 7 sont rentables économiquement (tableau 7). Les tableaux 8 et 9 comparent les options à l'aide du critère économique rapport bénéfices-coûts. Par exemple, à un taux de 8 p. 100 et en termes de rentabilité directe, les trois premiers choix sont les options 3, 6 et 7 respectivement (tableau 8). Au point de vue de la rentabilité totale, toutes les options sont acceptables quel que soit le taux d'escompte retenu (tableau 9). Les tableaux 10 et 11 comparent les options à l'aide du critère économique appelé taux interne de rendement sur investissement. En valeurs directes et à un taux d'escompte de 8 p. 100, les trois meilleurs choix sont les options 3, 6 et 7 respectivement (tableau 10).

TABLEAU 6

Valeurs présentes nettes totales des options en fonction des taux d'escompte et d'une valeur du bois sur pied de \$3.64 par cunit (\$1.30/m³) pour le sciage et de \$5.88 par cunit (\$2.10/m³) pour la pâte

Option d'arrosage	Taux d'escompte					
	2%	4%	6%	7%	8%	10%
1	\$ 663 552 092	\$ 411 691 822	\$ 265 445 226	\$ 215 989 570	\$ 177 179 496	\$ 121 875 853
2	602 977 356	378 668 418	247 997 598	203 666 518	168 792 600	118 892 934
3	533 442 155	336 115 311	221 012 542	181 914 782	151 130 065	107 017 642
4	296 103 277	182 327 959	116 401 073	94 153 419	76 722 448	51 950 123
5	272 198 653	170 058 243	110 648 183	90 523 714	74 710 702	52 128 841
6	243 428 784	152 773 570	99 956 134	82 036 459	67 939 582	47 770 202
7	545 693 109	343 074 683	224 922 670	184 804 116	153 225 688	107 002 612
8	252 689 420	158 326 771	103 360 837	84 717 226	70 054 349	49 084 758

TABLEAU 7

Valeurs présentes nettes directes des options en fonction des taux d'escompte et d'une valeur du bois sur pied de \$3.64 par cunit (\$1.30/m³) pour le sciage et de \$5.88 par cunit (\$2.10/m³) pour la pâte

Valeurs présentes nettes en dollars

Option d'arrasage	Taux d'escompte					
	2%	4%	6%	7%	8%	10%
1	\$ 13 162 050	\$ - 4 055 816	\$ -12 818 345	\$ -15 365 949	\$ -17 117 238	\$ -19 018 810
2	29 805 053	12 935 172	3 763 702	870 768	- 1 275 444	- 4 038 796
3	32 651 650	17 131 979	8 479 390	5 674 193	3 544 877	683 131
4	1 988 053	- 5 403 194	9 020 183	10 016 565	-10 663 322	-11 261 482
5	11 282 826	3 830 315	142 516	1 367 447	- 2 258 335	- 3 360 077
6	13 662 196	6 663 827	2 807 045	1 572 426	645 073	- 576 962
7	29 379 685	13 728 004	5 111 601	2 358 883	295 821	- 2 408 976
8	12 070 103	4 940 569	1 063 124	- 156 619	- 1 058 671	- 2 210 709

TABLEAU 8

Rapports bénéfices-coûts des options en fonction des taux d'escompte et de la valeur du bois sur pied seulement

Rapports bénéfices-coûts

Options Taux d'escompte		1	2	3	4	5	6	7	8
Valeur du bois sur pied: \$3.64/cunit (\$1.30/m ³) pour le bois de sciage et \$5.88/cunit (2.10/m ³) pour le bois à pâte	2%	1.27	2.23	3.25	1.08	1.85	2.71	2.53	2.14
	4%	0.90	1.60	2.33	0.76	1.32	1.94	1.79	1.52
	6%	0.67	1.19	1.73	0.56	0.98	1.44	1.33	1.12
	7%	0.58	1.05	1.52	0.49	0.86	1.26	1.16	0.98
	8%	0.51	0.92	1.34	0.43	0.76	1.11	1.02	0.86
	10%	0.41	0.74	1.07	0.34	0.60	0.88	0.81	0.68

TABLEAU 9

Rapports bénéfices coûts des options en fonction des taux d'escompte, de la valeur du bois sur pied et des bénéfices-indirects

Rapports bénéfices-coûts

Options Taux d'escompte		1	2	3	4	5	6	7	8
Valeur du bois sur pied: \$3.64/cunit (\$1.30/m ³) pour le bois de sciage et \$5.88/cunit (\$2.10/m ³) pour le bois à pâte	2%	14.80	25.97	37.82	12.52	21.50	31.56	29.39	24.91
	4%	10.53	18.62	27.07	8.90	15.39	22.55	20.86	17.67
	6%	7.80	13.90	20.17	6.59	11.46	16.77	15.44	13.00
	7%	6.81	12.18	17.66	5.75	10.03	14.67	13.47	11.40
	8%	6.00	10.76	15.60	5.06	8.86	12.94	11.86	10.03
	10%	4.77	8.62	12.47	4.02	7.07	10.31	9.43	7.97

TABLEAU 10

Taux interne de rendement sur investissement (valeurs directes seulement), les options étant basées sur une valeur de \$3.64 par cunit (\$1.30/m³) pour le bois de sciage et de \$5.88 par cunit (\$2.10/m³) pour le bois à pâte

Options							
1	2	3	4	5	6	7	8
3.4%	7.4%	10.7%	2.3%	5.9%	8.9%	8.2%	6.9%

TABLEAU 11

Taux interne de rendement sur investissement (valeurs directes et indirectes), les options étant basées sur une valeur de bois sur pied de \$3.64 par cunit (\$1.30/m³) pour le bois de sciage et \$5.88 par cunit (\$2.10/m³) pour le bois à pâte

Options							
1	2	3	4	5	6	7	8
37.8%	64.4%	85.5%	31.1%	50.5%	63.3%	68.7%	58.5%

Finalement, toutes les options d'arrosage sont acceptables en termes de rentabilité totale, quel que soit le taux d'escompte utilisé; le taux de rendement dépasse même le taux d'escompte de 10 p. 100 (tableau 11).

CONCLUSION

En termes de valeurs directes, cette étude conclut que les options 3, 6 et 7 sont économiquement acceptables. Mais finalement, l'option 7 est retenue comme recommandation générale parce qu'elle constitue un compromis en termes de rentabilité et de risque par rapport au succès des opérations d'arrosage. En effet, les pulvérisations aériennes récentes démontrent que l'arrosage durant deux années consécutives (option 7) assure une plus grande protection que le même arrosage effectué selon un intervalle de temps entre les opérations. De plus, selon les options 3 et 6, le risque est trop élevé lorsque les pulvérisations aériennes effectuées tous les trois ans ne sont pas un succès complet sur le plan technique.

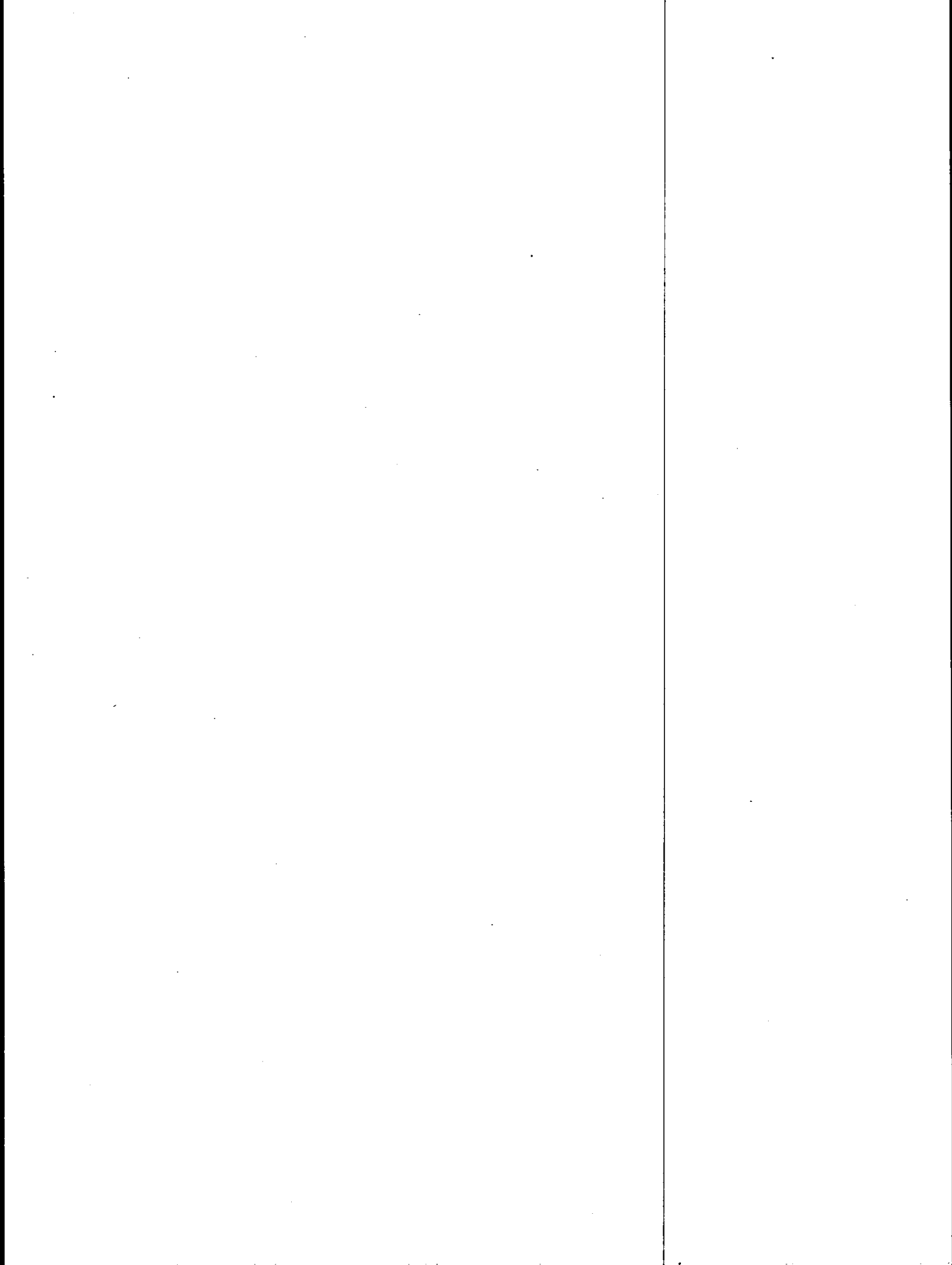
Pour le programme actuel d'arrosage aérien contre la Tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec, on recommande l'option 7 qui consiste en un arrosage de tous les peuplements résineux et mélangés durant deux années suivies d'une période de deux années sans arrosage. Le premier arrosage doit avoir lieu à la deuxième année de défoliation sévère.

Cette option est économiquement et biologiquement acceptable parce que le point de non retour se situe après la troisième année de défoliation sévère.

Même si cette étude ne considère que la matière ligneuse, elle constitue un point de départ pour d'autres études plus détaillées dans lesquelles les aspects sociaux et esthétiques pourraient être analysés en même temps que les valeurs économiques.

BIBLIOGRAPHIE

- DORION, P., 1958, *Aspects économiques de la prolongation des arrosages contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans la forêt gaspésienne*. 81 p. et cartes. Thèse de baccalauréat à la faculté de foresterie et géodésie de l'université Laval, Québec, Canada.
- LUSSIER, L.-J. et G. TARDIF, 1969, *Etude des problèmes liés à l'utilisation optimale des ressources des petites forêts privées du Québec*. Rapport soumis au ministère des Terres et Forêts du Québec. 205 p. Québec, Canada.
- MARTY, R., 1972, *Benefit-cost analysis in natural resource administration. Material prepared at Michigan State University*. 52 p.
- McLINTOCK, T.F., 1955, *How damage to balsam fir develops after a spruce budworm epidemic*. Northeastern Forest Experiment Station, U.S.D.A., Forest Service. Station paper 75.
- NADEAU, J.-P., R. MARTINEAU, J.-L. BOIVIN et M. PELLETIER, 1972, *Etude 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 non publié. Service de la recherche du ministère des Terres et Forêts du Québec. Québec, Canada. 350 pp.
- NADEAU, J.-P., 1973, *La Tordeuse des bourgeons de l'épinette: problème de décision économique*. Le Papetier, 10^e année, n° 2, avril. Conseil des Producteurs des Pâtes et Papiers du Québec. Québec, Canada.
- WILSON, D.A., 1966, *Benefit-cost analysis, spruce budworm spraying program, New Brunswick 1960 outbreak*. Unpublished Report. Canadian Department of Forestry. Ottawa, Canada. 19 pp.





Éditeur officiel du Québec
Imprimé au Québec