

ÉVALUATION DES IMPACTS POTENTIELS DE LA RÉCOLTE DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE

LE GROUPE DRYADE



Énergie
ENFOR
de la Forêt

EVALUATION DES IMPACTS POTENTIELS
DE LA RECOLTE DE LA BIOMASSE FORESTIERE

LE GROUPE DRYADE

Projet ENFOR P-95

Rapport d'information LAU-X-45

Août 1980

Centre de Recherches Forestières des Laurentides

Service Canadien des Forêts

Ministère de l'Environnement

1080, Route du Vallon

Sainte-Foy, Québec

G1V 4C7

AVANT-PROPOS

ENFOR est l'acronyme bilingue du programme de recherche et de développement en matière d'ENergie FORestière (ENergy from the FORest) du Service canadien des forêts, qui vise à s'assurer les connaissances et la compétence technique nécessaires afin de favoriser une forte augmentation de la contribution, à moyen et à long terme, de la biomasse forestière à la production d'énergie primaire de notre pays. Ce programme s'inscrit dans le cadre d'une entreprise beaucoup plus vaste du gouvernement visant à promouvoir le développement et l'utilisation de l'énergie renouvelable dans le but de réduire notre dépendance à l'égard du pétrole et des autres sources énergétiques non renouvelables.

Les projets d'ENFOR sont sélectionnés parmi une série de propositions présentées par des organisations de recherche privées et publiques, selon le bien-fondé scientifique et technique de chacune et à la lumière des objectifs et des priorités du programme. Quelle que soit l'origine de la proposition, les projets sont surtout réalisés par contrat. Des informations additionnelles sur le programme ENFOR peuvent être obtenues en s'adressant au:

Secrétariat ENFOR
Service canadien des forêts
Ministère de l'Environnement
Ottawa (Ont.)
K1A 1G5

... ou au directeur de l'établissement d'où provient le présent rapport.

Ce rapport-ci, qui découle du projet ENFOR P-95, a été préparé à contrat (dossier du MAS 09SD-KL004-9-C-12) par le Groupe Dryade et plus particulièrement par Gil Lambany, ing.f. et Jean-Louis Blouin, ing.f., D. Sc. Il constitue une synthèse du rapport complet soumis par l'entrepreneur et intitulé "Etude exploratoire concernant les impacts potentiels liés à une récolte de la biomasse forestière: Revue de la littérature et stratégie de recherche".

Le rapport original, rédigé en français, est disponible pour consultation en s'adressant au Centre de Recherches Forestières des Laurentides à Sainte-Foy.

Le présent rapport a été révisé par un certain nombre de personnes qui en ont approuvé le contenu général. Cependant, deux aspects méritent d'être soulignés. Le premier est l'absence dans les matrices et les organigrammes d'éventuels impacts positifs découlant de la récolte de la biomasse forestière. C'est ainsi que le fait de débarrasser le parterre de coupe des résidus d'exploitation peut avoir un effet positif sur la régénération. L'absence de déchets de coupe pourra également avoir un impact positif lors de travaux sylvicoles ultérieurs, qu'il s'agisse de scarifiage ou de plantation. Le second aspect est la très grande importance qui a été accordée à l'érosion, principalement parce qu'elle se situe dans l'organigramme global proposé à l'origine de plusieurs impacts majeurs.

Il faut d'autre part noter qu'une terminologie plus adéquate aurait pu être utilisée pour les expressions "plans d'eau" et "débit de l'eau" lorsqu'il s'agit spécifiquement de "cours d'eau" et de "débit de pointe".

RESUME

Une stratégie d'étude d'impacts de la récolte de la biomasse forestière sur l'environnement est développée. On prévoit que l'érosion se trouvera à l'origine de nombreux impacts négatifs associés à l'extraction de la biomasse. A partir des opérations liées à l'extraction de la biomasse forestière, les impacts primaires sur le climat, l'eau, le sol, la faune et la végétation sont décrits. A ces impacts primaires est associée une série d'impacts secondaires probables. Les interrelations entre les opérations initiales de récolte, les impacts primaires et secondaires sont analysées par le biais des matrices de Léopold et CNYR. Un organigramme global d'interrelations est également construit. De plus, en fonction de la ressource envisagée, plusieurs organigrammes thématiques sont proposés. Ces derniers identifient les variables qui sont à l'origine des impacts négatifs majeurs et qui devront donc être contrôlées prioritairement. Enfin, des mesures de mitigation sont envisagées et leur efficacité probable est analysée.

ABSTRACT

A comprehensive approach is developed for impact studies of biomass harvesting on the environment. Erosion, which may result from biomass removal, may cause several negative impacts. Primary impacts of biomass harvesting on climate, water, soil, wildlife and vegetation are described. Several secondary impacts are then associated to these primary impacts. Interrelations between harvesting operations, primary and secondary impacts are analysed with Leopold's and CNYR matrices. A global flow-chart of interrelations is also constructed. Furthermore, several specific flow-charts are proposed for the different resources. These latter identify the variables from which the major negative impacts are taken and thus which should be controlled first. Mitigations are proposed and their probable efficiency is analysed.

Québec, le 4 août 1980

Dr. Gilles Frisque
Centre de recherches
forestières des Laurentides
Service canadien des forêts
C.P. 3800
Sainte-Foy, P.Q.
G1V 4C7

Référence : Contrat Enfor P-95.

Monsieur,

Vous trouverez ci-joint une version abrégée du rapport complet intitulé "Etude exploratoire concernant les impacts potentiels liés à une récolte de la biomasse forestière - Revue sélective de la littérature - Stratégie de recherche" effectué par le Groupe Dryade Ltée suivant les termes du contrat 09SD-KL004-9-C-012 de Approvisionnements et Services Canada.

En espérant que le tout sera à votre satisfaction, veuillez agréer, monsieur, l'expression de nos sentiments les plus distingués.

LE GROUPE DRYADE LTEE.

JLB/lm

p.j.

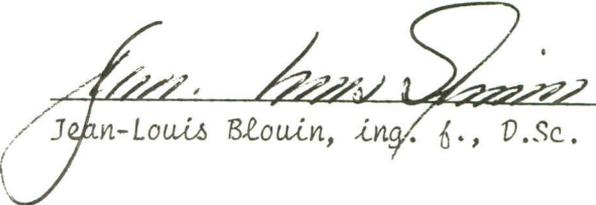

Jean-Louis Blouin, ing. f., D.Sc.

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : CONSTRUCTION DES MATRICES	
1.1- Sémantique	3
1.2- Cheminement	3
1.2.1- Revue bibliographique sélective	4
1.2.2- Matrice de corrélations simples	5
1.2.3- Matrice CNYR	8
1.2.4- Modalités d'utilisation et interprétation de la matrice CNYR	9
CHAPITRE 2 : ORGANIGRAMME D'INTERRELATIONS	
2.1- Construction de l'organigramme d'interrelations	15
2.2- Mesures de mitigation	17
2.2.1- Mesures de mitigation s'appliquant aux routes et aux sentiers	17
2.2.2- Mesures de mitigation s'appliquant à l'utili- sation des résidus de coupe	18
2.2.3- Mesures de mitigation s'appliquant à la saison de récolte	19
2.2.4- Mesures de mitigation s'appliquant à la longueur de la rotation	19
CHAPITRE 3 : ORGANIGRAMMES THEMATIQUES	
3.1- Condensation des groupes de variables	22
3.2- Tableaux synthèses et recherche des variables critiques affectant les six écoindicateurs lors d'une récolte de la biomasse forestière	23
3.2.1- Impact de la récolte de la biomasse forestière sur la difficulté de régénération	23
3.2.2- Impact de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution ou l'augmentation de la flore aquatique	26
3.2.3- Impact de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution de la faune avienne	28
3.2.4- Impact de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution du nombre des petits mammi- fères, de leurs abris et de leur nourriture	31
3.2.5- Impact de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution des poissons, des frayères et de la qualité de l'habitat	33

	<u>PAGE</u>
3.2.6- Impact de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution des abris et de la nourriture des ongulés	33
CHAPITRE 4 : STRATEGIES, MONITORING ET VARIABLES IMPLIQUES DANS LE SUIVI DES IMPACTS POTENTIELS SUITE A LA RECOLTE DE LA BIOMASSE FORESTIERE	
4.1- La végétation	39
4.2- L'eau	39
4.3- Les sols	41
4.4- La fertilité des sols	42
4.5- Les propriétés physico-chimiques des plans d'eau	42
4.6- La faune	42
4.6.1- L'avifaune	42
4.6.2- Les mammifères	43
4.6.2.1- Les micromammifères	43
4.6.2.2- Les mammifères de taille moyenne	44
4.6.2.3- Les carnivores	44
4.6.2.4- Les gros mammifères	46
4.6.2.5- L'ichtyofaune	46
CONCLUSION	47
ANNEXE I : Matrice des impacts et matrice des mesures de mitigation Exploitation forestière conventionnelle et récolte de la biomasse forestière	
ANNEXE II : Interrelations des impacts potentiels Intensité des impacts primaires et des impacts secondaires. Récolte de la biomasse forestière	
ANNEXE III : Organigramme des variables bio-physiques du milieu forestier affectées par la récolte de la biomasse forestière (Organigramme d'interrelations)	

LISTE DES FIGURES

	<u>PAGE</u>
Figure 1 : Etapes du cheminement	4
Figure 2 : Modalités d'utilisation de la matrice CNYR	9
Figure 3 : Schéma montrant le cheminement d'un impact indirect majeur	16
Figure 4 : Schéma montrant le cheminement d'un impact indirect mineur	16
Figure 5 : Regroupement de deux variables à l'intérieur d'un bloc synthèse (bloc 1)	22
Figure 6 : Regroupement de trois variables à l'intérieur d'un bloc synthèse (bloc 2)	22
Figure 7 : Organigramme thématique des impacts de la récolte de la biomasse forestière affectant la régénération	24
Figure 8 : Organigramme thématique des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution ou l'augmentation de la flore aquatique	27
Figure 9 : Organigramme thématique des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution de la faune avienne	29
Figure 10 : Organigramme thématique des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution du nombre des petits mammifères, de leurs abris et de leur nourriture	32
Figure 11 : Organigramme thématique des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution des poissons, des frayères et de la qualité de l'eau	34
Figure 12 : Organigramme thématique des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution des abris et de la nourriture des ongulés	36
Figure 13 : Approche intégrée dans l'étude des différentes composantes bio-physiques du milieu lors d'une récolte complète de la biomasse forestière	38
Figure 14 : Variables impliquées dans le suivi des impacts potentiels suite à la récolte de la biomasse forestière (végétation, eau, sols, fertilité des sols et propriétés physico-chimiques des plans d'eau)	40
Figure 15 : Variables impliquées dans le suivi des impacts potentiels suite à la récolte de la biomasse forestière (faune)	44

INTRODUCTION

Dans le contexte énergétique mondial actuel, la recherche de nouvelles sources d'énergie d'appoint s'avère pressante. Cette exploration tentera assurément de privilégier les formes renouvelables d'énergie et, parmi ces dernières, celles dont les technologies d'exploitation et de transformation leur permettront de concurrencer les formes d'énergie dites traditionnelles.

La forêt, et plus spécifiquement la biomasse forestière, pointe parmi les sources énergétiques qui s'avèrent les plus prometteuses. Dès lors, un nouveau concept forestier est apparu dans certains pays, soit la récupération totale de la biomasse forestière à des fins de production énergétique.

Cependant, cette nouvelle vocation de la ressource forestière n'est pas sans soulever toute une problématique, d'autant plus complexe que les variables impliquées sont diversifiées et interreliées.

Comme ces variables ne réagissent pas selon un scénario uniforme, elles ne revêtent pas toutes la même signification. L'urgence d'inclure de telles variables dans le cadre d'une étude de monitoring, visant à établir le bilan environnemental d'un traitement, diffère donc pour chacune d'elles.

En conséquence, il s'agit dans un premier temps de dégager, d'une part, les activités les plus marquantes de ce processus et, d'autre part, les variables prépondérantes affectées; c'est-à-dire celles qui demeurent les meilleures indicatrices du devenir du milieu naturel et autour desquelles s'articulent tout un ensemble de réactions en chaîne.

Jusqu'à présent, les éléments de réponse sont demeurés thématiques et sectoriels sans pour autant avoir apporté la preuve que les variables étudiées étaient déterminantes à la formulation d'un diagnostic global sûr.

Il est donc primordial de mettre en place une stratégie de recherches proportionnelle à l'envergure des composantes mises en cause. Un volet du programme ENFOR entame cette recherche et le présent mandat, couplé à d'autres étu-

des plus sectorielles poursuivies dans diverses régions du Canada, tente de dégager les orientations majeures d'un programme de recherche qui soit en mesure d'identifier et de quantifier les impacts les plus significatifs liés à l'exploitation de la biomasse forestière.

CHAPITRE 1

CONSTRUCTION DES MATRICES

1.1- Sémantique

Le terme "biomasse" définit la masse de matériel vivant dans un biotope donné. Si l'adjectif "forestière", qui lui est accolé, paraît avoir une connotation limitative, il vise avant tout à distinguer le genre de biomasse (forestière, agricole, marine, etc.). Aussi, l'expression "biomasse forestière" ne se limite-t-elle pas aux essences forestières commercialisables mais s'applique à l'ensemble des composantes botaniques du biotope. Elle inclut donc l'arbre en entier (tronc, branches, feuillage) tout en excluant, dans le présent contexte, la souche et les racines; elle comprend de plus l'ensemble des végétaux même si leurs propriétés technologiques font qu'ils sont généralement délaissés lors des coupes conventionnelles.

Dans le contexte de ce travail, la biomasse forestière exclut donc les animaux vivant en forêt. Cependant, ceux-ci sont évidemment inclus dans les impacts que la récolte de la biomasse forestière aura sur le milieu forestier. Quant au terme "récolte", il évoque bien l'envergure du traitement appliqué à la forêt et il possède une signification analogue à celle qui lui est donnée en agriculture. Ainsi, l'ensemble des strates, sans distinction de contenu, est prélevé.

Il s'agit là de l'élément le plus différentiel des deux modes d'exploitation; soit l'exploitation forestière conventionnelle et la récolte de la biomasse forestière.

1.2- Cheminement

L'objectif principal de l'étude consiste, suite à un dépouillement sélectif de la littérature portant sur les impacts potentiels découlant de la récolte de la biomasse forestière, à identifier les variables du milieu forestier les plus susceptibles d'être affectées par une récolte

de la biomasse forestière et à quantifier, si possible, l'importance des modifications dont elles sont l'objet. Cette première démarche devrait permettre de dégager les éléments d'un monitoring capable de rendre compte des impacts sur le milieu forestier découlant de la récolte de la biomasse forestière. Le scénario emprunté comprend six étapes identifiées à la figure 1.

Revue bibliographique sélective
Traitement
Matrice de corrélations simples (Léopold <i>et al.</i> , 1971) ¹
Matrice d'impacts CNYR (1972) ²
Organigramme des interrelations
Organigrammes simplifiés ou thématiques
Stratégie et modalités d'application

Figure 1 : Etapes du cheminement

1.2.1- Revue bibliographique sélective

Dans un premier temps, la recherche a été axée sur les impacts découlant de la récolte de la biomasse forestière. Rapidement, on devait se rendre compte que les résultats disponibles ne permettaient pas d'étayer solidement les étapes ultérieures tellement le concept est récent et les études menées, sectorielles.

¹Léopold, L.B. *et al.*, 1971. A procedure for evaluating environmental impact. Geological Survey Circ. 645, Washington, D.C., 13 p.

²Central New-York Regional Planning and Development Board (CNYR), 1972. Environmental Resources Management. Dep. of Housing and Urban Development, N.Y., 35p.

Une seconde démarche fut alors amorcée; elle visait à faire le bilan des impacts découlant d'opérations forestières conventionnelles. La valeur d'une telle démarche se fonde sur l'hypothèse que le traitement "récolte de la biomasse forestière" est de nature à intensifier les impacts attachés aux modes conventionnels d'exploitation.

Les monographies sur le sujet ont été largement mises à contribution. La recherche bibliographique a porté non seulement sur les variables sensibles mais également sur les mesures de mitigation propres à atténuer les impacts sur le milieu forestier.

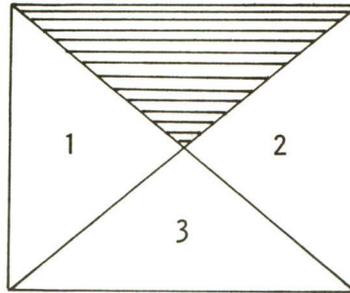
1.2.2- Matrice de corrélations simples (Léopold, *et al.*, 1971)

Cette matrice d'impacts offre l'avantage d'identifier plus aisément les impacts affectant certaines variables du milieu et découlant d'activités spécifiques reliées à l'exploitation forestière. La lecture de la matrice (annexe I) se fait à partir de deux axes; les activités humaines figurent en abcisse (axe horizontal) tandis que les variables du milieu apparaissent en ordonnée (axe vertical).

En se basant strictement sur l'information disponible dans la littérature, il a été possible d'identifier quelque 80 variables susceptibles d'être affectées au cours de l'une ou l'autre des activités reliées à la récolte de la biomasse forestière. Ces variables se regroupent autour de 23 composantes du milieu référant à six thèmes généraux qui sont le macroclimat, le microclimat, l'eau, le sol, la végétation et la faune. Quant aux activités, elles sont regroupées sous quatre opérations majeures: la construction de chemins, l'extraction de la ressource, le halage et la pollution. Certaines de ces activités ont dû être précisées davantage pour demeurer plus fidèle à la revue bibliographique.

L'exploitation de la matrice (annexe I) se fait par le recoupage d'un élément de l'environnement à une activité; l'intersection renseigne alors sur l'importance de l'impact.

La case située à l'intersection des deux axes fournit l'information sous la forme suivante:



- 1) Importance de l'impact de l'activité sur la variable du milieu dans le cadre d'une exploitation conventionnelle. L'importance est graduée selon une échelle de 1 à 10 (faible: 1 - forte: 10).
- 2) Importance de l'impact lié à un mode de récupération du type "récolte de la biomasse forestière". S'il y a référence bibliographique, l'importance de l'impact est notée comme en "1". Sinon, elle est estimée en termes plus généraux qui traduisent un impact égal, plus grand ou inférieur à celui noté en "1" pour un mode conventionnel.
- 3) Durée de l'impact. Lorsque la section "2" est quantifiée, l'évaluation de la durée s'applique à la récolte de la biomasse forestière; dans le cas contraire, elle doit être associée à un mode de récupération conventionnelle. On y distingue alors trois niveaux:
 - T : la durée de l'impact est dite "temporaire" lorsque l'impact se fait sentir sur une période inférieure à un an;
 - RC: La durée de l'impact est dite "relativement courte" lorsque l'impact se poursuit sur une période allant de 1 à 5 ans;
 - P : La durée de l'impact est dite "relativement longue ou permanente" lorsque l'impact se fait sentir sur une période supérieure à 5 ans.

Les quantifications apparaissant à la matrice d'impacts demeurent assujetties au jugement de l'observateur, dont la démarche est cependant balisée par l'information tirée de la littérature. De plus, l'évaluation se fait toujours dans les conditions d'opération les plus difficiles; ainsi, l'importance de l'impact touchant l'oxygène dissous est estimée au moment de la saison estivale lorsque cette valeur risque d'être la plus faible en même temps que la plus critique; la saison

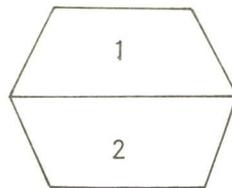
considérée est donc toujours celle qui est la plus déterminante vis-à-vis de la modification de la variable (l'automne et le printemps pour l'érosion par exemple).

L'information tirée de la revue de la littérature constitue l'unique source alimentant l'élaboration de la matrice; aussi, il ne faut pas associer nécessairement une case vide à une absence d'impact puisqu'il est possible que cela traduise plutôt le manque d'information dans la littérature.

De plus, il faut être conscient que la mesure de l'importance de l'impact demeure sectorielle et thématique et que comme telles, des valeurs identiques portant sur deux variables différentes ne signifient pas pour autant que l'impact est d'égale importance mais plutôt qu'il demeure important dans les deux cas. Ainsi, une cote 8 quantifiant les éléments nutritifs du sol n'a pas nécessairement la même intensité que la cote 8 accordée à la température de l'eau.

Parallèlement à cette première matrice, une démarche analogue a été suivie pour tenter d'identifier les mesures correctives susceptibles de réduire l'importance de l'impact (annexe I). Le mode de fonctionnement est identique; ainsi, l'axe horizontal porte l'identification des diverses mesures de mitigation envisageables alors que l'axe vertical s'applique aux variables du milieu.

La case située à l'intersection (mesure de mitigation et variables du milieu) contient une double information présentée sous la forme suivante:



A la partie supérieure, on note la facilité avec laquelle la mesure de mitigation peut être mise en place. Cette évaluation comprend trois niveaux:

- application facile
- application relativement facile
- ▲ application très difficile

On tient alors compte des caractéristiques du terrain, du type de machinerie à utiliser et du degré d'effort requis pour la mise en place de la mesure de mitigation.

Quant à la section inférieure, elle rend compte de l'efficacité de la mitigation en fonction de la variable à protéger. Trois niveaux sont alors utilisés:

- bonne
- moyenne
- ▲ faible

Malgré les limitations généralement associées à ce mode de traitement, il permet, comme nous le verrons au chapitre suivant, d'identifier les activités nécessitées par la récolte et les variables du milieu susceptibles d'en être affectées.

1.2.3- Matrice CNYR

L'avantage d'utiliser la matrice de Léopold est d'établir une relation de cause à effet entre une activité et une variable du milieu. Cette approche ne tient cependant pas compte des interrelations entre les diverses variables impliquées.

Ainsi par exemple, la construction d'un chemin peut avoir un effet sur les éléments nutritifs du sol et la D.B.O. (demande biologique en oxygène). Toutefois, aucun lien ne permet d'unir, à travers la matrice de Léopold, les deux variables. Il a donc fallu chercher un nouveau type de matrice qui permettrait de faire ressortir les interrelations en utilisant, en tout ou en partie, les informations de la matrice de Léopold. Une telle matrice a été conçue par le Central New-York Regional Planning

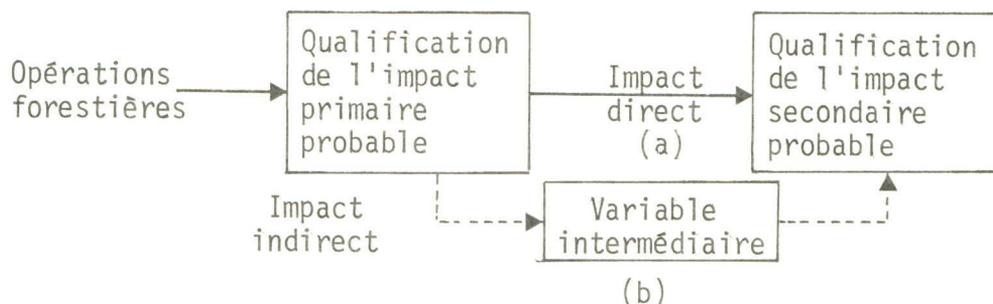
and Development Board (CNYR) en 1972. Cette méthode permet d'établir des liens directs entre les impacts secondaires découlant d'impacts primaires.

Il devient alors possible d'identifier les variables-clés et, en les contrôlant, d'agir sur le devenir des variables dépendantes. Néanmoins, les évaluations demeurent qualitatives, et le traitement ne tient compte que des impacts négatifs. Il fait également abstraction de la notion de temps contrairement à la matrice de Léopold.

1.2.4- Modalités d'utilisation et interprétation de la matrice CNYR

La lecture de la matrice (Annexe II) suit le cheminement schématisé à la figure 2. La matrice est conçue de telle façon que la lecture doit obligatoirement s'effectuer à partir de l'axe vertical qui identifie les impacts primaires et déboucher sur l'axe horizontal, qui identifie les impacts secondaires.

Figure 2. Modalités d'utilisation de la matrice CNYR.



Au départ donc, une opération forestière cause un impact sur une variable du milieu. Cette dernière peut à son tour causer un impact direct (majeur ou mineur) sur une autre variable (a) ou un impact indirect (majeur ou mineur) sur cette même variable mais par le biais d'une variable intermédiaire (b) (figure 2). Visuellement sur la matrice (annexe II), cinq sigles sont utilisés:

-  : Impact majeur direct
-  : Impact mineur direct
-  : Impact indirect majeur par l'intermédiaire du chiffre * indiqué dans le carré
-  : Impact indirect mineur par l'intermédiaire du chiffre * indiqué dans le carré
-  : Impact indirect majeur (chiffre du haut) et impact indirect mineur (chiffre du bas).

* Le chiffre identifie la variable intermédiaire correspondant au numéro de la ligne.

La procédure peut être illustrée par les trois exemples suivants. Ainsi, les coupes forestières causent une augmentation de l'insolation (ligne 5) (annexe II). Celle-ci a un impact majeur direct qui consiste en une augmentation de la température de l'air (intersection ligne 5 et colonne 1). Par contre, les mêmes opérations forestières créent une augmentation de l'acidité du sol (ligne 21). Cette augmentation a un impact direct mineur sur l'augmentation de la conductivité (intersection ligne 21 et colonne 9).

D'un autre côté, l'érosion selon la pente du terrain (ligne 22) a un impact majeur indirect sur l'augmentation de la sédimentation (colonne 13) par l'intermédiaire d'une augmentation de la turbidité de l'eau (ligne 7) (elle-même ayant un impact direct majeur sur la sédimentation).

De même, l'élimination de la végétation (ligne 26) produit un impact indirect mineur sur l'humidité du sol (colonne 18) par l'intermédiaire de la variable "vent" (ligne 4).

Il faut remarquer que toutes les variables figurant en ordonnée sont traitées à égalité ce qui n'était pas le cas dans la matrice de Léopold. Ce désavantage est cependant contrebalancé par l'emploi d'interrelations qui reçoivent une certaine qualification (utilisation des termes "mineur" et "majeur").

Quelques cas particuliers doivent aussi être mentionnés. Deux chiffres peuvent en effet apparaître dans une même case, comme à l'intersection de la ligne 22 et de la colonne 14. Ceci signifie que l'érosion selon la pente du terrain entraîne une diminution de la perméabilité par l'intermédiaire de deux variables, soit les variables 28 et 20. De plus, certaines cases possèdent deux chiffres séparés par une diagonale. Cette situation signifie par exemple, dans le cas de l'intersection de la ligne 33 et de la colonne 9, que l'augmentation de l'activité des actinomycètes a un impact indirect majeur sur la conductivité par l'intermédiaire de la variable 10 (augmentation des éléments nutritifs dans l'eau) et un impact indirect mineur par l'intermédiaire de la variable 21 (augmentation de l'acidité du sol). Dans le cas de chevauchement dans la même case d'impacts direct et indirect, le plus important, soit l'impact direct, est retenu.

Les entrées de la matrice CNYR (annexe II) ont été faites là où l'information était qualifiable à partir des données de base recueillies dans la matrice de Léopold. Cependant une certaine partie des interrelations entre les variables doit être établie à partir de lois physiques, biologiques, chimiques et microbiologiques bien définies. Par rapport à la matrice Léopold, la matrice CNYR nous permet donc de mieux situer les interrelations inhérentes à un écosystème.

En ce qui concerne la densité de l'information, deux points sont à noter. D'abord les informations ou interrelations pertinentes aux cinq premières entrées verticales (climatologie à l'annexe II) sont très clairsemées et reflètent assez bien le peu d'informations accumulées

dans la matrice Léopold. Deuxièmement, nous notons qu'au fur et à mesure que l'on monte dans la chaîne trophique, les interrelations deviennent plus nombreuses et plus complexes.

Sur l'axe horizontal de la matrice CNYR, les zones de forte densité de l'information se retrouvent autour de la sédimentation, de l'érosion et du sol en général. L'élimination de la végétation arborescente et arbustive ainsi que de certaines strates muscinales et herbacées a aussi une assez grande importance sur le plan du nombre d'entrées.

Du point de vue qualitatif, les variables causant le plus d'impacts directs sont dans l'ordre: l'élimination de la végétation arborescente et arbustive, l'érosion selon la pente du terrain et la diminution de l'horizon organique de surface. L'effet de ces impacts est cependant distribué différemment pour chaque variable.

En ce qui concerne les impacts indirects, ils agissent par le biais de différents facteurs ou variables. Ainsi, pour le macro et le microclimat, les impacts indirects agissent surtout par le biais du niveau de la nappe phréatique (17), de la diminution de l'humidité du sol (18), de l'augmentation de la température de l'eau (8), de l'érosion selon la texture du sol (23) et de l'augmentation de la température du sol (16). Les variables reliées à l'eau comme impact primaire entraînent une plus grande variabilité dans les impacts indirects. Cependant l'augmentation de l'activité des microorganismes (33), l'érosion selon la pente (22), la diminution de la perméabilité du sol (14) et l'augmentation des éléments nutritifs dans l'eau (10) sont des facteurs conduisant plus souvent à des impacts indirects. Pour le sol, il faut séparer au départ le bloc érosion des autres variables. En fait, l'érosion selon la texture (23), le drainage du sol (24) et la position sur la pente (25) gravitent autour de l'érosion selon la pente (22) pour leurs impacts secondaires probables (impacts indirects). Pour les huit autres entrées (14 à 21), les impacts directs sont surtout centrés autour de l'élimination locale de certaines espèces de strates muscinales et herbacées (28) et de la difficulté de régénération (27). Pour l'entrée faune, flore et végétation, les in-

formations sont assez clairsemées; cependant le nombre d'impacts directs majeurs est assez élevé. Les impacts indirects majeurs se font surtout sentir par le biais de la diminution de l'horizon organique (20) et de l'érosion selon la pente du terrain (22).

Bien que les conclusions tirées à partir de cette matrice permettent de décomposer à l'intérieur d'une case une relation entre deux variables, le cheminement reste trop séquentiel et parcellaire.

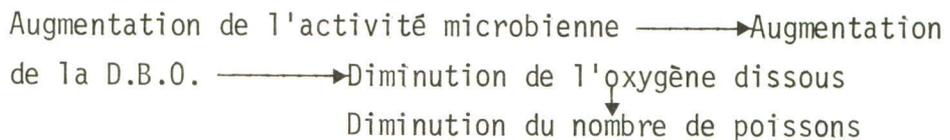
La lecture ligne par ligne de la matrice CNYR nous donne des éléments importants sur l'interrelation entre différentes variables mais il est possible de pousser plus loin l'approche synoptique à partir des informations ponctuelles contenues dans la matrice. En y regardant de plus près, la matrice peut s'assimiler à un organigramme décomposé en groupes de variables. Prenons l'exemple simple suivant, à suivre sur la matrice CNYR (annexe II):

La diminution de l'oxygène dissous (ligne 12) a un impact majeur direct sur la diminution du nombre de poissons (colonne 31).

L'augmentation de la D.B.O. (ligne 11) a un impact majeur direct sur la diminution de l'oxygène dissous (colonne 12).

L'augmentation de l'activité microbienne (ligne 33) a un impact majeur direct sur l'augmentation de la D.B.O. (colonne 11).

Ces trois relations sont directes; en les regroupant nous obtenons le cheminement suivant:



Il est donc possible à partir des multiples interrelations établies dans la matrice CNYR d'établir un organigramme global d'impacts. Ce but ultime est de permettre d'élaborer plus facilement des stratégies en fonction de variables-clés extraites de l'organigramme. La matri-

ce CNYR devient donc un intermédiaire entre la matrice Léopold et l'organigramme global d'interrelations.

Il est important de mentionner qu'il est possible à partir de la matrice CNYR de retourner à la matrice de Léopold afin d'extraire les informations que la matrice CNYR ne peut nous donner. Il suffit alors de prendre la variable désirée et de l'associer à une action causant un impact sur le milieu. Les quantifications et l'échelle de temps peuvent alors être extraites de la matrice de Léopold.

CHAPITRE 2

ORGANIGRAMME D'INTERRELATIONS

2.1- Construction de l'organigramme d'interrelations

L'organigramme d'interrelations rassemble les variables bio-physiques du milieu forestier affectées par la récolte de la biomasse forestière. Cet organigramme global est bâti à partir des informations contenues dans la matrice CNYR (annexe II). Ces informations sont prises ligne par ligne en rattachant les variables les unes aux autres et en identifiant le type d'interactions et d'impacts qui les unissent. Le regroupement de ces informations constitue l'organigramme d'interrelations que l'on pourrait également qualifier d'organigramme de base ou encore organigramme global. Il est présenté à l'annexe III. Cet organigramme reflète non seulement la complexité des relations qui existent entre différentes variables mais il permet également d'évaluer la "faisabilité" d'amoindrissement de certains impacts négatifs en fonction de diverses contraintes.

L'organigramme d'interrelations ne peut pas être considéré comme parfait. Il permet cependant d'obtenir une vue d'ensemble du problème potentiel que pourrait présenter une récolte de la biomasse forestière. En constituant un tableau synthèse, il permet de plus d'identifier, à partir d'une modification d'une variable du milieu, la somme des impacts directs et indirects sur les autres variables de ce milieu.

L'illustration de l'organigramme d'interrelations est assez simple (voir annexe III):

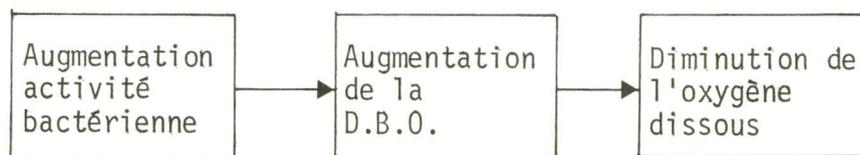
- 1- Une flèche pleine indique un impact majeur direct.
Une flèche pointillée indique un impact mineur direct.
- 2- Les impacts majeurs indirects sont reliés par l'intermé-

diaire d'une variable. Cette dernière est reliée par des flèches pleines. Les impacts mineurs indirects qui agissent aussi par l'intermédiaire d'une variable sont identifiés par une flèche pleine et une pointillée (ou l'inverse) ou deux flèches pointillées.

- 3- Un cadre relié au numéro 26 indique un impact primaire de la récolte de la biomasse forestière sur une variable du milieu.
- 4- Un cadre avec traits épais indique une variable d'intégration des impacts.
- 5- Les flèches plus grosses indiquent une bijection, c'est-à-dire qu'une variable implique l'autre et vice-versa (interaction entre deux variables).

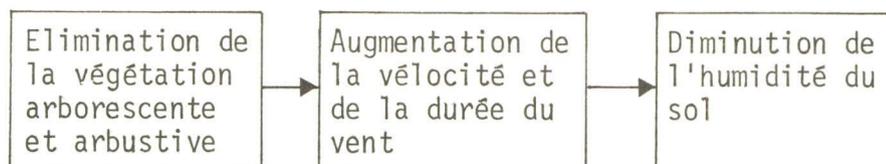
Ainsi et à titre d'exemple, l'augmentation de l'activité bactérienne (33) a un impact indirect majeur sur la diminution de l'oxygène dissous (12) par l'intermédiaire de la D.B.O. (11) (figure 3).

Figure 3. Schéma montrant le cheminement d'un impact indirect majeur



Par contre et dans un autre cas l'élimination de la végétation arborescente et arbustive (26) a un impact mineur indirect sur la diminution de l'humidité du sol (18) par l'intermédiaire de l'augmentation de la vitesse et de la durée du vent (4) (figure 4).

Figure 4. Schéma montrant le cheminement d'un impact indirect mineur



2.2- Mesures de mitigation

Les impacts potentiels de la récolte de la biomasse forestière par rapport à l'exploitation forestière conventionnelle ayant été identifiés et quantifiés aux annexes I, II et III, des mesures de mitigation peuvent maintenant être envisagées. Ces mesures de mitigation découlent de la revue extensive de littérature qui a été faite préalablement à ce travail et elles seront abordées dans l'ordre auquel elles apparaissent à l'annexe I (second bloc vertical).

Les mesures de mitigation proposées (annexe I) s'appliquent à cinq thèmes principaux, soit les routes et les sentiers, l'utilisation des résidus, la saison de récolte, les coupes à rotations de plus de 15 ans et enfin les coupes à rotations de moins de 15 ans. Le nombre de mitigations potentielles pour chacun de ces thèmes est indiqué dans le second bloc de la matrice de Léopold à l'annexe I.

2.2.1- Mesures de mitigation s'appliquant aux routes et aux sentiers

Cinq variables du milieu sont particulièrement touchées par la création des routes et des sentiers; ce sont: la turbidité de l'eau, le dynamisme de l'érosion, la sédimentation, l'érosion du sol selon la pente et selon la position sur la pente et enfin la faune aquatique.

Exception faite du contrôle des eaux de ruissellement, la plupart des autres mesures de mitigation sont d'application relativement facile.

Les normes relatives au choix et à l'implantation des routes et des sentiers, notamment au plan des pentes, et celles guidant la traversée des rivières et des ruisseaux apparaissent parmi celles qui potentiellement présentent la plus grande efficacité.

Ainsi, la préservation de la qualité des divers plans d'eau, plus spécifiquement en ce qui a trait à leur D.B.O. et à leur quantité d'oxygène dissous, requiert la mise en place de certains dispositifs qui sont

de nature à stopper le transfert des impacts du milieu terrestre vers le milieu aquatique. L'utilisation d'écrans de végétation en bordure des cours d'eau et des restrictions entourant l'implantation de voies d'accès sur pentes fortes sont de nature à réduire significativement les impacts potentiels. La création de bassins de sédimentation et les mesures favorisant le drainage sans écoulement de surface sont également des mesures de mitigation appropriées dans le cas de la construction des routes et des sentiers.

En général, toute mesure visant à réduire l'érosion a un effet positif important. L'érosion a, en effet, une interaction avec de nombreuses variables, tel qu'illustré à l'annexe III.

2.2.2- Mesures de mitigation s'appliquant à l'utilisation des résidus de coupe

L'utilisation des résidus de coupe constitue une des caractéristiques de la récolte de la biomasse forestière. Comme l'indique la matrice, l'élimination des débris de coupe comporte peu d'effets bénéfiques. Au niveau de la régénération cependant, le drageonnement du peuplier faux-tremble et la reproduction de certaines essences résineuses peuvent être favorisés par l'absence de déchets de coupe.

Parmi les effets négatifs, on constate une augmentation de la turbidité de l'eau. A l'inverse, l'abandon sur le parterre forestier des débris ligneux enrayer l'érosion des sites localisés sur pentes fortes et hauts versants, contribuant du même coup à réduire cette même turbidité. On constate aussi que la perméabilité, la densité ainsi que l'humidité des sols sont moins gravement affectées lorsque les débris sont abandonnés au sol après la coupe. La faune (petits mammifères ou ongulés) profite également du couvert constitué par les débris. Le risque d'augmentation de l'érosion est encore une fois un facteur important lorsque la récupération totale des résidus de coupe est envisagée.

Toute mesure visant donc à limiter la quantité de débris prélevés sur

Le site est de nature à sauvegarder l'intégrité de ces variables ou, du moins, à atténuer les impacts négatifs.

2.2.3- Mesures de mitigation s'appliquant à la saison de récolte

Le choix de l'hiver comme période d'extraction de la biomasse amoindrit de façon notable les modifications qui ont une incidence sur les propriétés physico-chimiques de l'eau, en particulier la turbidité. De la même façon, les écarts de température de l'eau seront moins grands. Le choix de la saison est également particulièrement critique pour la faune, notamment les ongulés. A cet égard, les coupes forestières conventionnelles sont particulièrement avantageuses sur le régime alimentaire des ongulés en n'entravant pas la repousse printanière.

De façon générale, la récolte de la biomasse forestière au cours de l'hiver contribue à diminuer les impacts sur le sol et la végétation arbustive, herbacée et muscinale, ceci tout particulièrement lorsque le sol est gelé ou que la couche de neige est épaisse.

L'organigramme d'interrelations, à l'annexe III, illustre bien les liens existants entre l'élimination de certaines espèces des strates herbacées et muscinales et la variable érosion qui, si elle n'est pas contrôlée, agit à son tour sur le milieu aquatique.

Le principal facteur qui semble bénéfique dans le cas d'une récolte de la biomasse forestière au cours de l'été est la facilité de régénération qui peut, pour certaines essences, être augmentée.

Les périodes critiques demeurent cependant le printemps et l'automne.

2.2.4- Mesures de mitigation s'appliquant à la longueur de la rotation

Dans l'optique d'une utilisation de la biomasse forestière à des fins de production énergétique, on a tendance à optimiser le rendement par des exploitations échelonnées sur de courtes rotations. L'application

de cette politique n'est pas sans occasionner des problèmes de régénération naturelle et nécessite souvent un reboisement par plantation. On contrecarre ainsi la dégradation des sols par l'érosion tout en évitant l'installation d'espèces indésirables qui risquent de se perpétuer et d'empêcher l'apparition d'une régénération intéressante. De plus, ce type d'aménagement requiert, pour compenser le prélèvement massif de la biomasse, l'emploi de fertilisants ou de plantes fixatrices d'azote. En définitive, cet aménagement peut entraîner un déséquilibre dans le bilan nutritif du sol et une contamination des cours d'eau par suite d'une minéralisation rapide des horizons de surface.

Une exploitation à plus petite échelle (coupe à blanc de petites superficies) ou à intervalles plus éloignés permettrait un contrôle plus facile de variables telles que la température de l'eau, l'érosion et la régénération. La faune (petits mammifères, ongulés et oiseaux) profiterait également d'une exploitation par bandes.

CHAPITRE 3 ORGANIGRAMMES THEMATIQUES

En gardant toujours à l'esprit une stratégie visant à maximiser les impacts positifs et à minimiser les impacts négatifs d'une récolte de la biomasse forestière, deux facteurs peuvent nous permettre d'isoler certaines variables plus importantes que d'autres: l'aspect socio-politico-économique d'une part, qui se reflète par la réaction émotive des gens face à des perturbations importantes du milieu, nécessitées cependant par des considérations économiques et la facilité d'isolement de certaines variables intégratrices des différents impacts sur l'environnement, d'autre part. Ce dernier correspond au phénomène d'amplification, sur une chaîne trophique, d'un impact à long terme en relation avec l'élément trophique le plus élevé. Face à ces deux considérations, notre stratégie gravitera autour de six thèmes ou ressources principales. Ce sont:

- 1- les impacts sur la difficulté de régénération
- 2- les impacts sur la flore aquatique
- 3- les impacts sur la faune avienne
- 4- les impacts sur les petits mammifères
- 5- les impacts sur les poissons
- 6- les impacts sur les populations d'ongulés

En prenant ces six ressources comme référence, il est beaucoup plus facile d'évaluer et d'établir si la qualité du milieu est fortement affectée par un procédé d'extraction totale de la matière ligneuse. Elles sont donc des éco-indicateurs de l'équilibre ou du déséquilibre de l'écosystème. En fonction de ces variables d'intégration, il est possible de retracer, en remontant dans chacun des organigrammes thématiques, les sources primaires de modification du milieu; en contrôlant ces dernières il sera enfin possible d'amoin-drir certaines actions néfastes ou d'appliquer des mitigations correctives (cette approche étant à la base de la stratégie).

Il reste donc à partir de l'organigramme d'interrelations (annexe III) à isoler les diagrammes réduits ou thématiques de chacune des six ressources retenues.

3.1- Condensation des groupes de variable

Afin de réduire le plus possible les organigrammes thématiques, le regroupement de plusieurs variables étroitement liées et interdépendantes en une seule variable, ou bloc, s'est avéré nécessaire.

Deux blocs ont ainsi été formés à cause de la propriété de bijection (interaction de deux variables) qui existe entre certaines variables et l'érosion selon la pente du terrain. Il s'agit des blocs 1 et 2 (figures 5 et 6).

Bloc 1: Condensé de la diminution de l'horizon organique de surface et de l'élimination locale de certaines espèces des strates muscinales et herbacées.

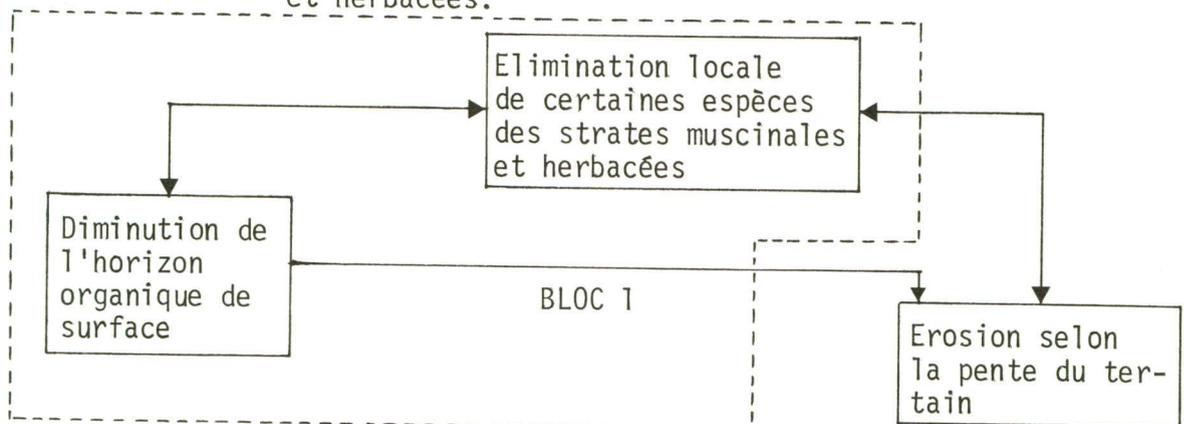


Figure 5: Regroupement de deux variables à l'intérieur d'un bloc synthèse (bloc 1).

Bloc 2: Condensé de l'érosion selon la texture du sol, de l'érosion selon la position sur la pente et de l'augmentation du débit de l'eau.

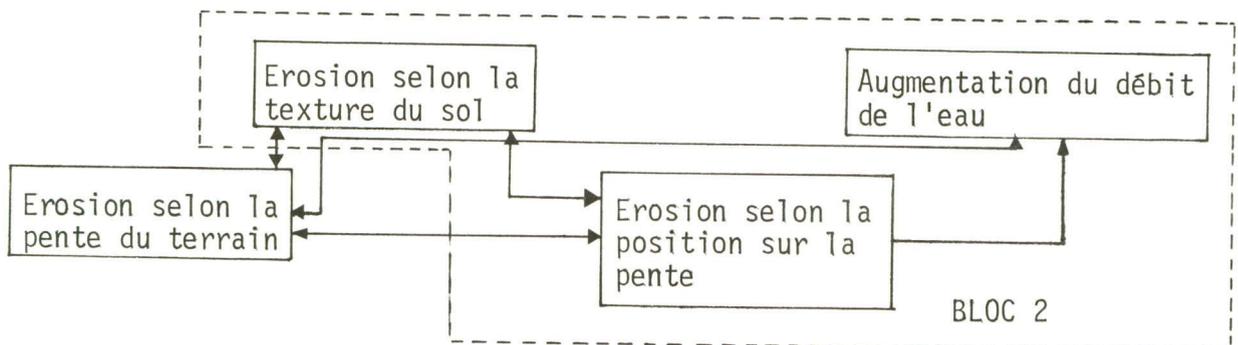


Figure 6: Regroupement de trois variables à l'intérieur d'un bloc synthèse (bloc 2).

Un troisième bloc a été formé et regroupe l'ensemble des variables suivantes:

Diminution de la perméabilité du sol	
Diminution de la profondeur de la nappe phréatique	
Réduction de l'infiltration	BLOC 3
Augmentation des précipitations au sol	
Diminution de l'évapotranspiration	
Augmentation de l'eau de surface	

Ce bloc est isolé parce qu'il n'est pas pratique de répéter ce groupe de variables dans les diagrammes réduits. En fait, l'élément important et la conséquence de chaque variable est l'effet cumulatif final, soit l'augmentation du débit de l'eau. C'est pourquoi, dans les différents organigrammes thématiques, le bloc 3 conduit toujours au bloc 2 qui intègre la variable "augmentation du débit de l'eau".

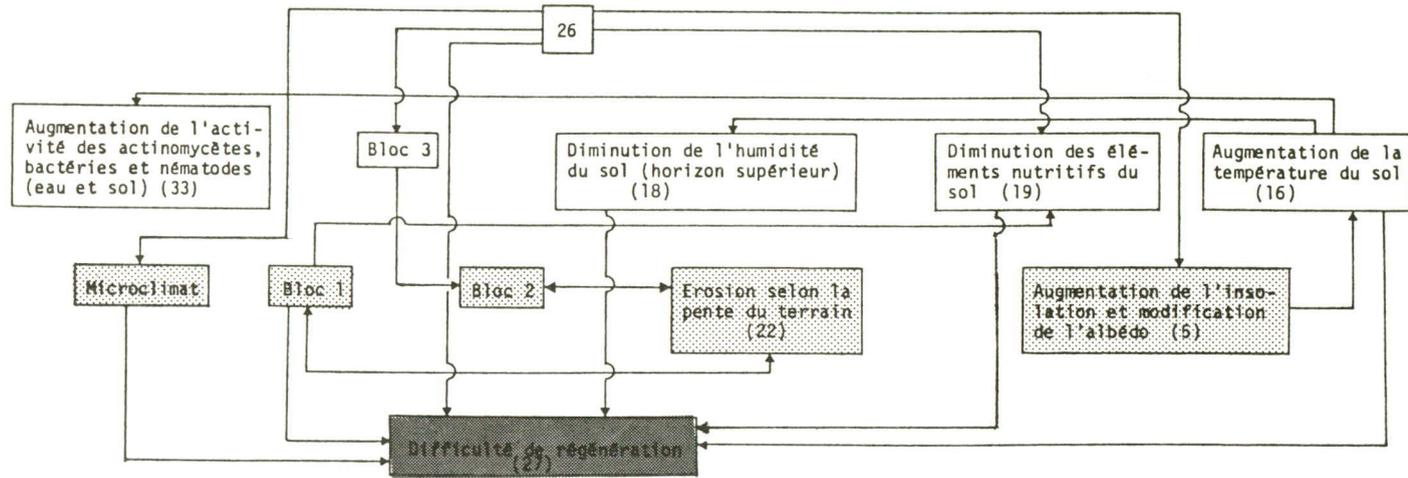
3.2- Tableaux synthèses et recherche des variables critiques affectant les six écoindicateurs lors d'une récolte de la biomasse forestière

3.2.1- Impact de la récolte de la biomasse forestière sur la difficulté de régénération

En isolant dans l'organigramme d'interrelations (annexe III) les variables associées à la difficulté de régénération, la figure 7 se dégage. Comme l'indique bien cette dernière, six sources majeures directes affectent la difficulté de régénération, soit:

- l'élimination de la végétation arborescente et arbustive,
- la diminution des éléments nutritifs du sol,
- la diminution de l'humidité du sol,
- le bloc 1: l'élimination locale de certaines espèces des strates muscinale et herbacée associée à la diminution de l'horizon organique de surface,
- l'augmentation de la température du sol,
- le microclimat.

Figure 7 : Organigramme thématique des impacts de la récolte de la biomasse forestière affectant la régénération



Légende :

- : Variable intégratrice des impacts
- ▨ : Variable critique à contrôler
- : Impact direct majeur.

L'élimination de la végétation arborescente et arbustive, qui est le résultat le plus direct de la récolte de la biomasse forestière, est évidemment la variable la plus importante pour la difficulté de régénération. Et ce d'autant plus qu'elle est associée, dans le cas de la récolte de la biomasse forestière, à la récupération des débris de coupe; ces deux facteurs agissant directement sur les sources de semences. Quatre autres variables sont reliées à la qualité des lits de germination, soit la diminution des éléments nutritifs du sol, la diminution de l'humidité du sol et de l'horizon organique de surface et enfin l'augmentation de la température du sol. Il faut cependant noter que les deux dernières variables peuvent, dans certains cas précis, faciliter la régénération. Il en est ainsi lorsque les conditions initiales situaient ces deux variables à des niveaux limitatifs. Il serait d'ailleurs faux de penser que seules ces quatre variables, reliées à la réceptivité des lits de germination, soient à l'origine des problèmes de régénération mais elles en sont cependant un bon reflet. En fait l'impact final est toujours dû à la somme partielle des différents impacts. En fonction des conditions spécifiques à un type d'opération, une seule variable pourrait devenir prépondérante. Dans le cas de la régénération, trois variables critiques peuvent réussir à modérer les six sources d'impact majeur décrites plus haut. Sur l'organigramme thématique, on remarque que trois variables critiques influencent directement la difficulté de régénération et doivent donc être contrôlées. Ce sont:

- 1- l'insolation,
- 2- l'érosion selon la pente liée au blocs 1 et 2,
- 3- le mode de déboisement,
- 4- le bloc microclimat.

Un contrôle de l'insolation par des mitigations permettra d'agir sur l'humidité et la température du sol. L'érosion selon la pente étant contrôlée par le biais des blocs 1, 2 et 3, des mesures de mitigation appliquées à ces niveaux permettront d'éviter l'érosion de surface, l'élimination de l'horizon organique et la perte en éléments nutritifs. Même si le mode de déboisement n'apparaît pas spécifiquement à la fi-

gure 7, il est implicitement contenu dans la variable 26 (élimination de la végétation arborescente et arbustive) qui a un impact majeur direct sur plusieurs variables reliées à la difficulté de régénération, à commencer par l'insolation.

Enfin, même s'il n'apparaît que dans cet organigramme thématique, le bloc microclimat est suffisamment important pour être considéré comme une variable affectant la régénération. En effet, le microclimat, qui est la somme de 5 sous-variables (annexe II), affectera la régénération en fonction du mode de déboisement (variable 26). Les mitigations porteront sur le mode de déboisement (26), la seule variable influençant à très court terme les cinq sous-variables du microclimat.

3.2.2- Impact de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution ou l'augmentation de la flore aquatique

En suivant un cheminement semblable à celui effectué pour la régénération, un organigramme condensé est construit, à partir de l'organigramme d'interrelations, pour la flore aquatique. Comme l'indique la figure 8, différentes causes affectent cette variable. Dans le cas de la diminution de la flore aquatique, trois facteurs l'affectent:

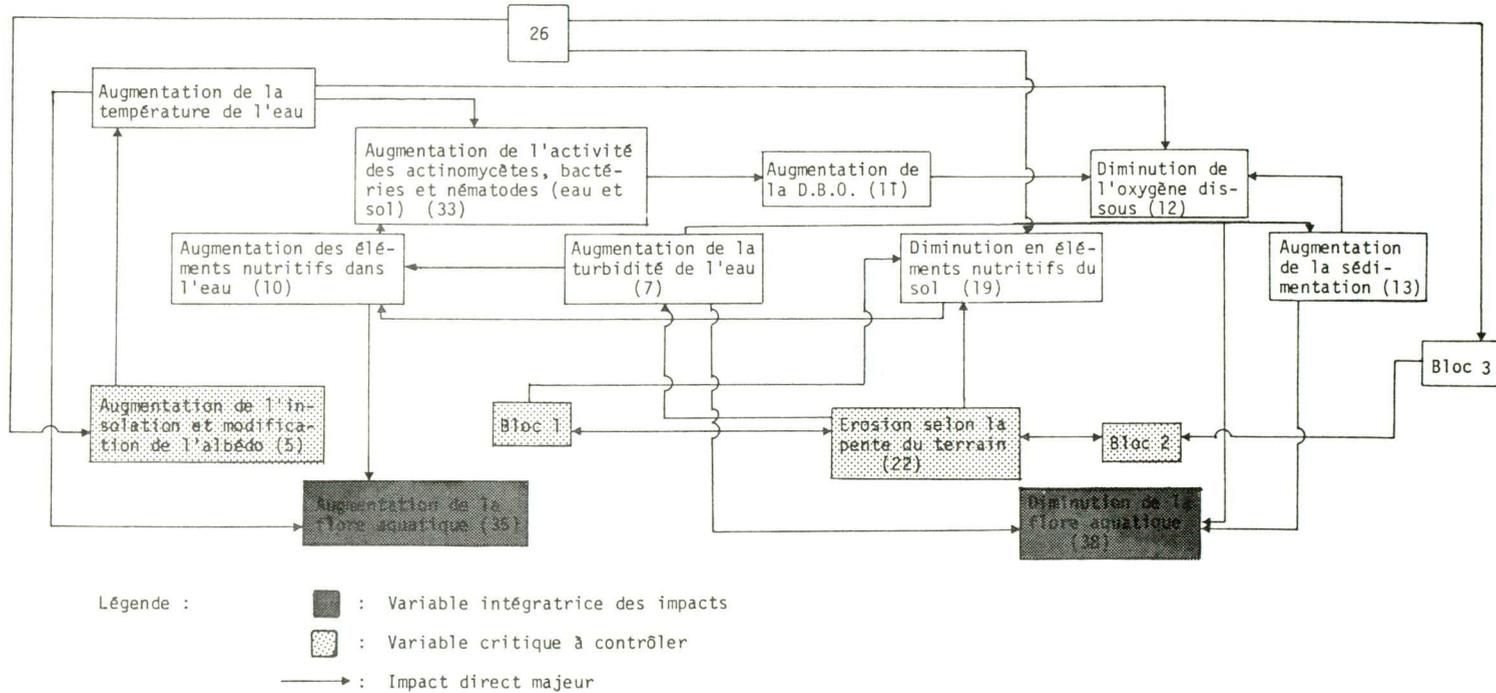
- 1- l'augmentation de la turbidité de l'eau,
- 2- la diminution de l'oxygène dissous,
- 3- l'augmentation de la sédimentation.

La turbidité et la sédimentation exercent surtout un effet physique sur la plante alors que l'oxygène dissous l'affecte sur le plan biochimique. A l'autre extrême, un déboisement intensif pourra accroître de façon excessive la flore aquatique par:

- 1- l'augmentation de la température de l'eau,
- 2- l'augmentation des éléments nutritifs dans l'eau.

Ces deux facteurs accroissent le métabolisme des plantes du milieu et augmentent la production de matière organique dans le milieu aquatique.

Figure 8 : Organigramme thématique des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution ou l'augmentation de la flore aquatique.



Dans les deux cas, soit une diminution ou une augmentation de la flore aquatique, la pression sur le milieu est plus élevée et un déséquilibre à court terme peut être engendré.

Pratiquement, deux facteurs critiques peuvent permettre un contrôle adéquat de ces variables. Le premier facteur est l'insolation, qui a un impact direct majeur sur la température de l'eau qui se répercute, à son tour, sur l'augmentation de la D.B.O. et la diminution de l'oxygène dissous qui entraînent une diminution de la flore aquatique. Une augmentation de l'insolation peut également, suivant les espèces, avoir un impact direct majeur sur l'augmentation de la flore aquatique. En effet, certaines algues et plantes aquatiques réagissent par un accroissement rapide suite à une augmentation de température.

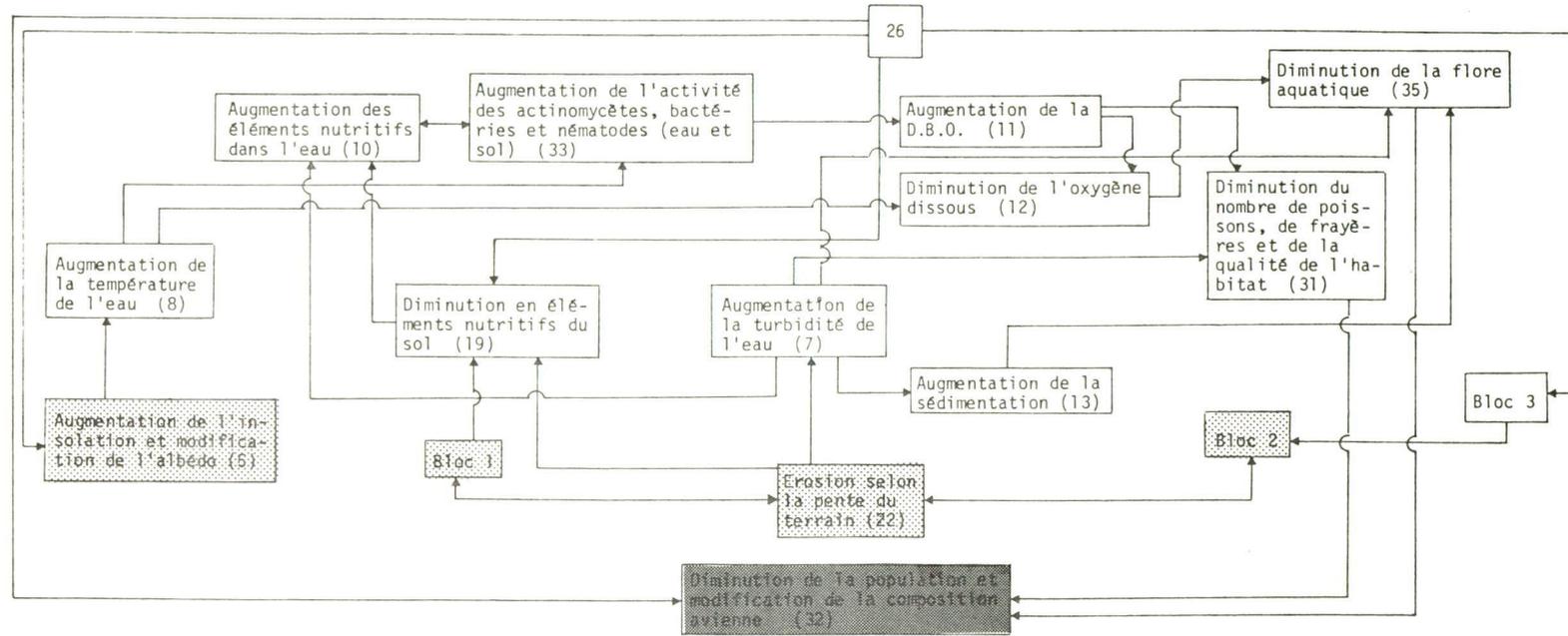
Le second facteur est l'érosion selon la pente du terrain, facteur contrôlé par les blocs 1, 2 et 3. L'érosion selon la pente du terrain a, en effet, un impact direct majeur sur la turbidité de l'eau, variable qui conduit directement à une diminution de la flore aquatique dans un cas ou à une augmentation de cette même flore aquatique, par le biais d'une augmentation des éléments nutritifs dans l'eau, dans l'autre cas.

L'insolation et l'érosion selon la pente du terrain sont les deux variables qui doivent faire l'objet de mitigations appropriées dans le cadre d'une récupération de type biomasse. Le fait de laisser un écran de végétation en bordure des lacs et des rivières représente donc une mesure de mitigation acceptable pour le contrôle des deux variables en cause.

3.2.3- Impact de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution de la faune avienne

La faune avienne est une variable qui réagit à court terme puisqu'elle est fortement liée à la composante forestière. Trois points importants sont source d'impacts sur cette variable (figure 9):

Figure 9 : Organigramme thématique des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution de la faune avienne



Légende :

- : Variable intégratrice des impacts
- : Variable critique à contrôler
- : Impact direct majeur

- 1- l'élimination de la végétation arborescente et arbustive,
- 2- la diminution de la flore aquatique,
- 3- la diminution du nombre de poissons.

L'élimination de la végétation arborescente et arbustive et de tous les débris de coupe affectent principalement les oiseaux percheurs et nichant au sol alors que la diminution de la flore aquatique et du nombre de poissons touchent l'avifaune aquatique. Pour contrebalancer de façon adéquate ces effets négatifs, le gestionnaire, comme l'indique l'organigramme thématique (figure 9), peut influencer favorablement cette variable en contrôlant l'insolation, l'érosion selon la pente et le mode de déboisement.

Le contrôle de l'insolation, tel qu'expliqué précédemment lors de la discussion des impacts sur la flore aquatique, permet de minimiser la diminution de la flore aquatique par le biais de la température de l'eau. L'érosion selon la pente, tributaire du complexe formé par les blocs 1, 2 et 3, agit directement sur la turbidité de l'eau et la sédimentation qui se reflètent également sur la flore aquatique.

Enfin, le contrôle du mode de déboisement a un impact direct majeur sur l'insolation et sur l'élimination de la végétation arborescente et arbustive, deux variables-clés pour la faune avienne, ainsi que nous l'avons vu.

Des mesures de mitigation appliquées aux trois variables critiques (insolation, érosion, déboisement) solutionneraient assurément une partie du problème de la faune avienne. En pratique, le contrôle de l'insolation et du bloc érosion aura un impact positif sur les oiseaux aquatiques alors que le contrôle du mode de déboisement se répercutera essentiellement sur les oiseaux terrestres.

3.2.4- Impact de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution du nombre des petits mammifères, de leurs abris et de leur nourriture

Il est difficile de généraliser des impacts sur cette variable quand on sait que chaque espèce niche à l'intérieur d'un écosystème bien défini. Quoiqu'il en soit, l'organigramme thématique des impacts indique trois causes majeures directes dans la diminution du nombre des petits mammifères, de leur abris et de leur nourriture (figure 10):

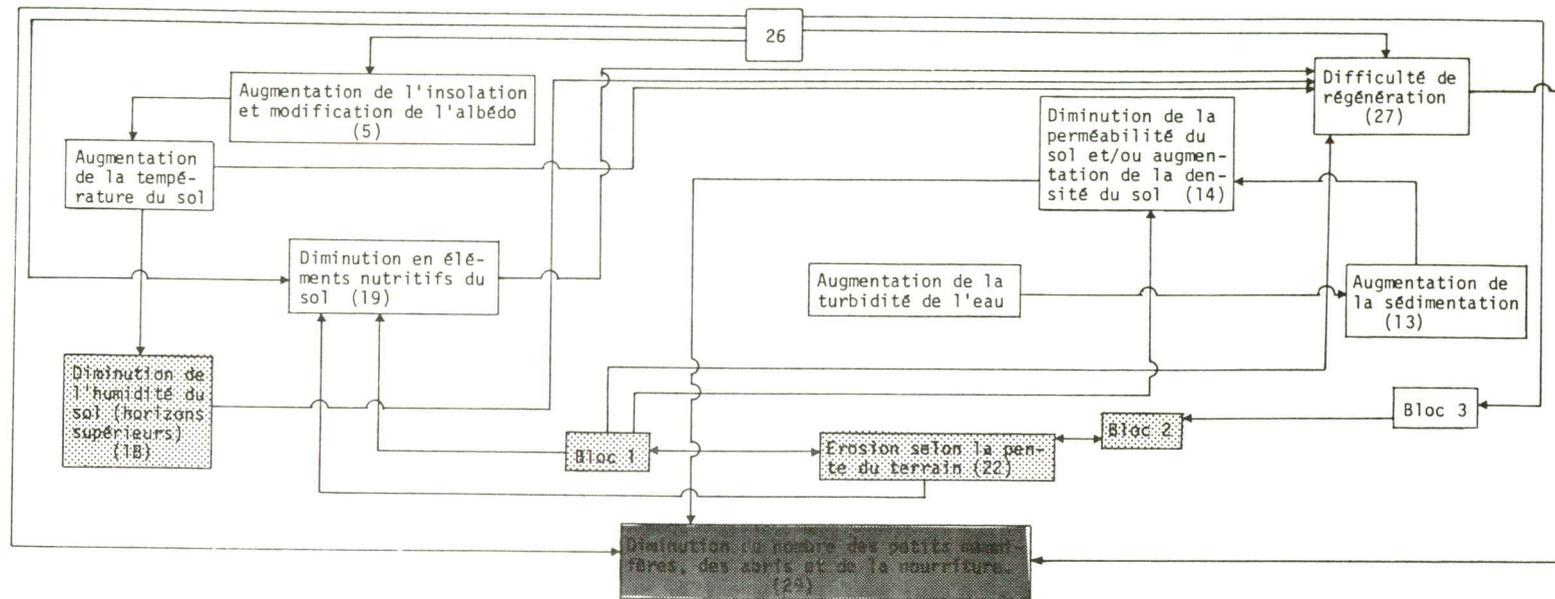
- 1- la diminution de la perméabilité du sol,
- 2- la difficulté de régénération,
- 3- l'élimination des arbres et arbustes.

La compaction du sol et, par conséquent, la diminution de la perméabilité causée par une circulation intensive de la machinerie engendrent des problèmes importants pour les petits mammifères nichant à faible profondeur dans le sol. La difficulté de régénération affecte surtout le bilan nutritif du milieu. Finalement l'élimination des arbres, des arbustes et des débris ligneux affectent les conditions biophysiques du milieu et favorisent un accroissement de la prédation par l'absence d'un couvert adéquat, tout en agissant sur la difficulté de régénération.

Le mode de déboisement est certainement la variable la plus critique à contrôler puisqu'elle est à la source de deux impacts majeurs sur les petits mammifères. En effet, le contrôle du mode de déboisement se répercute à la fois sur l'insolation, sur la difficulté de régénération, sur la nourriture et l'abri des petits mammifères. Le regroupement des blocs 1, 2 et 3, qui agit sur l'érosion selon la pente du terrain et qui englobe la plupart des propriétés physiques du sol, est étroitement relié à la perméabilité du sol et doit être contrôlé lui aussi.

Le plan d'intervention dans le cadre d'une récupération totale de la biomasse forestière devra donc tenir compte des contraintes bio-physiques liées à ces variables.

Figure 10 : Organigramme thématique des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution du nombre des petits mammifères, de leurs abris et de leur nourriture.



Légende :

- : Variable intégratrice des impacts
- ▤ : Variable critique à contrôler
- : Impact direct majeur

3.2.5- Impact de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution des poissons, des frayères et de la qualité de l'habitat

Cette variable est très importante puisqu'elle reflète intensément la qualité de l'eau. Les poissons sont en effet très sensibles à toute modification de la qualité de leur milieu.

L'organigramme thématique (figure 11) indique deux variables importantes soit:

- 1- la diminution de l'oxygène dissous,
- 2- l'augmentation de la turbidité de l'eau.

La diminution de l'oxygène dissous affecte tout le système respiratoire du poisson alors que la turbidité augmente les risques de contamination pathologique et la diminution de la qualité des frayères et de la prédation.

En pratique, deux variables peuvent réduire, si elles sont bien contrôlées, les deux impacts négatifs. L'insolation, par son action directe sur la température de l'eau, affecte directement la concentration en oxygène dissous qui agit, elle, directement sur le nombre de poissons, les frayères et la qualité de l'habitat. D'autre part, l'érosion selon la pente du terrain, contrôlée par le complexe des blocs 1, 2 et 3, affecte la turbidité de l'eau et la sédimentation, toutes deux directement reliées à la variable intégratrice des impacts. En contrôlant bien l'insolation et l'érosion selon la pente du terrain par des mitigations appropriées, il serait possible de maintenir des conditions environnantes adéquates pour le poisson. De plus, le contrôle de ces deux variables agira également sur la flore aquatique ainsi que cela a été démontré précédemment.

3.2.6- Impact de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution des abris et de la nourriture des ongulés

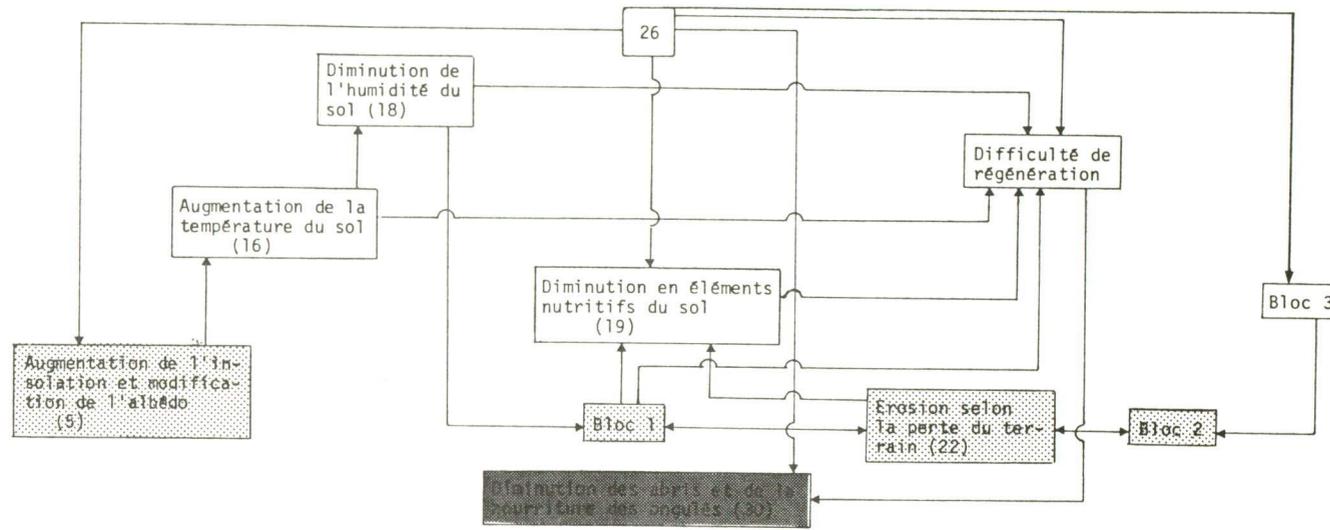
Les ongulés ont une importance économique et sociale, spécialement près des grands centres urbains. Dans le contexte géographique

du nord-est canadien, ils sont souvent cependant à la limite extrême de leur territoire. Dans le cadre d'une récupération totale de la matière ligneuse, les risques d'impacts à court terme sont donc importants. Deux causes majeures risquent d'affecter cette variable, ainsi que l'indique l'organigramme thématique (figure 12). Ce sont:

- 1- l'élimination de la végétation arborescente et arbustive,
- 2- la difficulté de régénération.

Dans le premier cas, l'élimination complète de toute végétation diminue, d'une part, les abris et élimine, d'autre part, une partie de la nourriture. La difficulté de régénération joue aussi sur ce dernier point. Il faut cependant souligner que la difficulté de régénération peut être associée à un envahissement du parterre de coupe par des espèces indésirables pour le forestier mais très utiles comme source de nourriture et d'abri pour les ongulés. La période de coupe peut amplifier énormément cette situation puisque l'on sait que la saison hivernale est difficile pour la plupart des ongulés. Dans l'établissement des variables à contrôler, le mode de déboisement vient en tête puisqu'il façonne intensément les abris et la nourriture des ongulés. L'insolation et l'érosion selon la pente du terrain contrôlée par les blocs 1, 2 et 3, affectent toute la composante "difficulté de régénération" ainsi que cela a été démontrée dans la section traitant spécifiquement de cette variable. Il sera possible par des mitigations d'englober un contrôle efficace de ces trois variables critiques et interdépendantes.

Figure 12 : Organigramme thématique des impacts de la récolte de la biomasse forestière sur la diminution des abris et de la nourriture des ongulés.



Légende :

- : Variable intégratrice des impacts
- ▨ : Variable critique à contrôler
- : Impact direct majeur

CHAPITRE 4

STRATEGIES, MONITORING ET VARIABLES IMPLIQUES DANS LE SUIVI DES IMPACTS POTENTIELS SUITE A LA RECOLTE DE LA BIOMASSE FORESTIERE

Maintenant que nous connaissons relativement bien les relations globales qui existent entre les variables du milieu et les différentes opérations forestières les affectant, que nous établissons à six les ressources primaires affectées et que les variables-clés contrôlant ces dernières ont été identifiées, il est possible d'établir une approche intégrée visant à évaluer, sur les aires de coupe, certaines variables et ceci en les comparant à un site témoin non traité. La figure 13 reflète l'approche intégrée recherchée en fonction de cinq thèmes principaux. Les variables critiques à suivre de près, les méthodes de terrain préconisées et les résultats attendus y sont aussi décrits succinctement.

En fait, ce plan résume deux étapes dans l'évaluation des impacts potentiels. La première consiste à exploiter certaines données de base qui existent déjà (carte de base, photographies aériennes, etc...), qui nous permettront de définir des milieux bio-physiques homogènes et equipotentiels. La deuxième étape consiste à élaborer un plan de sondage pour les inventaires thématiques et à fixer les parcelles-échantillons représentatives. Le tout sera suivi sur site témoin et sur site traité.

Les descriptions qui vont suivre s'appliquent essentiellement à un peuplement coupé à blanc, sur une certaine superficie, avec récupération totale de la biomasse forestière. Les mitigations mentionnées à la figure 14 ne sont décrites que dans la perspective d'une poursuite ultérieure des études. Elles ne correspondent actuellement qu'à des recommandations permettant de noter à long terme la diminution de l'impact de certaines variables, suite à des modifications dans les différentes étapes liées au déboisement.

L'approche intégrée dans l'étude des différentes composantes bio-physiques du milieu, illustrée à la figure 13, exige l'identification des variables im-

Figure 13: Approche intégrée dans l'étude des différentes composantes bio-physiques du milieu lors d'une récolte complète de la biomasse forestière

APPROCHE INTÉGRÉE: COMPTE TENU DES VARIABLES CRITIQUES DU MILIEU FORESTIER			
LE MILIEU NATUREL			
INVENTAIRE			
THÈMES	VARIABLES CRITIQUES	MÉTHODES PRÉCONISÉES	RÉSULTATS ATTENDUS
A. PHYSIOGRAPHIE	A.1 TYPE DE RELIEF A.2 PENTE A.3 EXPOSITION A.4 POSITION SUR LA PENTE	- PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE - CARTES HYPSONÉTRIQUES	ÉLABORATION DE LA CARTE ÉCOLOGIQUE
B. SOL-DÉPOT	B.1 ASSISE ROCHEUSE B.2 TYPE DE DÉPOT MEUBLE B.3 ÉPAISSEUR DU DÉPOT MEUBLE B.4 TEXTURE ET STRUCTURE B.5 TYPE PÉDOGÉNÉTIQUE B.6 NATURE ET ÉPAISSEUR DE L'HORIZON ORGANIQUE DE SURFACE B.7 CLASSE DE DRAINAGE B.8 PROFONDEUR DE LA NAPPE PHRÉATIQUE	- PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE - CONTRÔLE TERRESTRE LE LONG DE TRANSECTS	
C. FLORE ET VÉGÉTATION	C.1 TYPE DE COUVERT C.2 DENSITÉ DU COUVERT C.3 COMPOSITION DES STRATES INFÉRIEURES C.4 IMPORTANCE RELATIVE DE C.3	- PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE - INVENTAIRE TERRESTRE SUR DES PARCELLES-ÉCHANTILLONS DISTRIBUÉS LE LONG DE TRANSECTS (PÉRIODE ESTIVALE)	- LOCALISATION DES SCÉNARIOS DE RÉCOLTE DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE, EN FONCTION: - DU MILIEU - DE L'ÉPOQUE - DES MESURES DE MITIGATION
D. FAUNE - AVIENNE - PETITS MAMMIFÈRES - GROS MAMMIFÈRES ET ONGULÉS - POISSONS	D.1 AIRE DE NIDIFICATION D.2 SOURCE DE NOURRITURE D.3 IMPORTANCE RELATIVE D.4 ESPÈCES D.5 ESPÈCES D.6 IMPORTANCE RELATIVE D.7 ESPÈCES D.8 IMPORTANCE RELATIVE D.9 ABRI D.10 NOURRITURE D.11 ESPÈCES D.12 IMPORTANCE RELATIVE D.13 ZONE DE FRAI	- INVENTAIRE TERRESTRE LE LONG DE TRANSECTS CHOISIS EN FONCTION DE "B" ET "C"	- MONITORING DE L'AN 0 (CONDITIONS NATURELLES AVANT TRAITEMENT)
E. MILIEUX AQUATIQUES PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU	E.1 ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DU FOND ET DES BERGES E.2 TEMPÉRATURE E.3 CONDUCTIVITÉ E.4 ACIDITÉ E.5 OXYGÈNE DISSOUS E.6 SOLIDES EN SUSPENSION	- INVENTAIRE	

pliquées dans le suivi des impacts. Ces variables sont la végétation, l'eau, les sols, la fertilité des sols, les propriétés physico-chimiques des plans d'eau et la faune (figures 14 et 15).

4.1- La végétation

Une description synthétique du suivi de cette variable se retrouve à la figure 14. L'objectif du monitoring vise à étudier essentiellement le degré de perturbation de la végétation inférieure après coupe et d'effectuer un suivi de la régénération et de son dynamisme après la récolte. La méthodologie adoptée repose sur le principe des transects, tant du point de vue quantitatif que qualitatif. La compilation des résultats dans le temps permettra surtout d'établir la dynamique de la régénération après coupe, la compétition entre les différentes espèces et le taux effectif de régénération sur une certaine échelle de temps. Les mesures de mitigation portent essentiellement sur trois points: le choix de la saison de coupe, le mode de déboisement et la possibilité de reboisement. La dernière colonne, à la figure 14, indique bien l'importance de la végétation sur différentes variables dépendantes de l'état de la végétation. Les mesures de mitigation, appliquées de façon adéquate, permettront de contrôler le plus possible les impacts négatifs du déboisement.

Il est bon de mentionner que la réaction du milieu, en ce qui concerne la végétation, devrait être évaluée sur une période de temps relativement longue. Si tel n'est pas le cas, les informations recueillies ne permettront que de tracer des tendances en fonction de ce type particulier de récupération qu'est la récolte de la biomasse forestière; elles devraient être cependant suffisantes pour bien cerner les mitigations à apporter.

4.2- L'eau

La méthodologie choisie pour cette variable (figure 14) fait d'abord appel au mode d'accumulation de la neige, à l'époque et à la

Figure 14: Variables impliquées dans le suivi des impacts potentiels suite à la récolte de la biomasse forestière (végétation, eau, sols, fertilité des sols et propriétés physico-chimiques des plans d'eau)

VARIABLES IMPLIQUÉES DANS LE SUIVI DES IMPACTS POTENTIELS SUITE A LA RÉCOLTE DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE

VARIABLES OU ENSEMBLE DE VARIABLES SENSIBLES	OBJECTIFS DU MONITORING	MÉTHODOLOGIE ET DONNÉES REQUISES	PORTÉE PRATIQUE DES RÉSULTATS	VALIDATION DES MESURES DE MITIGATION	AUTRES VARIABLES DÉPENDANTES
VÉGÉTATION	IDENTIFIER ET QUANTIFIER LES EFFETS DU TRAITEMENT SUR: - LA COMPOSITION DES STRATES INFÉRIEURES (QUANTITATIF, QUALITATIF) - LA RÉGÉNÉRATION - LE DYNAMISME (STADE PIONNIER)	ÉTUDE COMPARATIVE DES MILIEUX NATURELS ET DU MILIEU TRAITÉ. INVENTAIRE LE LONG DE TRANSECTS ET ÉTABLISSEMENT DE PARCELLES-ÉCHANTILLONS AFIN D'ÉCHANTILLONNER: - LA COMPOSITION ET L'IMPORTANCE RELATIVE DES STRATES INFÉRIEURES - L'IMPORTANCE DES ESPÈCES - ÉVALUATION DE LA RÉGÉNÉRATION PAR ESPÈCE ET CLASSE DE HAUTEUR - MODE DE PROPAGATION DES ESPÈCES	EFFET DE L'APPLICATION DU TRAITEMENT SUR: - L'ÉTABLISSEMENT DE LA RÉGÉNÉRATION COMPTE TENU DU GROUPEMENT VÉGÉTAL ORIGINAL - LA COMPÉTITION DES STRATES INFÉRIEURES SUR L'ÉTABLISSEMENT DE LA RÉGÉNÉRATION - LES MODES DE RÉGÉNÉRATION PAR ESSENCE COMPTE TENU DU GROUPEMENT VÉGÉTAL ORIGINAL - L'INSTALLATION DES STADES PIONNIERS DE LA CHRONOSÉQUENCE VÉGÉTALE ET LE TEMPS DE PASSAGE D'UN STADE A L'AUTRE - LE SUCCÈS DE LA RÉGÉNÉRATION EN FONCTION DE LA SAISON D'EXPLOITATION	- FAIRE VARIER LA PÉRIODE DE L'APPLICATION DU TRAITEMENT VS L'ÉTABLISSEMENT DE LA RÉGÉNÉRATION, CHOIX DE LA PÉRIODE OPTIMALE - FAIRE VARIER LE DISPOSITIF D'APPLICATION DU TRAITEMENT EN FONCTION DE L'ÉTABLISSEMENT DE LA RÉGÉNÉRATION, CHOIX DU DISPOSITIF OPTIMAL. - COMPROMIS DE PLANTATION ET CHOIX DES ESSENCES	- FAUNE AVIENNE (NUTRIFICATION-NOURRITURE) - INSOLATION - ONGULÉS (COUVERTURE) - VENT (ÉROSION) - ÉLÉMENTS NUTRITIFS DU SOL - DIMINUTION DE L'ÉVAPO-TRANSPIRATION - PETITS MAMMIFÈRES (ABRI-NOURRITURE)
EAU (RÉGIME HYDRIQUE)	IDENTIFIER ET QUANTIFIER LES EFFETS DU TRAITEMENT SUR LE RÉGIME HYDRIQUE DES HABITATS	ÉTUDE COMPARATIVE DU MILIEU NATUREL ET DU MILIEU TRAITÉ: - MODE D'ACCUMULATION DE LA NEIGE SELON LES VENTS, L'EXPOSITION ET LA PENTE (STATIONS DE RÉFÉRENCE) - ÉPOQUE ET DURÉE DE LA FONTE (STATIONS DE RÉFÉRENCE) - PROFIL D'ÉCOULEMENT DES EAUX DE PLUIE	EFFET DE L'APPLICATION DU TRAITEMENT SUR: - LA RÉPARTITION DE LA NEIGE AU SOL - LES CRUES PRINTANIÈRES ET PONCTUELLES - LA COMPÉTENCE DES EAUX DE RUISSELLEMENT	- FAIRE VARIER LA PÉRIODE DE L'APPLICATION DU TRAITEMENT COMME MESURE DE PROTECTION ET CHOIX DE LA PÉRIODE OPTIMALE - FAIRE VARIER LE DISPOSITIF D'APPLICATION DU TRAITEMENT COMME MESURE DE PROTECTION ET CHOIX DU DISPOSITIF OPTIMAL	- DÉPLACEMENT DES ONGULÉS - ÉROSION - DÉLAVAGE DES HORIZONS ORGANIQUES DE SURFACE
SOLS (PROPRIÉTÉS PHYSIQUES)	IDENTIFIER ET QUANTIFIER LES EFFETS DU TRAITEMENT SUR LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES SOLS	ÉTUDE COMPARATIVE DU MILIEU NATUREL ET DU MILIEU TRAITÉ A PARTIR D'UN RÉSEAU DE PARCELLES OÙ SERONT NOTÉS LES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DE LA SURFACE DU SOL, % D'OCCUPATION, ÉPAISSEUR DE L'HORIZON ORGANIQUE DE SURFACE, PROFIL D'ÉROSION, SÉDIMENTATION (QUANTITATIF-QUALITATIF), Perte de sol, mesure de compaction, susceptibilité à l'érosion en fonction de: - LA PENTE - LA POSITION SUR LA PENTE - LA TEXTURE ET LA STRUCTURE - L'AUGMENTATION DE LA COMPACTION - LE RUISSELLEMENT - LE RÉSEAU DE CHEMINS ET SENTIERS - LE TYPE DE MACHINERIE UTILISÉE - LA PÉRIODE DE L'APPLICATION DU TRAITEMENT - L'ABSENCE DE DÉBRIS AU SOL - LE DÉLAVAGE DES HORIZONS ORGANIQUES DE SURFACE	EFFET DE L'APPLICATION DU TRAITEMENT SUR: - L'ÉROSION POTENTIELLE - LA SÉDIMENTATION POTENTIELLE LOCALISATION PRÉFÉRENTIELLE DES CHEMINS ET SENTIERS SÉLECTION DES SITES HAUTEMENT SUSCEPTIBLES À L'ÉROSION	- FAIRE VARIER LA PÉRIODE DE L'APPLICATION DU TRAITEMENT COMME MESURE DE PROTECTION DES SOLS ET CHOIX DE LA PÉRIODE OPTIMALE - CHOIX DE LA MACHINERIE DE MOINDRE IMPACT - FAIRE VARIER LE DISPOSITIF D'APPLICATION DU TRAITEMENT COMME MESURE DE PROTECTION DES SOLS ET CHOIX DU DISPOSITIF OPTIMAL. - DEVIS OPTIMAL DU DÉPLACEMENT DE LA MACHINERIE - ÉCRAN DE VÉGÉTATION POUR STOPPER LE TRANSFERT DES IMPACTS DU MILIEU TERRESTRE AU MILIEU AQUATIQUE	- RÉGÉNÉRATION - RUISSELLEMENT - COMPÉTENCE DES EAUX DE RUISSELLEMENT - MODIFICATION DE LA MICRO-FAUNE ET DE LA MICRO-FLORE - SÉDIMENTATION DANS LES COURS D'EAU - MODIFICATION DE L'HABITAT DE L'ICHTHYOFAUNE
FERTILITÉ DES SOLS	CET ASPECT, EST ÉTUDIÉ DANS D'AUTRES ÉTUDES COMMANDÉES PAR ENFOR, ENTRE AUTRES:	- USE OF NITROGEN FIXING AND MYCORRHIZAE SYMBIOSIS IN FORESTS TO INCREASE BIOMASS PRODUCTION AND MAINTAIN SOIL FERTILITY WITHOUT ADDING ENERGY DEMANDING FERTILIZERS. LAVAL UNIVERSITY, QUEBEC, ENFOR P-78	- RESEARCH INTO FOREST BIOMASS PRODUCTION AND THE IMPACTS OF INTENSIVE HARVESTING ON SOIL FERTILITY AND FUTURE BIOMASS PRODUCTIVITY. U.B.C., ENFOR P-71	- EFFECTS OF HARVESTING BIOMASS FOR ENERGY ON THE NUTRIENT STATUS AND LONG-TERM PRODUCTIVITY OF FOREST SITES. DALHOUSIE UNIVERSITY, N.S., ENFOR P-40	
PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DES PLANS D'EAU	IDENTIFIER ET QUANTIFIER LES IMPACTS DÉCOULANT DE LA RÉCOLTE DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE	INVENTAIRE A PARTIR DE STATIONS DE RÉFÉRENCE SITUÉES EN MILIEU NATUREL ET EN MILIEU TRAITÉ VARIABLES RECENSÉES: - NATURE ET IMPORTANCE RELATIVE DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DU SOL (FOND ET BERGES) - ÉROSION ET SÉDIMENTATION - TEMPÉRATURE - CONDUCTIVITÉ - ACIDITÉ - OXYGÈNE DISSOUS - SOLIDE EN SUSPENSION - FLORE AQUATIQUE	EFFET DE L'APPLICATION DU TRAITEMENT SUR LES VARIABLES INVENTORIÉES: - MODIFICATION DES PROCESSUS DE SÉDIMENTATION ET D'ÉROSION - MODIFICATION DES PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU	FAIRE VARIER LE DISPOSITIF D'APPLICATION DU TRAITEMENT EN TENANT COMPTE DE: - LA LOCALISATION DES CHEMINS PAR RAPPORT A LA PROXIMITÉ DES PLANS D'EAU - MODALITÉS DE TRAVERSE DES RUISSEAUX ET RIVIÈRES - LA LARGEUR DE L'ÉCRAN LE LONG DES PLANS D'EAU	- ICHTYOFAUNE
FAUNE	VOIR FIGURE 15				

durée de la fonte et au profil d'écoulement des eaux de pluie. En fait, toute la variable eau ou régime hydrique et ses composantes sont reliées à l'érosion principalement. L'enregistrement des données s'effectuera essentiellement par le biais de mesures d'épaisseur de neige au sol en fonction des vents, de l'exposition et de la pente. Des mesures de débits lors de crues printanières seront effectuées ainsi qu'une évaluation de la capacité du cours d'eau à transporter du matériel (compétence, test sédimentologique). La période d'application du traitement ainsi que le mode de déboisement (dispositif d'application) sont des mitigations qui, dans une deuxième phase, pourront être suivies. Dans l'ensemble, l'épaisseur de neige affectera plus particulièrement la faune ongulée alors que les crues du printemps et la compétence des eaux causeront des problèmes dans le cas de l'érosion et du délavage des horizons de surface.

4.3- Les sols

Les sols, et plus particulièrement leurs propriétés physiques, sont une composante importante en ce sens qu'une modification qui les affecte se reflètera rapidement sur d'autres variables (figure 14) en fonction du degré de perturbation. Des éléments constitutifs comme la surface du sol, l'épaisseur de l'horizon organique de surface, le profil d'érosion et la sédimentation seront mesurés sur différentes parcelles-échantillons. Ces évaluations seront effectuées en fonction des condition-types du terrain, du type de machinerie et de la saison de récolte plus particulièrement. A court terme, il sera possible d'évaluer l'érosion et la sédimentation potentielle de différents types de sol alors qu'à plus long terme, la localisation adéquate des chemins et des sentiers et la circonscription des sites hautement susceptibles à l'érosion pourront diminuer en partie l'impact de l'extraction de la biomasse forestière. Plusieurs mitigations à plus long terme, dont la période d'application du traitement, le choix de la machinerie, le mode de déboisement, la délimitation des sentiers pour la machinerie et l'établissement d'écrans de végétation pourront également être suivies.

Comme l'indique la figure 14, six variables importantes dépendent du degré de perturbation du sol.

4.4- La fertilité des sols

Comme indiqué à la figure 14, la fertilité des sols dans le cadre du programme ENFOR et en relation avec la récolte de la biomasse forestière est étudiée de façon plus approfondie par au moins trois autres équipes de chercheurs au Canada. Cet aspect particulier, mais très important, de l'impact de la récolte de toute la matière ligneuse n'est donc pas abordé spécifiquement dans le cadre de cette étude-ci.

4.5- Les propriétés physico-chimiques des plans d'eau

L'étude de ces variables vise essentiellement à évaluer les modifications physico-chimiques susceptibles d'affecter les cours d'eau après une coupe forestière de type biomasse. L'inventaire sera effectué sur des places-échantillons déterminées sur sites traité et témoin (figure 14). Les variables retenues, soit l'érosion et la sédimentation, la température, la conductivité, l'acidité, l'oxygène dissous, les solides en suspension et la flore aquatique, sont tous des éléments faciles à évaluer et dont les variations reflètent bien le degré de perturbation du site traité. Ces analyses permettront d'étudier plus attentivement les processus de sédimentation et d'érosion et d'évaluer les modifications à court terme des propriétés physico-chimiques de l'eau. A plus long terme, des mitigations telles que la localisation des chemins et la traversée de cours d'eau ainsi que l'établissement d'écrans le long des cours d'eau permettront peut-être de réduire au niveau le plus bas les variations physico-chimiques de l'eau.

4.6- La faune

4.6.1- L'avifaune

L'avifaune (figure 15), aussi bien aquatique que terrestre, est fortement perturbée par une récupération forestière de type biomasse.

Il est donc important dans une approche intégrée d'étudier de façon approfondie cette variable. L'objectif de la surveillance consiste à identifier et à quantifier les impacts découlant de la récolte de la biomasse forestière. D'un point de vue plus pratique, le monitoring permettra d'évaluer les modifications des populations coloniales et passeriformes, ceci en comparant toujours un milieu témoin et un milieu traité. Globalement, le suivi au cours d'une période donnée mettra en évidence les relations entre l'effet d'un déboisement intensif et la composition des communautés, leur diversité, les aires de nidification et les sources de nourriture. Les mesures de mitigation applicables à une période ultérieure touchent essentiellement la diversité structurale des milieux végétaux et le maintien de zones intactes afin de conserver les aires nécessaires à la fonction de reproduction.

4.6.2- Les mammifères

4.6.2.1- Les micromammifères (musaraignes, campagnols, etc...)

Tout comme dans le cas des oiseaux, les objectifs du monitoring des micromammifères (figure 15) visent à identifier et à quantifier les effets d'une récolte de la biomasse forestière. A l'aide d'un inventaire des populations sur sites témoin et traité, il sera possible d'évaluer les espèces présentes en fonction d'un milieu végétal homogène déterminé. Le but visé à moyen terme est de pouvoir répondre à la question suivante: doit-on s'attendre, avec l'application de ce nouveau mode de récolte forestière, à une modification importante dans la composition et la diversité des communautés biotiques? Les mesures de mitigations visent principalement à favoriser l'implantation des espèces animales liées aux groupements végétaux de première venue (espèces intolérantes pour la plupart). Dans le cas des micromammifères cependant, beaucoup de variables sont encore inconnues. Ainsi, le type de machinerie utilisée affecte la compaction des sols et cette variable est importante pour les micromammifères puisque ceux-ci nichent dans les premiers horizons de surface. Le choix de la saison de récolte agit également sur l'intensité de la perturbation au sol et donc sur les micromammifères.

Figure 15: Variables impliquées dans le suivi des impacts potentiels suite à la récolte de la biomasse forestière (faune)

VARIABLES IMPLIQUÉES DANS LE SUIVI DES IMPACTS POTENTIELS SUITE A LA RÉCOLTE DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE

VARIABLES OU ENSEMBLE DE VARIABLES SENSIBLES	OBJECTIFS DU MONITORING	MÉTHODOLOGIE ET DONNÉES REQUISES	PORTÉE PRATIQUE DES RÉSULTATS	VALIDATION DES MESURES DE MITIGATION
FAUNE AVIFAUNE	IDENTIFIER ET QUANTIFIER LES IMPACTS DÉCOULANT DE LA RÉCOLTE DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE	ÉTUDE COMPARATIVE DES POPULATIONS DU MILIEU NATUREL ET DE CELLES DU MILIEU TRAITÉ: <u>INVENTAIRE DES POPULATIONS</u> - COLONIALES - DÉCOMPTÉ DES NIDS - PASSERIFORMES - MÉTHODE DES ITINÉRAIRES-ÉCHANTILLONS - I.P.A. (INDICE PONCTUEL DE L'ABONDANCE) DONNÉES - ESPÈCES PRÉSENTES DANS UN MILIEU VÉGÉTAL HOMOGÈNE - DENSITÉ SPÉCIFIQUE DE LA COMMUNAUTÉ BIOLOGIQUE NICHEUSE	EFFET DE L'APPLICATION DU TRAITEMENT SUR: - COMPOSITION (ESPÈCES) DES COMMUNAUTÉS - DIVERSITÉ - AIRE DE NIDIFICATION - SOURCE DE NOURRITURE	FAIRE VARIER LE DISPOSITIF D'APPLICATION DU TRAITEMENT EN TENANT COMPTE DE: - LA DIVERSITÉ STRUCTURALE DES MILIEUX VÉGÉTAUX QUI INFLUENCE L'AUGMENTATION ET LA DENSITÉ DES POPULATIONS DE PASSERIFORMES INFÉODÉES AUX STRATES HERBACÉES, ARBUSTIVES ET ARBORESCENTES - MAINTENIR INTACTES DES PORTIONS D'HABITAT AFIN DE CONSERVER L'AIRE NÉCESSAIRE À LA FONCTION DE REPRODUCTION (ESPÈCES COLONIALES)
MAMMIFÈRES - MICROMAMMIFÈRES (MUSARAINES, CAMPAGNOLS...)	INVENTAIRE ET QUANTIFIER LES EFFETS DU TRAITEMENT SUR LES POPULATIONS DE MICROMAMMIFÈRES	ÉTUDE COMPARATIVE DES POPULATIONS DU MILIEU NATUREL ET DE CELLES DU MILIEU TRAITÉ: <u>INVENTAIRE DES POPULATIONS</u> - INSTALLATION DE LIGNES DE TRAPÈS; LA DISTANCE DES ENJONS DE CAPTURE ÉTANT INFÉRIEURE AU DOMAINE VITAL - MÉTHODE DE RÉGRESSION PAR CALCUL DE LA DROITE DES MOINDRES CARRÉS DONNÉES - ESPÈCES PRÉSENTES - NOMBRE D'ESPÈCES PAR MILIEU VÉGÉTAL HOMOGÈNE - NOMBRE DE CAPTURES JOURNALIÈRES PAR ESPÈCE	EFFET DE L'APPLICATION DU TRAITEMENT SUR: - LA COMPOSITION DE LA COMMUNAUTÉ BIOTIQUE - LA DIVERSITÉ DES COMMUNAUTÉS BIOTIQUES	FAIRE VARIER LE DISPOSITIF D'APPLICATION DU TRAITEMENT AFIN: - DE FAVORISER L'IMPLANTATION DES ESPÈCES LIÉES AUX GROUPEMENTS VÉGÉTAUX DE PREMIÈRE VENUE AFIN D'ACCELERER LA RECOLONISATION
MAMMIFÈRES - DE TAILLE MOYENNE, VÉGÉTARIENS (LIÈVRES, MARMOTTES, ÉCUREUILS, SUISSES...)	IDENTIFIER ET QUANTIFIER LES EFFETS DU TRAITEMENT SUR LES POPULATIONS DE MAMMIFÈRES (VÉGÉTARIENS)	ÉTUDE COMPARATIVE DES POPULATIONS DU MILIEU NATUREL ET DE CELLES DU MILIEU TRAITÉ: <u>INVENTAIRE DES POPULATIONS</u> - ESPÈCES PRÉSENTES PAR L'IDENTIFICATION DES PISTES ET SIGNES D'ACTIVITÉ - INDICE RELATIF D'ABONDANCE DES POPULATIONS DOMINANTES PAR LE DÉCOMPTÉ DES FUMÉES ET DES TERRIERS PAR UNITÉ DE SURFACE DONNÉES - PRÉSENCE DES ESPÈCES - NOMBRE DE CONTACTS/UNITÉ DE SURFACE (UTILISATION)	EFFET DE L'APPLICATION DU TRAITEMENT SUR: - LES POPULATIONS - L'IMPORTANCE RELATIVE DES POPULATIONS - DEGRÉ D'UTILISATION DES MILIEUX - LIMITATION DES HABITATS DISPONIBLES - LIMITATION DE LA NOURRITURE DISPONIBLE - TOLÉRANCE DES ESPÈCES	FAIRE VARIER LE DISPOSITIF D'APPLICATION DU TRAITEMENT AFIN: - DE MAINTENIR UN ABRIS ADÉQUAT - DE RÉDUIRE LE TAUX DE MORTALITÉ PAR LA PRÉDATION
MAMMIFÈRES - DE TAILLE MOYENNE, CARNIVORES (LOUPS, COYOTES, RENARDS...)	IDENTIFIER ET QUANTIFIER LES EFFETS DU TRAITEMENT SUR LES POPULATIONS DE MAMMIFÈRES (CARNIVORES)	ÉTUDE COMPARATIVE DES POPULATIONS DU MILIEU NATUREL ET DE CELLES DU MILIEU TRAITÉ: <u>INVENTAIRE DES POPULATIONS</u> - ESPÈCES PRÉSENTES PAR L'IDENTIFICATION DES PISTES ET DES SIGNES D'ACTIVITÉ - DEMANDE ÉNERGÉTIQUE DES ESPÈCES/JR (THÉORIE) DONNÉES - LISTE, NOMBRE ET FRÉQUENCE DES ESPÈCES - TYPE DE PROIES PRÉFÉRÉES - TENDANCE DES POPULATIONS DE PROIES INVENTORIÉES	EFFET DE L'APPLICATION DU TRAITEMENT SUR: - LES DÉPLACEMENTS - LA DISPONIBILITÉ DE L'ABRI - LA DISPONIBILITÉ DE LA NOURRITURE	
GROS MAMMIFÈRES (CERFS DE VIRGINIE, ORIGNAUX, OURS...)	IDENTIFIER ET QUANTIFIER LES EFFETS DU TRAITEMENT SUR LES POPULATIONS DE GROS MAMMIFÈRES	ÉTUDE COMPARATIVE DES POPULATIONS DU MILIEU NATUREL ET DE CELLES DU MILIEU TRAITÉ <u>INVENTAIRE DES POPULATIONS</u> EN FONCTION DU DEGRÉ D'UTILISATION DU MILIEU (SURFACE BOISÉE SURFACE DENUDÉE, LISIÈRE) - INDICES RELATIFS DU DEGRÉ D'UTILISATION DU MILIEU POUR L'ALIMENTATION - INTENSITÉ DU BROUORAGE PAR UNITÉ DE SURFACE - INDICE RELATIF DE PRÉSENCE/KM DONNÉES - POINTS DE CONTACT/KM - NOMBRE DE TIGES BROUÉES/KM ²	EFFET DE L'APPLICATION DU TRAITEMENT SUR: - LES DÉPLACEMENTS - LA DISPONIBILITÉ DE L'ABRI - LA DISPONIBILITÉ DE LA NOURRITURE	FAIRE VARIER LE DISPOSITIF D'APPLICATION DU TRAITEMENT DE FAÇON A: - MAINTENIR UN ABRIS ADÉQUAT DURANT LES PÉRIODES CRITIQUES - FAVORISER LES DÉPLACEMENTS À TRAVERS LE DOMAINE VITAL
ICHTHYOFAUNE	IDENTIFIER ET QUANTIFIER LES EFFETS DU TRAITEMENT SUR LES POPULATIONS ICHTHYOLOGIQUES	ÉTUDE COMPARATIVE DES POPULATIONS DU MILIEU NATUREL ET CELLES DU MILIEU TRAITÉ <u>PRÉREQUIS</u> - DONNÉES PHYSICO-CHIMIQUES DES LACS ET TRIBUTAIRES <u>INVENTAIRE</u> - INSTALLATION DE FILETS ET VERVEUX DONNÉES - NOMBRE DE CAPTURES PAR ESPÈCE PAR UNITÉ DE TEMPS - (SEXE, AGE, LONGUEUR)?	EFFET DE L'APPLICATION DU TRAITEMENT SUR: - LA DENSITÉ MAXIMALE/ESPÈCE - LA STRUCTURE DES POPULATIONS - LE REMPLACEMENT PAR DES ESPÈCES PLUS TOLÉRANTES	FAIRE VARIER LE DISPOSITIF D'APPLICATION DU TRAITEMENT DE FAÇON A: - PROTÉGER LES RIVES EN ÉVITANT L'ALTÉRATION DES TRIBUTAIRES DE FAIBLE IMPORTANCE - FAVORISER LA TRAVERSÉE PERPENDICULAIRE DES COURS D'EAU

4.6.2.2- Les mammifères de taille moyenne (végétariens: lièvres, marmottes, etc...)

L'identification et la quantification des effets de la récolte de la biomasse forestière sur les mammifères de taille moyenne (figure 15) s'effectuera par l'intermédiaire d'un inventaire des populations (pistes, signes d'activité) et de l'indice relatif d'abondance des populations dominantes (fumées et terriers par unité de surface). La compilation de ces données permettra d'évaluer l'impact des traitements sur les populations préexistantes, l'importance relative des populations et les limites d'utilisation du territoire en relation avec la surface disponible, la nourriture et la tolérance de certaines espèces. Dans une étape ultérieure, des mitigations pourraient être appliquées et évaluées, surtout en relation avec le mode de coupe forestière.

4.6.2.3- Les carnivores (loups, coyotes, renards, etc...)

L'identification d'éventuels impacts, suite à la récolte de la biomasse forestière, sera probablement plus complexe dans le cas de cette classe de mammifères puisqu'étant située plus haut dans la chaîne alimentaire, le temps de réaction devrait normalement être plus long. Sur une période d'inventaire courte, c'est-à-dire de deux à trois ans, la réaction pourrait ne pas être significative.

Dans la méthodologie d'approche (figure 15), l'identification des pistes et signes d'activité ainsi que la demande énergétique par jour permettront d'établir un bilan et des proportions proies-prédateurs. A moyen terme, l'application d'une récolte de la biomasse forestière permettra d'évaluer les déplacements des carnivores ainsi que la disponibilité en abri et nourriture. Le degré de perturbation des sites pourra donc être reflété par la compilation de ces différentes données et observations.

4.6.2.4- Les gros mammifères (cerfs de Virginie, orignaux, ours, etc...)

Il est important d'étudier cette classe de mammifères, principalement les ongulés, puisque ceux-ci vivent, lors des périodes hivernales, dans des conditions environnementales difficiles et ont un régime alimentaire très strict. L'indice relatif du degré d'utilisation du milieu, mesuré par l'intensité de broutage, et l'indice relatif de présence/km permettront une évaluation objective des populations (figure 15). Tout comme dans le cas des mammifères, les résultats permettront d'évaluer les déplacements et la disponibilité des abris et de la nourriture en fonction de l'intensité du déboisement. Les mitigations viseront essentiellement à assurer un abri adéquat aux périodes critiques et à favoriser les déplacements en période de neige abondante.

4.6.2.5- L'ichtyofaune

Tout comme c'était le cas pour les carnivores, l'ichtyofaune se trouve à un niveau assez élevé dans la chaîne alimentaire. Les impacts de la récolte de la biomasse forestière sur cette ressource se manifesteront donc un peu plus tard. L'observation de cette variable permet d'autre part de visualiser l'état de santé des cours d'eau. L'inventaire, par l'installation de filets et de verveux, permettra d'obtenir aussi bien une évaluation quantitative que qualitative (figure 15). L'aspect quantitatif nous informera sur la capacité du milieu à supporter un nombre minimal d'individus alors que l'aspect qualitatif reflètera les modifications du milieu biophysique qui favoriseraient une espèce plutôt qu'une autre; par exemple, les poissons d'eau froide ou les poissons d'eau chaude. La compilation de ces informations permettra d'évaluer la densité maximale qu'un site peut accepter par espèce. Il sera aussi possible d'observer d'éventuelles modifications dans la structure des populations et certains déplacements d'espèces intolérantes. Le fait de favoriser la traversée perpendiculaire des cours d'eau représente une mesure de mitigation qui pourra être suivie à des étapes ultérieures.

CONCLUSION

La première étape de ce projet, soit la compilation et l'analyse d'une revue bibliographique sélective des effets, sur le milieu naturel, de la récolte conventionnelle et de la récolte de toute la biomasse forestière, a permis d'évaluer et de définir certaines approches primaires.

La matrice de Léopold a permis dans un premier temps de regrouper la plupart des informations de la revue bibliographique sélective et d'établir un lien de cause à effet entre une variable du milieu et une opération liée à l'extraction de la matière ligneuse. Le facteur temps est aussi intégrable. Parallèlement et dans le cadre de stratégies d'intervention, la revue bibliographique permet également de proposer une série de mitigations applicables aux variables du milieu.

Il existe tout un ensemble de mesures de mitigation qui sont de nature à minimiser les impacts engendrés lors d'une récolte intensive de la biomasse forestière. L'élaboration d'une stratégie globale d'intervention devrait permettre de valider un certain nombre d'entre elles et de garantir une exploitation optimale de la biomasse forestière sans causer de préjudices graves à l'environnement.

D'autre part, l'intégration des variables et des interrelations consécutives ne pouvant pas être effectuée à l'aide la matrice Léopold, l'utilisation des informations de cette matrice à l'intérieur de la matrice CNYR s'est avérée nécessaire. Cette dernière est essentiellement utilisée afin d'établir des liens directs et indirects entre des impacts secondaires découlant d'impacts primaires à partir d'une qualification des variables de la matrice de Léopold. La mise sous forme d'organigramme de la matrice CNYR permet ensuite non seulement de mettre en relief toutes les interrelations qui existent entre les principales variables retenues mais aussi de faire ressortir celles qui ont une importance plus marquée. En prenant comme cadre de référence six ressources du milieu naturel, il a été possible non seulement d'identifier les sources directes d'impacts mais également de remonter aux variables qui sont

à l'origine des principales modifications de l'environnement. Ces deux facteurs (les ressources et les variables critiques devant être contrôlées) permettront d'asseoir une stratégie assurant un monitoring bien orienté.

Le monitoring aura pour but essentiel d'étudier le milieu naturel dans le cadre d'une approche entièrement intégrée et de quantifier, sur une période de temps donnée, l'ensemble des impacts affectant l'écosystème forestier. Cinq thèmes précis, soit la physiographie, les sols, la flore et la végétation, la faune et enfin le milieu aquatique, qualifiés par certaines variables critiques, permettront de compiler l'information par l'intermédiaire de méthodes d'inventaire précises. Globalement donc, les objectifs du monitoring consistent à identifier et à quantifier les effets du traitement (l'ensemble des opérations forestières liées à l'extraction) sur la variable ou l'ensemble des variables considérées. A court terme, la stratégie ne sera reflétée que par l'observation des faits. A plus long terme cependant, des politiques globales, le choix de mitigations appropriées et des recommandations précises pourront être mis de l'avant dans le but d'assurer et de maintenir son entité propre à l'environnement forestier.