PROGRAMME DE MISE EN VALEUR DES RESSOURCES DU MILIEU FORESTIER

Volet I

Système de régénération par coupe progressive :
Étude de la coupe finale dans une érablière à hêtre de l'Outaouais

PRÉSENTÉ À :

M. Vincent Barrette, ing. f.
Produits forestiers Turpin inc.
M. Louis Ménard, ing.f.
Unité de gestion Basse-Lièvre 72

PAR :

Guy Lessard, ing.f., M.Sc.
Donald Blouin, ing.f., M.Sc.
Hugues Vallée, forestier

CERFO
Centre d'enseignement et de recherche
en foresterie de Sainte-Foy inc.

19 MAI 1997

©CERFO 97-02

RÉSUMÉ

Dans la région de l'Outaouais, comme dans plusieurs autres régions feuillues et mélangées du Québec, plusieurs peuplements forestiers se sont dégradés suite à d'anciennes coupes à diamètre limite où les plus beaux sujets avaient été récoltés. En raison d'une proportion trop faible de tiges vigoureuses, les bénéficiaires de l'aire commune 72-02 ont opté dans certains cas, pour la coupe progressive, reconnue depuis longtemps, en Amérique du Nord, pour son efficacité à régénérer les feuillus tolérants (Leffelman et Hawley, 1925). En pratique cette intervention apparaît problématique puisque, lors de la coupe définitive, l'impact visuel est important et la régénération difficile à protéger.

Le but du projet est d'établir une méthode opérationnelle pour la coupe finale qui permet à la fois de préserver la régénération, de minimiser l'impact visuel et de maintenir une certaine rentabilité à l'opération.

Trois secteurs composés au total de 11 blocs ont été délimités dans une érablière à feuillus tolérants sur till épais où avait eu lieu la première coupe partielle. Les places-échantillons étaient distribuées à 5, 10 et 15 m des sentiers de débardage et permettaient d'évaluer à la fois l'abondance et la distribution de la régénération. Les tiges étaient débusquées à l'aide d'une Caterpillar 518 utilisant des sentiers espacés de 40 m. L'abattage devait être directionnel.

Suite à la coupe, une densité très satisfaisante de régénération en feuillus tolérants (tiges blessées exclues) a été maintenue (plus de 17 000 tiges/ha de plus de 50 cm de hauteur) et la distribution a été très peu modifiée (plus de 93 %). Les parcelles situées à 5 m sont surtout affectées par la sortie de la débusqueuse des sentiers et l'effet de fauchage lorsqu'il n'y a pas eu d'abattage directionnel. Les parcelles à 15 m sont affectées par les cimes des arbres abattus. Le nombre de tiges marchandes avant la coupe affecte directement la perte de régénération *: la régénération préétablie se doit d'être abondante en essences désirées et bien distribuées*. Au chapitre de l'esthétique, une régénération de plus de 3 m de hauteur avant la récolte et le peu de superficie occupée par les sentiers (16 %) ont limité l'impact visuel. Quant à la productivité obtenue, elle est comparable à la production habituelle de la coupe de jardinage : l'efficacité accrue du débardage minimise le temps et les efforts.

Deux techniques assurent la réussite de la CPRS feuillue: l'abattage directionnel et l'espacement des sentiers. Parmi les moyens essentiels pour appliquer ces techniques, on retiendra d'une part, la sensibilisation et la formation des équipes et d'autres part, une supervision stricte mais réaliste. De plus, la considération des saisons de coupe et des milieux plus fragiles pourrait être intégrée dans la planification.

Remerciements

Nos remerciements s'adressent d'abord à celui qui a rendu ce projet possible, M. Vincent Barrette, de Produits forestiers Turpin inc., compagnie dont la réputation de qualité en sylviculture n'est plus à faire. Les contributions de deux autres membres de leur équipe, MM. Daniel Soucy et Frédéric Joubert furent également appréciées.

Nos remerciements s'adressent également à MM. Louis Ménard et André Laurin de l'Unité de gestion de la Basse-Lièvre pour leur appui et leurs précieux conseils tout au long du projet. MM. Zoran Majcen et Michel Huot, du Complexe scientifique, ont également permis de bonifier le projet.

Nous remercions également M. Raymond Blier dont la riche expérience en abattage directionnel et la facilité de communication furent inestimables auprès de l'équipe chargée d'effectuer les travaux.

Nous désirons remercier également le Conseil des maires de la MRC de Papineau pour leur précieux appui lors de la présentation du projet.

Table des matières

RÉSUMÉ
REMERCIEMENTS

LISTE DES FIGURES III
LISTE DES TABLEAUX IV
INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1 — BREF HISTORIQUE DE LA COUPE PROGRESSIVE DANS LE FEUILLU 2

CHAPITRE 2 — MÉTHODOLOGIE 4

2.1 Localisation 4
2.2 Secteurs retenus et description de la régénération 4
2.3 Dispositif expérimental 5
2.4 Données mesurées 6
2.5 Description de l'exécution des travaux 6

CHAPITRE 3 — RÉSULTATS 8

3.1 Description du secteur 8

3.1.1 Description dendrométrique 8
3.1.2 Vérification de l'uniformité des secteurs délimités 10

3.2 Impact de la coupe finale sur le nombre de tiges en régénération de plus de 50 cm de hauteur 11

3.3 Impact sur le stocking de la régénération 16

3.3.1 Stocking après coupe des tiges en régénération (>50 cm) 16
3.3.2 Stocking des tiges (<50 cm) après coupe 18

3.4 Étude de productivité 20
3.5 Impact sur l'esthétique et les sols 20

Table des matières (suite)

CHAPITRE 4 — DISCUSSION 21

4.1 Impacts de la coupe sur la régénération 21
4.2 Impact esthétique, composition et production de qualité 21
4.3 Impact sur la conservation des sols 22
4.4 Productivité 22
4.5 Facteurs limitants influençant la productivité et l'impact 23

CHAPITRE 5 — RECOMMANDATIONS POUR UN MODÈLE D'APPLICATION POUR LES CPRS FEUILLUS 28

5.1 Recommandations proposées pour l'application des CPRS feuillus 28
5.2 Quelques mesures de sécurité à surveiller 29

CHAPITRE 6 — AVENUES DE DÉVELOPPEMENT 31

CONCLUSION 32
OUVRAGES CITÉS 33

ANNEXE 1 *— SCHÉMA DE LA LOCALISATION ET EXTRAIT DE LA CARTE FORESTIÈRE 36*
ANNEXE 2 *— FEUILLET POUR LES ÉTUDES DE TEMPS ET MOUVEMENT 38*
ANNEXE 3 *— RAPPORT DE FORMATION 40*
ANNEXE 4 *— PHOTOGRAPHIES 46*

Liste des figures

Figure 1a Plan d'un bloc expérimental 5

Figure 1b Plan du dispositif 7

Figure 2 Répartition du nombre de tiges en régénération à l'hectare d'érable à sucre et de hêtre en fonction des secteurs 8

Figure 3 Répartition du nombre de tiges en régénération (>50 cm) dans les blocs des secteurs 1 et 2 10

Figure 4 Relation entre la surface terrière avant la coupe finale et la réduction après coupe du nombre de tiges en régénération (50 cm et plus de hauteur) 13

Figure 5 Relation entre le nombre de tiges marchandes avant la coupe finale et la réduction après coupe du nombre de tiges en régénération (50 cm et plus de hauteur) 13

Figure 6 Planification du débardage en fonction du vent 26

Liste des tableaux

Tableau 1 Description dendrométrique des secteurs 9

Tableau 2 Répartition du nombre de tiges en régénération dans chaque secteur 9

Tableau 3 Répartition du nombre de tiges en régénération par bloc 9

Tableau 4 Dénombrement de tiges de plus de 50 cm de hauteur 12

Tableau 5 Surface terrière initiale et nombre de tiges/ha des blocs retenus 12

Tableau 6 Réduction du nombre de tiges vs la distance des sentiers 15

Tableau 7 Résultats des analyses de covariance sur nombre de tiges/ha en régénération (> 50 cm) 15

Tableau 8 Surface terrière initiale et nombre de tiges/ha des blocs retenus (> 50 cm) 16

Tableau 9 Réduction du stocking (50 cm et plus) en fonction des secteurs 17

Tableau 10 Réduction du stocking (50 cm et plus) en fonction des distances 17

Tableau 11 Analyse de covariance pour le stocking (>50 cm de hauteur) 17

Tableau 12 Réduction du stocking (50 cm et moins) en fonction des secteurs 19

Tableau 13 Réduction du stocking (50 cm et moins) en fonction des distances 19

Tableau 14 Analyse de covariance pour le stocking (<50 cm de hauteur) 19

Tableau 15 Nombre de tiges débardées à la jetée en moyenne 20

Introduction

Dans la région de l'Outaouais, comme dans plusieurs autres régions feuillues et mélangées du Québec, plusieurs peuplements forestiers se sont dégradés suite à d'anciennes coupes à diamètre limite où les plus beaux sujets avaient été récoltés. Le traditionnel aménagement inéquienne avec ses jardinages ne s'appliquant plus en raison d'une proportion trop faible de tiges de vigueur I, les bénéficiaires du contrat d'approvisionnement et d'aménagement forestier (CAAF) de l'aire commune 72-02 ont opté, dans plusieurs cas, pour un système plus approprié, la coupe progressive. Dans ce système de régénération, on récolte une portion des arbres (jusqu'à 50 %) et l'on conserve des semenciers afin de favoriser l'installation de la régénération désirée. Une récolte finale est ensuite effectuée en préservant la régénération établie sous le couvert. En pratique, cette intervention apparaît problématique : l'impact visuel est important et la récolte est difficile à effectuer sans abîmer la régénération.

Le but du projet est d'établir une méthode opérationnelle pour la coupe finale qui permette à la fois de préserver la régénération, de minimiser l'impact visuel et enfin de maintenir une certaine rentabilité à l'opération. Plus spécifiquement, plusieurs hypothèses, dans le contexte de la coupe définitive dans le feuillu, doivent être validées, soit que :

- l'abattage directionnel est possible malgré la longueur des tiges et le volume des cimes des feuillus de la région;
- l'impact esthétique peut être limité;
- la régénération ne sera pas perturbée massivement par écrasement ou par les opérations de débardage;
- la hauteur de la régénération n'est pas une contrainte incontournable;
- il y a peu ou pas de perte de productivité en raison des contraintes de sentiers à respecter;
- les coûts sont comparables à ceux du jardinage.

Le présent rapport décrit d'abord l'historique de la coupe progressive ainsi que le dispositif utilisé. Les résultats concernant l'impact de la coupe et la productivité sont ensuite présentés et discutés. Une série de recommandations sont également formulées concernant la méthode à utiliser pour la coupe progressive dans le feuillu.

Chapitre 1 — Bref historique de la coupe progressive dans le feuillu

DESCRIPTION DE LA COUPE PROGRESSIVE

Dans ce procédé de régénération, le peuplement est ouvert de façon progressive afin de favoriser l'établissement de la régénération désirée, tout en lui donnant une protection suffisante en présence de conditions adverses. La caractéristique la plus fondamentale de ce procédé réside dans le chevauchement des révolutions alors que le peuplement actuel poursuit sa croissance et que le nouveau peuplement s'installe (Manuel de foresterie, 1996). Trois étapes sont suggérées : la coupe préparatoire, la coupe d'ensemencement et la coupe définitive. Souvent, seules les deux dernières sont retenues.

HISTORIQUE DE LA COUPE PROGRESSIVE DANS LES FORÊTS FEUILLUES DE L'AMÉRIQUE DU NORD

Depuis longtemps, en Amérique du Nord, le système de coupe progressive est reconnu pour son efficacité à régénérer les feuillus tolérants. En effet, dès 1925, Leffelman et Hawley observent une régénération de feuillus tolérants de 13 750 à 27 750 à l'hectare selon les sites suite à des coupes partielles comme les coupes progressives, les coupes de sanitation ou les coupes d'amélioration.

Au Québec, après les divers modes successifs de coupe à diamètre limite, de coupe par bande et de jardinage, on a assisté depuis peu à une utilisation plus importante de la coupe progressive et souvent en remplacement de la coupe d'amélioration du MRN. La prochaine mode prévue pour le bouleau jaune est la coupe par parquet, vaguement inspirée de résultats américains et des aménagements par blocs équiennes européens.

Cependant la coupe progressive avec scarification sous couvert demeure une avenue intéressante pour favoriser le retour du bouleau jaune. Il est maintenant reconnu que le jardinage par pied d'arbre tend à favoriser les espèces les plus tolérantes comme l'érable à sucre ou le hêtre (Metzger and Tubbs, 1969; Roberge, 1977). Par ailleurs, la coupe totale, qu'elle soit d'un seul tenant, par bande ou par parquet, ne permet pas de contrôler la distribution des feuillus tolérants et favorise l'envahissement des feuillus intolérants à moins de limiter les ouvertures au maximum à deux longueurs d'arbres (Michel Huot, MRN, communication personnelle).

CONDITIONS DE RÉUSSITE

Il sera possible de conserver un bon stocking après la coupe définitive si la régénération préétablie est abondante et si des soins raisonnables sont apportés lors de l'exploitation (Jacobs, 1974). À ce sujet, l'auteur suggère de récolter l'hiver et de ne pas défaire les cimes. Dans sa synthèse sur la coupe progressive, Hannah (1988) recommande notamment que les sentiers de débusquage soient localisés de façon permanente. Canuel (1987) souligne l'importance des sentiers espacés et de l'abattage directionnel.

L'intensité de la première coupe devrait être autour de 40 % d'après le guide de Roach (1977). Les arbres les plus grands, dont la cime est complète et possédant les plus belles conformations sont conservés comme semenciers (Godman and Tubbs, 1973). La coupe définitive est prête à réaliser lorsque la hauteur de la régénération a atteint un minimum de 1.5 m (Sander et al., 1976).

Cependant, l'installation de la régénération n'est pas la seule étape pour la réussite du procédé. Des conditions climatiques adverses, le broutage (par les cervidés ou les rongeurs) ou encore la compétition sont autant de facteurs pouvant compromettre la survie ou modifier la composition du peuplement futur. Dans les Adirondacks, le chevreuil a été responsable d'une transformation de la régénération en hêtre presque pure alors que, dans les secteurs protégés, la régénération était composée surtout d'érable à sucre et de bouleau jaune (Curtis et Rushmore, 1958). S'il y a de la compétition herbacée ou arbustive, l'impact sera moindre sur les feuillus désirés qui seront alors protégés (Horsley et Marquis, 1983).

IMPACT DE LA COUPE DÉFINITIVE SUR L'ESTHÉTIQUE

Concernant l'esthétique, Tubbs (1977a; 1977b) propose de procéder à une coupe progressive en 3 étapes (20 %, 50 % et coupe finale) et de récolter avec soins lorsque la régénération atteint 15 pi (environ 4.5 m). Par ailleurs Liboiron et Paquet (1994) révèlent que, pour la majorité des groupes d'utilisateurs consultés, un paysage acceptable doit avoir une hauteur minimale de 4 m; de plus la coupe à blanc d'un seul tenant ne doit pas dépasser 25 % du paysage visible.

Chapitre 2 — Méthodologie

2.1 LOCALISATION

Le peuplement étudié est situé dans la réserve Papineau-Labelle, sur une colline près du Lac Brûlé. Il appartient au domaine de l'érablière à érable à sucre et tilleul (région écologique 3b). Le peuplement initial était une érablière à feuillus tolérants inéquienne (47 ha) principalement constituée d'érable à sucre (63%) et de hêtre à grande feuille (26%) avec comme espèces compagnes la pruche (7%) et le bouleau jaune (1%) . Il est situé sur till loameux épais, devenant localement mince, bien à modérément bien drainé. La roche-mère est d'origine cristalline. La qualité moyenne du peuplement initial était faible (25% de tiges de qualité 1). Une coupe progressive d'ensemencement (CPE) a été exécutée en 1994 et le prélèvement de 41% a ramené la surface terrière originale de 20,9 m^2 à 12,3 m^2.

2.2 SECTEURS RETENUS ET DESCRIPTION DE LA RÉGÉNÉRATION

Certains secteurs du territoire étaient régénérés principalement en hêtre à grande feuille (25%) dans l'étage dominant de la régénération et en érable à sucre (61%) ainsi qu'en bouleau jaune (5 %) et érable de Pennsylvanie (7%). L'abondance de régénération préétablie (27 700 tiges/ha) justifiait une coupe finale avec protection de la régénération et des sols (CPRS) seulement deux ans après la première intervention.

Trois secteurs comportant différents types de régénération ont été retenus pour l'étude. Il s'agit de secteurs ayant :

1. *Une régénération dense de 2 à 3 m de hauteur composée majoritairement de hêtre.*

2. *Une régénération d'érable de 1 à 2 m de hauteur recouverte d'un couvert discontinu de hêtre entre 2 et 3 m.*

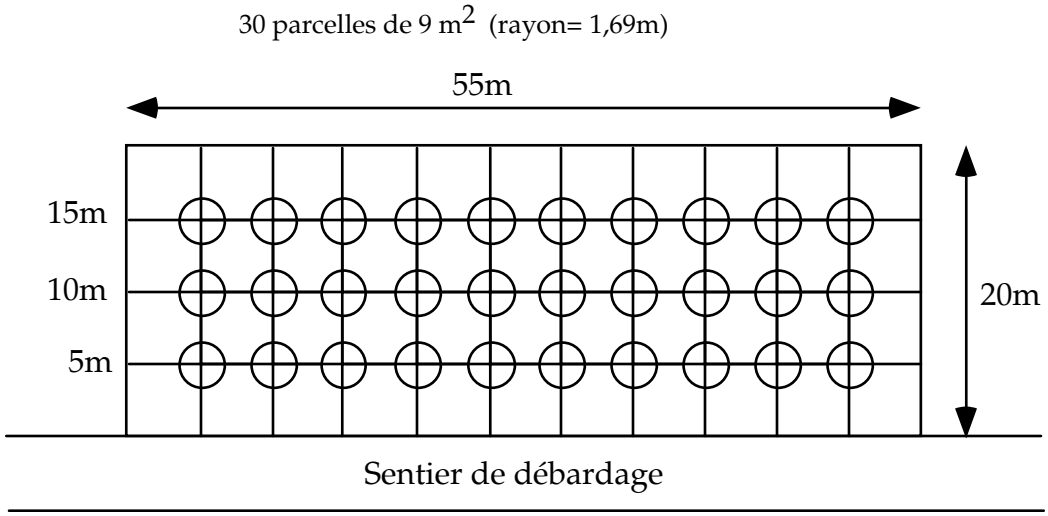
3. *Une régénération d'érable à sucre abondante d'un mètre de hauteur.*

Les trois secteurs retenus pour l'étude représentent une superficie totale d'environ 3.5 ha. À l'intérieur des secteurs retenus, l'ensemble des sentiers de débardage utilisés au moment de la CPE étaient toujours visibles sur le terrain; ils ont été inventoriés et positionnés sur une carte à l'échelle du 1 : 1 667. Les sentiers correspondant à l'alignement et l'équidistance souhaités de 40 m ont été réutilisés pour les travaux de la coupe finale. C'est également à partir des sentiers utilisés pour la coupe finale qu'ont été positionnées les places d'études.

2.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Au total, 11 blocs expérimentaux ont été installés dans le dispositif dont six dans le secteur 1 (secteur de hêtre), trois dans le secteur 2 (secteur d'érable et hêtre) et deux dans le secteur 3 (secteur d'érable) (voir figure 1a). Les blocs sont disposés en fonction des sentiers de débardage. Chacun des blocs est constitué de trois séries de dix places-échantillons équidistantes de 5 mètres. Chaque série est placée parallèlement au sentier de débardage respectivement à 5, 10 et 15 mètres du sentier de débardage, pour un total de 30 places-échantillons par bloc (voir figure 1a et 1b).

***FIGURE 1A** — PLAN D'UN BLOC EXPÉRIMENTAL*



2.4 DONNÉES MESURÉES

Les places-échantillons sont semi-permanentes et identifiées par une fiche d'acier et une étiquette métallique numérotée servant de centre de parcelle pour la prise des données avant et après traitement. L'inventaire de régénération est réalisé sur des parcelles circulaires à rayon fixe de 1,69 m (9 m^2) dans les secteurs 1 et 2, et des parcelles à rayon fixe de 1,13 m (4 m^2) dans le secteur 3 dû à l'abondance de la régénération.

Afin de vérifier l'impact de l'ouverture du peuplement créé par la CPE deux ans plus tôt, une distinction est faite entre la régénération de moins de 50 cm de hauteur et celle de plus de 50 cm de hauteur.

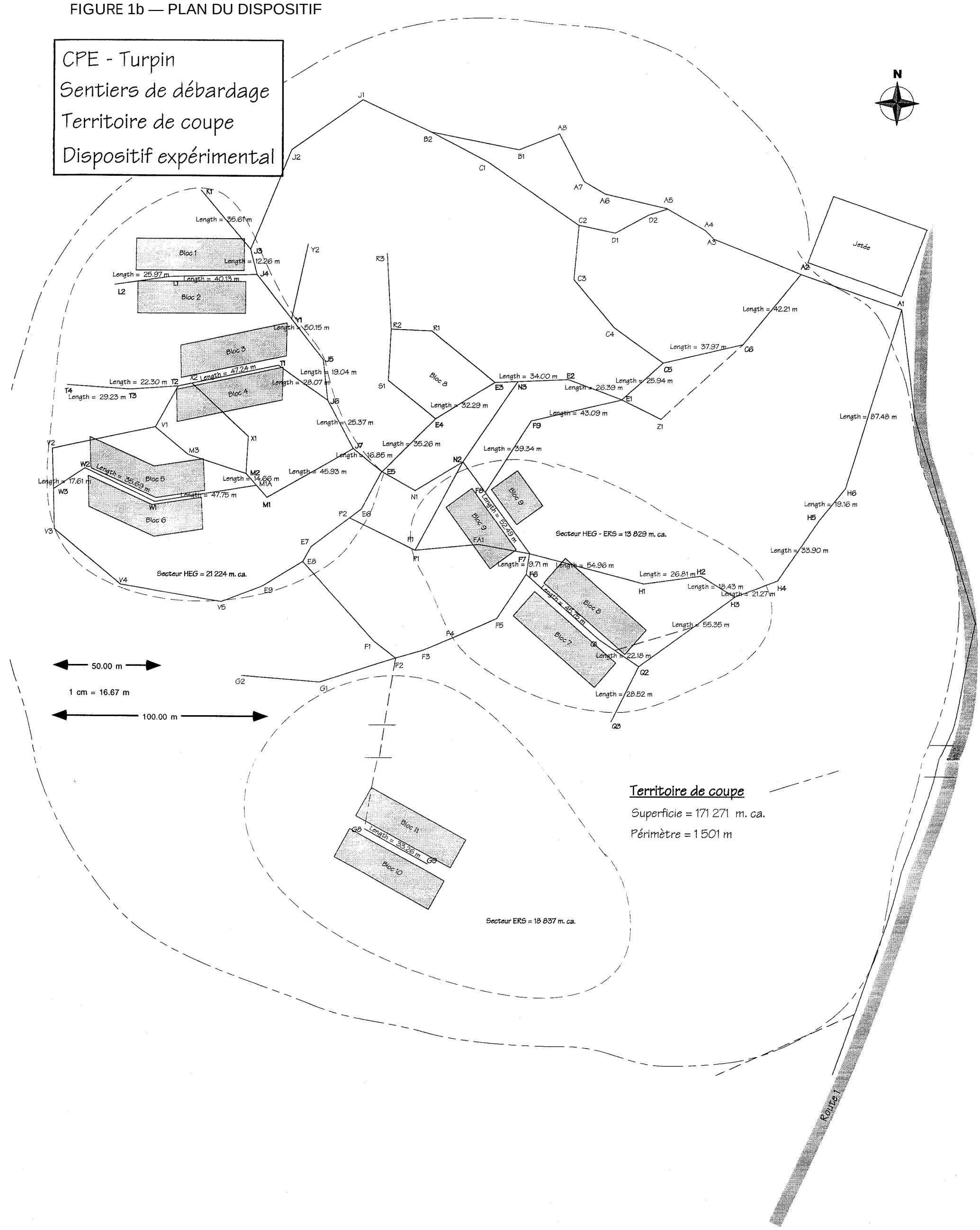
Pour chacun des blocs, la présence-absence par essence est notée dans les 30 places-échantillons pour les deux classes de hauteur. Un dénombrement par essence des tiges de plus de 50 cm de hauteur est réalisé dans 9 places-échantillons par blocs, avant et après la récolte.

2.5 DESCRIPTION DE L'EXÉCUTION DES TRAVAUX

Une coupe avec protection de la régénération et des sols avait été prescrite pour le territoire. La prescription demande de respecter une équidistance de 40 m entre les sentiers de débardage. L'utilisation des techniques d'abattage directionnel est exigée afin de préserver le plus possible la régénération naturelle. Dans ce but, une équipe de formateurs encadra l'équipe de travail tout au long des opérations.

Une étude de temps et mouvement a également été prévue afin de pouvoir vérifier l'hypothèse que la méthode de coupe préconisée ralentit considérablement le travail des équipes en raison des précautions à prendre lors de l'abattage et des sentiers à respecter. Parmi les variables retenues (cf. : feuillet placé à l'annexe 2), nous retrouvons le nombre de tiges par voyage et par heure, les heures-machines productives, les distances à parcourir par voyage, la superficie récoltée et une évaluation du volume moyen par arbre et par hectare. Le type de débusqueuse utilisée est un Caterpillar 518 munie de chaînes à anneaux aux quatre (4) roues. Elle porte un câble de 25 m et 6 élingues tel qu'utilisé pour les coupes de jardinage.

FIGURE 1b — PLAN DU DISPOSITIF



Chapitre 3 — Résultats

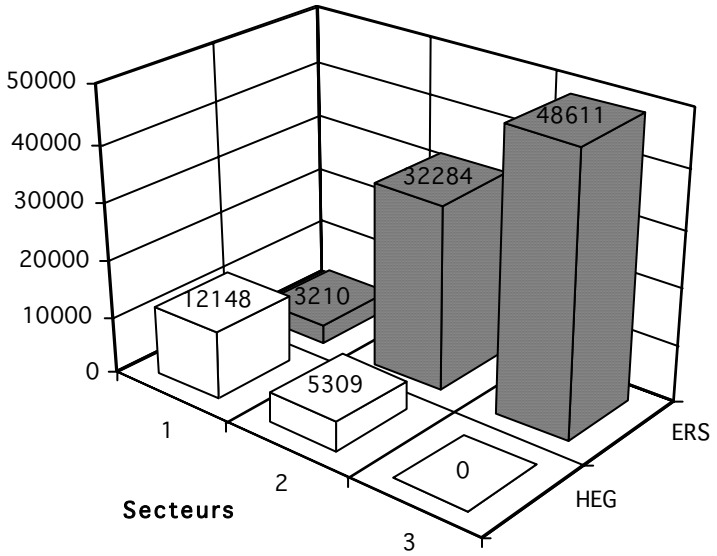
3.1 DESCRIPTION DU SECTEUR

3.1.1 Description dendrométrique

L'inventaire au prisme des tiges marchandes a été compilé avant traitement avec une intensité d'une parcelle par bloc. Le nombre de tiges et la surface terrière ont été évalués (tableau 1). Les secteurs 1 et 3 comptent moins de tiges marchandes/ha (273 et 182) et moins de surface terrière (12,6 m^2 et 11,0 m^2 que le secteur 2 (484 tiges/ha pour 20,1 m^2).

La régénération est abondante. La figure 2 montre la variation de la régénération sur les 3 secteurs. Comme il est possible de le constater au tableau 2, le secteur 1 est constitué d'une forte proportion de hêtre (57 %) qui diminue progressivement dans le secteur 2 et disparaît au secteur 3 alors qu'à l'inverse, la proportion d'érable à sucre est de 79% dans le secteur 2 et de 99% dans le secteur 3.

FIGURE 2 — *RÉPARTITION DU NOMBRE DE TIGES EN RÉGÉNÉRATION À L'HECTARE D'ÉRABLE À SUCRE ET DE HÊTRE EN FONCTION DES SECTEURS.*



Le tableau 3 présente la répartition du nombre de tiges en régénération pour chacun des blocs du dispositif.

TABLEAU 1 *— DESCRIPTION DENDROMÉTRIQUE DES SECTEURS*

	Valeurs moyennes								
	Secteur 1			Secteur 2			Secteur 3		
	Heg	Ers	Tot	Heg	Ers	Tot	Heg	Ers	Tot
10 à 22 cm de dhp(tiges/ha)	13	168	181	177	172	349	0	88	88
24 à 98 cm de dhp(tiges/ha)	12	76	92	3	118	135	0	94	94
Nombre total de tiges/ha	**25**	**244**	**273**	**180**	**290**	**484**	**0**	**182**	**182**
10 à 22 cm de dhp (m^2/ha)	0.3	3.7	4.0	2.0	2.0	4.0	0.0	1.0	1.0
24 à 98 cm de dhp (m^2/ha)	1.3	6.7	8.6	0.6	12.8	16.1	0.0	10.0	10.0
Surface terrière totale	**1.6**	**10.4**	**12.6**	**2.6**	**14.8**	**20.1**	**0.0**	**11.0**	**11.0**

TABLEAU 2 *— RÉPARTITION DU NOMBRE DE TIGES EN RÉGÉNÉRATION DANS CHAQUE SECTEUR*

Secteur	HEG	ERS	BOJ	ERP	AUTRES	TOTAL
1	12148	3210	2716	2790	444	21309
2	5309	32284	0	3333	0	40926
3	0	48611	0	694	0	49306

TABLEAU 3 *— RÉPARTITION DU NOMBRE DE TIGES EN RÉGÉNÉRATION PAR BLOC*

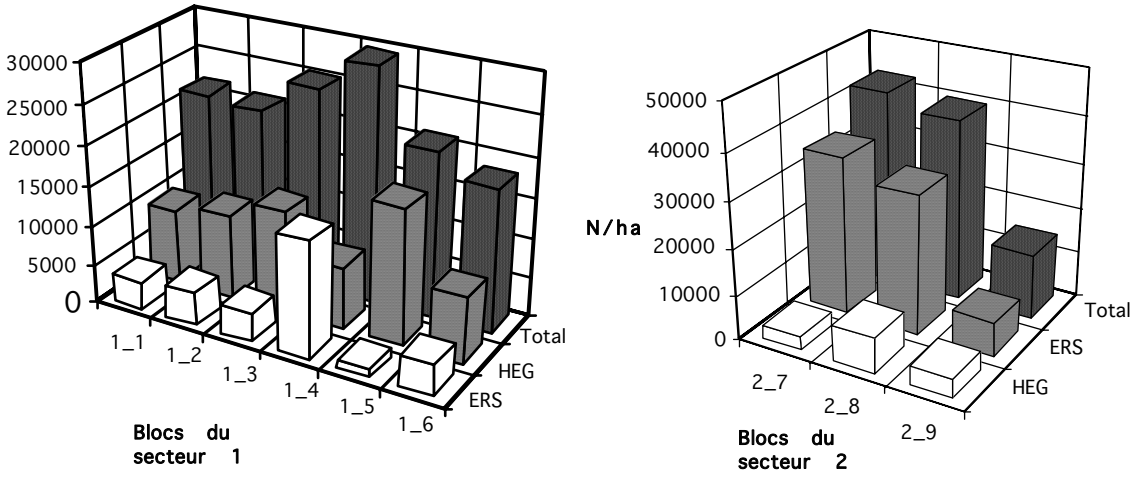
		Essences		
Secteur	Bloc	HEG	ERS	Total
1	1	9506	3457	21481
1	2	10617	4074	20988
1	3	12963	3580	25185
1	4	7901	14568	29383
1	5	17037	988	20864
1	6	8272	3951	18025
2	7	2840	34321	42346
2	8	7778	30247	39506
2	9	3951	7284	14198
3	10	0	53889	54722
3	11	0	43333	43889

3.1.2 Vérification de l'uniformité des secteurs délimités

Pour fin d'analyse, l'uniformité de l'échantillonnage à l'intérieur des secteurs est vérifiée. Une comparaison du nombre moyen de tiges en régénération de plus de 50 cm de hauteur par bloc avant les travaux a été faite.

Suite à cette analyse à priori des données présentées au tableau 3, deux blocs sont éliminés. Dans le secteur 1, on élimine le bloc 4 en raison principalement de l'inversion de la proportion de la quantité des tiges de hêtre et d'érable. L'érable à sucre y est en trop grande quantité comparativement aux autres blocs du même secteur. Dans le secteur 2, le bloc 9 est éliminé puisque la quantité d'érable à sucre est plus de quatre fois moindre que dans les blocs 7 et 8. La figure 3 illustre les deux secteurs.

FIGURE 3 — *RÉPARTITION DU NOMBRE DE TIGES EN RÉGÉNÉRATION (>50 CM) DANS LES BLOCS DES SECTEURS 1 ET 2*



3.2 IMPACT DE LA COUPE FINALE SUR LE NOMBRE DE TIGES EN RÉGÉNÉRATION DE PLUS DE 50 CM DE HAUTEUR

■ NOMBRE DE TIGES EN RÉGÉNÉRATION APRÈS COUPE

Le tableau 4 présente les résultats du dénombrement avant et après traitement. Les dommages élevés dans le secteur 2 (blocs 7 et 8) peuvent être attribuables à la fois à une plus grande surface terrière avant coupe, à une régénération plus haute que dans le secteur 3 et une fréquence de passages plus élevée de la débusqueuse. Dans le cas du secteur 1, l'écart est seulement de 20% ce qui peut s'expliquer probablement par un dénombrement beaucoup moins élevé d'érable à sucre dès le départ.

Le tableau 5 présente les variations à l'échelle des blocs. Malgré les pertes importantes causées par les travaux, le nombre de tiges résiduelles demeure élevé et suffisant dans tous les secteurs.

■ RELATION ENTRE LA DENSITÉ INITIALE DE BOIS SUR PIED ET LA RÉDUCTION DE LA RÉGÉNÉRATION

Une intéressante relation peut être observée entre la densité initiale, exprimée en surface terrière totale, et la réduction du nombre de tiges en régénération après coupe (voir figure 2). Pour l'intervalle des surfaces terrières considérées (tableau 5), une équation du premier degré peut être dégagée avec succès (R^2=76%). Ainsi plus la surface terrière marchande est élevée avant coupe, plus la perte du nombre de tiges en régénération de 50 cm est élevée. Par exemple, le simple fait de passer de 15 à 20 m^2 de surface terrière entraîne presque deux fois plus de perte au niveau de la régénération.

Une relation semblable peut être observée avec la densité initiale, exprimée en nombre de tiges marchandes (voir figure 3). L'équation du premier degré peut être dégagée avec succès (R^2=80 %). Ainsi plus les tiges marchandes sont abondantes avant coupe plus la perte du nombre de tiges en régénération de plus de 50 cm est élevée.

TABLEAU 4 *— DÉNOMBREMENT DE TIGES DE PLUS DE 50 CM DE HAUTEUR*

Secteur	Essences								
	HEG			ERS			Total		
	avant	après	écart	avant	après	écart	avant	après	écart
1	12148	9407	23%	3210	2914	9%	21309	17062	20%
2	5309	3951	26%	32284	13827	57%	40926	19568	52%
3	0	0	-	48611	42917	12%	49306	43472	12%

Note *: Différences significatives entre les secteurs*

TABLEAU 5*— SURFACE TERRIÈRE INITIALE ET NOMBRE DE TIGES/HA DES BLOCS RETENUS*

Blocs	Nombre de tiges marchandes	Surface Terrière	Nombre de tiges			
			avant	après	différence (N)	différence (%)
1	165	10	21481	19753	-1728	-8%
2	231	8	20988	18765	-2223	-11%
3	217	12	25185	19383	-5802	-23%
5	256	20	20864	15185	-5679	-27%
6	305	18	18025	12222	-5803	-32%
7	509	22	42346	19259	-23087	-55%
8	398	18	39506	19877	-19629	-50%
10	255	10	54722	48611	-6111	-11%
11	112	12	43889	38334	-5555	-13%

Note *: Différences non significatives entre les blocs*

FIGURE 4 — *RELATION ENTRE LA SURFACE TERRIÈRE AVANT LA COUPE FINALE ET LA RÉDUCTION APRÈS COUPE DU NOMBRE DE TIGES EN RÉGÉNÉRATION (50 CM ET PLUS DE HAUTEUR)*

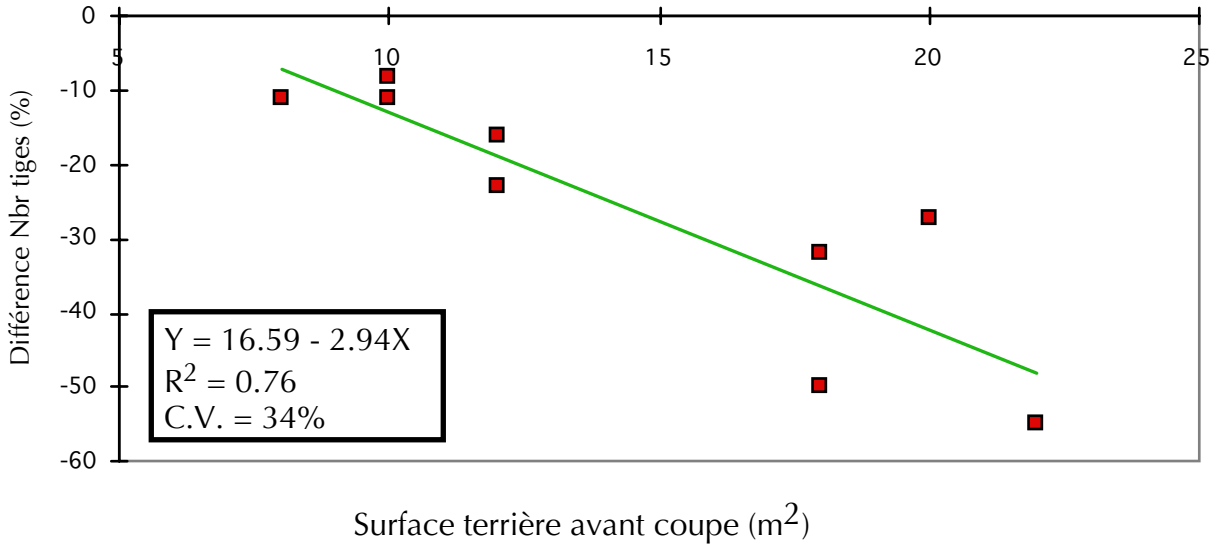
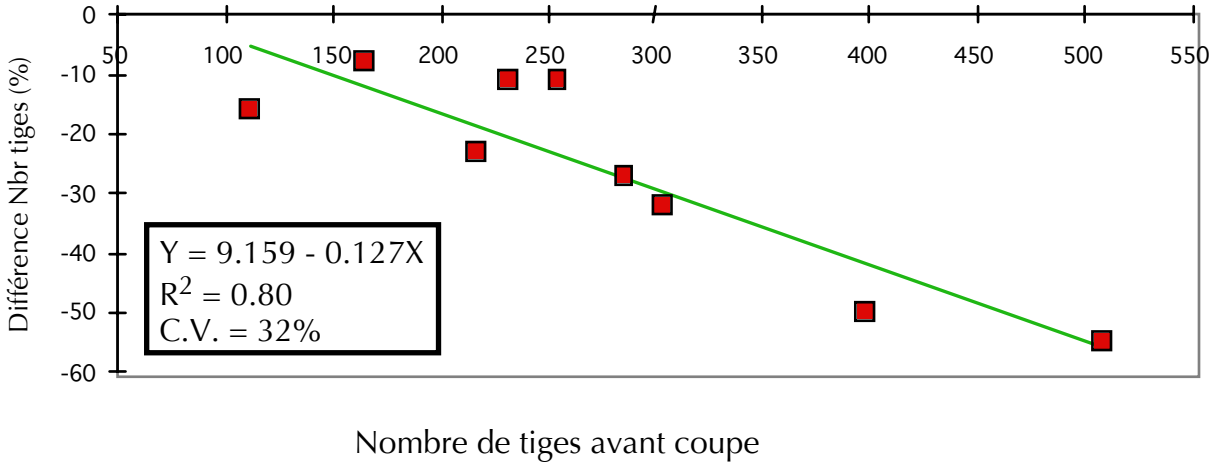


FIGURE 5 — *RELATION ENTRE LE NOMBRE DE TIGES MARCHANDES AVANT LA COUPE FINALE ET LA RÉDUCTION APRÈS COUPE DU NOMBRE DE TIGES EN RÉGÉNÉRATION (50 CM ET PLUS DE HAUTEUR)*



■ RELATION ENTRE LA DISTANCE DES SENTIERS ET LA RÉDUCTION DE LA RÉGÉNÉRATION

De façon générale, on observe une diminution progressive du nombre de tiges détruites à mesure que l'on s'éloigne du sentier de débardage (voir tableau 6). On remarquera cependant une remontée des dommages dans le cas du hêtre à 15 m. L'explication vient peut-être du fait que le hêtre est en moyenne beaucoup plus haut que l'érable et serait plus affecté par les cimes des arbres qui tombent, le plus souvent, loin du sentier de débardage.

■ ANALYSE DE COVARIANCE

Une analyse de covariance est effectuée afin de vérifier l'impact de la coupe finale sur le nombre de tiges en régénération. Elle permet de vérifier également l'importance de différentes sources potentielles de variation (tableau 7).

Il y a d'abord une influence significative (au seuil de 95 %) du nombre de tiges avant coupe sur le nombre final de tiges. Chacun des secteurs semble assez uniforme puisqu'il n'y a pas de différence significative entre les blocs à l'intérieur des secteurs. Il y a une différence significative entre les secteurs qui réagissent différemment à la coupe définitive, tel que décrit précédemment. Des différences significatives en fonction de la distance du sentier de débardage sont également confirmées.

TABLEAU 6 — *RÉDUCTION DU NOMBRE DE TIGES VS LA DISTANCE DES SENTIERS*

Distance	Essences								
	HEG			ERS			Total		
	avant	après	écart	avant	après	écart	avant	après	écart
5	8230	6091	26%	22840	14043	39%	36595	23313	36%
10	8724	7366	16%	14002	9897	29%	26996	20700	23%
15	6831	4856	29%	22438	18745	16%	32078	26451	18%

Note *: Différences significatives entre les distances*

TABLEAU 7 — *RÉSULTATS DES ANALYSES DE COVARIANCE SUR NOMBRE DE TIGES/HA EN RÉGÉNÉRATION (>50 CM)*

Source de variation	Degré de liberté	Carrés moyens	Valeur de F	P > F	
Nbr tiges avant coupe	1	13635823448	158.35	0.0001	significatif *
Secteur	2	1511896808	17.56	0.0001	significatif *
Bloc(Secteur)	6	36982669	0.43	0.8560	
Distance	2	424976945	4.94	0.0108	significatif **
Secteur*Distance	4	180618048	2.10	0.0941	
Bloc(Secteur)*Distance	12	93541782	1.09	0.3903	
Résidus	53	86110314			
Total	**80**				

** significatif à 99,9%* *** significatif à 95 %*

3.3 IMPACT SUR LE STOCKING DE LA RÉGÉNÉRATION

3.3.1 Stocking après coupe des tiges en régénération (>50 cm)

La distribution des tiges (stocking) avant coupe est supérieure à 97 % dans le dispositif. On retrouve au moins une tige d'essence commerciale de qualité par 9m^2 dans les deux premiers secteurs et par 4 m^2 pour le secteur 3. Les tableaux 8, 9 et 10 montrent la réduction de la distribution en fonction des blocs, des secteurs et des distances.

L'analyse de covariance (tableau 11) révèle qu'il n'existe aucune différence significative du stocking de plus de 50 cm de hauteur, que ce soit en fonction des secteurs (tableau 9) ou de la distance du sentier de débusquage (tableau 10). Après la récolte, la distribution demeure très élevée dans chaque secteur (>88 %) et témoigne de la qualité d'exécution des travaux qui n'aurait aucun impact sur la distribution de la régénération de plus de 50 cm.

Dans le secteur 2, la diminution de 12 % (tableau 9) peut s'expliquer par le fait que dans le bloc 8 (tableau 8), la débusqueuse a quitté le chemin de débusquage initial en raison d'un sentier n'ayant plus de solidité (trop mou). Quelques parcelles ont ainsi été écrasées.

TABLEAU 8 — *SURFACE TERRIÈRE INITIALE ET NOMBRE DE TIGES/HA DES BLOCS RETENUS (>50 CM)*

Blocs	Nb tiges/ha marchande	Surface Terrière	Stocking			
			avant	après	différence	différence
1	165	10	100	100	0	0%
2	231	8	96.7	100	3.3	3%
3	217	12	100	100	0	0%
5	256	20	100	93.3	-6.7	-7%
6	305	18	90	90	0	0%
7	509	22	100	100	0	0%
8	398	18	100	76.7	-23.3	-23%
10	255	10	96.7	93.3	-3.4	-4%
11	112	12	100	96.7	-3.3	-3%

TABLEAU 9 *— RÉDUCTION DU STOCKING (50 CM ET PLUS) EN FONCTION DES SECTEURS*

Secteur	Essences								
	HEG			ERS			Total		
	Avant	Après	Écart	Avant	Après	Écart	Avant	Après	Écart
1	91	89	2%	64	61	5%	97	97	0%
2	83	70	16%	98	83	15%	100	88	12%
3	3	2	33%	98	95	3%	98	95	3%

Note *: Différences non significatives entre les secteurs*

TABLEAU 10 *— RÉDUCTION DU STOCKING (50 CM ET PLUS) EN FONCTION DES DISTANCES*

Distance	Essences								
	HEG			ERS			Total		
	Avant	Après	Écart	Avant	Après	Écart	Avant	Après	Écart
5	68	63	7%	82	74	10%	100	93	7%
10	77	72	6%	77	73	5%	98	97	1%
15	64	61	5%	79	73	8%	97	93	4%

Note *: Différences non significatives entre les distances*

TABLEAU 11 *— ANALYSE DE COVARIANCE POUR LE STOCKING (>50 CM DE HAUTEUR)*

Source de variation	Degré de liberté	Carrés moyens	Valeur de F	P > F
Stocking avant coupe	1	207.53	2.46	0.1350
Secteur	2	193.60	2.3	0.1309
Distance	2	31.62	0.38	0.6927
Secteur*Distance	4	67.41	0.80	0.5417
Résidus	17	92.69		
Total	**26**			

3.3.2 Stocking des tiges (<50 cm) après coupe

La distribution (stocking) des tiges en régénération (<50 cm) avant coupe est supérieure à 93 % dans le dispositif (tableau 12). Le stocking après coupe semble un peu plus affecté par les travaux. La régénération, souvent ensevelie sous les déchets de coupe, a probablement entraîné une sous-estimation de la quantité après traitement donc une surévaluation des pertes qui demeure néanmoins faibles.

Le secteur 1 présente les plus grandes variations du stocking qui peuvent être expliquées par l'utilisation de plusieurs sentiers parallèles plutôt qu'un seul sentier dans les autres secteurs. En effet l'abattage directionnel de tiges de plus de 20 m a souvent eu pour effet que les déchets se retrouvaient à l'extérieur du secteur étudié, sauf dans le secteur 1 dont les sentiers étaient espacés de 40 m.

L'analyse de covariance démontre que le stocking avant coupe varie de façon significative (tableau 14). Il existe une différence significative du stocking après coupe entre les secteurs. Il n'y a pas de variation significative en fonction de la distance du sentier de débardage (tableau 13).

Il n'existe pas de relation entre la densité initiale exprimée en surface terrière totale ou en nombre de tiges marchandes à l'hectare et la réduction de la distribution de la régénération après coupe.

TABLEAU 12 *— RÉDUCTION DU STOCKING (50 CM ET MOINS) EN FONCTION DES SECTEURS*

Secteur	Essences								
	HEG			ERS			Total		
	Avant	Après	Écart	Avant	Après	Écart	Avant	Après	Écart
1	16%	9%	44%	91	59	35%	93	63	32%
2	8%	0	100%	97	82	15%	98	82	16%
3	0	0	-	98	95	3%	98	95	3%

Note *: Différences significatives entre les secteurs*

TABLEAU 13 *— RÉDUCTION DU STOCKING (50 CM ET MOINS) EN FONCTION DES DISTANCES*

Distance	Essences								
	HEG			ERS			Total		
	Avant	Après	Écart	Avant	Après	Écart	Avant	Après	Écart
5	11	3	73%	91	71	22%	92	72	22%
10	9	7	22%	94	70	26%	98	74	25%
15	12	4	67%	96	76	21%	97	77	21%

Note *: Différences non significatives entre les secteurs*

TABLEAU 14 *— ANALYSE DE COVARIANCE POUR LE STOCKING (< 50 CM DE HAUTEUR)*

Source de variation	Degré de liberté	Carrés moyens	Valeur de F	P > F
Stocking avant coupe	1	4675.07	17.64	0.0006*
Secteur	2	1008.86	3.81	0.0430**
Distance	2	56.21	0.21	0.8110
Secteur*Distance	4	189.60	0.72	0.5928
Résidus	17	265.00		
Total	**26**			

** Significatif à 99,9 % ** Significatif à 95 %*

3.4 ÉTUDE DE PRODUCTIVITÉ

L'ensemble des travaux s'est effectué sur 3,43 ha. La distance moyenne de débardage est de 350 m. Il y a eu 45 heures-machines productives étalées sur l'équivalent de 7 jours productifs. Selon les données de Produits forestiers Turpin inc., un volume total de 264 m^3 a été récolté sur l'ensemble du dispositif, réparti comme suit :

- 42 % de bois d'oeuvre (dont 59 % d'érable à sucre)
- 58 % de bois de pâte

Ces données nous permettent de calculer qu'il y avait une moyenne de 77 m^3/ha avant coupe et 0,552 m^3/tige.

TABLEAU 15 *— NOMBRE DE TIGES DÉBARDÉES À LA JETÉE EN MOYENNE*

		Tiges	m^3
Par voyage		6	3.3
Par heure		10.6	5.85
Par jour		68.3	37.7
Par semaine		341	188
Total :		**487**	**264**

3.5 IMPACT SUR L'ESTHÉTIQUE ET LES SOLS

Le peuplement obtenu est un jeune gaulis de 3 m de hauteur constitué de feuillus tolérants abondants et bien distribués (voir photo en annexe). Il n'y a plus de rémanents. Seuls les sentiers révèlent l'intervention effectuée.

Il n'y a que 16 % (à calculer plus précisément) de la superficie qui soit occupée par les sentiers. Le reste du territoire a été peu endommagé par le halage des billes. La situation dans les sentiers est cependant toute autre. En effet, de profondes ornières peuvent être observées qui compromettent le retour de la végétation et entraînent de graves risques d'érosion. Cette situation serait reliée à l'abondance des pluies automnales lors de la coupe et à la force de la pente. Il s'agit donc de deux facteurs à considérer dans la planification.

Chapitre 4 — Discussion

4.1 IMPACTS DE LA COUPE SUR LA RÉGÉNÉRATION

La méthode de coupe préconisée a permis de protéger la régénération : le nombre de tiges et la distribution sont demeurés élevés. L'abondance et la distribution des feuillus tolérants dépassent facilement les normes actuelles pour la production de peuplement de qualité. Ces normes nous semblent trop faibles. En effet Schütz(1990), comme beaucoup d'autres sylviculteurs renommés, souligne l'importance d'installer une régénération abondante plutôt qu'un minimum acceptable de façon à permettre des sélections ultérieures jusqu'à l'obtention des arbres d'élites.

Par ailleurs, il semble important que la densité de tiges marchandes ou la surface terrière avant coupe ne soient pas trop élevées, idéalement au dessous de 16 m^2, ce qui implique de récolter plus intensément lors de la première coupe (coupe d'ensemencement).

À propos de la coupe d'ensemencement, certaines mesures pourraient être prises afin d'éviter une abondante régénération en hêtre. Le contrôle du broutage par le chevreuil n'apparaissant pas possible, l'alternative de favoriser la régénération des autres espèces peut être considérée. Parmi les moyens possibles, on retrouve le choix des semenciers à conserver, la préparation de terrain sous couvert (souvent un débusquage désordonné suffit), la saison de coupe, etc.

4.2 IMPACT ESTHÉTIQUE, COMPOSITION ET PRODUCTION DE QUALITÉ

L'impact esthétique peut probablement tempérer les tenants de l'abolition de la coupe à blanc sous toutes ses formes, CPRS ou non (voir photo). Le jeune gaulis obtenu s'approche des propositions de Liboiron et Paquet (1994). Dans un contexte de deux interventions pour la coupe progressive, cette hauteur nous semble plus acceptable que le 4.5 m suggéré pour une coupe avec trois interventions (Tubbs, 1977a; 1977b).

Afin de poursuivre avec le souci de limiter l'impact visuel, il serait important de reboiser quelques rangées d'arbres sur la jetée près de la route de façon à reconstituer une certaine végétation arborescente tout en maintenant une jetée disponible pour l'éventuelle poursuite de la récolte du secteur.

4.3 IMPACT SUR LA CONSERVATION DES SOLS

Seulement 16 % de la superficie a été perturbée par les sentiers (4 m de largeur), alors que la norme permet jusqu'à 25 %. Cette norme nous apparaît trop élevée, sauf dans les cas suivants :

- si le terrain est peu solide;
- en saison pluvieuse;
- si la pente dépasse 20 %;
- si l'abattage est mécanisé.

Dans ces cas, il est possible de réserver ces secteurs pour des périodes où le sol est gelé, lors de la planification annuelle ou quinquennale. Les cartes écologiques et écoforestières fournissent des informations pouvant servir de point de départ pour le repérage des secteurs problématiques.

De plus, toujours dans l'esprit de la Stratégie de protection des forêts, les mesures comme la déviation de l'eau dans les sentiers de débardage (waterbar) doivent être prises avec beaucoup d'attention comme dans le cas présent où le sol humide devenait rapidement boueux.

4.4 PRODUCTIVITÉ

Pour l'équipe participante au projet, la productivité obtenue avec la CPRS feuillue est comparable à leur production habituelle dans la coupe de jardinage : le même nombre de tiges est sorti par jour. Les précautions sont nombreuses certes, mais l'abattage et le débardage se font de manière plus efficace ce qui minimise le temps et les efforts pour accrocher les arbres abattus. Théoriquement cependant, la proportion de bois de qualité exploitée devrait être significativement plus élevée si les semenciers ont bien été conservés lors de la coupe d'ensemencement. Dans la section suivante, nous élaborerons sur divers facteurs qui influencent la productivité dont le nombre d'élingues et la longueur du câble.

4.5 FACTEURS LIMITANTS INFLUENÇANT LA PRODUCTIVITÉ ET L'IMPACT

Matériel utilisé

Évidemment, l'utilisation d'une petite machine permet de limiter les dégâts. Selon les régions, lorsque les arbres sont très longs, une puissance minimale est nécessaire pour ce type de travail. L'utilisation de chaînes à anneaux aux quatre (4) roues semble également d'une certaine importance pour la traction. Mais deux équipements nous semblent essentiels à considérer :

- La longueur du câble : la longueur minimale exigée devrait être 35 m. Un manque de longueur contraint à utiliser parfois des sentiers tertiaires, augmentant ainsi la surface de passage de la débusqueuse.

- Le nombre d'élingues : au nombre de six, ce qui est suffisant dans une coupe de jardinage, devient inadéquat lors d'une coupe totale. Sil n'y a aucune pente à monter avec le chargement, une douzaine d'élingues permettrait de récolter 30 à 40 % de tiges de plus.

Abattage directionnel

Une bonne qualité d'abattage directionnel est d'abord fonction de l'habileté des équipes. Face à des équipes qui n'ont jamais appliqué l'abattage directionnel, une formation est nécessaire même si les habitudes déjà prises s'avèrent souvent difficiles à modifier. Une bonne technique permet beaucoup de précision dans la direction de l'abattage, soit jusqu'à 90 degrés de la direction vers laquelle l'arbre est naturellement incliné.

- Il est particulièrement important d'abattre à angle (± 45°) par rapport au sentier dans les situations suivantes :

  — là où la régénération est supérieure à un mètre; car elle se fait coincer entre les tiges lors de l'arrimage;
  — quand le diamètre des tiges est élevé; l'effet de balayage est plus destructif qu'avec les petits arbres.

Voici deux cas qui apparaissent souvent comme problématiques :

Arbres fortement penchés dans une direction contraire à celle désirée

Il est préférable de débarder ces tiges par la tête, ce qui diminue grandement l'effet de fauchage. Elle amène cependant une manutention plus grande à la jetée.

Arbres parallèles aux sentiers

S'ils sont près du sentier, ils peuvent être abattus dans celui-ci. Sinon, il faut procéder à l'abattage directionnel afin d'éviter le fauchage lors du débardage. Si les arbres sont «échappés», il faut alors tronçonner la tige en deux parties et se servir de deux élingues pour les débarder vers le sentier. L'effet de fauchage sera diminué, mais il y aura moins de volume débardé par voyage.

Compte tenu des difficultés reliées à l'application de cette méthode, le personnel affecté à l'abattage et au débusquage des bois ne peut à lui seul assurer le plein succès de son application. Il y a tout intérêt à intégrer le principe à la planification générale de l'ensemble des opérations forestières.

Planification

Pour bien appliquer la méthode, il faut absolument que les sentiers soient tracés à l'avance et que le plan de travail soit déterminé en fonction des facteurs limitatifs agissant sur le milieu. Si possible, il faudrait toujours visiter le secteur et établir le plan de travail avec le contremaître avant d'en parler à l'équipe.

Afin de minimiser l'impact esthétique, il est préférable de privilégier de petites jetées dissimulées par un écran de verdure et à proximité des secteurs de coupe. Une petite jetée favorise une utilisation moins intensive des sentiers primaires, ce qui comporte un impact important en période pluvieuse.

Supervision

Ce type de coupe demande évidemment un suivi plus intensif. Souvent dans les premiers temps, les équipes reviennent à leur ancienne technique de travail si aucun suivi n'est effectué par le personnel d'encadrement. Il semble important que les équipes comprennent bien le pourquoi du travail; ainsi ils pourront mieux intégrer la nouvelle méthode proposée et la mettre en pratique. La supervision pourra être partiellement diminuée au fur et à mesure que l'habileté des équipes se développera et qu'un sentiment de confiance s'installera.

Le contremaître responsable de faire appliquer la méthode devrait lui-même rubanner les secteurs et les sentiers.

Les conditions de terrain

La pente et la capacité portante sont des facteurs limitatifs de première importance, car ce sont ces facteurs qui influencent en tout premier lieu le passage de la machinerie et donc l'espacement entre les sentiers selon une distance optimale.

Dans les pentes de plus de 20 %, pour diminuer le travail des abatteurs et du débardeur et ainsi augmenter leur rendement, il est préférable d'abattre les tiges en commençant par le bas de la pente et en direction de celle-ci, puis de débarder les tiges par la tête. De plus, là où le sol est meuble, les arbres penchent presque toujours vers le bas de la pente.

Lorsque le terrain possède une faible capacité portante, il devient souvent boueux après quelques passages de la débusqueuse. Plusieurs chemins de débusquage différents deviennent nécessaires ce qui augmente la proportion de superficie perturbée. Le problème devient épineux en période pluvieuse et là où la pente est la plus prononcée. Il faudrait dans ces cas favoriser la coupe sur sols gelés.

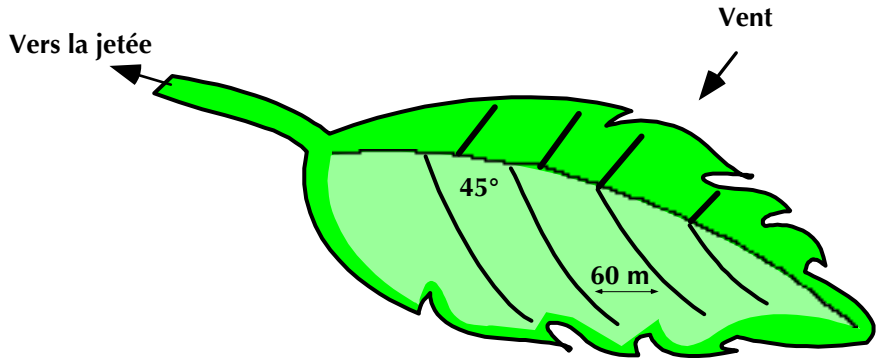
N.B. : *Il faut faire des canaux de déviation pour l'eau (Water Bar) vers une zone de végétation dans les sentiers de débardage là où la pente est forte. Une distance maximale de 60 m entre eux est préconisée.*

Le vent

Lorsque le vent est trop violent pour diriger la chute des arbres à l'endroit prévu, il paraît nécessaire d'adapter l'orientation des sentiers afin de s'adapter à la direction des vents dominants. Il faut alors récolter d'un seul côté du sentier ou en bordure de celui-ci, puis revenir lorsque le vent a cessé ou changé de direction. La figure 6 illustre, par une analogie avec une feuille de bouleau par exemple, une suggestion de planification pour le débardage.

Pour éviter les pertes de temps il faut que le contremaître identifie plusieurs sentiers dans le secteur et à des angles différents. Cette planification peut s'avérer plus complexe sur pente forte et en terrain marécageux où les possibilités de modifier les sentiers sont plus limitées. Au fur et à mesure que la pente augmente, l'espace entre les sentiers peut être diminué.

FIGURE 6 — *PLANIFICATION DU DÉBARDAGE EN FONCTION DU VENT*



Dans le cas des chablis, les tiges étant déjà au sol, il faut privilégier un mode de débardage en fonction de leur position. Bien souvent pour des tiges perpendiculaires aux sentiers, il faudra les tronçonner en deux parties et les tirer avec deux élingues. Si c'est la cime qui pointe vers le sentier, débarder les tiges par la tête.

La densité et dimension des tiges marchandes

Lorsque la densité est faible, il devient impossible à la débusqueuse de charger un voyage complet d'un seul coup, ce qui entraîne une baisse de production. Il s'avère plus intéressant de placer les sentiers là où la densité des tiges est la plus élevée. Le respect des sentiers espacés demeure important pour la conservation des sols et de la régénération. Lorsque le bois est gros, il est également plus difficile d'obtenir de bons résultats, car l'arrimage du voyage détruit davantage.

Triage des essences

Différentes essences dans un même secteur amènent le débardeur à devoir démêler celles-ci sur le parterre de coupe. Il nous apparaît souhaitable d'effectuer cette opération à la jetée.

Chapitre 5 — Recommandations pour un modèle d'application pour les CPRS feuillues

5.1 RECOMMANDATIONS PROPOSÉES POUR L'APPLICATION DES CPRS FEUILLUS

Suite aux résultats du projet et aux diverses observations sur le terrain, un modèle d'application de la coupe de protection de la régénération dans les peuplements feuillus est proposé. Il comporte six grands thèmes.

A) Identifier la nature des sols et sa capacité portante, ainsi que le degré de pente des secteurs d'intervention.

— préconiser une coupe sur sol gelé là où le sol est trop mou;
— employer des pneus à haute flottaison pour pouvoir utiliser plusieurs fois le même sentier;
— diminuer la distance entre les sentiers lorsque la pente est plus de 20 %.

B) Localiser l'emplacement de l'aire d'empilement en tenant compte :

— de la superficie exigée;
— de la proximité des cours d'eau et du RNI;
— de la pente;
— de l'impact visuel pour les autres utilisateurs du milieu.

C) Bien identifier les sentiers de débardage en plaçant des rubans de couleur en leur centre, tout en tenant compte :

— de la pente (sentiers perpendiculaires à la pente);
— de leur éloignement l'un de l'autre (maximum 60 m);
— de l'angle des sentiers secondaires par rapport au sentier principal (maximum 45° pour minimiser le fauchage aux intersections);
— de la direction des vents dominants;
— de la densité du peuplement.

D) Utiliser une débusqueuse ayant :

— la plus forte capacité portante possible;
— un câble principal d'une longueur minimale de 35 mètres pour minimiser le nombre de sentiers;
— le maximum d'élingues possibles (10 à 12) permettant le débardage des tiges de faibles dimensions pour minimiser le nombre de passage de la machinerie.

E) Privilégier l'abattage directionnel où :

— l'angle d'abattage des tiges est fonction de la position de la débusqueuse dans le sentier de débardage;
— pour contrarier la direction de chute naturelle d'un arbre, on utilise un levier ou un coin.

F) Obliger les débusqueuses à demeurer dans les sentiers lors :

— du débusquage des tiges;
— des virées de leur engin.

5.2 QUELQUES MESURES DE SÉCURITÉ À SURVEILLER

L'opérateur

- Doit baisser la lame de la débusqueuse avant de descendre de sa machine et lorsqu'il tire les tiges vers le sentier.
- Ne doit pas sauter en bas de la débusqueuse pour descendre.
- Doit porter des lunettes de sécurité lors du halage du câble dans les broussailles.
- Ne doit pas marcher sur le treuil pour monter et descendre de la débusqueuse.
- Ne doit pas placer les scies des abatteurs à l'intérieur de la débusqueuse pour le transport.
- Ne doit pas faire embarquer les abatteurs sur la débusqueuse pour se rendre au travail.

Les abatteurs

- Doivent porter une visière pour se protéger le visage des éclats.
- Ne doivent pas travailler l'un à côté de l'autre.
  (la distance minimum étant de 150')
- Ne doivent pas se tenir trop près lors de l'arrimage des tiges.
- Ne doivent pas se servir de bouts de branches pour frapper sur leur coin d'abattage.
- Doivent être munis d'imperméables.
- Doivent être munis d'extincteurs individuels et de trousses de premiers soins.

Chapitre 6 — Avenues de développement

Le projet a permis de répondre à plusieurs interrogations sur la coupe finale avec protection de la régénération dans les peuplements feuillus. Quelques idées ont été soulevées lors des travaux que nous avons choisi de présenter ici.

Parmi les mesures à considérer cette année :

- La jetée devrait être reboisée afin de créer un écran visuel.

Pour ce qui est de la coupe finale avec protection de la régénération :

- Il serait intéressant de suivre le comportement de la régénération et particulièrement de l'érable en sous-étage. Le dispositif étant déjà installé, un suivi annuel pourrait être effectué sur 5 ans par exemple. L'hypothèse qu'une proportion du hêtre devrait sécher au soleil pourrait être ainsi validée.

- Au point de vue opérationnel, il faudrait valider l'amélioration de la productivité avec les recommandations suggérées, notamment au chapitre des équipements.

Pour ce qui est de la coupe progressive :

- Un dispositif pourrait être installé afin de comparer les effets de la coupe progressive et de la coupe par parquet annoncée pour la prochaine édition du manuel d'aménagement.

- À propos de la coupe d'ensemencement, certaines mesures pourraient être prises afin d'éviter une abondante régénération en hêtre. Le contrôle du broutage par le chevreuil n'apparaissant pas possible, l'alternative de favoriser la régénération des autres espèces peut être considérée. Parmi les moyens possibles, on retrouve le choix des semenciers à conserver, la préparation de terrain sous couvert (souvent un débusquage désordonné suffit), la saison de coupe, etc.

D'autre part, la régénération en hêtre étant devenue une réalité importante du parc :

- La possibilité d'effectuer une sylviculture du hêtre s'avère une avenue à considérer, malgré l'aspect non-conventionnel de cette idée. Des travaux d'éducation pourraient être tentés afin de dégager légèrement les sujets sans branches basses et possédant une certaine rectitude de tronc.

Conclusion

Dans le cas des peuplements feuillus ou mélangés de faible vigueur et lorsque la régénération préétablie satisfait les exigences d'installation d'un peuplement futur de qualité, la coupe définitive constitue une avenue intéressante. Alors que les conditions pour le jardinage ne s'appliquent plus en raison du manque de vigueur du peuplement, que la coupe d'amélioration ne permet pas de réaliser le potentiel de production des sites, la coupe définitive s'avère l'une des coupes de régénération les plus attrayantes lorsque la régénération préétablie est satisfaisante comparativement aux coupes par bande ou encore aux coupes par parquet.

Le présent projet de recherche a démontré la possibilité réelle, pour ce type de coupe, de protéger la régénération et de minimiser l'impact esthétique inhérent à ce type de coupe. Avec un maximum de tiges en essences désirées et bien distribuées, une densité des plus satisfaisantes de régénération pourra être maintenue et la distribution ne sera presque pas affectée. Au chapitre de l'esthétique, l'obtention d'une hauteur de régénération de plus de trois mètres avant la récolte diminuerait l'impact visuel tout en ne présentant pas de problèmes particuliers si les techniques d'abattage proposées sont respectées.

Deux techniques assureront le maximum de réussite : l'abattage directionnel et l'espacement des sentiers. Parmi les moyens essentiels pour assurer l'application de ces techniques, on retrouve d'une part, la sensibilisation et formation des équipes et d'autre part une supervision stricte mais réaliste. De plus, la considération des saisons de coupe et des milieux plus fragiles pourrait être intégrée dans la planification.

Ouvrages cités

BJORKBOM, John C. and Russell S. Walters, 1986. Allegheny Hardwood Regeneration Response to Even-age harvesting Methods. USDA For. Ser. Research paper NE-581.

CANUEL, Bruno. 1987. Guide d'utilisation de la coupe avec protection de la régénération (abattage manuel). Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des traitements sylvicoles, 16 p.

CURTIS, R.O., AND F.M. Rushmore, 1958. Some effects of stand density and deer browsing on reproduction in an Adirondack hardwood stand. J. For. 56:116-121.

GODMAN, R.M., and C.H. Tubbs. 1973. Establishing even-age northern hardwood regeneration by the shelterwood method — a preliminary guide, USDA For. Serv. Res. Pap. NC-99, 9 p.

GREEN MT. NAT. FOR., 1980. A supplemental prescription key for "A silvicultural guide for northern hardwoods in the northeast". 11p.

HANNAH, Peter R., 1988. The shelterwood method in north eastern forest types : A literature review, North. J. Appl. For., 5:70-77.

HORSLEY, S.B. and D. A. Marquis, 1982. Interference by weeds and deer with Allegheny hardwood reproduction. USDA For. Ser., Can., J. For. Res. 13:61-69.

JACOBS, R.D. 1974. Damage to northern hardwood reproduction during removal of shelterwood overstory. J. For. 72:651 — 656.

JOHNSON, P. S., and R.D. Jacobs. 1981. Northern red oak regeneration after preherbicidal clearcutting and shelterwood removal cutting. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-202, 5 p.

KELTY, M. J., and R. D. Nyland. 1981. Regenerating Adirondack northern harwoods by shelterwood cutting and control of the density. J. For. 79:22 - 26.

LEAK, W. B., D. S. Solomon, and S. M. Filip. 1969. A silvicultural guide for northern hardwoods in the Northeast, USDA For. Serv. Res. Pap. NE-143, 34 p.

LIBOIRON, D. L. et PAQUET,1994. Atténuation des impacts de l'exploitation sur les paysages forestiers. Conférence présentée à Amqui en octobre 1993. Aubelle no. 99 et Aubelle no. 100.19 à 21.

LOFTIS, D. L. 1979. Partial cuts to regenerate upland hardwoods in the southeast. P. 92-100 in The shelterwood regeneration method. Proc. USDA For. Serv. Nat. Silv. Workshop.

LOFTIS, D. L. 1983. Regenerating southern appalachian mixed hardwood stands with the shelterwood method. South. J. Appl. For. 5:212-217.

MARQUIS, D. A., and J. C. Bjorkhom. 1982. Guidelines for evaluating regenration before and after clearcutting Allergheny hardwoods. USDA For. Serv. Res. Note NE-307. 4 p.

NORTHEAST FOR. EXP. STN. 1978. A fact sheet for first 20 years of results (shelterwood system 2-stage method) and a fact sheet for the first 21 years of treatments (shelterwood system 3-stage method). Penobscot Exp. For., Bradley, MF.

OLIVER, C. D. 1978. The development of northern red oak in mixed stands in central New England Yale Univ. Sch. For. and Environ Studies bull. 91. 63 p.

ORDRE DES INGÉNIEURS FORESTIERS DU QUÉBEC, 1996. Manuel de foresterie. Les Presses de l'Université Laval, Québec, 1 428 p.

PIN, Daniel. 1991. Évaluation des dommages sur la régénération préétablie résineuse causés par trois mode de débardage (débusquage) - Annexe. Rapport de fin d'études FOR-17215, Faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval, 48 p.

PIN, Daniel. 1991. Évaluation des dommages sur la régénération pré-établie résineuse causés par trois mode de débardage (débusquage). Rapport de fin d'études FOR-17215, Faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval, 39 p.

ROACH, B.A., 1977. A stocking guide for Allegheny hardwoods and its use in controlling intermediate cutting. USDA For. Serv. Res. Pap. NE - 373, 30 p.

ROBERGE, M.R., 1976. Influence of cutting methods on natural and artificial regeneration of yellow birch in Quebec northern hardwoods. Can. J. For. Res. 7:175-182.

RUEL, Jean-Claude. 1990. Advance growth abundance and regeneration patterns after clearcutting in Quebec. Paper presented at the "Conference on Natural Regeneration Management" held in Fredericton, New-Brunswick, March 27-28, 1990. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la recherche et du développement, Service de la recherche appliquée. 10 p.

SANDER, I. L. 1972. Size of oak advance reproduction; Key to growth following harvest cutting; USDA For. Serv. Res. Pap. NC-79. 6 p.

SANDER, I. L. 1979. Regenerating Oaks : P. 212-221 In The shelterwood regeneration method. Proc. USDA For. Serv. Nat. Silv. Workshop.

SANDER, I. L., and F. B. Clark. 1971. Reproduction of upland hardwood forests in the Central States. USDA For. Serv. Agric. Handbk 405. 25 p.

SANDER, I. L., P. S. Johnson, and R. F. Watt. 1976. A guide for evaluating the adequacy of oak advance reproduction. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NC-23. 7p.

SCHÜTZ, Jean-Philippe. «Sylviculture 1 : Principes d'éducation des forêts». Collection gérer l'environnement, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1990. 243 p.

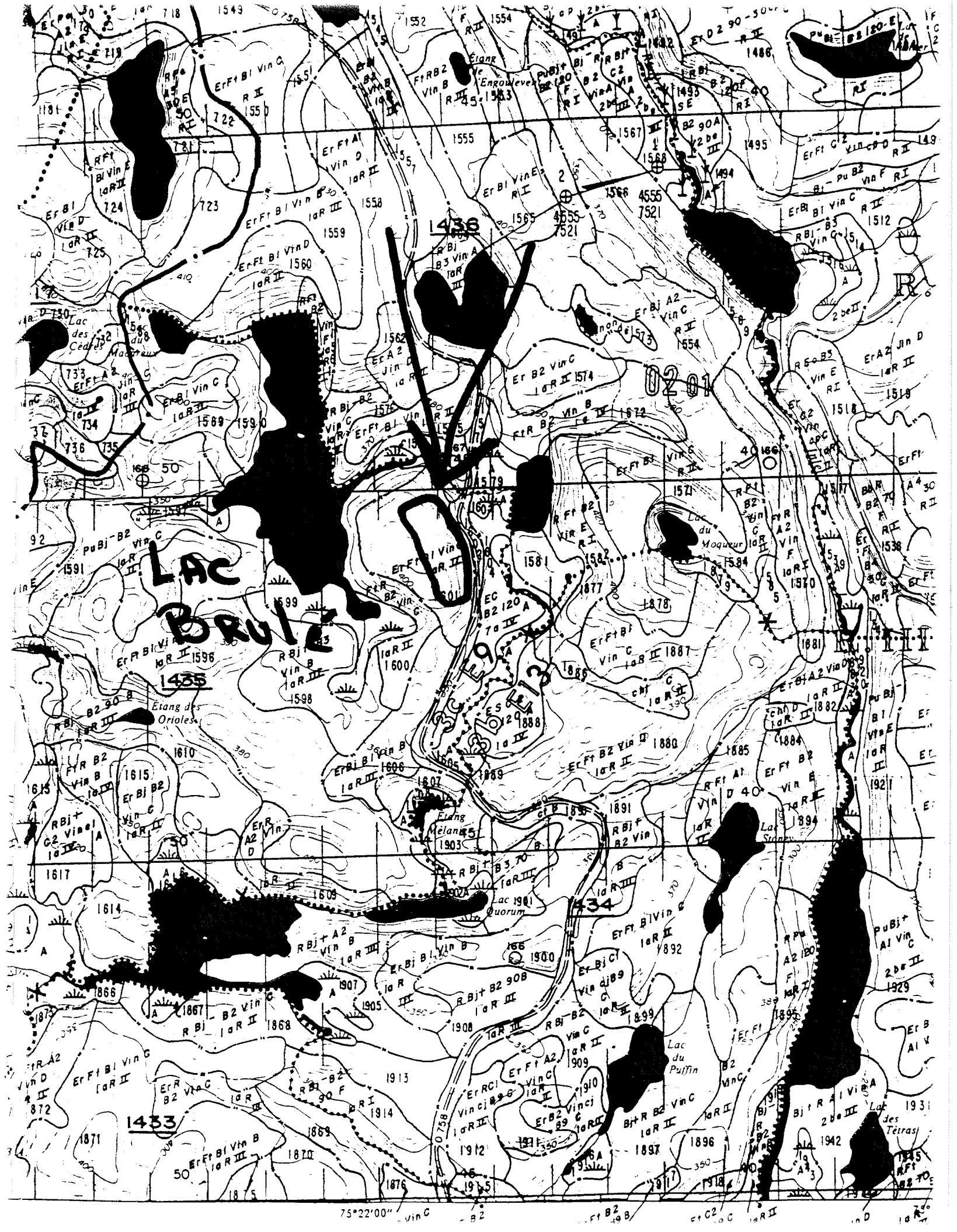
TUBBS, C. H. 1977a. Natural regeneration of northern hardwoods in the Northern Great Lakes Region. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-150. 20 p.

TUBBS, C. H. 1977b. Managers handbook for northern hardwoods in the North Central States. USDA For. Serv. GTR. NC-59. 29p.

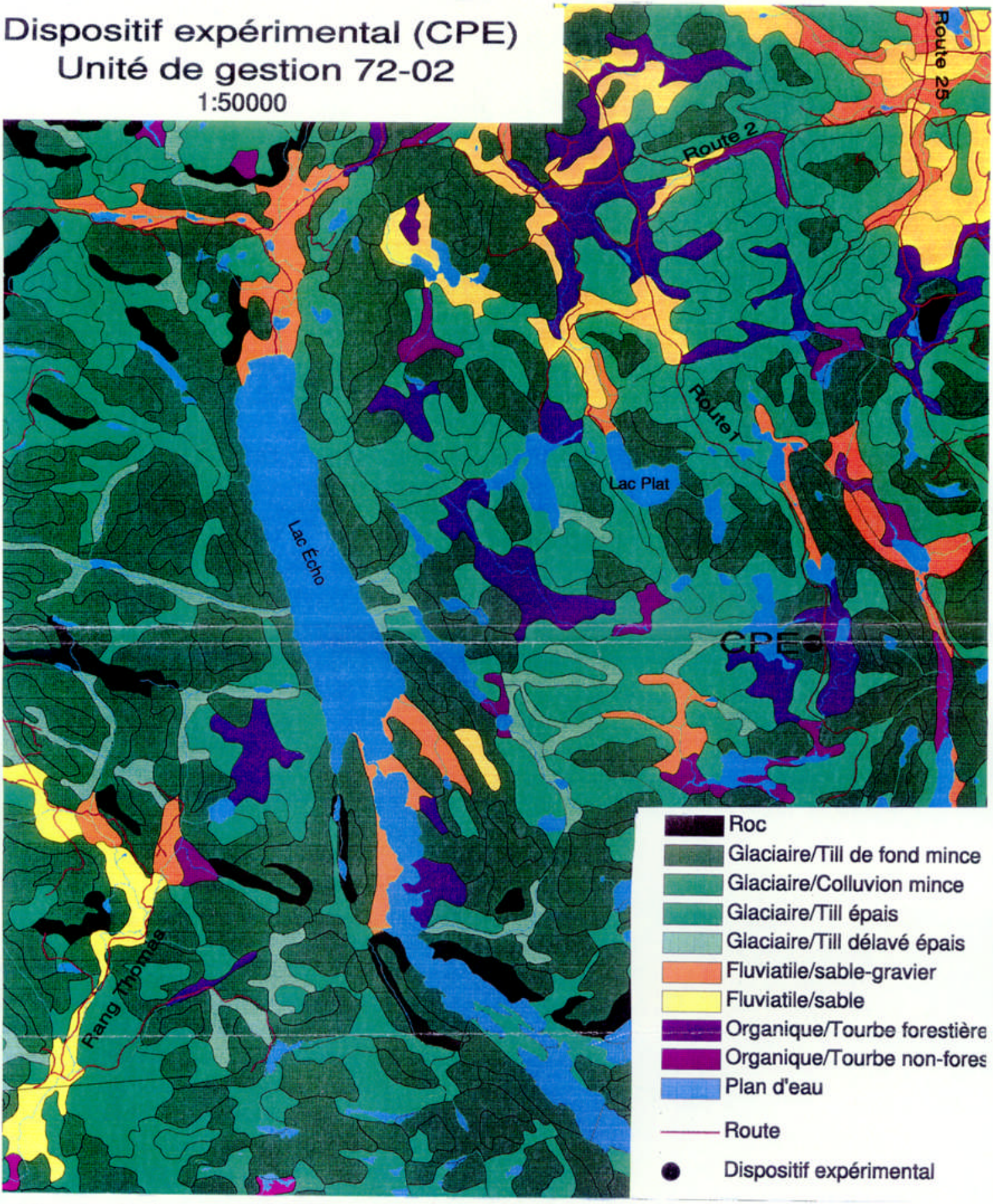
TUBBS, C. H., and F. T. Metzger. 1969. regeneration of northern hardwoods under shelterwood cutting. For. Chron. 45:333-337.

ANNEXE 1

Schéma de la localisation et extrait de la carte forestière


LAC BRULÉ
Lac des Cèdres
Étang des Orioles
Étang Mélanie
Lac Quorum
Lac du Moqueur
Lac Stoney
Lac du Puffin
Lac des Tétras
1436
1435
1434
1433
75°22'00"

Dispositif expérimental (CPE)
Unité de gestion 72-02
1:50000



Extrait du cadre écologique de référence de la MRC de Papineau (produit par le MENVIQ)

ANNEXE 2

Feuillet pour les études de temps et mouvement

RAPPORT JOURNALIER D'OPÉRATION

Date :	**Heure début :**	**Heure fin :**
Lieu de travail		
Type de peuplement		
Type de machine		
Nombre d'opérateurs		
Nombre d'abatteurs		
Conditions météo		
T. consacré à l'entretien et au carburant		
T. consacré aux réparations		
T. de formation		
T. d'arrêt (pause)		
• matin		
• midi		
• après-midi		
T. consacré à l'abattage		
• par l'abatteur		
• par l'opérateur		
T. aller-retour		
T. aller-retour à la jetée		
Distance de la jetée aux secteurs de coupe		

ANNEXE 3

Rapport de formation

RAPPORT DE FORMATION

1. Les formateurs

Deux (2) formateurs en exploitation forestière du CERFO ont encadré l'équipe fournie par Produits forestiers Turpin inc. pendant les deux semaines qu'a duré la formation, les conseillant sur la meilleure façon d'accomplir leur travail.

2. Formation sur le terrain

La période de formation s'est réalisée du 7 octobre au 18 octobre 1996.

Afin d'évaluer le travail de l'équipe d'abattage un rapport journalier d'opération (dont vous retrouverez une copie en annexe) a été compilé sous forme d'une étude temps et mouvement (elle aussi en annexe).

3. Processus de formation

La formation fut dispensée à l'intérieur d'un secteur où des systèmes de prise de données avaient été implantés avant le début de l'intervention. Ces données devant nous démontrer quelles perturbations la régénération a subies durant la récolte.

Les formateurs ont donc intervenu ponctuellement en fonction de l'emplacement et des conditions du milieu où évoluait l'équipe.

La prémisse de base étant que cette méthode n'entraîne aucune diminution de la production, les formateurs ont dû intégrer successivement chacun des éléments d'apprentissage suivants :

— L'abattage directionnel;
— La localisation et l'espacement des sentiers;
— La localisation des virées de débusqueuses;
— L'ajustement de la méthode selon les facteurs du milieu;
— La pente;
— La capacité portante du sol;

— Le vent;
— La densité du peuplement;
— Les arbres à problème;
— Les chablis;
— L'évolution de la débusqueuse à proximité des empilements;
— L'ajustement de la méthode au type de régénération présente.

Les formateurs ne pouvaient se permettre de présenter tous ces éléments lors d'une seule journée. D'une part l'équipe n'aurait pu assimiler toutes ces notions et d'autre part les conditions du milieu présent ne reflétaient pas l'ensemble des situations recherchées.

4. Difficultés rencontrées

➢ *Formation en salle*

Une période de formation en salle d'une journée aurait été indiquée pour sensibiliser l'équipe à appliquer cette méthode ainsi que les diverses explications concernant sa mise en application. Cette journée aurait aussi servi à se faire accepter par les travailleurs en créant le moins possible de réactions adverses. La motivation de l'équipe aurait certainement été plus rapide sur le terrain.

➢ *Machinerie utilisée*

La débusqueuse était une Caterpillar 518 munie de chaînes à anneaux aux quatre (4) roues. Cette débusqueuse est très performante mais elle avait deux (2) défauts :

La longueur du câble : le câble principal n'avait que 25 m de long, alors que la longueur minimale exigée est de 35 m. Ce manque de longueur nous a contraints à utiliser à certains endroits des sentiers tertiaires, augmentant ainsi la surface de passage de la débusqueuse.

Le nombre d'élingues : leur nombre était de six (6). S'il est vrai que c'est suffisant dans une coupe de jardinage où le diamètre des tiges est élevé, il devient inadéquat lors d'une coupe totale. Une douzaine d'élingues auraient été plus indiquées pour la dimension des tiges débardées dans le secteur d'intervention, surtout qu'aucune pente n'était à monter avec le chargement. De 30 à 40 % de plus de tiges auraient pu être débardées durant la formation.

— Arbres fortement penchés de l'axe désiré

Il est préférable de débarder ces tiges par la tête, ce qui diminue grandement l'effet de fauchage. Le débardeur n'approuvait pas cette méthode car elle amène une manutention plus grande à la jetée, donc elle ne fut pas appliquée.

— Arbres abattus parallèlement aux sentiers

N'ayant pas une grande dextérité dans l'abattage directionnel, les abatteurs «échappaient» des arbres qui se retrouvaient dans une position parallèle aux sentiers. Il fallait alors tronçonner la tige en deux parties et se servir de deux élingues pour les débarder vers le sentier, diminuant de beaucoup l'effet de fauchage, mais diminuant le nombre de tiges débardées par voyage.

- *Sol de faible capacité portante*

Le terrain où se situait l'expérience était très friable et devenait boueux après quelques passages de la débusqueuse. Il a fallu se servir de quatre chemins de débusquage différents pour pouvoir accomplir le travail. C'est surtout là où la pente était la plus prononcée que le problème était majeur.

La machinerie ne pouvant se déplacer facilement en terrain boueux, il faudrait favoriser la coupe sur sols gelés surtout où la pente est très prononcée.

- *Vents violents*

Les journées où le vent était trop violent pour diriger la chute des arbres à l'endroit prévu, il fallait récolter d'un seul côté du sentier ou en bordure de celui-ci, puis revenir lorsque le vent a cessé ou changé de direction.

C'est la méthode à adopter dans de telles circonstances sauf que le peu de sentiers d'abattage dans le secteur a rendu la tâche plus difficile.

Pour éviter les pertes de temps il faut que le contremaître identifie plusieurs sentiers dans le secteur et à des angles différents.

- *Pentes de plus de 20 %*

Pour diminuer le travail des abatteurs et du débardeur, et ainsi augmenter leur rendement, il est préférable d'abattre les tiges en commençant par le bas de la pente et en direction de celle-ci, puis de débarder les tiges par la tête. Surtout que là où le sol est meuble, les arbres penchent presque toujours vers le bas de la pente.

Le débardeur n'approuvait pas cette façon de procéder alléguant une manutention excessive à la jetée.

N.B. : *Il faut faire des canaux de déviation pour l'eau vers une zone de végétation dans les sentiers de débardage là où la pente est forte. Une distance maximale de 60 m entre eux est préconisée.*

5. Mesures de sécurité à surveiller

Ces mesures sont énoncées au chapitre 4.

6. Commentaires généraux

Face à des équipes qui n'ont jamais appliqué l'abattage directionnel, il s'avère très difficile de leur faire appliquer à 100 % la méthode dès les premiers temps car c'est impossible de faire changer complètement des habitudes vieilles, parfois, de trente ans.

Il est préférable, suite à une bonne rencontre d'information et de motivation, de leur faire choisir la façon qu'ils préfèrent. Dépendamment de l'analyse du secteur à abattre, il existe habituellement deux ou trois façons de l'entreprendre.

Si possible, toujours visiter le morceau et établir le plan de travail avec le contremaître avant d'en parler à l'équipe. Pour s'assurer d'un bon suivi et permettre au contremaître de bien s'intégrer à cette nouvelle technique de travail, il est préférable de le faire participer aux prises de décision.

De plus, il est très important de commencer avec des équipes qui travaillent sur un «terrain propice» à l'application de la méthode. Cette stratégie permet d'obtenir plus rapidement la confiance des travailleurs.

Pour bien appliquer la méthode, il faut absolument que les sentiers soient tracés à l'avance et que le plan de travail soit déterminé en fonction des facteurs limitatifs agissant sur le milieu.

Souvent, lorsque nous sommes là, les résultats sont excellents (comme dans le cas présent), cependant, par la suite, plusieurs équipes reviennent à leur ancienne technique de travail si aucun suivi n'est effectué par le personnel d'encadrement.

ANNEXE 4

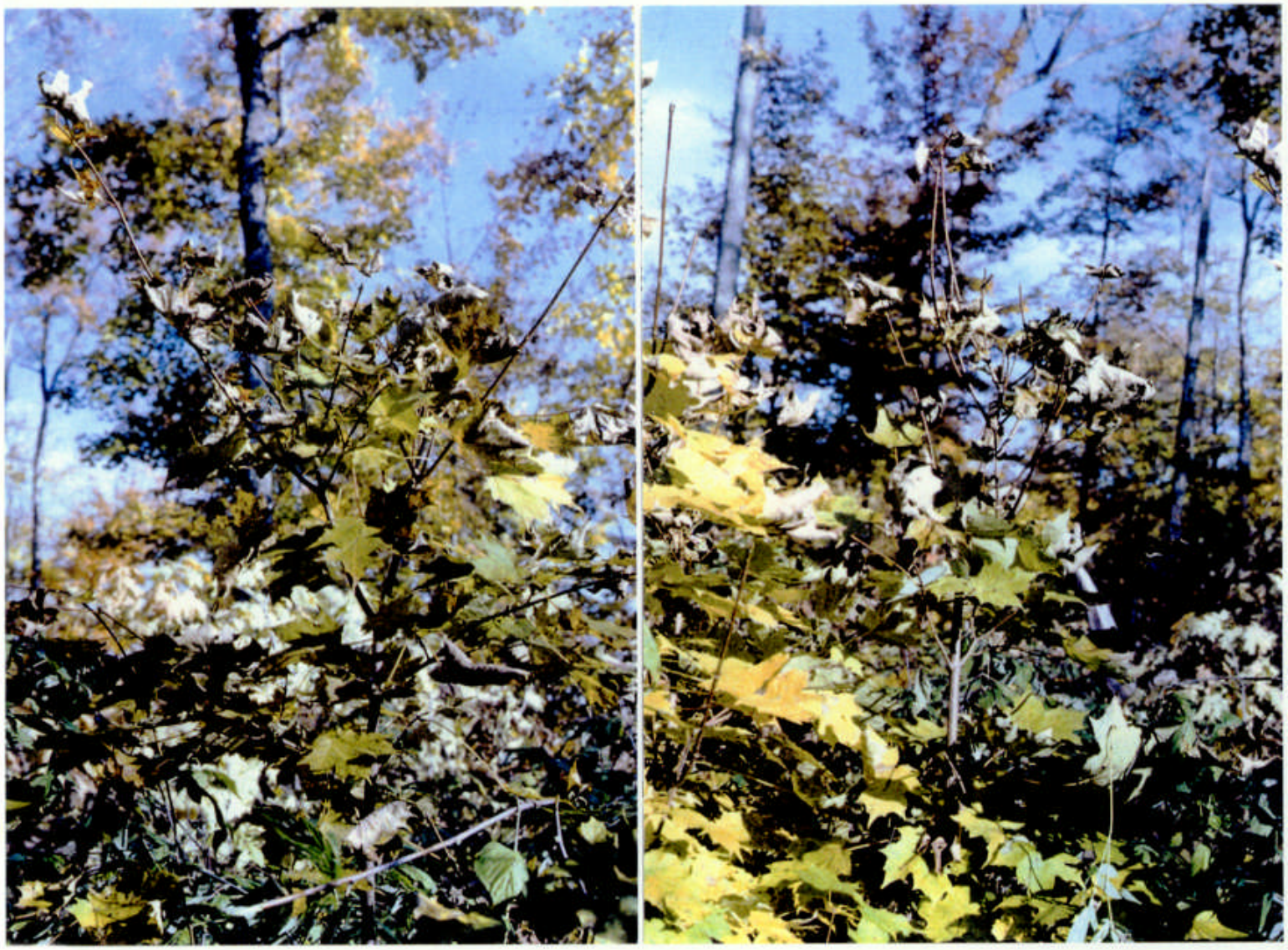
Photographies

Photo 1 Le dispositif se situe près de la route 1 dans la Réserve faunique Papineau-Labelle. On peut apercevoir à l'arrière-plan le lac Brulé.

Photo 2 Le dispositif a été installé sur le sommet plat d'une colline. On voit à l'avant-plan la jetée qui a été utilisée.

Photo 3 Le secteur 2 est régénéré en hêtre avec un sous-étage d'érable à sucre.

Photo 4 Le secteur 1 comprend une régénération très abondante de hêtre de 2 à 3 m de hauteur.



Photos 5 et 6 Le broutage est très présent dans l'ensemble du dispositif comme le démontre l'importante ramification de la régénération d'érable à sucre. Une étude américaine a démontré que le chevreuil ne broute par le hêtre qui peut conséquemment envahir le sous-bois.

Photo 7 Une débusqueuse de type Caterpillar 518 munie de chaînes à anneaux aux quatre roues a été utilisée.

Photo 8 La débusqueuse porte un câble de 25 m et 6 élingues pour un total de 3,3 m^3/voyage dans le secteur.

Photos 9 et 10 Deux conditions sont nécessaires pour la réussite de la coupe finale : l'utilisation des sentiers de débusquage de la coupe précédente et l'abattage directionnel.

Photo 11 Après la coupe finale, on observe une régénération abondante de 17 000 t/ha et plus de 93 % de stocking (secteur 1).

Photo 12 D'après Liboiron et Paquet, une régénération préétablie haute permet de minimiser l'impact d'une coupe totale. De plus, l'élimination des rémanents favorisera un meilleur coup d'oeil.

Photo 13 Régénération après coupe dans le secteur 2. L'utilisation de sentiers limite la destruction de la régénération préétablie.

Photo 14 Abondante régénération en érable à sucre après coupe dans le secteur 3 (≈ 1 m).

Photo 15 Lorsque la régénération préétablie est plus basse, les déchets de coupe deviennent très visibles (secteur 3) surtout après la chute des feuilles.

Photo 16 Le passage répété de la machinerie provoque l'orniérage en période humide (ici sur un till loameux humide).

Photo 17 Une cartographie des secteurs sensibles permettrait de considérer ces secteurs pour les coupes hivernales (sols gelés). À tout le moins, les périodes très pluvieuses pourraient être évitées pour ces secteurs.

Photo 18 Évidemment le fait d'utiliser d'anciens sentiers de débardage déjà perturbés ne peut qu'empirer l'orniérage.

Photo 19 Le reboisement de la jetée est prévu au printemps 1997.

Photo 20 Parmi les mesures correctives, l'opérateur de débusqueuse peut dévier de sa trajectoire ralentissant ainsi le ruissellement dans les ornières.

Photo 21 Il peut également faire des butées (en anglais : waterbar). Des billes de bois de faible qualité peuvent être utilisées à cette fin.