PROGRAMME DE MISE EN VALEUR DES RESSOURCES DU MILIEU FORESTIER

VOLET 1

Étude comparative de différents traitements sylvicoles favorisant le développement du bouleau jaune

présenté au
Ministère des Ressources naturelles du Québec
Unité de gestion de Sherbrooke
Lionel Godbout, ing.f.
Chef de l'unité de gestion

et à
IMM-REXFOR
Laurent Pelletier, ing.f.
Florent Boivin, T.P.
Mario Côté, T.P.

par
Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO)
Guy Lessard, ing.f., M.Sc.
Donald Blouin, ing.f., M.Sc.

et
MRNQ-Conseil de la recherche
Tadeusz Rycabel, ing.f., M.Sc.
France Savard, stat., M.Sc.

Juin 1998
2e version

© CERFO 98-01

TABLE DES MATIÈRES

Partenaires vi

Remerciements vii

Résumé viii

Introduction ix

chap.1 Revue de littérature sur les procédés de régénération du bouleau jaune dans la forêt feuillue

1.1 Autécologie du bouleau jaune 1
1.2 Procédés de régénération du régime de la futaie régulière 4
1.2.1 Coupe totale d'un seul tenant, par bande et par parquets 5
1.2.2 Coupe avec semenciers 6
1.2.3 Coupe progressive 6
1.3 Procédés de régénération du régime de la futaie irrégulière(inéquienne) 7
1.3.1 Jardinage 7
1.3.2 Coupe de jardinage par trouées (par groupe ou bouquets) 8
1.3.3 Éclaircie jardinatoire et coupe de préjardinage 9
1.3.4 Coupe à diamètre limite 9
1.3.5 Coupe d'amélioration 9

chap.2 Méthodologie

2.1 Localisation 10
2.2 Implantation du dispositif et inventaire avant 10
2.3 Traitements comparés 13
2.4 Diagnostic sylvicole 15
2.5 Ajustement du martelage et réalisation des travaux de récolte 16
2.6 Étude de productivité : Cueillette et le traitement des données 17
2.6.1 Inventaire du peuplement et le volume du bois avant le traitement 17
2.6.2 Étude de temps au débardage 17
2.6.3 Pente du terrain dans les sentiers de débardage 18
2.6.4 Mesurage et le volume du bois récolté 19
2.7 Inventaire après traitement 20

chap.3 Résultats

3.1 Diagnostic sylvicole 21
3.2 Inventaire de régénération et gaulis 23
3.3 Jardinage 24
3.3.1 Constat 24
3.3.2 Analyse 24
3.3.3 Prescription et consignes 25
3.3.4 Résultats de l'intervention 25

TABLE DES MATIÈRES (suite)

3.4 Jardinage par trouées 28
3.4.1 Constat 28
3.4.2 Analyse 28
3.4.3 Prescription et consignes 29
3.4.4 Résultats de l'intervention 30
3.5 Éclaircie commerciale 33
3.5.1 Constat 33
3.5.2 Analyse 33
3.5.3 Prescription et consignes 35
3.5.4 Résultats de l'intervention 35
3.6 Coupe par parquet 38
3.6.1 Constat 38
3.6.2 Analyse 38
3.6.3 Prescription et consignes 39
3.6.4 Résultats de l'intervention 39
3.7 Coupe progressive avant 41
3.7.1 Constat 41
3.7.2 Analyse 41
3.7.3 Prescription et consignes 42
3.7.4 Résultats de l'intervention 42

chap.4 Étude de productivité des traitements
4.1 Productivité des opérations 45
4.2 Analyses statistiques 46
4.3 Sommaire 53

chap.5 Discussions, recommandations et suivis
5.1 Recommandations 55
5.1.1 Recommanadations pour les gestionnaires du territoire 55
5.1.2 Recommanadations pour les responsables de la tarification au MRNQ 55

5.2 Plan de diffusion 56
5.3 Suivi 56

Conclusion 58

Références 59

Annexes

Liste des tableaux

1 Quelques paramètres décisionnels pour le diagnostic sylvicole.....21
2 Régénération par traitement.....23
3 Présence de gaulis par traitement.....23
4 Jardinage -Constat..... Composition 24
5 Jardinage -Constat..... Classes sylvicoles.....24
6 Jardinage -Constat..... Sommaire.....24
7 Jardinage -Résultats ..... Composition 25
8 Jardinage -Résultats ..... Classes sylvicoles.....25
9 Jardinage -Résultats ..... Sommaire.....25
10 Jardinage par trouée -Constat..... Composition 28
11 Jardinage par trouée -Constat..... Classes sylvicoles 28
12 Jardinage par trouée -Constat..... Sommaire.....28
13 Jardinage par trouée -Résultats .... Composition 30
14 Jardinage par trouée -Résultats .... Classes sylvicoles 30
15 Jardinage par trouée -Résultats .... Sommaire.....30
16 Éclaircie commerciale -Constat..... Composition 33
17 Éclaircie commerciale -Constat..... Classes sylvicoles 33
18 Éclaircie commerciale -Constat..... Sommaire.....33
19 Éclaircie commerciale -Résultats .. Composition 35
20 Éclaircie commerciale -Résultats .. Classes sylvicoles 35
21 Éclaircie commerciale -Résultats .. Sommaire.....35
22 Coupe par parquet -Constat..... Composition 38
23 Coupe par parquet -Constat..... Classes sylvicoles 38
24 Coupe par parquet -Constat..... Sommaire.....38
25 Coupe par parquet -Résultats ..... Composition 39
26 Coupe par parquet -Résultats ..... Classes sylvicoles 39
27 Coupe progressive avant -Constat.....Composition.....41
28 Coupe progressive avant -Constat.....Classes sylvicoles 41
29 Coupe progressive avant -Constat.....Sommaire 41
30 Coupe progressive avant -Résultats ....Composition.....42
31 Coupe progressive avant -Résultats ....Classes sylvicoles 42
32 Coupe progressive avant -Résultats ....Sommaire 42
33 Liste des variables prises en considération lors des analyses statistiques 46
34 Répartition des observations selon les traitements 47
35 Productivité prédité selon les traitements à l'aide du modèle créé sur l'ensemble des données, mesurables avant et après l'expérience.....53
36 Productivité prédité selon les traitements à l'aide du modèle conçu sur l'ensemble des données mesurables avant l'expérience.....54

Liste des figures

1 Carte parcellaire....11
2 PAIF 97-98....12
3 Plan du dispositif....14
4 Plan du dispositif - Disposition des traitements....22
5 Jardinage....26
A Avant - distribution diamétrale par essence....26
B Avant - distribution diamétrale par classe sylvicole....26
C Après - distribution diamétrale par essence....26
D Après - distribution diamétrale par classe sylvicole....26
E Prélèvement - distribution diamétrale par essence....27
F Prélèvement - distribution diamétrale par classe sylvicole....27
G Distribution diamétrale toutes essences....27
H Prélèvement toutes essences par classe sylvicole....27
6 Jardinage par trouées....31
A Avant - distribution diamétrale par essence....31
B Avant - distribution diamétrale par classe sylvicole....31
C Après - distribution diamétrale par essence....31
D Après - distribution diamétrale par classe sylvicole....31
E Prélèvement - distribution diamétrale par essence....32
F Prélèvement - distribution diamétrale par classe sylvicole....32
G Distribution diamétrale toutes essences....32
H Prélèvement toutes essences par classe sylvicole....32
7 Éclaircie commerciale....34
A Parcelle D-3 / Distribution diamétrale par essence....34
B Parcelle D-4 / Distribution diamétrale par essence....34
8 Éclaircie commerciale....36
A Avant - distribution diamétrale par essence....36
B Avant - distribution diamétrale par classe sylvicole....36
C Après - distribution diamétrale par essence....36
D Après - distribution diamétrale par classe sylvicole....36
E Prélèvement - distribution diamétrale par essence....37
F Prélèvement - distribution diamétrale par classe sylvicole....37
G Distribution diamétrale toutes essences....37
H Prélèvement toutes essences par classe sylvicole....37
9 Coupe par parquet....40
A Avant - distribution diamétrale par essence....40
B Avant - distribution diamétrale par classe sylvicole....40

Liste des figures (suite)

10 Coupe progressive 43
A Avant - distribution diamétrale par essence 43
B Avant - distribution diamétrale par classe sylvicole 43
C Après - distribution diamétrale par essence 43
D Après - distribution diamétrale par classe sylvicole 43
E Prélèvement - distribution diamétrale par essence 44
F Prélèvement - distribution diamétrale par classe sylvicole 44
G Distribution diamétrale toutes essences 44
H Prélèvement toutes essences par classe sylvicole 44
11 Productivité de la récolte de bois en fonction de la distance du débardage 48
12 Productivité de la coupe en fonction de la pente pondérée du terrain 48
13 Productivité de la coupe en fonction du volume moyen des tiges avant le traitement 49
14 Productivité de la récolte de bois en fonction du volume moyen des tiges de 20 cm et plus au DHP avant la coupe 49
15 Productivité de la coupe en fonction du nombre des billes par voyage 50
16 Productivité de la coupe en fonction du volume moyen des billes par voyage 50
17 Temps de chargement en fonction du nombre de billes par voyage 51

Liste des annexes

1 Protocole d'entente
2 Positionnement des parcelles de régénération
3 Références bibliographiques
4 Classes sylvicoles
5 Variables mesurées pour l'étude de productivité
6 Coordonnées GPS du dispositif
7 Photos

Liste des modèles

1 52
2 52
3 53

PARTENAIRES

BÉNÉFICIAIRES PRÉSENTANT LE PROJET (AIRE COMMUNE 51-01)

- Industries manufacturières Mégantic inc.
  Laurent Pelletier, ing.f.
- J.A. Fontaine et fils inc.
  Yvon Robert, ing.f.
- Produits forestiers Domtar
- Les Billots Sélect Mégantic inc.
- Les Industries A.R. inc.

CENTRE D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE EN FORESTERIE DE SAINTE-FOY INC.

- Guy Lessard, ing.f., M.Sc.
- Donald Blouin, ing.f., M.Sc.
- Hugues Vallée, superviseur de coupe
- Raymond Blier, formateur
- Martin Bélanger, tech.f.

MRNQ-SERVICE DE LA RECHERCHE

- Tadeusz Rycabel, ing.f., M.Sc.
- Stéphane Lavallée, tech.f.
- France Savard, statisticienne

MRNQ-RÉGIONAL (BUREAU DE SHERBROOKE)

- Pierre Robitaille, ing.f.
- Luc Gaboriault, ing.f.

MRNQ-ESTRIE (BUREAU DE MÉGANTIC)

- Pierre Giroux, tech.f.
- Sylvain Gagnon, tech.f.

REXFOR

- Florent Boivin, t.p.
- Mario Côté, t.p.

GRONDEXFOR INC. (CONTRACTEUR)

- Jean-François Grondin, prop.

CÉGEP SAINTE-FOY

- Pascal Auger, étudiant stagiaire
- Lara Schaper, étudiante stagiaire

REMERCIEMENTS

Nous désirons remercier MM. Florent Boivin et Mario Côté de Rexfor pour leur appui dès le début du projet. La comparaison des efforts et de la productivité des traitements est nécessaire afin de valider les hypothèses de simulation. Grâce à leur attitude proactive, l'aménagement forestier pourra faire un pas de plus.

Nos remerciements s'adressent également à Mme Sonia Laverdière pour la dactylographie de ce travail et à M. Munyonge Abwe Wa Masabo pour la revue bibliographique sur le bouleau jaune

RÉSUMÉ

Plusieurs possibilités s'offrent pour régénérer le bouleau jaune. Successivement différentes méthodes ont été étudiées : il y a eu d'abord les coupes à diamètres limites, les coupes par bande, la coupe de jardinage, la coupe progressive, et récemment la coupe par parquet inspirée de résultats américains et des aménagements par blocs équiennes européens. Chacune des méthodes présente des caractéristiques différentes et possède des modalités propres qui influencent directement la régénération en bouleau jaune.

L'objectif est d'implanter un dispositif expérimental permettant de comparer à court terme, l'efficacité et la productivité de différents systèmes de régénération du bouleau jaune ainsi que le rendement à long terme en volume et en produits.

Une synthèse de la littérature sur les procédés de régénération déjà expérimentés est d'abord complétée afin de tracer un portrait exact des connaissances actuelles. La méthodologie de localisation et d'implantation du dispositif ainsi que des études de productivités sont par la suite exposées.

Les études de productivité des traitements ne permettent pas de distinguer ceux qui sont le plus productifs à l'exception des parquets. Cependant la coupe progressive serait moins productive que le jardinage, tendance demeurant à valider. Une série de recommandations suivent pour la sauvegarde du dispositif, le suivi, l'aménagement du bouleau jaune, la modification des normes d'éclaircie commerciale et la modification éventuelle de la tarification pour la coupe progressive d'ensemencement.

INTRODUCTION

Zilgitt et Eyre (1945) et Winget (1968) mentionnent déjà des problèmes de régénération d'une espèce intermédiaire comme le bouleau jaune dans la forêt feuillue. Cependant, plusieurs possibilités s'offrent pour régénérer le bouleau jaune. Au fil des modes, en effet, différentes méthodes ont été étudiées: il y a eu d'abord les coupes à diamètres limites, les coupes par bande, la coupe de jardinage, la coupe progressive, et récemment la coupe par parquet inspirée de résultats américains et des aménagements par blocs équiennes européens. Chacune des méthodes présente des caractéristiques différentes et possède des modalités propres qui influencent directement la régénération en bouleau jaune.

L'objectif est d'implanter un dispositif expérimental permettant de comparer à court terme, l'efficacité et la productivité de différents systèmes de régénération du bouleau jaune ainsi que le rendement à long terme en volume et en produits.

Une synthèse de la littérature sur les procédés de régénération déjà expérimentés est d'abord complétée afin de tracer un portrait exact des connaissances actuelles. La méthodologie de localisation et d'implantation du dispositif ainsi que des études de productivités sont par la suite exposée.

Le choix des traitements, les effets des interventions et les études de productivité sont présentés dans la section résultats. Une discussion concernant le suivi du projet et des recommandations sur la réalisation des traitements suit.

CHAP.1 REVUE DE LITTÉRATURE SUR LES PROCÉDÉS DE RÉGÉNÉRATION DU BOULEAU JAUNE DANS LA FORÊT FEUILLUE

Comme le disait Parade au siècle passé, le rôle du sylviculteur est d'imiter la nature et de hâter son développement. Ainsi la réflexion sur le type d'intervention à effectuer pour favoriser la régénération du bouleau jaune doit s'inspirer de son autécologie. La section discute de différents paramètres relevés dans la littérature sur le sujet. Les procédés de régénération pour le bouleau jaune des régimes de la futaie régulière et de la futaie irrégulière sont ensuite passés en revue.

1.1 Autécologie du bouleau jaune

- **Sols et drainage**
  Le bouleau jaune préfère les sols frais aux sols secs (Tubbs, 1963; Wang, 1965). Sa croissance est meilleure sur les sols à textures fines (Anderson et al. 1990). Les bas de pente à drainage oblique lui conviendraient également. On retrouverait 75 % des petites racines dans l'humus (Redmond, 1957).

- **Distribution et associations**
  L'aire de distribution du bouleau jaune couvre une grande partie des Maritimes, le sud du Québec, le sud de l'Ontario jusqu'à la rive nord du Lac Supérieur. Aux États-Unis, elle s'étend de l'ouest de la Nouvelle-Angleterre jusqu'aux états des Grands Lacs et descend vers le sud, sur le pli des Appalaches aussi loin que l'est du Tennessie et le Nord de la Georgie (Quigley et Babcock, 1969 *in* Dubreuil, 1975). Elle est principalement associée à deux grands domaines, l'érablière à bouleau jaune et la sapinière à bouleau jaune, mais se retrouve également dans l'érablière laurentienne (Grandtner, 1966). Winget (1968) souligne le déficit actuel de recrues de bouleau jaune dans les forêts de seconde venue.

Lumière et tolérance

Le bouleau jaune est classé comme une espèce intermédiaire. (Bellefleur et Larocque, 1983; Crcha et Trottier, 1995). Il semble cependant que les sujets en position hiérarchique inférieure peuvent rapidement être éliminés (Ouellet et Zarnovican, 1988).

Production et dispersion des graines

Il y a une bonne année semencière en moyenne à tous les 3 ans (Godman et Mattson, 1976) et la dispersion de graines pleines s'effectue de la fin de l'été jusqu'au printemps suivant (environ 1/3 pendant l'hiver). La dispersion est intermittente (Benzie, 1959), contagieuse (non uniforme) et de type plutôt granulaire, concentrant les graines dans les dépressions par exemple (Houle, 1994). La dispersion de la réserve de semences (seed bank) est très discordante avec la dispersion initiale (seed rain), reliée probablement au fort déplacement des graines légères. Houle (1992) a retrouvé environ 450 graines/m^2 dans la litière.

Germination

La germination peut avoir lieu entre le printemps et l'automne (Tubbs 1964) ou de mai à juillet, période très longue comparativement au hêtre ou à l'érable à sucre (Houle, 1994). En été, elle serait très susceptible à la mortalité, surtout en raison de la chaleur et de la sécheresse. Lorsque le printemps est humide, la germination est meilleure (Marquis *et al.*, 1964; Winget et Kozlowski, 1965) et en général les semis seraient alors plus résistants (Tubbs 1964).

La germination du bouleau jaune exige un lit particulier (Crcha et Trottier, 1995). En effet, il semble impossible pour la graine de percer la litière de feuilles d'érable à sucre (Godman et Krefting, 1960). Souvent la graine sèche sur place (Linteau, 1948) ou germe sans pouvoir s'accrocher. On retrouve parfois des semis sur les troncs ou anciennes souches pourries (Winget, 1964), sur de gros blocs ou dans les sentiers de débardage. (Ruel, Loustau, Pineau, 1990). Les lits favorables sont les sols dont la litière a été déplacée et où la graine est en contact avec le sol minéral. Un mélange 50-50 serait également approprié (Tubbs, 1966). La création de monticules artificiels donnerait également certains résultats encourageants (Tubbs, 1963; Ruel, Loustau et Pineau, 1988; Perala et Alm, 1990; Houle, 1992). De plus, il semblerait que l'aménagiste devrait attendre la chute des feuilles avant de scarifier, sinon l'effet du traitement serait atténué mais peu de résultats confirment cette observation.

La recette optimale semble résider en une combination d'un couvert partiellement ouvert et d'un sol scarifié (Linteau, 1948; Eyre et Zilgitt, 1953; Jarvis, 1957; Godman et Krefting, 1960; Crcha, 1973). La scarification devrait si possible être coordonnée avec une bonne année semencière.

Lumière, sols et humidité versus la survie des semis

Les semis de bouleau jaune se développent mieux sur les sites où l'humidité du sol est égale à la capacité de champ et où l'humidité relative de l'air est élevée (Dubreuil, 1975; Wang, 1965). La hauteur est plus grande, la chlorophylle plus efficace mais il est possible que ces semis soient plus sensibles à d'éventuelles sécheresses, en raison d'un rapport des poids anhydre, racine sur tige, plus bas.

Contrairement aux conditions optimales de germination, l'accroissement des semis est meilleur sur les couches d'humus que sur les horizons minéraux (Hoyle, 1965; Winget et Kozlowski, 1965).

En laboratoire, les semis exposés à une forte intensité lumineuse (2000ft-c) ont les meilleurs accroissements et leurs feuilles ont les meilleurs taux d'assimilation (Dubreuil, 1975). Il faut souligner cependant que cette intensité est faible comparée aux 10 000 ft-c retrouvés occasionnellement en milieu naturel (Linteau, 1948). Ceci serait confirmé par la proposition de nombreux auteurs de maintenir un couvert partiel en conditions naturelles comme compromis (Linteau, 1948; Jarvis, 1957; Godman et Krefting, 1960; Logan, 1965; Marquis, 1966, Messier, 1997). D'une part, en pleine lumière, les racines sont plus développées (Logan, 1965; Marquis, 1966), la capacité photosynthétique est plus élevée (Logan, 1970). D'autres part, à l'ombre, les semis sont plus protégés de la sécheresse et des fortes chaleurs durant la saison estivale et plus protégés en cas de verglas. À Duchesnay, des interbandes non récoltées (lumière oblique ou diffuse) d'un système de régénération par coupe à blanc par bande ont produit plus d'un million de semis à l'hectare suite au débrousssaillage et au scarifiage sous couvert. Cependant après les premières années, la quantité de lumière devrait augmenter pour favoriser la compétition avec les autres espèces plus tolérantes (Marquis, 1969).

Certains caractères morphologiques varient en fonction des conditions intitiales de croissances alors que d'autres dépendent des conditions ultérieures (Dubreuil, 1975). Par exemple pour un développement optimal d'un semis résistant à la sécheresse, il faut des conditions lumineuses optimales qui favorisent, dans la première phase (8 premières semaines), un poids anhydre plus élevé et dans la phase subséquente (semaines 8 à 16), le développement de petites feuilles.

Compétition et allélopathie

La compétition avec les autres espèces tolérantes est plutôt féroce surtout lorsque le bouleau jaune est à l'ombre. Contrairement à cette espèce, l'accroissement du système racinaire des espèces tolérantes n'est pas réduit dans ces conditions (Dubreuil, 1975). De plus, les racines de l'érable à sucre produiraient des substances inhibitrices de la croissance du bouleau jaune (allélopathie) mais ne causeraient pas de mortalité ni de tissus nécrotiques (Tubbs,1973). Par contre, une forte compétition n'est pas sans présenter certains avantages. Elle permet d'abord de contrôler la morphologie; en effet, le bouleau jaune possède une propension particulière à développer de nombreux bourgeons adventifs lorsqu'il est mis en contact avec la lumière. Pour un aménagiste en quête de volume de qualité, cette particularité s'avère plutôt gênante puisque l'arbre diminue sensiblement sa croissance en hauteur et développe de nombreuses branches, donc de nombreux noeuds (Ricard, 1996). D'ailleurs, Robitaille (communication personnelle) remarque que les gaules non dégagées croîssent mieux en hauteur et ont une branchaison moins développée. La forte compétition permet également de mieux protéger l'espèce lors des étés trop secs (Zarnovican, 1998). L'auteur souligne également le risque élevé de miser exclusivement sur une espèce peu plastique aux variations climatiques.

- **Prédation, ennemis**

  Parmi les ennemis du bouleau jaune, la présence du champignon *Phomopcis (Diaportha) alleghaniensis* Arnold semble particulièrement virulente (Arnold, 1966; Anderson *et al.,* 1990). Les infestations en pépinières sont documentées, mais il semble que les infestations en forêts naturelles pourraient également être importantes (Denis Robitaille, communication personnelle). Le champignon s'attaquerait cependant en priorité à des sujets défavorisés et peu vigoureux. Lavallée et Lortie (1968) proposent une classification de l'état pathologique (carie et décoloration) pour la sélection d'arbres de bonne qualité.

  Dans les états des Grands Lacs, la prédation est venue du cerf de Virginie, du lièvre et des diverses souris (Stoeckeler et Limstrom, 1950; Graham, 1954 *in* Dubreuil,1975). Godman et Krefting (1960) rapportent une prédation négligeable par les lièvres contrairement à d'autres auteurs. Moins de 19 % des semis sont broutés par les cerfs (surtout au printemps). Certains auteurs (Stoeckeler et Limstrom, 1957 i*n* Godman et Krefting, 1960) relatent des expériences concluantes d'exclos. Le broutage aurait un impact direct sur le changement de végétation (biodiversité des espèces) (Graham, 1954 *in* Godman et Krefting, 1960).

- **Régénération artificielle**

  La plantation a rarement donné des résultats très concluants pour des raisons de faible survie ou de forme inappropriée (von Althen, 1964, Robitaille, 1978). Robitaille (communication personnellle) mentionne que, dans les cas de pleine lumière, la branchaison fut incontrôlable malgré les nombreux élagages successifs. Roberge (1977) souligne une certain succès à Dudswell lorsqu'il s'agit plutôt d'un enrichissement. On retrouve à Duchesnay un secteur d'ensemencement de bouleau jaune qui a donné 20 ans plus tard, un gaulis de bouleau jaune de haute qualité (Ricard, 1996). L'ensemble de ces travaux nous suggèrent comme conditions de réussite la nécessité de l'implantation d'une régénération abondante contrairement aux quelques centaines de tiges à l'hectare habituellement recommandées.

1.2 Procédés de régénération du régime de la futaie régulière

La revue de littérature révèle un constat surprenant, i.e. que plusieurs procédés de ce régime semblent efficaces pour régénérer le bouleau jaune. Les résultats sont cependant variables. Le choix des essences principales objectifs retenus, le niveau de biodiversité des espèces, l’intensité de l’aménagement tout comme le taux de risques et éventuellement les coûts et les produits obtenus peuvent influencer les choix. Par ailleurs, il est fortement suggéré de respecter certaines conditions sine qua non comme la scarification et les années semencières, telles que présentées dans la section précédente. Nous présentons ci-après une synthèse des expériences consultées.

1.2.1 Coupe totale d’un seul tenant, par bande et par parquets

La coupe totale a présenté des résultats intéressants dans certains cas comme à Duchesnay où le bouleau jaune représente 25 % des gaules (Robitaille *et al.,*1990) et dans l'Outaouais (Boivin, 1971) où la représentation de gaules dépassent celle du peuplement original. Ces succès d’établissement sont corroborés par Metzger et Tubbs (1971) qui s’inquiètent cependant de la survie des semis. En effet, 10 ans après coupe, Wilson et Jensen (1954) observent la disparition du bouleau jaune. Des problèmes d’envahissement potentiel par les espèces concurrrentes sont observés (Godman et Krefting, 1960) doublés des problèmes anticipés d’érosion (Majcen, 1987). Le bouleau jaune, possèdant une croissance plus lente vis à vis les espèces intolérantes ou arbustives, ne serait pas favorisé dans ce type de coupe (Cunningham, 1953). Les bouleaux jaunes survivants pousseraient cependant plus vite.

La coupe par bande est également abondamment documentée. Dans le canton de Malakoff, Boivin (1985) a démontré d’excellents résultats pour la coupe par bande. Le succès ett favorisé si le dégagement accompagne le traitement. Roberge (1977a; 1987) et Grenier (1996) confirment le même type de résultats respectivement à Dudswell et à Duchesnay. Encore une fois, l’établissement des espèces concurrentes risque d’être abondant (Robitaille et Majcen, 1991). Marquis (1965) avait déjà proposé une alternative intéressante: un système de bandes progressives plus étroites dont la largeur varie selon l'orientation (orientation est-ouest, 8m; NO-SE, 10 à 13m; N-S, 13 à 23). Elles permettraient de favoriser l’établissement du bouleau jaune et de contrôler la végétation concurrente par un choix judicieux de l’orientation et la lumière au sol. Metzger (1980) souligne de son côté que l’orientation et la largeur des bandes ne sont pas apparus significatifs et suggère plutôt de s’intéresser au paramètres de qualité de site et à la présence de régénération pré-établie. Ruel et Pineau (1994) considèrent cette coupe comme une alternative valable, simple et peu coûteuse pour les érablières destinées à l'aménagement équienne. Actuellement cette coupe est réservée aux peuplements de faible qualité et subit l'aire des élus municipaux pour son aspect esthétique, ce qui expliquerait finalement le déclin des superficies récoltées avec cette méthode.

Par ailleurs, l'idée de procéder par petites coupes à blanc n’est pas nouvelle. La dimension des coupes soulèvent plusieurs interrogations. Comme nous l'avons mentionné dans la revue de littérature, il s'agit d'un compromis ou risque et performance doivent s'équilibrer. Déjà Zillgitt et Eyre (1945) suggèraient de petites trouées jusqu'à 0.1 acre. En 1965, Marquis parle de toutes petites coupes totales (0.1 à 0.66 ac) qui auraient donné une régénération abondante en bouleaux jaune et blanc. À la forêt de Valcartier, près de Québec, Hatcher (1966) parlait de 1/10 à 1/4 acre. Récemment les résultats de 20 ans de coupe à blanc oscillant entre 0.04 à 1.6 acres (Dale, Smith and Percy, 1995) démontrent que des ouvertures de plus d'un acre provoque une augmentation importante des espèces intolérantes. Une plus grande proportion d'espèces tolérantes se retrouve dans les ouvertures de moins de 0.5 acre. Leurs résultats confirment également l'importance de la qualité de site sur la composition et l'accroissement. Roberge (1987) mentionne des résultats positifs pour l'érable à sucre et peu propice pour le bouleau jaune. Marquis (1965b) souligne le problème opérationnel de localiser les nouvelles ouvertures dans les secteurs

déjà traités plusieurs fois. De ce fait, ce type de coupe ne devrait pas être utilisé pour normaliser un secteur contrairement aux coupes par bandes progressives. Ces petites coupes sont également utilisées dans le régime de la futaie irrégulière, (section 1.3.2), tel que suggéré par Marquis. La coupe progressive pourrait également bénéficier de cette technique pour varier les âges du couvert, favoriser les espèces intermédiaires et diminuer l'impact visuel dans les zones de paysages sensibles.

Hix et Barnes (1984) revèlent des résultats concluants, 46 ans après de petites coupe d'un hectare. Cette alternative à la coupe à blanc est proposée dans le nouveau manuel d'aménagement du MRNQ sous le vocable de coupe par parquet. Quinze à vingt pourcent de la surface sont progressivement récoltés à chaque rotation (en trouées de 1 à 2 ha) pour normaliser peu à peu l'ensemble de la surface. Pour limiter les problèmes d'envahissement de la compétition (Robitaille et Majcen, 1991) ou de distribution par l'éloignement des semenciers (Bérard, 1996), certains forestiers suggèrent des modalités particulières comme des formes en bandes (René Gagné, communication personnelle) ou même de laisser des semenciers (Hubert St-Cyr, communication personnelle).

1.2.2 Coupe avec semenciers

Au Québec, peu d'essais de coupe avec semenciers ont été effectuées dans la forêt feuillue. Aux États-Unis, Metzger et Tubbs (1971) et Tubbs *et al.* (1983) constatent des problèmes de survie du bouleau jaune, probablement reliés aux conditions microclimatiques, et à l'envahissement de la végétation concurrente. Quentin (1994), dans un essai pour une forêt mixte du Bas-St-Laurent, recommande fortement le scarifiage pour favoriser la germination et diminuer temporairement la compétition.

1.2.3 Coupe progressive

Par ailleurs, le système de coupe progressive est reconnu depuis longtemps en Amérique du Nord pour son efficacité à régénérer les feuillus tolérants et semis-tolérants (Leffelman et Hawley, 1925 ; Linteau, 1948; Tubbs et Metzger, 1969; Metzger et Tubbs, 1971; Godman et Tubbs, 1973; Kelty et Nyland, 1981; Marquis 1979; Tubbs et al.,1983; Hannah,1988; Majcen, 1997). Au Québec, des essais à Duchesnay (Linteau, 1948; Pierre Ricard, 1996, non publié) ont d'ailleurs donné des résultats spectaculaires de régénération en bouleau jaune (plus d'un million de semis à l'hectare après 5 ans). Pour la phase d'établissement, Linteau (1948) passe en revue les facteurs affectant la germination et la survie et recommande notamment une ouverture du couvert de 30 à 50% comme Godman et Krefting (1960). Robitaille et Majcen (1991) parlent d'un prélèvement optimal de 40 à 50% du volume. Erdmann (1990) recommande de laisser plus de 10 semenciers de bouleau jaune à l'hectare. Hannah (1991) recommande d'éliminer la végétation sous la canopée afin de favoriser les conditions optimales de luminosité. Ruel et Pineau (1994) mentionnent qu'un scarifiage sommaire résultant du passage des machines serait suffisant. Godman et Krefting (1960) proposent de scarifier pour exposer le sol minéral

pour plus de 50% de la superficie. Plusieurs guides peuvent être recommandés (Godman et Tubbs, 1973; Anderson *et al.* 1990; Tubbs, 1977).

Des problèmes de survie sont anticipés si le couvert résiduel n'est pas récolté quand les semis sont bien établis (Perala et Alm, 1990; Nyland, 1994). Godman et Krefting (1960) propose de réduire rapidement le couvert 3 à 5 ans après l'intervention. Lortie (1979) anticipe des problèmes de décadence des semenciers. D'importants dommages sur la régénération peuvent résulter de la coupe finale (Jacobs, 1974). Mais il a été démontré qu'une planification adéquate de la coupe, la conscientisation du personnel de terrain, l'utilisation de l'abattage directionnel et des sentiers espacés et une supervision du débardage permettent de minimiser considérablement les impacts et de conserver une régénération abondante en feuillus tolérants (plus de 29000 tiges) de 3.5m de hauteur (Lessard et Blouin, 1997). Robitaille et Majcen (1991) souligne également la nécessité de dégager les tiges quelques temps après la coupe finale.

Tel que mentionné plus haut, la coupe progressive pourrait également bénéficier de la technique des trouées (coupe progressive par trouées) pour varier les âges du couvert, favoriser les espèces intermédiaires et diminuer l'impact visuel dans les zones de paysages sensibles. La coupe progressive peut créer les conditions exceptionnelles exigée par les espèces comme le bouleau jaune ne pouvant se satisfaire des conditions que le système inéquienne crée pour elle.

1.3 Procédés de régénération du régime de la futaie irrégulière (inéquienne)

1.3.1 Jardinage

Lorsque la structure du peuplement est inéquienne et que la vigueur des tiges de petits et moyens diamètres est suffisante, il est habituellement recommandé de favoriser l'aménagement en futaie irrégulière (Majcen, 1990). Le jardinage par pied d'arbre tend à favoriser la régénération des espèces les plus tolérantes comme l'érable à sucre ou le hêtre (Leak et Wilson, 1958; Metzger and Tubbs, 1969; Roberge, 1977; Crow et Metzger, 1987) sauf dans les ouvertures où le sol est scarifié, où alors les espèces intermédiaires peuvent se régénérer. Eyre et Zilgitt (1953); Lamson et Smith (1991) et Willis et Johnson (1978) soulignent que la proportion d'érable augmente dans le temps ou simplement que le bouleau jaune est difficile à régénérer. Majcen (communication personnelle) rapporte des résultats concluants de régénération dans les secteurs de Duchesnay et d'Héliopolis. Le scarifiage superficiel, causé par le passage répété de la machinerie, serait suffisant. Une des raisons possibles du succès seraient la grandeur de la trouée (400m^2) résultant du prélèvement de vieilles tiges à grosses cimes ou même de groupes de tiges, résultats déjà révélés par Arbogast (1957).

Dans le nouveau Manuel d'aménagement du MRNQ (1998), des trouées de 500 à 1500 m^2 sont proposées soit 1 à 2 longueurs d'arbre (Arbogast, 1957). Ce

traitement pourra s'appliquer notamment dans les éclaircies jardinatoires où les arbres prélevés ne présentent pas un important recouvrement. Idée que reprennent Hansen et Nyland (1983) et Leak et Wilson (1958), en parlant de très petites trouées (Marquis, 1965) de 400 m^2 à 3000 m^2 (à jour), de coupe légère et succession.

Niese, Strong et Erdmann (1995) discutent de productivité et de rendement selon l'intensité. Le jardinage de moyenne intensité (17,3m^2/ha) donnnait la plus grande amélioration de la qualité de l'arbre de même que les rendements économiques élevés. Le jardinage de faible intensité 20,7 m^2/ha) fournissait la plus grande valeur du peuplement résiduel mais des revenus de récolte faible. Les valeurs présentes nettes les plus élevées ont résultées du jardinage par pied d'arbre de forte intensité (13,8 m^2/ha). Ces résultats pourraient varier avec plus d'informations à long terme selon la valeur des billes de déroulage. Mc Namara (1997) pour sa part, compare le jardinage avec l'abattage manuel (13,90 $/$m^3$) et la récolte semi-mécanisée (11,72 $/$m^3$ au chemin de camion) et constate que les coûts de production sont similaires.

1.3.2 Coupe de jardinage par trouées (par groupe ou bouquets)

Tel que discuté précédemment dans la section sur la coupe à blanc, les petites coupes favorisent la régénération d'espèces comme le bouleau jaune. Nous vous réferrons à cette section pour la discussion sur la dimension des ouvertures. Dans un système de futaie irrégulière (inéquienne), cette méthode utilisée pour quelques rotations seulement contribue à favoriser les espèces intermédiaires. McClure et Lee (1993) ont étudié des coupes de jardinage par bouquets vieilles de 24, 34 et 44 ans. Les essences intermédiaires, particulièrement le bouleau jaune et l'érable rouge étaient relativement plus abondantes au centre des trouées. Les essences de lumière sont plus abondantes dans les grandes trouées et au centre des trouées. Fait important à noter ici, ce ne sont pas le nombre de tiges prélevées qui sont importantss mais la dimension des trouées créées. Il arrive parfois qu'un seul arbre avec une grosse cime crée une trouée suffisante dépassant le 0.1 acre (Majcen, communication personnelle). Après 38 ans de jardinage par trouées, Leak and Filip (1977) obtiennent d'excellent résultats en terme de structure et de composition. Cette coupe est utilisée pour enlever les groupes de tiges matures et pour maintenir les espèces intermédiaires et quelques tolérants (25 à 33% de la composition finale). Miller, Schuler et Smith (1995) considèrent cette méthode comme intensive avec différentes pratiques sylvicoles effectuées en même temps à différentes parties du peuplement. Elle peut remplir plusieurs objectifs d'esthétiques, de composition d'espèces et de fréquence de récolte. Les auteurs la suggèrent comme une méthode flexible et adaptable aux diverses conditions.

1.3.3 Éclaircie jardinatoire et coupe de préjardinage

Lorsque la pente de la courbe de distribution des tiges en fonction des classes de diamètre est abrupte et que d'autres maximum sont faibles, il serait plus opportun de parler d'une structure de jeune peuplement inéquienne. L'intervention devient alors une éclaircie jardinatoire (Zoran, Majcen, communication personnelle). La coupe est dénommée pré-jardinage dans le Manuel d'aménagement forestier (1992 et 1998).

1.3.4 Coupe à diamètre limite

Robitaille et Boivin (1987) révèle l'établissement d'une excellente régénération, 10 ans après une coupe à diamètre limite, avec une distribution de 53% en bouleau jaune à Duchesnay. Les auteurs soulignent la problématique des rémanants qui obstruent la croissance. Les espèces comme le cerisier de Pennsylvanie et l'érable à épis ont également beaucoup profité de ce type de récolte, ce qu'a également noté Quentin (1994) dans le Bas St-Laurent.

1.3.5 Coupe d'amélioration

Plusieurs forêts de feuillus tolérants, ayant subit divers coupes d'écrêmage (Hi-grading) dans l'Outaouais, près de Thurso, présentent des structures avec des tiges rémanantes de forte dimension opprimant la croissance de tiges de qualité sous couvert (Maclean, 1949). L'auteur préconise une coupe d'amélioration avec annelage des rémanants et dégagement (éclaircie) des tiges d'avenir. La productivité est de deux personnes-jour à l'acre. Trois sites étaient étudiés Trillium-viburnum (bas de pente), Mithella-Aster (haut de pente) et Aster-Mitchella (crête à sol minces). Dix ans après coupe, les résultats les plus concluants se retrouvent dans les 2 premiers cas pour des traitements où à la fois les rémanents et les petites tiges indésirables ont été récoltés. Une problématique de sécurité est souvent évoquée contre cette coupe.

Miller et Smith (1993) proposent une alternative de diamètre limite flexible basée sur une augmentation potentielle de la valeur des arbres individuels combinée avec une coupe d'amélioration dans les petites tiges marchandes à chaque rotation. Vingt ans après coupe, la plupart des objectifs du jardinage seraient rencontrés avec cette méthode.

CHAP.2 MÉTHODOLOGIE

2.1 Localisation

Le territoire à l'étude est une portion de l'aire commune O5I-01 située en Estrie au sud-est du Lac Mégantic dans la municipalité de Woburn, dans la parcelle 1101-1 (figure 1).

Le secteur était prévu au plan annuel d'intervention forestière pour 1997. Situé dans la région écologique 4A du domaine de l'érablière à bouleau jaune, il se retrouve sur le bas versant de la limite nord de la formation cristalline des ChainLakes. Les dépôts sont de type morainique avec présence de blocs erratiques et d'éboulis.

2.2 Implantation du dispositif et inventaire avant

Tel que mentionné dans le projet initial, l'objectif était d'implanter un dispositif expérimental sur environ 50 hectares permettant de comparer à court terme, l'efficacité et la productivité de différents systèmes de régénération du bouleau jaune ainsi que le rendement à long terme. Les critères de sélection étaient un secteur de bas de pente à drainage oblique (seepage) avec une bonne proportion de bouleau jaune située dans la zone d'intervention des travaux annuels (PAIF). L'identification des secteurs potentiels a d'abord été faite sur les cartes forestières avec la collaboration de Mario Côté de Rexfor de même qu'avec les données d'inventaire fournies par Pierre Giroux de l'unité de gestion du Lac Mégantic. Les visites exploratoires sur le terrain ont été faites afin de valider l'ensemble des conditions du milieu et la structure des peuplements.

Les terrains visités pour l'installation du dispositif couvrent une superficie de plus de 50 hectares. Ils incluent entre autres les secteurs couverts par les parcelles des virées d'inventaire 1 et 2 (voir figure 2). Pour le secteur couvert par la virée 2, les parcelles 8 à 11 ne contenaient que très peu de bouleau jaune alors que les parcelles 5 à 7 de la même virée étaient plus résineuses. Le secteur des parcelles 1 à 4 correspond à un bas de pente avec une forte proportion de bouleau jaune: il s'agit d'un secteur correspondant aux critères d'installation du dispositif. Pour le secteur couvert par la virée 1, les parcelles 7 à 10 correspondent à un milieu de pente où la proportion de bouleau jaune est beaucoup plus faible qu'en bas de pente et les parcelles 1 à 6 représentent un haut de pente dans lequel les travaux d'exploitation étaient déjà débutés. La possibilité d'aller du côté ouest du chemin forestier a également été explorée mais la rugosité du terrain était trop contraignante. C'est donc dans le secteur des parcelles 1 à 4 de la virée 2 que le dispositif a été installé et dans lequel on a dû utiliser au maximum l'espace disponible.

FIGURE 1 – CARTE PARCELLAIRE

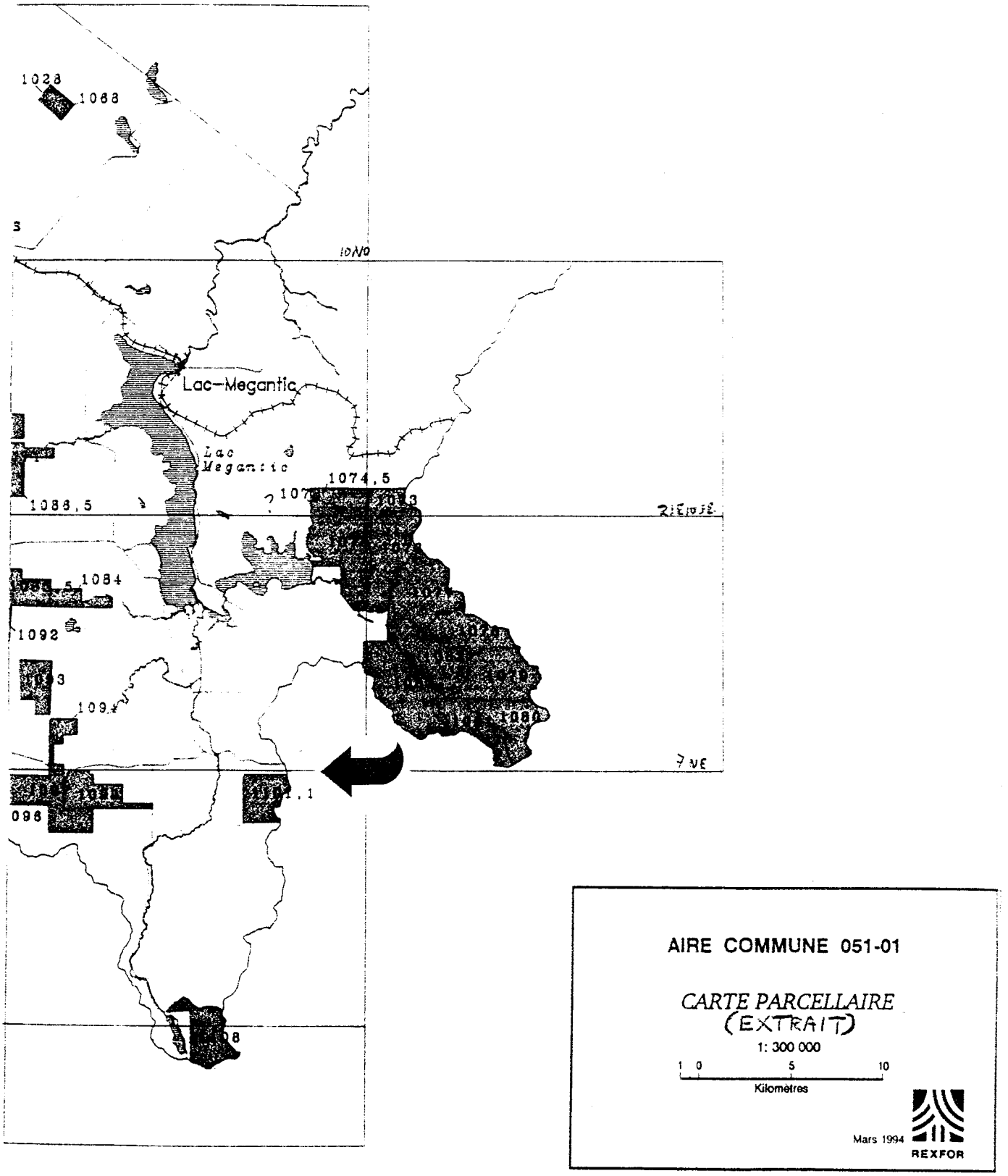
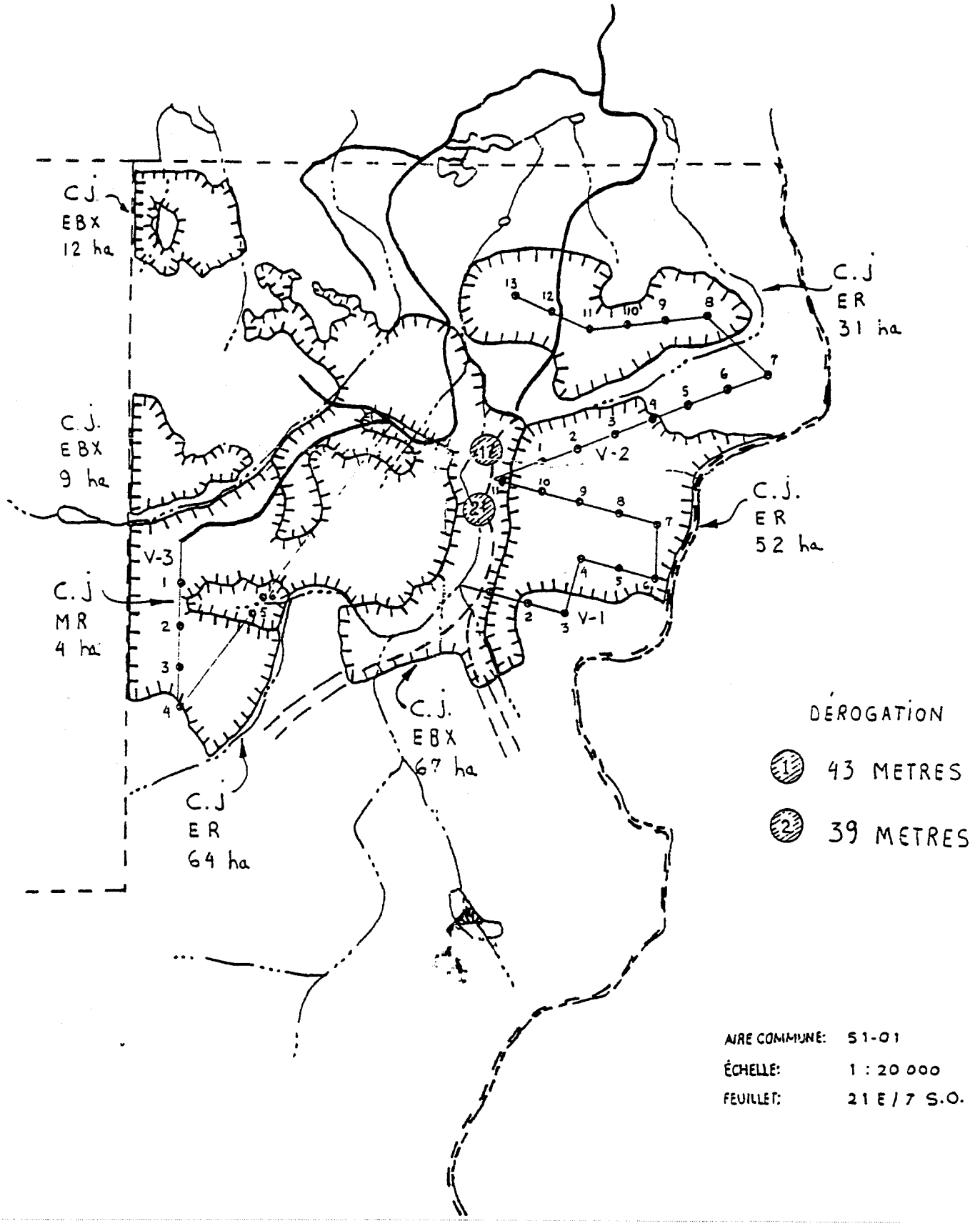


FIGURE 2 – PAIF 97-98



Le dispositif est bordé au sud et à l'est par une transition dans le résineux, à l'ouest par le chemin forestier et au nord et à l'est par plusieurs ruptures de pente importantes. La superficie convenant aux critères d'homogénéité et d'établissement du dispositif représente 10 hectares. Une décision a été prise à l'effet de réduire la dimension de chacun des traitements et de rapprocher les parcelles d'inventaire les unes des autres. Comparativement à l'objectif original, le même nombre de traitement et le même nombre de parcelles d'inventaire de bois sur pied et de régénération ont été effectués mais sur un territoire de dimension plus restreinte. Le dispositif a été piqueté au bloc de 0.5 ha. L'inventaire du bois sur pied a été effectué à raison de quatre parcelles au prisme à l'hectare (40 parcelles au total) identifiées de façon semi-permanentes sur le terrain (plan du dispositif Figure 3).

L'inventaire de régénération avant traitement a été réalisé pour l'évaluation de la distribution et du nombre de tiges à l'hectare par essence. Huit parcelles de 3.125 m^2 par point de prisme ont été identifiées de façon semi-permanente pour couvrir une superficie de 25 m^2 par point de prisme. Au total, 320 parcelles de régénération ont été faites dans le dispositif (Annexe 3).

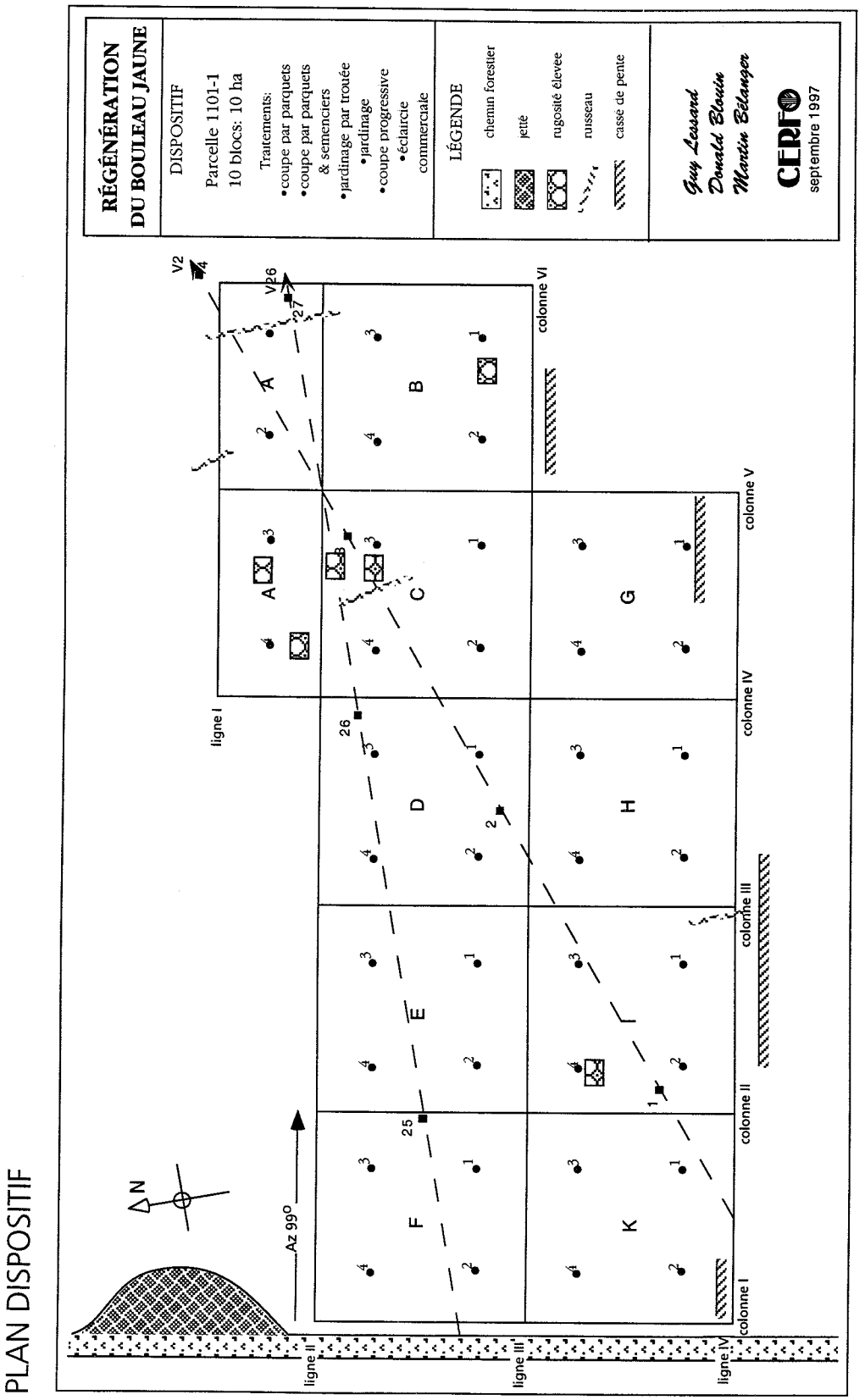
2.3 Traitements comparés

Les six différents types de coupe qui ont été comparés afin de vérifier leur efficacité sur l'implantation d'une régénération en bouleau jaune sont :

- coupe de jardinage par pied d'arbre;
- coupe de jardinage par trouées;
- coupe par parquet à blanc;
- coupe par parquet avec semenciers;
- coupe progressive d'ensemencement;
- coupe d'éclaircie commerciale.

L'ensemble du dispositif représente un système de coupe par parquet où 20 % de la superficie du territoire est utilisé par les parquets et le reste de la superficie (80 %) est utilisé pour les autres traitements. Entre autres, les 2 hectares utilisés pour la coupe progressive d'ensemencement seront les parquets de la prochaine rotation alors que les secteurs d'éclaircie commerciale seront les secteurs de CPE de la prochaine rotation et les secteurs de parquet de la rotation suivante, et ainsi de suite. Pour les secteurs réservés au jardinage par trouées et au jardinage par pied d'arbre, les aménagistes pourraient décider **dans 60 ans** s'ils convertissent ces superficies au régime de la futaie régulière.

FIGURE 3 – PLAN DU DISPOSITIF



2.4 Diagnostic sylvicole

Afin de répartir les traitements, la démarche s'est d'abord appuyée sur le processus de solution de problèmes. Cette méthode reconnue tant en médecine qu'en gestion permet d'aborder objectivement les problèmes et les solutions possibles avant de décider du traitement approprié. Elle possède l'avantage de tenir compte des différentes opportunités et tendances avant de construire, autour de et/ou des solution(s) préconisée(s), une argumentation éclairée, rigoureuse et objective. La démarche diagnostique comprend 5 étapes :

- Constat et analyse de la situation
- Identification du ou des problèmes, sil y a lieu
- Formulation et analyse des solutions possibles
- Choix d'une ou des solutions
- Suivi

Les traitements sont choisis et ventilés en fonction des caractéristiques observées et des problèmes à résoudre. On retrouve parmi les paramètres retenus pour chacune des parcelles :

- La surface terrière (totale et par essence)
- Le nombre de tiges à l'hectare
- La distribution des diamètres
- La régénération (tiges à l'hectare, distribution)
- Le pourcentage en surface terrière de chaque classe de vigueur
- Le pourcentage en surface terrière de toutes les tiges
- Le diamètre moyen des tiges d'avenir et des bouleaux jaunes
- L'identification des urgences de récolter, d'éduquer ou de régénérer

2.5 Ajustement du martelage et réalisation des travaux de récolte

Initialement martelé pour le jardinage par pied d'arbre, le secteur occupé par le dispositif expérimental a fait l'objet d'un ajustement du martelage en fonction de chacun des traitements.

Jardinage par pied d'arbre :
Calibration du martelage par classe de diamètre avec un objectif de prélèvement de 30 %.

Jardinage par trouées :
Localisation des trouées et ajustement du martelage global à 30 %.

Parquet :
Un parquet coupé à blanc;
Un parquet avec réserve de 25 semenciers à l'hectare.

Coupe progressive d'ensemencement :
Identification des semenciers, dégagement de leur cimes et augmentation du martelage jusqu'à 50 % ou minimum de 16 m^2 de surface terrière.

Éclaircie commerciale :
Identification des arbres d'avenir et dégagement de leur cime avec un objectif de prélèvement de 30 %.

Un protocole d'entente a d'abord été préparé pour l'exécution des travaux. Ce protocole permet d'harmoniser les activités et d'assurer l'atteinte des objectifs (réf. annexe 2). Le travail a débuté par une brève formation (1/2 journée) des intervenants à l'abattage directionnel et à la planification des sentiers de débardage. Les sentiers de débardage (sentiers espacés) ont ensuite été planifiés en collaboration avec l'opérateur de machine. Ils ont été cartographiés sur le même plan que les travaux prévus.

Les travaux d'abattage directionnel et d'étêtage sont supervisés par un formateur du CERFO. Le respect de la planification est également assuré. Les mesures de temps et de mouvement pour la réalisation de chaque traitement et les mesures du volume du bois sorti par voyage ont été effectuées.

2.6 Étude de productivité : Cueillette et le traitement des données

Cette section décrit les étapes de travail nécessaires pour réaliser la prise des données afin d'évaluer la productivité de la récolte du bois lors de six différentes coupes appliquées pour favoriser la régénération de bouleau jaune.

2.6.1 Inventaire du peuplement et le volume du bois avant le traitement

Dans le but d'évaluer les caractéristiques dendrométriques du peuplement, des placettes échantillons sont établies avant le traitement, 8 par type de coupe. La surface terrière marchande du peuplement est évaluer à l'aide du prisme; en même temps les diamètres de tous les arbres sont mesurés ainsi que la hauteur de quatre arbres classifiés dominants ou codominants par place échantillon. De plus, on mesure la hauteur et le DHP de quelques arbres dans les classes de gaulis.

À partir des données dendrométriques prises avant le traitement, nous avons créé les tarifs locaux de cubage. Pour le faire, il a fallu prédire le hauteur moyenne des arbres séparément par traitement et par essences et évidement par classe de DHP (Richards, 1959; Rondeux, 1993). L'évaluation du volume des arbres est réalisée en utilisant les régressions générales du volume (selon essences) tirées de « Tarif de cubage, volume marchand brut » (Perron, 1983).

2.6.2 Étude de temps au débardage

La productivité des opérations de récolte du bois est évaluée en utilisant la méthode de chronométrage continu. Le chronométrage des opérations dans une coupe sélective est parfois difficile à réaliser à cause du danger élevé lors de l'abattage des arbres, de visibilité réduite pendant la période de végétation, de déplacement difficile de l'observateur dans les sentiers de débardage et dans le peuplement à cause de perturbation de sol et de la présence des résidus de coupe.

Pour faciliter cette tâche et augmenter la précision des observations, un programme informatique de saisie de données et de chronométrage pour le MEMO a été mis au point. Lors des opérations du débardage, pour chaque cycle (Un cycle de travail est un voyage aller et retour de la débusqueuse) de travail les mesures suivantes sont prises :

— Le temps total d'un cycle; c'est-à-dire l'heure à laquelle l'observation débute et se termine. Les temps productifs et improductifs sont enregistrés séparément.

— Le temps productif comprend les éléments de travail suivants :

a) déplacement à vide
b) chargement - cet élément de travail englobe trois activités : élinguage, treuillage pour former la charge et le déplacement entre les billes
c) déplacement en charge
d) déchargement
e) empilage
f) désancrage des arbres
g) autres ex. demi-tour

— Les temps improductifs (délais) observés lors du débardage sont divisés en quatre groupes :

a) délais mécaniques : panne, diverses réparations
b) délais opérationnels : attente après l'abatteur, circulation d'autres machines, organisation du travail
c) délais personnels : repos, café
d) services : ravitaillement, lubrification, nettoyage de la machine

Les activités qui ne sont pas reliées aux opérations du débardage sont enregistrées sous le même nom « hors cycle » (ex. remorquage d'un camion en utilisant la débusqueuse).

2.6.3 Pente du terrain dans les sentiers de débardage

La pente de terrain dans le sentier de débardage est évaluée en pourcentage à l'aide du clinomètre ou du relascope. Cette mesure est effectuée par segment de sentier de débardage où la pente semble uniforme (Mellgren, 1980). La longueur de chaque tronçon est mesurée en mètre afin de connaître la distance totale de déplacement en charge par voyage.

Pour les besoins de cette recherche (pour les analyses statistiques), il faut exprimer la pente dans un sentier de débardage, par une seule valeur. Selon la topographie du terrain, lors d'un trajet de débardage, la machine peut se déplacer en descendant, en montant ou les deux situations peuvent se présenter à la fois lors d'un voyage.

Pour résoudre le problème, la pente pondérée par la distance est utilisée comme une variable pour les analyses.

La valeur de la **pente pondérée** par la distance est obtenue en multipliant le pourcentage (la valeur) de la pente (on tient compte si elle est positive ou négative) par la longueur du tronçon correspondant. Ensuite la somme de ces valeurs est divisée par la longueur totale du sentier.

$$PENTEPON\,(\%) = \frac{\sum_{i=1}^{n} (dist. \times pente)}{\sum_{i}^{n} dist.}$$

2.6.4 Mesurage et le volume du bois récolté

Le mesurage du bois est effectué à la jetée après le déchargement et l'empilement des billes. Afin de faciliter le mesurage des billes et pour les distinguer des celles provenant des autres voyages, les billes sont identifiées par le mesureur à l'aide d'un trait de sanguine lors du déchargement. Ensuite, les dimensions de chaque bille sont prises; le diamètre est mesuré à chaque extrémité par classe de 2 cm et la longueur est mesurée avec une précision de 1 dm. Lorsqu'une bille est fourchue, le volume marchand des branches de la fourche est également pris en considération. De plus, les numéros de voyage et les noms des essences sont inscrits dans le formulaire du bois récolté. Le bois ayant une forme irrégulière est mesuré selon les normes présentées dans le manuel intitulé " Méthodes de mesurage du bois " publié par Lemieux (1992).

Le volume brut (V) des billes est calculé selon la formule de Smalian:

$$V = \frac{(D^2 + d^2) \times \pi \times L}{8 \times 10000}$$

V - volume (m^3) arrondi à la quatrième décimale
D - diamètre au gros bout (cm)
d - diamètre au fin bout (cm)
L - longueur de la bille (dm)

Le volume des réductions (ex. pourriture que l'on doit soustraire) est calculé de la même façon que le volume brut. Le volume des tiges fourchues débardées à la jetée comprend le volume de la tige principale et celui de toutes les branches jusqu'à 10 cm sous écorce. Les tiges dont le diamètre est plus petit que 10 cm sont laissées sur le parterre de coupe. Le volume d'un voyage (la valeur nécessaire pour calculer la productivité) est la somme du volume de toutes les billes faisant partie de la même charge.

2.7 Inventaire après traitement

L'inventaire du bois sur pied après traitement a servi à préciser le prélèvement réel dans chacun des traitements. Le positionnement de chacune des tiges permettra d'estimer l'impact du type de coupe sur l'accroissement en volume des tiges résiduelles.

L'inventaire de régénération sera fait après la première année suivant les travaux et après la troisième et la cinquième année afin d'être en mesure de documenter l'installation de la régénération en fonction des traitements.

CHAP.3 RÉSULTATS

3.1 Diagnostic sylvicole

Les parcelles (réf. figure 3) ont d'abord été regroupées par deux, puis par quatre (1 hectare) afin d'évaluer les paramètres décisionnels donc les résultats des regroupements finaux sont présentés au tableau 1. Le diagnostic sylvicole a permis de faire le choix des traitements, parmi ceux qui étaient prévus, par analyse et élimination des secteurs basées sur les paramètres décisionnels. Les parquets ont été retenus aux endroits où le pourcentage d'arbres d'avenir (vigueur I) était le plus faible et le pourcentage d'arbres d'hygiène le plus élevé. L'éclaircie (aménagement équienne) est proposée pour les parcelles à forte proportion de bouleau jaune (espèces intermédiaires) et à forte proportion d'arbres d'avenir (vigueur I). Il s'agit plus précisément d'une éclaircie par le haut. Le diamètre le plus élevé des arbres d'avenir, la forte proportion de bouleau jaune et la structure ont permis de distinguer la coupe progressive. Pour différencier le jardinage par trouées du jardinage, le plus faible pourcentage de tiges d'avenir, le fort pourcentage de tiges d'hygiène, la forte proportion de bouquets de PET et de ERO ont été utilisés. La disposition des traitements dans le dispositif est présentée à la figure 4.

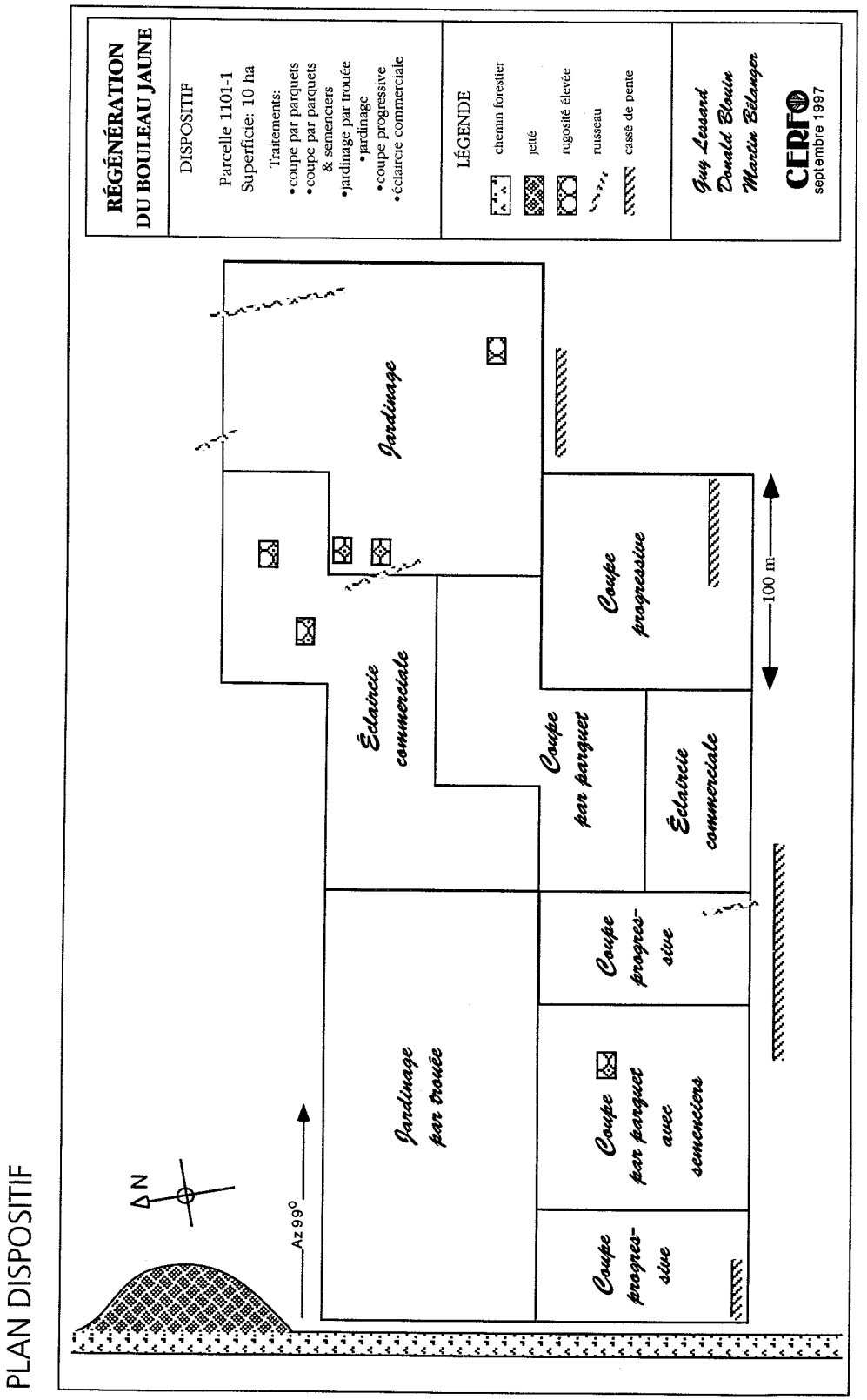
TABLEAU 1 – QUELQUES PARAMÈTRES DÉCISIONNELS POUR LE DIAGNOSTIC SYLVICOLE

Composition			S.T.	DHP moyen			Classes sylvicoles *				Traitements
% ERO	% PET	% BOJ		Total	BOJ	AV	AV(I) %	G %	R %	H %	Retenus
6	11	50	24,8 ± 4,9	22,8 ± 7,9	20,9 ± 6,8	21,3 ± 6,7	30	11	10	40	Éclaircie
28	8	29	31,8 ± 7,8	22,5 ± 7,1	19,0 ± 5,4	19,5 ± 5,8	24	11	20	45	Jardinage par trouées
3	7	33	30,8 ± 6,8	22,4 ± 7,0	20,9 ± 6,2	20,7 ± 5,8	27	11	25	38	Jardinage
9	8	32	29,3 ± 4,8	23,5 ± 7,3	21,9 ± 6,6	21,4 ± 6,6	13	4	31	51	Parquet
2	10	38	26,5 ± 4,2	22,4 ± 7,6	21,4 ± 7,0	22,8 ± 5,9	22	14	20	44	CPE

** Les classes sylvicoles sont définies à l'annexe 4.*

Il est à noter qu'étant donné la distribution actuelle des tiges plutot abruptes comparée à celles obtenues à Heliopolis (Majcen, communication personnelle), il serait plus approprié de parler d'éclaircie jardinatoire plutôt que de jardinage.

FIGURE 4 – PLAN DU DISPOSITIF - DISPOSITION DES TRAITEMENTS



PLAN DISPOSITIF

Réf. 3323-sl-05-05-98 - CERFO

La structure actuelle de l'ensemble du peuplement est plutôt inéquienne quoique les deux secteurs retenus pour le jardinage et le jardinage par trouées se distinguent par des écarts-types supérieurs pour les diamètres. Le secteur est principalement composé d'un till d'ablation, modérément bien drainé avec drainage oblique (seepage). L'ensemble présente un bon potentiel pour le bouleau jaune, mais il faut s'assurer de créer un lit de germination favorale là où il y eu prélèvement puisque le bouleau jaune est très peu présent en régénération.

3.2 Inventaire de régénération et gaulis

La régénération préétablie dans le dispositif est principalement constitué d'érable à sucre avec une distribution de 98 % et une moyenne de 147 960 tiges à l'hectare. Les espèces secondaires en régénération sont l'érable de Pennsylvanie et l'érable à épis. Le bouleau jaune a une distribution moyenne de 4 % et 560 tiges à l'hectare. L'ensemble des données de régénération démontre une bonne constance à l'intérieur du dispositif.

TABLEAU 2 – RÉGÉNÉRATION PAR TRAITEMENT

Traitement	ERS		ERP		ERE		SAB		PET		BOJ		COC	
	Nbr tig./ha	% dist	Nbr tig./ha	% dist	Nbr tig./ha	% dist	Nbr tig./ha	% dist	Nbr tig./ha	% dist	Nbr tig./ha	% dist	Nbr tig./ha	% dist
CPE	134400	98	15600	75	7600	47	2200	22	600	6	800	9	1800	13
Éclaircie	138200	100	13600	77	5600	45	1600	23	1000	16	300	5	3200	22
Jardinage	168400	100	17000	75	8400	36	600	16	4800	9	1 500	5	1200	13
Jardinage T	93400	91	16200	70	5800	11	3800	44	1000	9	0	0	600	16
Parquet	205400	100	16400	84	4000	31	1200	25	400	6	200	3	2800	23
Moyenne	147960	98	15760	76	6280	34	1880	26	1560	9	560	4	1920	17

Les gaulis occupent une faible distribution (moyenne de 37,5 %) et sont principalement constitués d'érable à sucre. Le bouleau jaune a une distribution de 7,5 % et l'équivalent de 170 tiges à l'hectare.

TABLEAU 3 – PRÉSENCE DE GAULIS PAR TRAITEMENT

Traitement	BOJ		ERR		ERS		HEG		TOTAL	
	Nbr tig./ha	% dist	Nbr tig./ha	% dist	Nbr tig./ha	% dist	Nbr tig./ha	% dist	Nbr tig./ha	% dist
CPE	283	12	0	0	849	37	0	0	1132	50
Éclaircie	283	12	283	12	0	0	0	0	566	25
Jardinage	0	0	0	0	1132	37	0	0	1132	37
Jardinage T	0	0	0	0	566	12	0	0	566	12
Parquet	283	12	0	0	1132	37	283	12	1698	62
Moyenne	170	7.5	56	2.5	736	25	56	2.5	1018	37.5

3.3 Jardinage

3.3.1 Constat

Le peuplement est dominé par les feuillus tolérants. Les détails de la composition, des classes sylvicoles et de la surface terrière sont présentés aux tableaux suivants.

TABLEAU 4 – COMPOSITION

Espèces	%	Nbre tiges/ha par classe de DHP				
		10-18	20-28	30-38	40-48	50+
Ers	49	205	127	70	8	2
Boj	33	149	110	25	3	0
Err	3	0	6	0	2	1
Pet	7	0	6	8	3	1
Heg	4	0	17	0	2	0
Autres	4	19	6	3	3	0

TABLEAU 5 – CLASSES SYLVICOLES

Espèces	%	Nbre tiges/ha par classe de DHP				
		10-18	20-28	30-38	40-48	50+
Avenir	27	131	105	19	0	0
Gênant	11	56	23	11	2	1
Remplissage	24	93	69	34	4	0
Hygiène	38	93	75	42	15	3

TABLEAU 6 – SOMMAIRE

Surface terrière	Martelage	DHP		
		TOTAL	AVENIR	BOJ
30.8 ± 6.8 m^2/ha	27 %	22.4 ± 7.0	20.7 ± 5.8	20.9 ± 6.2

3.3.2 Analyse

La structure du peuplement est un “J” inversé, il y a 27 % de tiges d'avenir distribuées dans au moins deux classes de diamètres, le diamètre moyen possède un écart-type plus élevé, ce qui justifie le maintien de la structure inéquienne. La courbe recherchée est le q=1.12 (figure 5 - Distribution diamètrale toutes essences). Un ajustement du martelage s'avère nécesssaire pour se rapprocher de la courbe recherchée. Éventuellement un facteur q=1.09 serait souhaitble étant donné la qualité intéressante du site. La surface terrière élevée justifierait un abaissement de la densité. Un fort pourcentage des tiges sont classées hygiène. Environ 10% du peuplement est composé de tiges intolérantes et intermédiaires qui ne reviendront pas.

3.3.3 Prescription et consignes

Une coupe de jardinage (éclaircie jardinatoire) est prescrite avec un prélèvement ne devant pas dépasser 35 %. Comme consignes, il est demandé de conserver le plus possible les bouleaux jaunes, de récolter en priorité les peupliers et les érables rouges et de prélever principalement la classe sylvicole des hygiènes. Cette première intervention est surtout du type assainissement.

3.3.4 Résultats de l'intervention

Le prélèvement moyen a été de 32 %. Le nombre de tiges d'avenir est de 222 à l'hectare et la proportion est passée de 27 à 36 %. Le prélèvement s'est effectué proportionnellement dans toutes les classes de diamètre et a permis l'élimination de la classe sylvicole des hygiènes et entre autres du peuplier faux-tremble.

TABLEAU 7 – COMPOSITION

Espèces	**%**	**Nbre tiges/ha par classe de DHP**				
		10-18	20-28	30-38	40-48	50+
Ers	53	168	81	59	5	0
Boj	36	130	75	14	3	0
Err	1	0	0	0	0	1
Pet	0	0	0	0	0	0
Heg	3	0	12	0	0	0
Autres	7	19	6	3	3	0

TABLEAU 8 – CLASSES SYLVICOLES

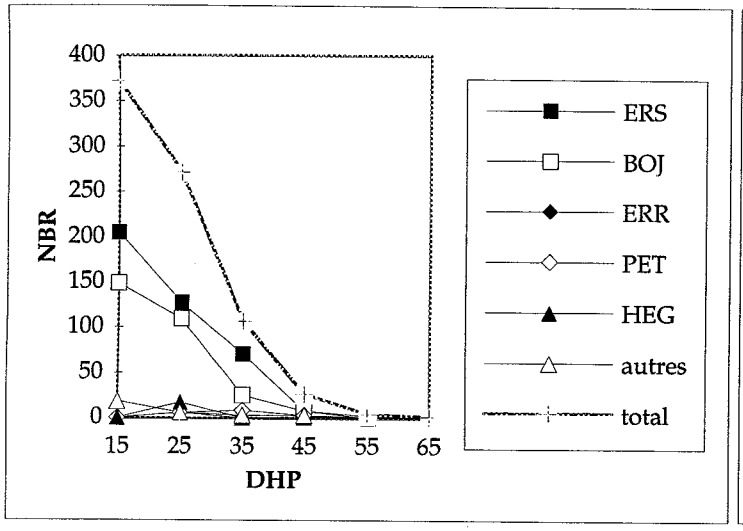
Espèces	**%**	**Nbre tiges/ha par classe de DHP**				
		10-18	20-28	30-38	40-48	50+
Avenir	36	113	90	19	0	0
Gênant	9	37	17	4	2	1
Remplissage	33	93	50	29	4	0
Hygiène	22	74	17	24	5	0

TABLEAU 9 – SOMMAIRE

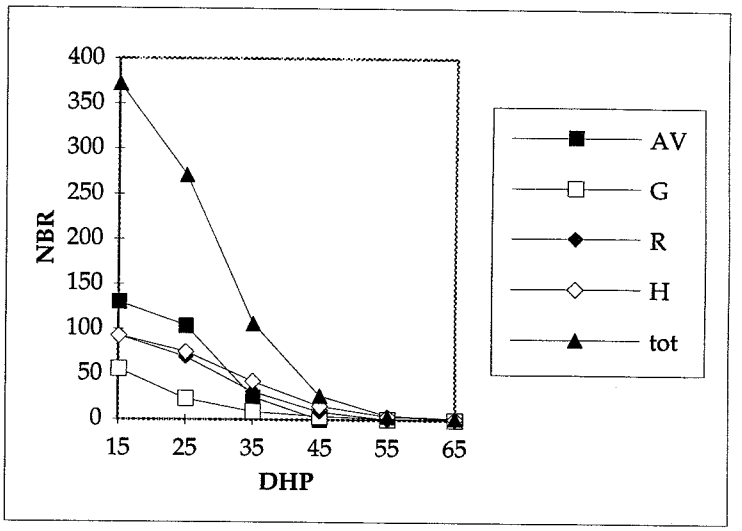
Surface terrière	**Prélèvement**	**DHP**		
		TOTAL	AVENIR	BOJ
20.8 ± 4.4 m^2/ha	32 %	21.4 ± 7.0	21.1 ± 6.1	20.3 ± 6.1

FIGURE 5 – JARDINAGE

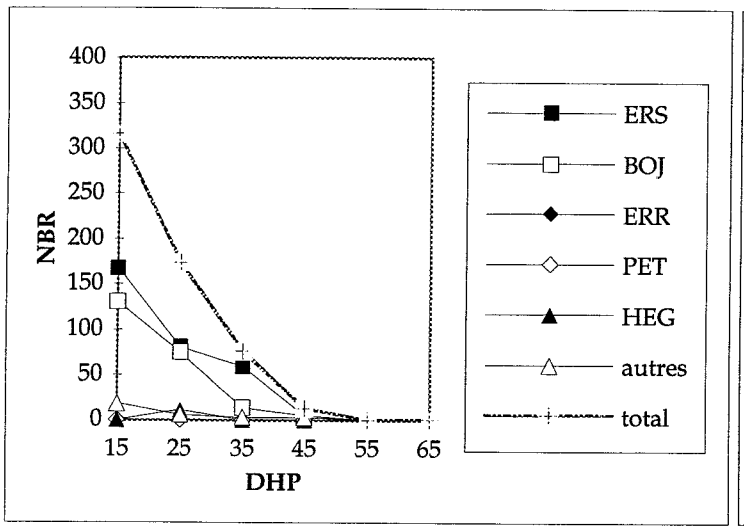
a) Avant -distribution diamétrale par essence



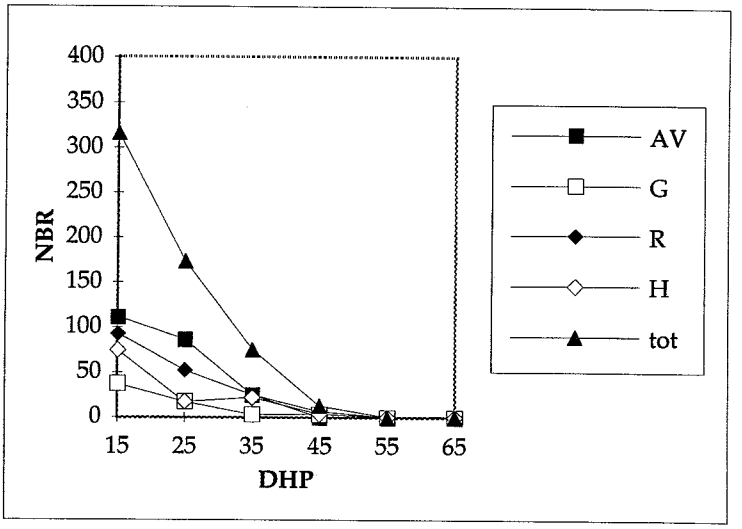
b) Avant -distribution diamétrale par classe sylvicole



c) Après -distribution diamétrale par essence

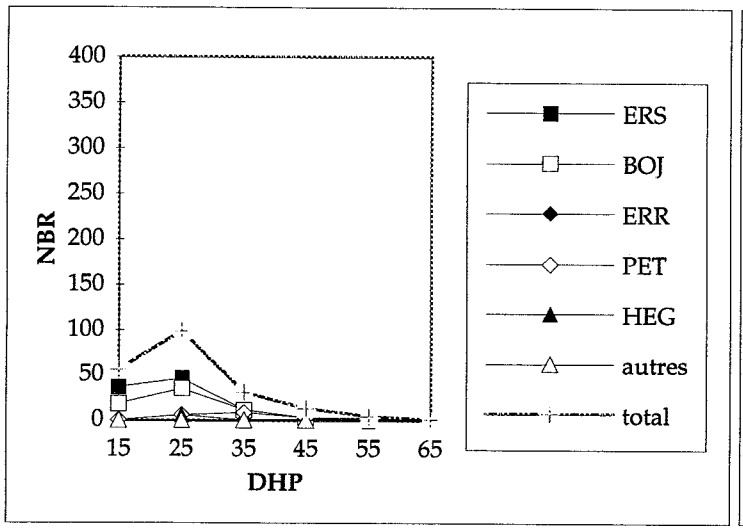


d) Après -distribution diamétrale par classe sylvicole

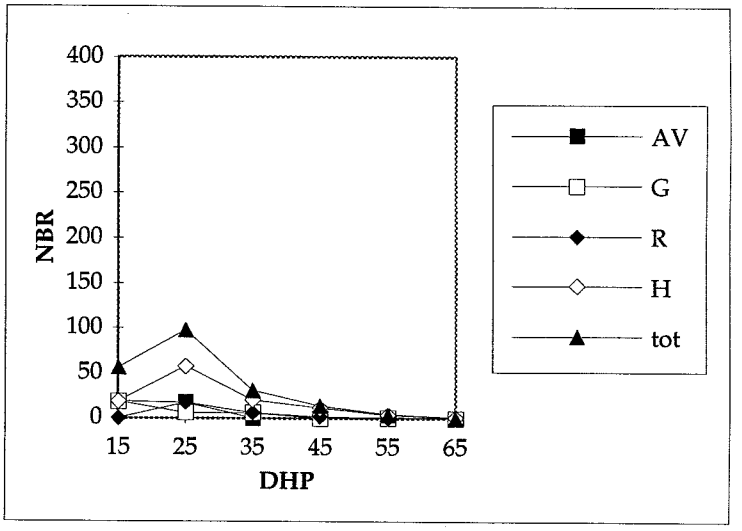


Réf. JARDINAGE

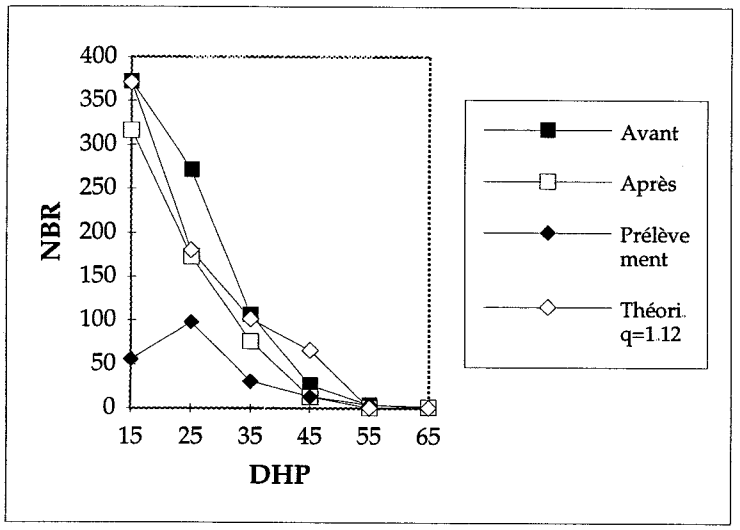
e) Prélèvement -distribution diamétrale par essence



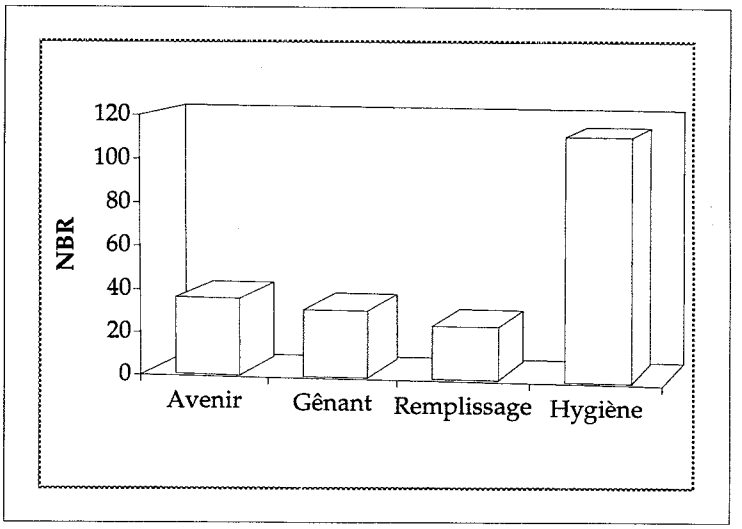
f) Prélèvement -distribution diamétrale par classe sylvicole



g) Distribution diamétrale toutes essences



h) Prélèvement toutes essences par classe sylvicole



Réf. JARDINAGE

3.4 Jardinage par trouées

3.4.1 Constat

Le peuplement est dominé par les feuillus tolérants et l'érable rouge. Les détails de la composition, des classes sylvicoles et de la surface terrière sont présentés aux tableaux suivants.

TABLEAU 10 – COMPOSITION

Espèces	%	Nbre tiges/ha par classe de DHP			
		10-18	20-28	30-38	40+
Ers	35	112	110	42	7
Boj	29	223	81	22	1
Err	28	37	81	53	3
Pet	8	0	0	8	10

TABLEAU 11 – CLASSES SYLVICOLES

Espèces	%	Nbre tiges/ha par classe de DHP			
		10-18	20-28	30-38	40+
Avenir	24	167	76	20	2
Gênant	11	0	40	20	2
Remplissage	20	93	35	34	2
Hygiène	45	112	121	51	15

TABLEAU 12 – SOMMAIRE

Surface terrière	Martelage	DHP		
		TOTAL	AVENIR	BOJ
30.7 ± 8.5 m^2/ha	26 %	22.5 ± 7.1	19.5 ± 5.8	19.0 ± 5.4

3.4.2 Analyse

La structure du peuplement est un “J” inversé, il y a 24 % tiges d'avenir distribuées dans au moins deux classes de diamètres. Le diamètre moyen possède l'un des écarts-type les plus élevés, ce qui justifie le maintien de la structure inéquienne. Le pourcentage de tiges d'avenir est très variable selon les parcelles, surtout en raison de la présence de gros peupliers. On retrouve au sol quelques îlots de régénération résineuse, peu compatibles avec les essences principales objectifs (bouleau jaune puis érable à sucre). La courbe recherchée est le q=1.12 (figure 6 - Distribution diamètrale toutes essences). Un ajustement du martelage dans certaines classes de diamètre s'avère nécesssaire pour se rapprocher de la courbe recherchée. Éventuellement un facteur q=1.09 serait souhaitable étant donné la qualité intéressante du site étant donné également le relatif jeune âge du peuplement (jeune inéquienne).

La surface terrière élevée justifierait un abaissement de la densité. Un fort pourcentage des tiges (45 %) sont classées hygiène environ 10 % du peuplement est composé de tiges intolérantes et intermédiaires qui ne reviendront pas. Quatre combinaisons possibles de trouées sont présentées

avec, pour chacune, la superficie totale calculée puis transformée en pourcent. Le choix s'est effectué sur la troisième combinaison, qui nous permet une répétition supplémentaire pour les petites trouées.

choix
↓

1 trouée	1500	1 trouée	1500	1 trouée	1000	1 trouée	1000
3 trouées	500	2 trouées	500	3 trouées	500	2 trouées	500
	3000 m^2		2500 m^2		2500 m^2		2000 m^2
	15 %		12.5 %		12.5 %		10 %

3.4.3 Prescription et consignes

Une coupe de jardinage par trouées (bouquet ou groupes) est prescrite avec un prélèvement total ne devant pas dépasser 35 %. Comme consignes, il est demandé de réaliser 4 trouées (3 de 500m^2 et 1 de 1000m^2) totalisant 12,5 pourcent et un prélèvement complémentaire d'environ 20 %. En s'inspirant des parcelles, les trouées seront localisées dans les places les plus dégradées, aux endroits où il y a des îlots de régénération résineuse (pour favoriser le bouleau jaune), aux endroits où l'érable rouge et le peuplier sont très présents (coupe de succession) et le bouleau jaune sur pied, moins. Cette première intervention est surtout du type assainissement.

3.4.4 Résultats de l'intervention

Le prélèvement moyen est de 27 % dont 10.9 % par les trouées et 18.1 % sur le reste de la superficie. Sur la superficie de 2 hectares, 4 trouées ont été pratiquées dont les dimensions sont 760 m2, 550m^2, 400 m^2 et 460 m^2. L'opération a principalement consisté à prélever des tiges d'hygiène dont la proportion est passée de 45 à 32 %. L'élimination des peupliers faux-trembles a été faite à l'intérieur et à l'extérieur des trouées. Le pourcentage de tige d'avenir (vigueur 1) est passé de 24 à 33 %. La scarification à la taupe a été pratiquée dans les trouées pour favoriser l'implantation de la régénération.

TABLEAU 13 – COMPOSITION

Espèces	**%**	**Nbre tiges/ha par classe de DHP**			
		10-18	20-28	30-38	40+
Ers	48	93	110	28	7
Boj	27	130	64	14	0
Err	25	37	35	40	0
Pet	0	0	0	0	0

TABLEAU 14 – CLASSES SYLVICOLES

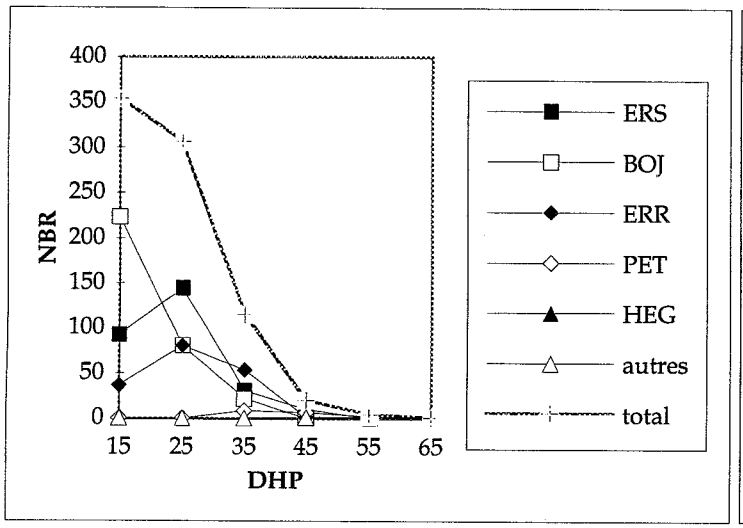
Espèces	**%**	**Nbre tiges/ha par classe de DHP**			
		10-18	20-28	30-38	40+
Avenir	33	130	72	14	1
Gênant	12	0	36	14	0
Remplissage	23	37	32	26	1
Hygiène	32	93	69	28	5

TABLEAU 15 – SOMMAIRE

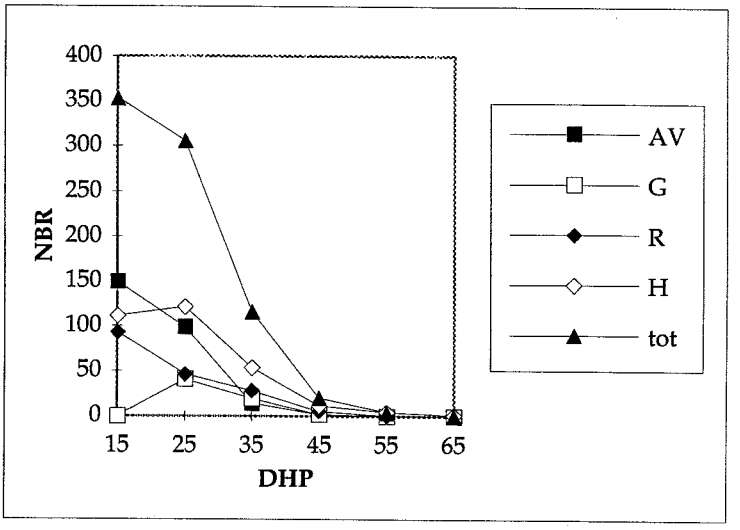
Surface terrière	**Prélèvement**	**DHP**		
		TOTAL	AVENIR	BOJ
22.8 ± 7.7 m^2/ha	29 %	22.3 ± 6.4	20.3 ± 5.8	19.4 ± 5.5

FIGURE 6 – JARDINAGE PAR TROUÉES

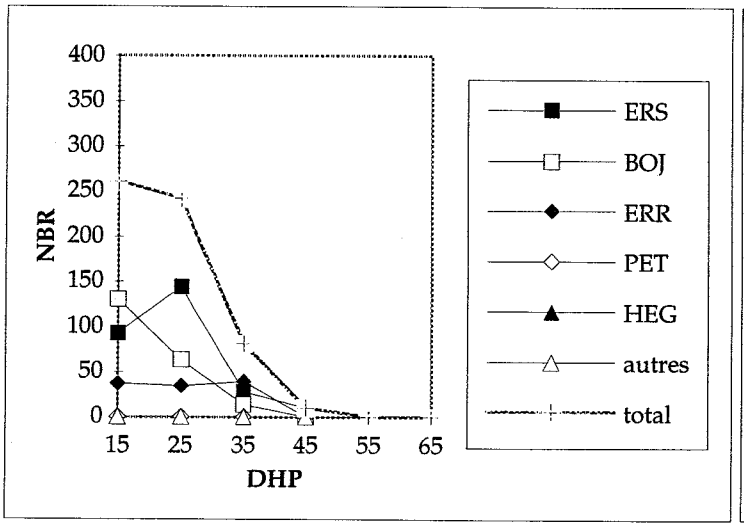
a) Avant -distribution diamétrale par essence



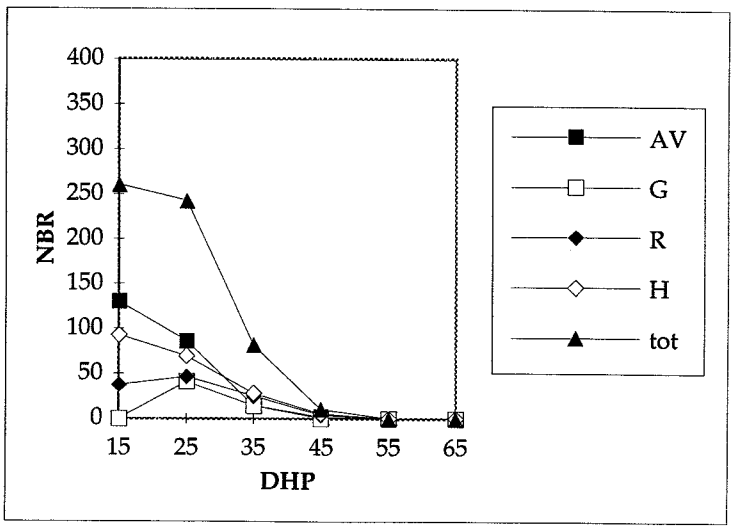
b) Avant -distribution diamétrale par classe sylvicole



c) Après -distribution diamétrale par essence

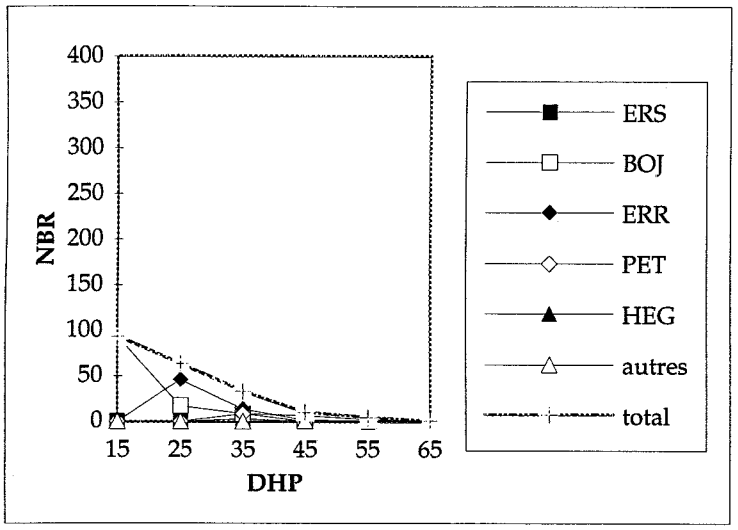


d) Après -distribution diamétrale par classe sylvicole

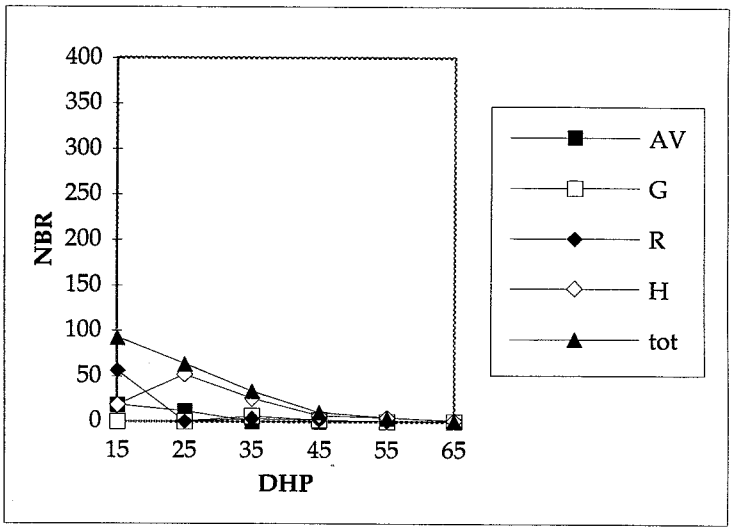


Réf. JARDINAGE PAR TROUÉE

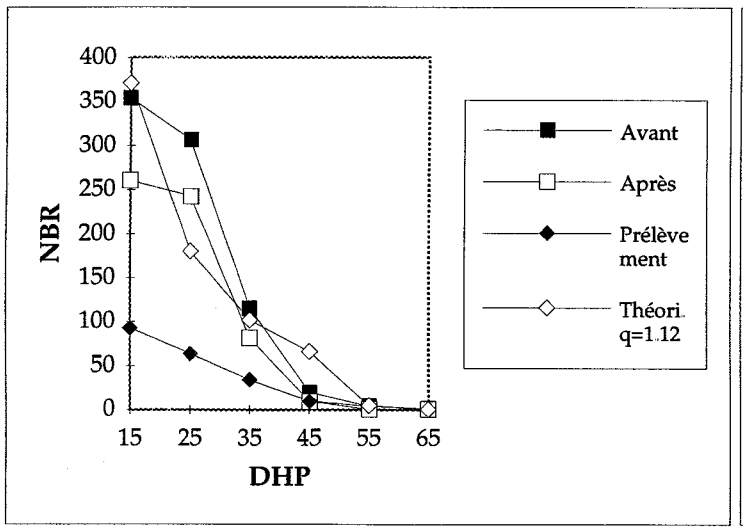
e) Prélèvement -distribution diamétrale par essence



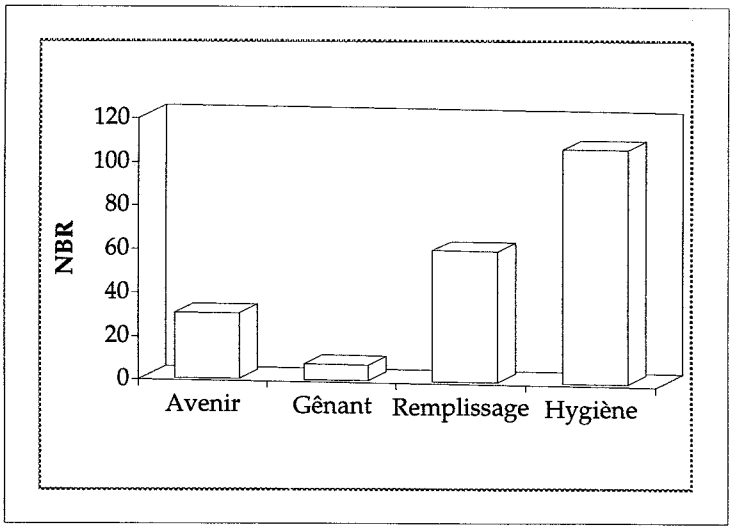
f) Prélèvement -distribution diamétrale par classe sylvicole



g) Distribution diamétrale toutes essences



h) Prélèvement toutes essences par classe sylvicole



Réf. JARDINAGE PAR TROUÉE

3.5 Éclaircie commerciale

3.5.1 Constat

Le peuplement est dominé par les feuillus tolérants et le peuplier. Les détails de la composition, des classes sylvicoles et de la surface terrière sont présentés aux tableaux suivants.

TABLEAU 16 – COMPOSITION

Espèces	**%**	**Nbre tiges/ha par classe de DHP**			
		10-18	20-28	30-38	40+
Ers	33	93	52	42	6
Boj	50	205	98	48	5
Pet	11	0	0	6	13
Err	6	0	6	8	3
Heg	0	0	0	0	0

TABLEAU 17 – CLASSES SYLVICOLES

Espèces	**%**	**Nbre tiges/ha par classe de DHP**			
		10-18	20-28	30-38	40+
Avenir	30	112	64	34	0
Gênant	11	38	11	8	5
Remplissage	19	74	23	23	5
Hygiène	40	74	58	39	17

TABLEAU 18 – SOMMAIRE

Surface terrière	**Martelage**	**DHP**		
		TOTAL	AVENIR	BOJ
24.8 ± 4.9 m^2/ha	26.6 %	22.8 ± 7.9	21.3 ± 6.7	20.9 ± 6.8

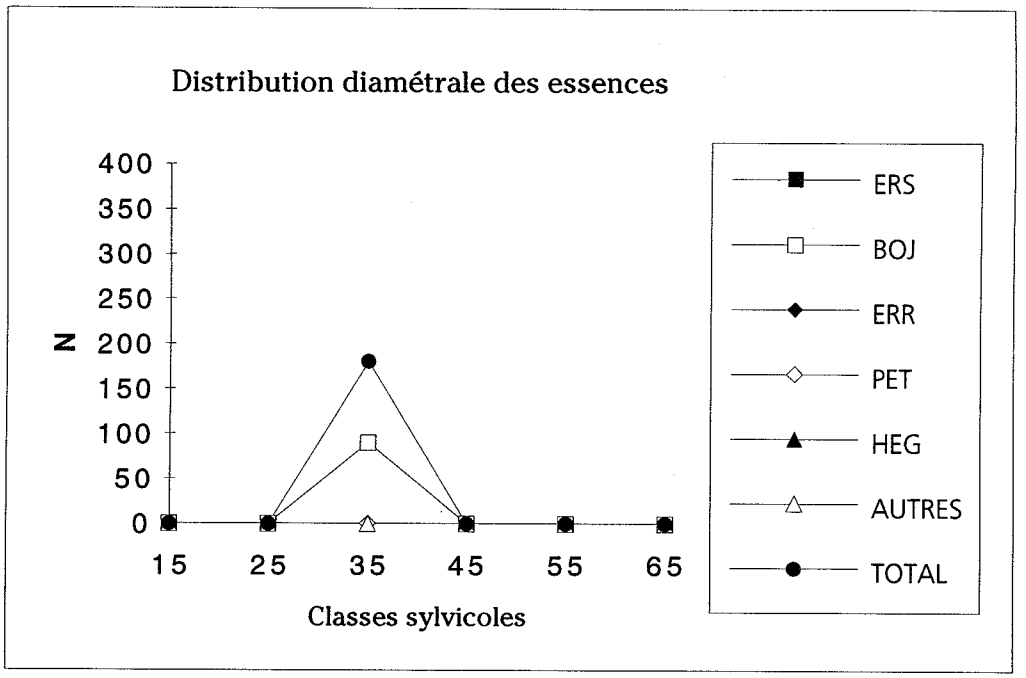
3.5.2 Analyse

La structure du peuplement est très variable et en forme de cloche dans plusieurs parcelles (figure 7); il y a 30 % de tiges d'avenir, il y a beaucoup de bouleau jaune (espèce intermédiaire), ce qui justifie un objectif de structure équienne. L'effort devra être mis sur l'optimisation de la croissance des tiges d'avenir.

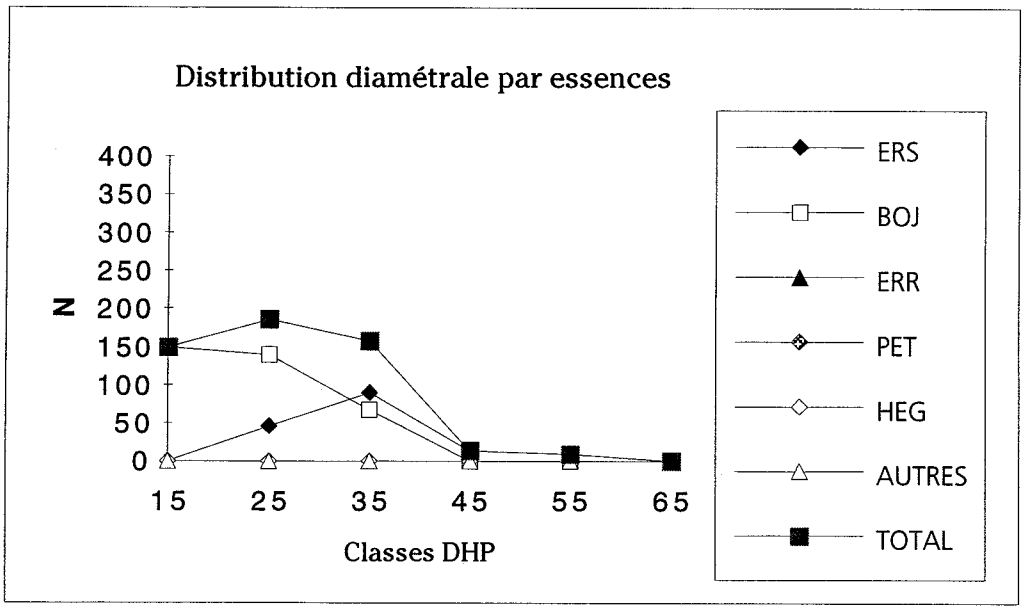
Un fort pourcentage des tiges (40 %) sont classées hygiène et environ 17 % du peuplement est composé de tiges matures intolérantes (PET) et intermédiaires (ERO) qui ne reviendront pas. Les tiges gênantes occupent 11 % du total. Le peuplement possède une surface terrière de 24 m^2/ha et 600 tiges/ha, ce qui justifierait un traitement pour diminuer la densité.

FIGURE 7 – ÉCLAIRCIE COMMERCIALE

A) Parcelle D-3 / Distribution diamétrale par essence



B) Parcelle D-4 / Distribution diamétrale par essence



3.5.3 Prescription et consignes

Une éclaircie commerciale par le haut est prescrite avec un prélèvement total ne devant pas dépasser 38 % (ou 400 tiges) selon le monogramme de Leak (Crcha et Trottier, 1991). Un martelage positif (tiges d'avenir à conserver et à dégager) sera effectué. Les tiges gênantes devront êre récupérées en premier en complétant avec les peupliers matures et les érables rouges. Les blessures devront être minimisées lors de l'exploitation, quitte à “barricader” certains sujets près des sentiers très fréquentés. Le sol devrait être moins perturbé le moins possible afin de ne pas stimuler l'installation de la régénération.

3.5.4 Résultats de l’intervention

Le prélèvement fut de 36.5 %. Le pourcentage de tige d’avenir est de 46 % avec la présence moyenne de 206 tiges/ha. Le DAP moyen des tiges d’avenir est demeuré inchangé. Ce sont principalement les tiges gênantes et d’hygiène qui ont été prélevées.

TABLEAU 19 – COMPOSITION

Espèces	**%**	**Nbre tiges/ha par classe de DHP**			
		10-18	20-28	30-38	40+
Ers	35	74	23	37	0
Boj	53	149	69	31	3
Pet	0	0	0	0	0
Err	12	0	6	6	3
Heg	0	0	0	0	0

TABLEAU 20 – CLASSES SYLVICOLES

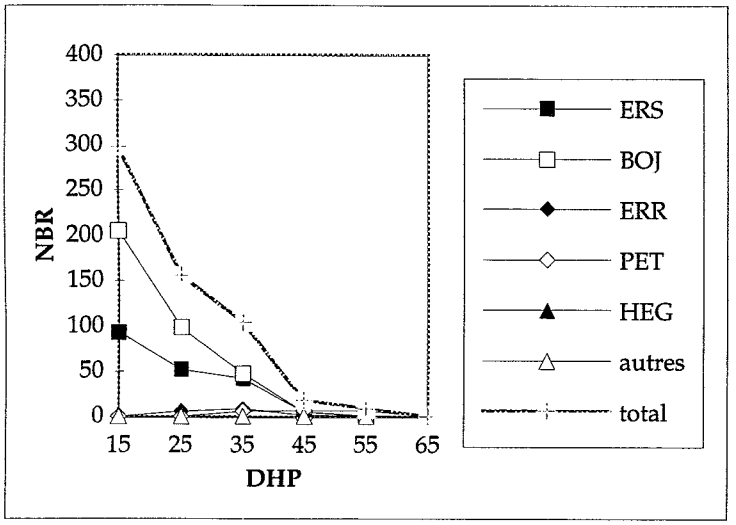
Espèces	**%**	**Nbre tiges/ha par classe de DHP**			
		10-18	20-28	30-38	40+
Avenir	46	112	60	34	0
Gênant	2	0	7	3	0
Remplissage	38	74	23	23	4
Hygiène	14	37	8	14	2

TABLEAU 21 – SOMMAIRE

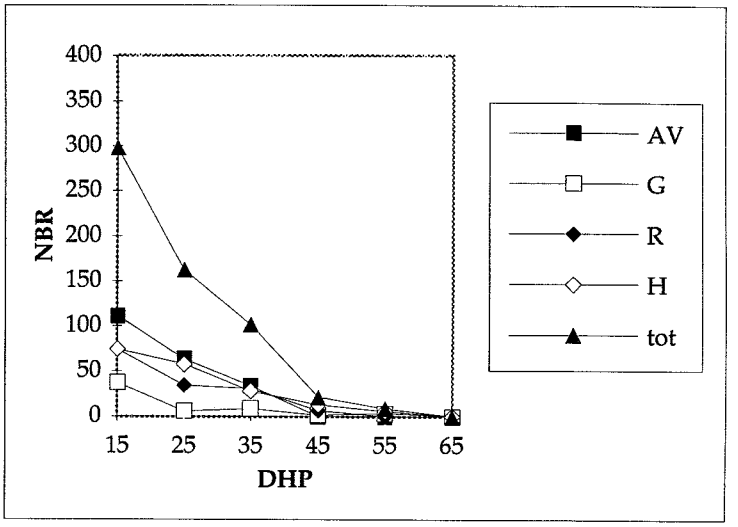
Surface terrière	**Prélèvement**	**DHP**		
		TOTAL	AVENIR	BOJ
15.5 ± 2.6 m^2/ha	36.5 %	21.8 ± 7.4	21.2 ± 6.8	20.6 ± 6.6

FIGURE 8 – ÉCLAIRCIE COMMERCIALE

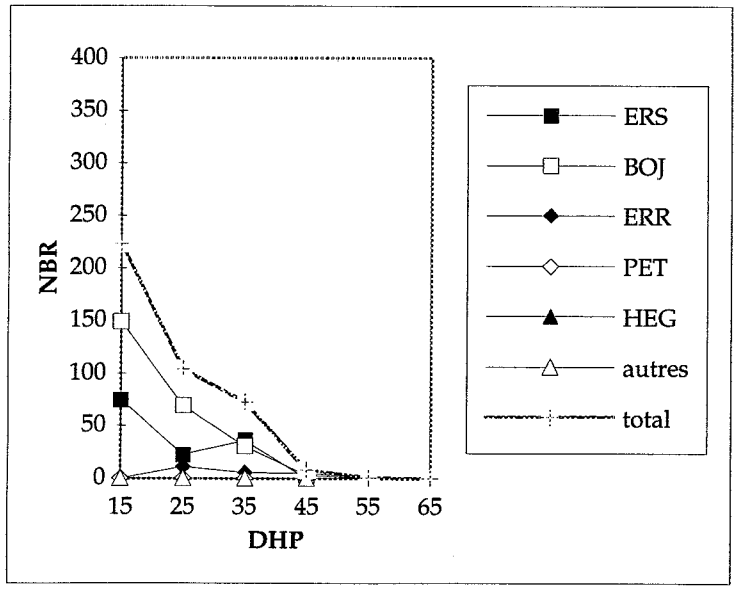
a) Avant -distribution diamétrale par essence



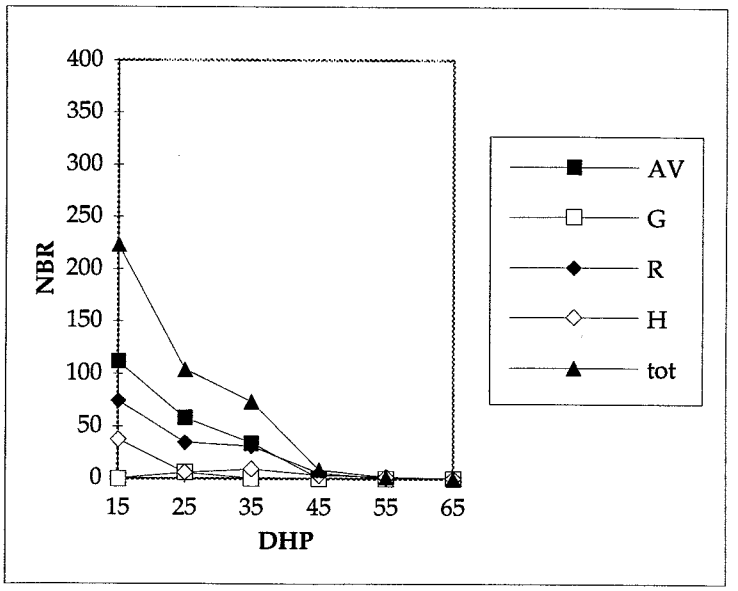
b) Avant -distribution diamétrale par classe sylvicole



c) Après -distribution diamétrale par essence

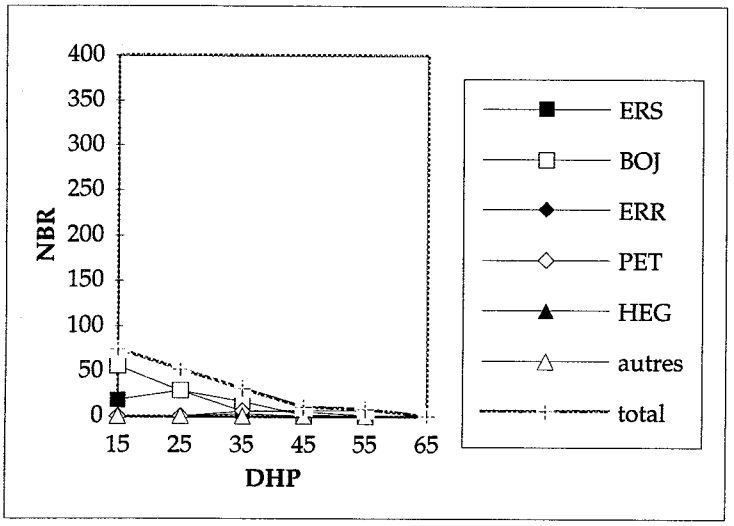


d) Après -distribution diamétrale par classe sylvicole

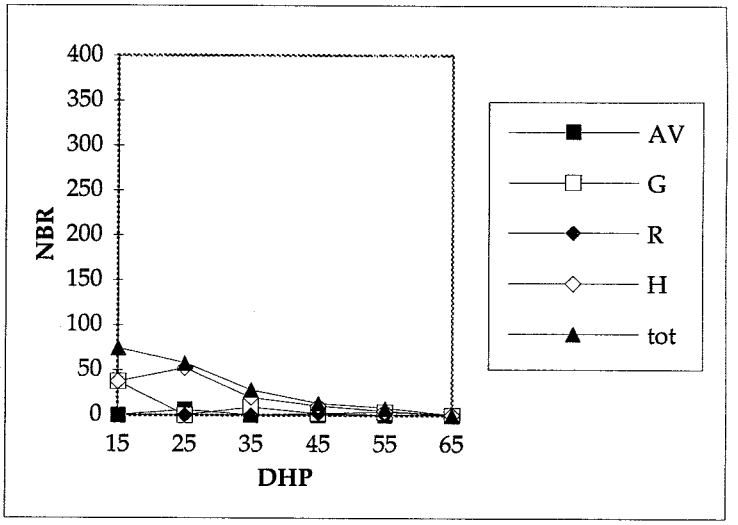


Réf. ÉCLAIRCIE COMMERCIALE

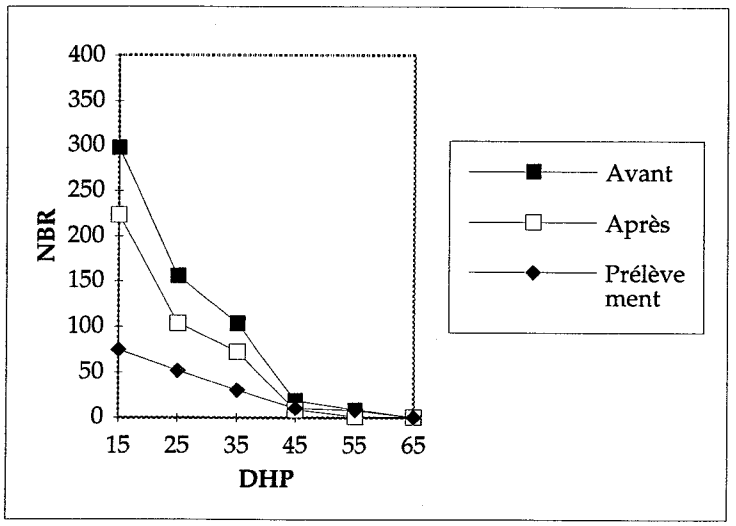
e) Prélèvement -distribution diamétrale par essence



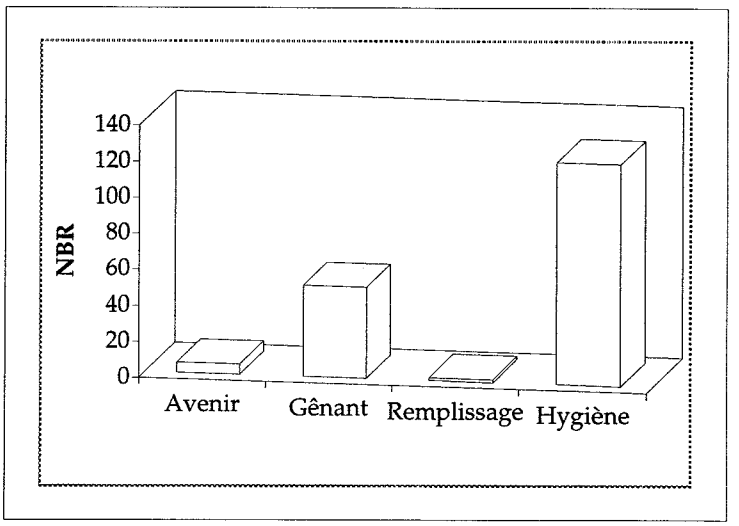
f) Prélèvement -distribution diamétrale par classe sylvicole



g) Distribution diamétrale par essence



h) Prélèvement toutes essences par classe sylvicole



Réf. ÉCLAIRCIE COMMERCIALE

3.6 Coupe par parquet

3.6.1 Constat

Le peuplement est dominé surtout par l'érable à sucre. Les détails de la composition, des classes sylvicoles et de la surface terrière sont présentés aux tableaux suivants.

TABLEAU 22 – COMPOSITION

Espèces	%	Nbre tiges/ha par classe de DHP				
		10-18	20-28	30-38	40-48	50+
Ers	46	149	116	45	10	4
Boj	3	112	92	20	8	1
Err	9	0	23	20	2	1
Pet	8	0	0	0	3	8
Heg	2	19	6	3	0	0
Autres	3	0	6	0	2	1

TABLEAU 23 – CLASSES SYLVICOLES

Espèces	%	Nbre tiges/ha par classe de DHP				
		10-18	20-28	30-38	40-48	50+
Avenir	13	56	35	17	0	0
Gênant	4	19	12	3	2	0
Remplissage	31	112	86	34	7	0
Hygiène	52	93	110	34	16	15

TABLEAU 24 – SOMMAIRE

Surface terrière	Martelage	DHP		
		TOTAL	AVENIR	BOJ
29.3 ± 6.2 m^2/ha	100 %	23.5 ± 7.3	21.4 ± 6.6	21.9 ± 6.6

3.6.2 Analyse

Il y a moins de 13 % de tiges d'avenir (majorité des parcelles en bas de 8 % et une de 0%) et une très forte proportion (83 %) de tiges d'hygiène et de remplissage ce qui justifie une liquidation du peuplement pour la remise en production d'un rajeunissement de haute qualité. La scarification sera nécessaire pour favoriser la régénération de bouleau jaune soit par la circulation des machines ou par une autre méthode.

3.6.3 Prescription et consignes

Il est prescrit de faire deux petites coupes à blanc d'un hectare (parquet). Deux modalités seront appliquées: la première coupe aura une forme approximative de “Z” pour réduire les distances des sources de semences; environ 30 tiges seront maintenues comme semenciers dans la seconde. Les critères de sélection des semenciers seront des bouleaux jaunes à forte cime. Une scarification par l'exploitation par arbre entier sera effectuée sur 0.5 hectare dans la première coupe. Une scarification mécanique sera réalisée dans la balance de la superficie. Les tiges non marchandes sont abattues.

3.6.4 Résultat de l’intervention

Dans le parquet avec semenciers, 30 tiges à l’hectare de bouleau jaune sont resté sur pied. La scarification du sol à l’aide de la taupe a été pratique sur la moitié de la superficie des parquets pour favoriser l’installation du bouleau jaune.

TABLEAU 25 – COMPOSITION

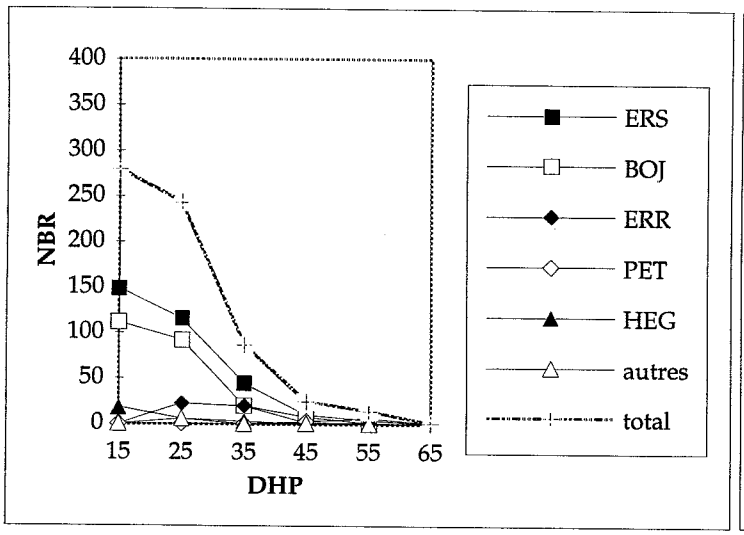
Espèces	**%**	**Nbre tiges/ha par classe de DHP**				
		10-18	20-28	30-38	40-48	50+
Ers	0	0	0	0	0	0
Boj	100	0	12	11	7	0
Err	0	0	0	0	0	0
Pet	0	0	0	0	0	0
Heg	0	0	0	0	0	0
Autres	0	0	0	0	0	0

TABLEAU 26 – CLASSES SYLVICOLES

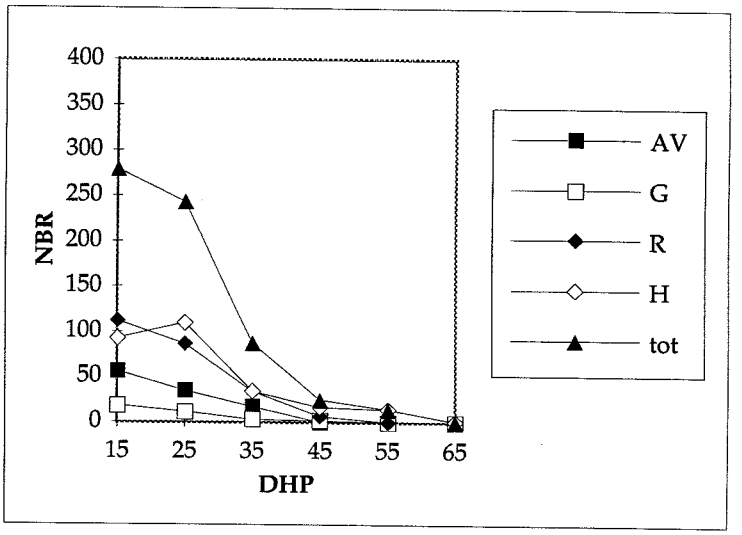
Espèces	**%**	**Nbre tiges/ha par classe de DHP**				
		10-18	20-28	30-38	40-48	50+
Avenir	0	0	0	0	0	0
Gênant	0	0	0	0	0	0
Remplissage	37	0	0	11	0	0
Hygiène	63	0	12	0	7	0

FIGURE 9 – COUPE PAR PARQUET

a) Avant -distribution diamétrale par essence



b) Avant -distribution diamétrale par classe sylvicole



Réf. PARQUET

3.7 Coupe progressive avant

3.7.1 Constat

Le peuplement est dominé par les feuillus tolérants et quelques peupliers. Les détails de la composition, des classes sylvicoles et de la surface terrière sont présentés aux tableaux suivants.

TABLEAU 27 – COMPOSITION

Espèces	%	Nbre tiges/ha par classe de DHP			
		10-18	20-28	30-38	40+
Ers	46	168	87	56	9
Boj	38	149	81	34	8
Pet	10	0	6	11	7
Autres	3	0	6	0	4
Err	2	0	6	0	2
Heg	1	19	0	0	0

TABLEAU 28 – CLASSES SYLVICOLES

Espèces	%	Nbre tiges/ha par classe de DHP			
		10-18	20-28	30-38	40+
Avenir	22	56	69	20	2
Gênant	14	56	23	14	3
Remplissage	20	112	12	23	7
Hygiène	44	112	82	44	18

TABLEAU 29 – SOMMAIRE

Surface terrière	Martelage	DHP		
		TOTAL	AVENIR	BOJ
26.5 ± 6.5 m^2/ha	45 %	22.4 ± 7.6	22.8 ± 5.9	21.4 ± 7.0

3.7.2 Analyse

Il y a 22 % de tiges d'avenir et une forte proportion (64 %) de tiges d'hygiène et de remplissage ce qui justifie une réalisation progressive du peuplement pour la remise en production d'un rajeunissement de haute qualité. Le diamètre moyen des bouleaux jaunes est élevé et la surface terrière oscille entre 20 et 33 m^2/ha. La scarification sera nécessaire pour favoriser la régénération de bouleau jaune soit par la circulation des machines ou par une autre méthode.

3.7.3 Prescription et consignes

Une coupe d'ensemencement dans le système par coupe progressive est prescrite avec un prélèvement total de 40 à 50 %. La surface terrière résiduelle ne devra pas dépasser 16 m^2/ha afin délimiter l'impact de la CPRS finale. Un martelage positif (tiges d'avenir à conserver et à dégager) sera effectué. Les critères de sélection des semenciers seront les individus d'essence désirés (BOJ et ERS) à forte cime. Les tiges gênantes seront récupérées en premier en complétant avec les tiges d'hygiène, dont les peupliers matures. Une scarification mécanique sera réalisée dans la balance de la superficie. Les tiges non marchandes sont abattues. Il faudra évaluer si une mise en andains sera nécessaire.

3.7.4 Résultats de l'intervention

Le prélèvement moyen a été de 52 % avec une surface terrière résiduelle de 13 m^2/ha et un nombre de 330 tiges à l'hectare restantes sur pied. La moitié de la superficie de la coupe progressive à fait l'objet d'une préparation de terrain (scarification) à l'aide de taupe.

TABLEAU 30 – COMPOSITION

Espèces	**%**	**Nbre tiges/ha par classe de DHP**			
		10-18	20-28	30-38	40+
Ers	48	56	69	20	7
Boj	49	94	58	20	3
Pet	0	0	0	0	0
Autres	3	0	0	0	3
Err	0	0	0	0	0
Heg	0	0	0	0	0

TABLEAU 31 – CLASSES SYLVICOLES

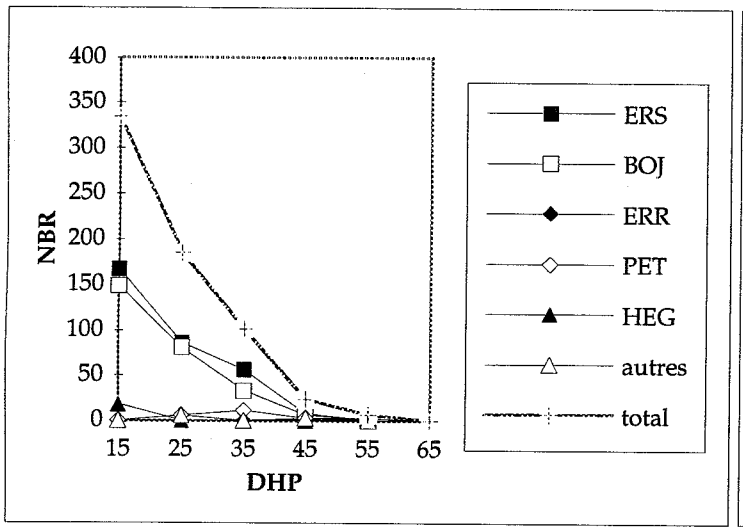
Espèces	**%**	**Nbre tiges/ha par classe de DHP**			
		10-18	20-28	30-38	40+
Avenir	36	19	61	11	2
Gênant	10	19	12	3	0
Remplissage	24	56	12	14	4
Hygiène	30	56	42	12	7

TABLEAU 32 – SOMMAIRE

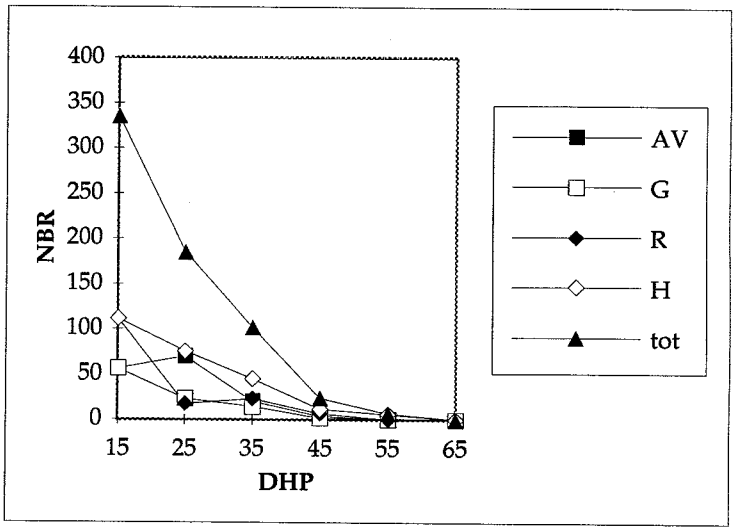
Surface terrière	**Prélèvement**	**DHP**		
		TOTAL	AVENIR	BOJ
13.0 ± 3.5 m^2/ha	52 %	22.5 ± 6.8	24.9 ± 4.1	21.2 ± 6.6

FIGURE 10 – COUPE PROGRESSIVE

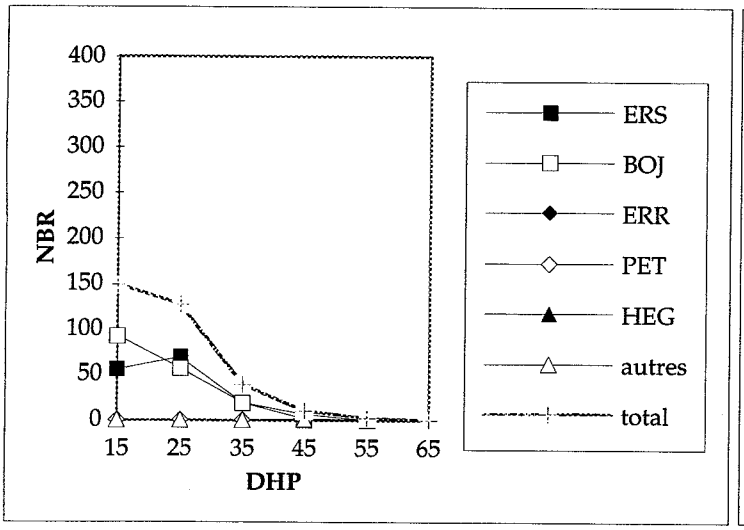
a) Avant -distribution diamétrale par essence



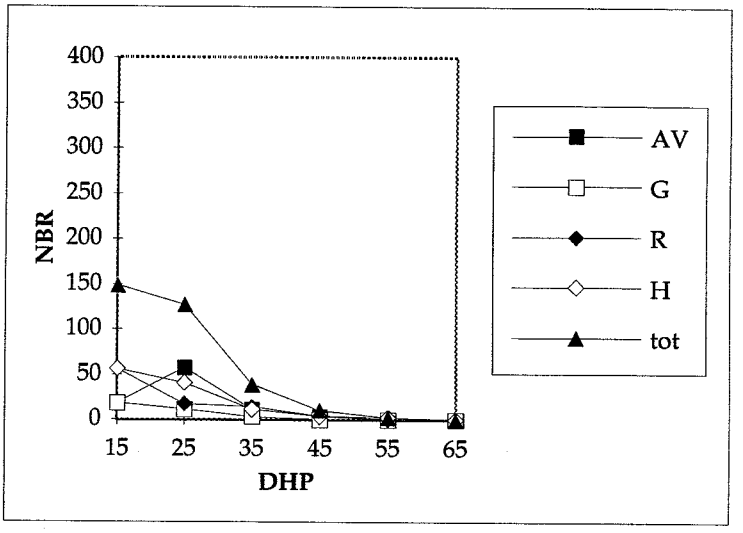
b) Avant -distribution diamétrale par classe sylvicole



c) Après -distribution diamétrale par essence

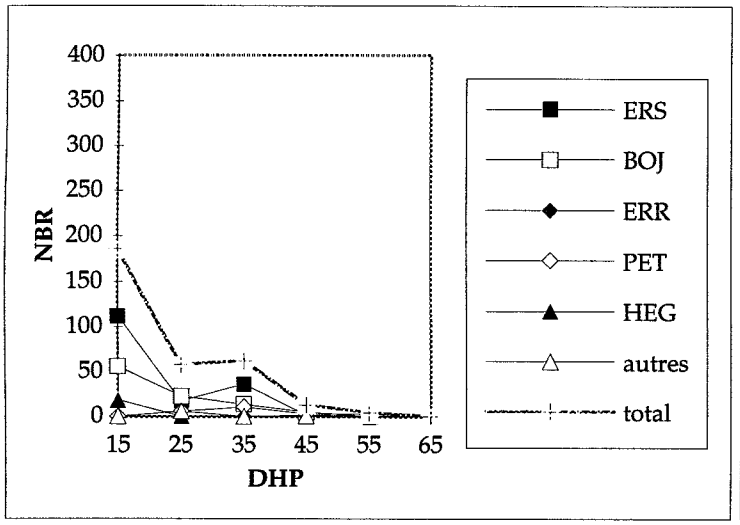


d) Après -distribution diamétrale par classe sylvicole

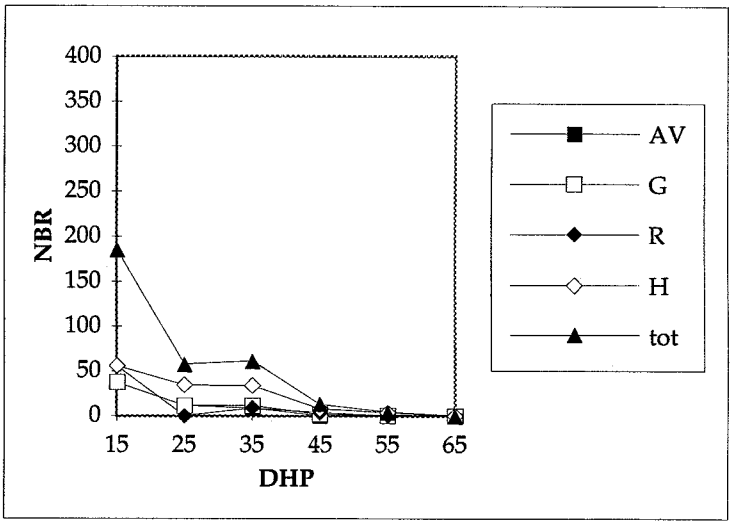


Réf. COUPE PROGRESSIVE

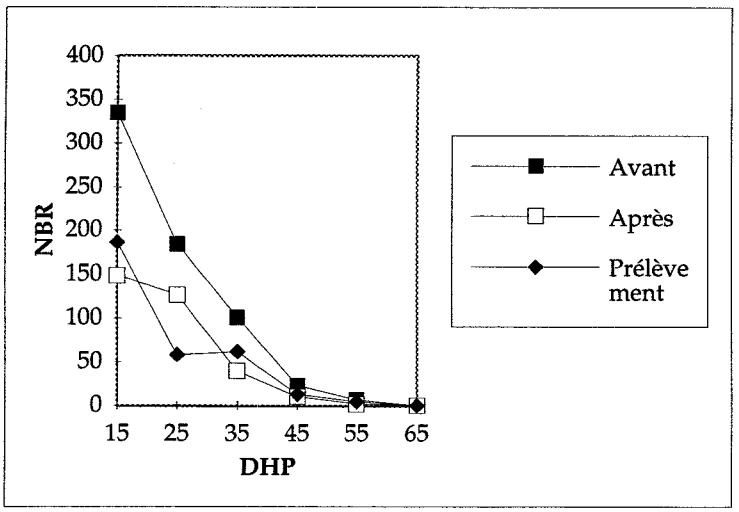
e) Prélèvement -distribution diamétrale par essence



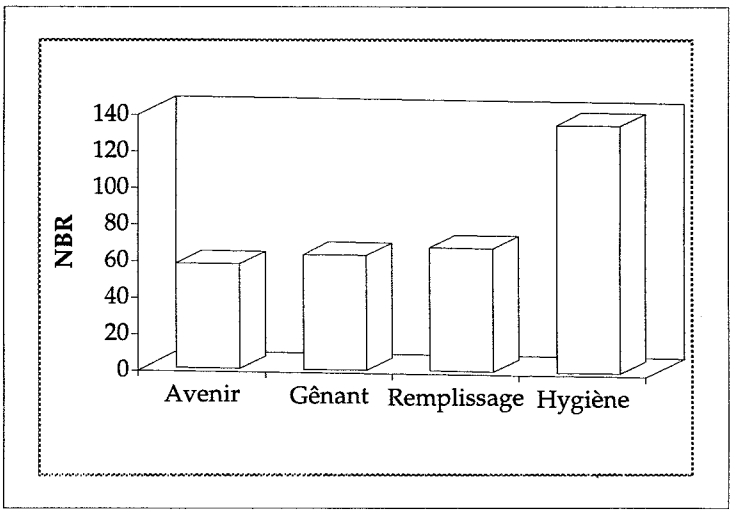
f) Prélèvement -distribution diamétrale par classe sylvicole



g) Distribution diamétrale toutes essences



h) Prélèvement toutes essences par classe sylvicole



Réf. COUPE PROGRESSIVE

CHAP.4 ÉTUDE DE PRODUCTIVITÉ DES TRAITEMENTS

4.1 Productivité des opérations

Dans les lignes qui suivent, on présente les résultats sur la productivité de la récolte du bois lors de différentes coupes effectuées dans le but de favoriser la régénération de bouleau jaune. Il est bon de souligner qu'il s'agit de la productivité de la coupe (la productivité biologique n'est pas évaluée). Il s'agit donc ici de rapport entre le temps d'exécution des opérations d'abattage et de débardage et la quantité du bois débardé à la jetée. L'abattage et le débardage se déroulent presque toujours simultanément, il suffit donc de chronométrer le débardage pour être en mesure d'évaluer la productivité de la récolte. Afin d'évaluer la productivité de récolte du bois selon le traitement, c'est-à-dire trouver une relation entre le traitement appliqué et la productivité des travailleurs, au total 50 voyages de débusqueuse ont été chronométrés (voir le tableau 33).

En premier lieu, avant de procéder aux analyses à l'aide de graphiques et de méthodes statistiques, nous avons calculé la productivité du débardage pour chaque voyage. Le temps total productif en minutes pour réaliser un cycle est divisé par le volume total (m^3 solide) de la charge de ce même voyage. Ensuite, le nombre de minutes est multiplié par le nombre d'hommes dans l'équipe. La productivité ainsi obtenue est exprimée en minutes productives par mètre cube solide du bois mesuré en bordure du chemin et par un homme (min/m^3.homme).

PROD. OBSERVÉ (min/m^3.hom.) = TEMPS PROD (min) / VOLUME (m^3) x N.HOM.

Si deux hommes travaillent simultanément et consacrent 10 minutes pour produire 1 m^3 du bois, il faudrait 20 minutes pour effectuer le même travail par un seul employé.

La productivité des opérations d'un traitement est la moyenne arithmétique de la productivité pour tous les voyages qui ont été effectués dans le secteur en question. Au cours de cette expérience, le temps productif représentait 83 % du temps disponible et les délais s'élèvent à 17 %.

- **Données sur la productivité de récolte du bois**

Le tableau 33 présente les variables étudiées afin d'évaluer la productivité des travailleurs selon le traitement appliqué. La variable dépendante est la productivité des travailleurs qui est mesurée en minute par mètre cube et par homme. Des mesures concernant les conditions de terrain et de peuplement traité (ce sont des variables explicatives, indépendantes) ont été recueillies dans le dispositif selon les traitements.

Parmi les variables disponibles dans l'ensemble de données, on retrouve celles pouvant être mesurées avant le début de travaux, comme le volume des arbres, la distance de débardage, la pente du terrain et d'autres qui peuvent être évaluées lors ou après l'intervention comme le nombre de billes par voyage, le volume par bille et le volume par voyage. Il est important de remarquer, que certaines informations sont propres aux secteurs dans lesquels les cycles de débardage ont eu lieu (volume par arbre) et d'autres variables sont propres aux voyages comme la productivité, la distance et la pente pondérée. Lors des analyses statistiques, il faut tenir compte de ces deux types de données.

TABLEAU 33 - LISTE DES VARIABLES PRISES EN CONSIDÉRATION LORS DES ANALYSES STATISTIQUES

Variable	Description
PROD_H	Productivité moyenne des travailleurs (en minute par mètre cube)
DISTANCE	Distance de débardage dans un sens, chargé (en mètre)
PENTE	Pente pondérée par la distance (en %)
VOL_ARB	Volume moyenne des arbres (en mètre cube)
TIGE_20	Volume moyenne des tiges de DHP ≥ 20 cm (en mètre cube)
VOLSAPET	Volume moyenne des arbres en excluant le PET (en mètre cube)
VOL_VOY	Volume par voyage (en mètre cube)
BILLE_V	Nombre des billes par voyage
VOL_BI	Volume moyenne par bille (en mètre cube)

4.2 Analyse statistique

Le but de l'analyse est de construire un modèle qui explique la productivité des travailleurs en fonction de différents facteurs de station et en fonction des traitements. Le secteur à l'étude a été divisé en sept parties auxquelles on a appliqué un des six traitements suivants (la coupe progressive a été réalisée selon deux procédés; en arbres entiers et en troncs entiers);

1. éclaircie commerciale (ECL),
2. jardinage (JAR),
3. jardinage par trouée JPT),
4. coupe par parquet (PQ),
5. coupe par parquet avec semenciers (PQS),
6. coupe progressive en arbres entiers (PROGA),
7. coupe progressive en troncs entiers (PROGT).

Le secteur où le jardinage par trouée était pratiqué, est éliminé de l'analyse puisqu'il était le seul où l'on avait chronométré le travail d'un homme. En effet, comme les autres traitements impliquaient le travail de deux hommes, il devient donc impossible de distinguer l'effet du jardinage par trouée de l'effet de la présence d'un seul homme sur la productivité.

- **Statistiques globales**

Le nombre de cycles de débardage observés lors des différentes coupes afin d'évaluer la productivité des opérations de récolte du bois est présenté au tableau 34 selon le traitement.

TABLEAU 34 - RÉPARTITION DES OBSERVATIONS SELON LES TRAITEMENTS

Traitement	Nombre des cycles observés
Éclaircie commerciale	5
Jardinage	6
Jardinage par trouée	4
Coupe par parquet	15
Coupe par parquet avec semenciers	8
Coupe progressive	12
Total	50

Les graphiques suivants présentent les relations entre la productivité des travailleurs (variable dépendante " Y ") et les variables explicatives qui peuvent l'influencer (variables indépendantes " X "). On observe sur la figure 11 qu'avec l'augmentation de la distance de débardage, le temps nécessaire pour apporter 1 m^3 du bois à la jetée augmente aussi. Le R^2 égale à 8,4 % nous indique, que la variabilité est très grande et il est facile de déduire qu'il faudra utiliser plusieurs variables pour expliquer la productivité.

Le graphique présenté à la figure 12 illustre la productivité (R^2 = 6 %) en fonction de la pente du terrain pondérée par la distance du débardage. L'influence de la pente du terrain sur la productivité est moins importante que l'on croit d'habitude, de plus la productivité augmente avec l'augmentation de la pente.

FIGURE 11 – PRODUCTIVITÉ DE LA RÉCOLTE DE BOIS EN FONCTION DE LA DISTANCE DU DÉBARDAGE.

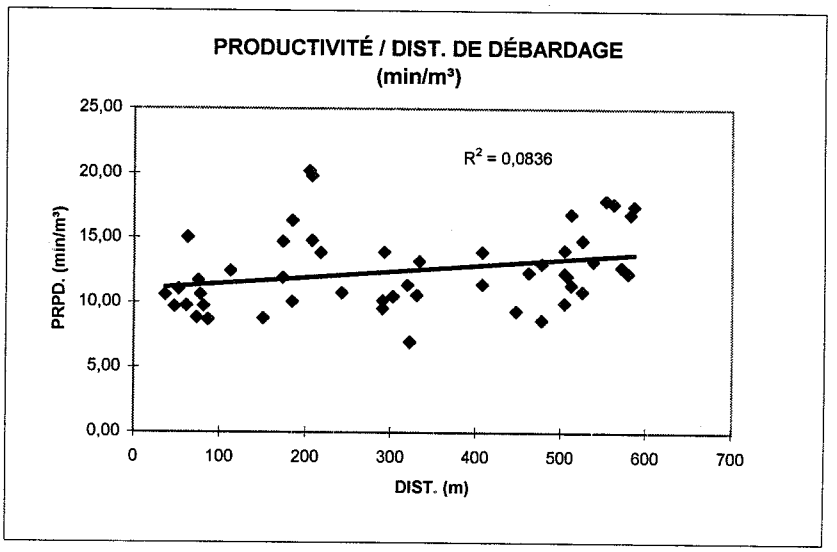
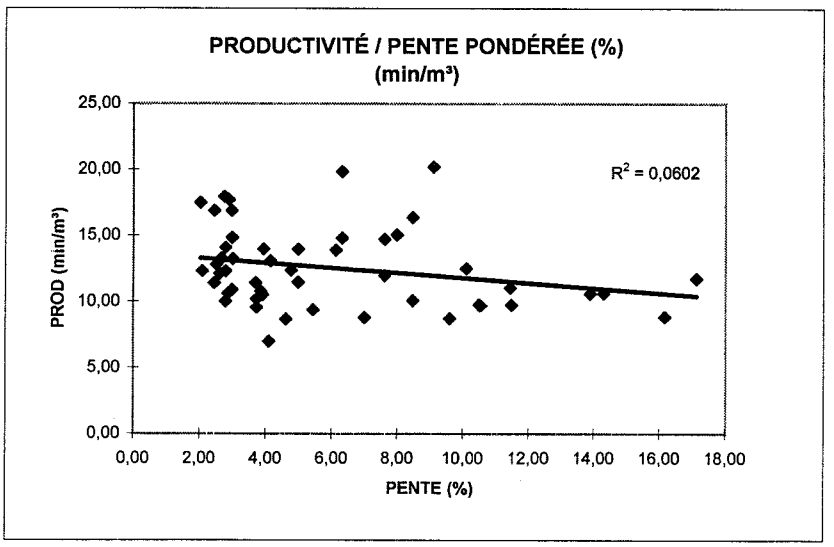


FIGURE 12 – PRODUCTIVITÉ DE LA COUPE EN FONCTION DE LA PENTE PONDÉRÉE DU TERRAIN.



Les graphiques suivants (figures 13 et 14) présentent la relation entre la productivité et le volume moyen de l'arbre avant le traitement ainsi que le volume moyen des tiges ayant 20 cm ou plus au DHP avant la coupe par traitement. Dans l'intervalle du volume moyen compris entre 0,7 m^3 et 0,9 m^3 pour tous les arbres et entre 0,8 m^3 et 1,0 m^3 pour les arbres de 20 cm et plus, on n'a pas trouvé de relation entre ces deux variables.

FIGURE 13 – PRODUCTIVITÉ DE COUPE EN FONCTION DU VOLUME MOYEN DES TIGES AVANT LE TRAITEMENT.

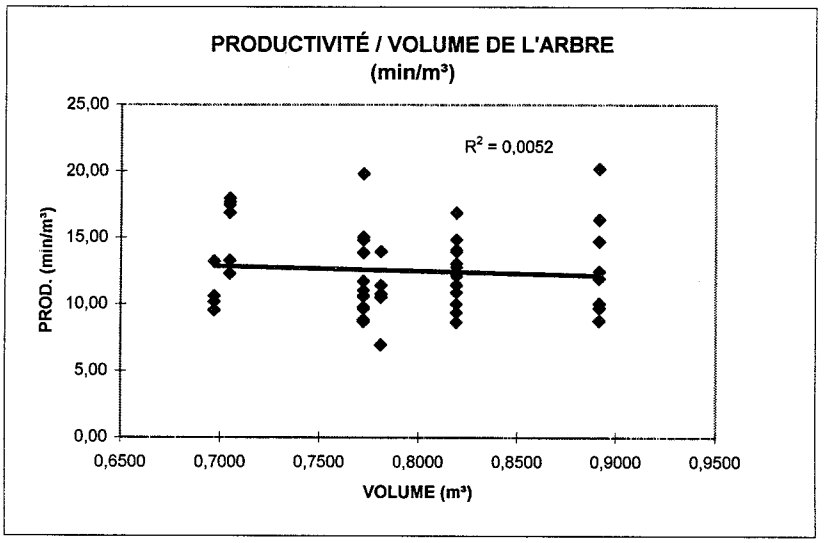
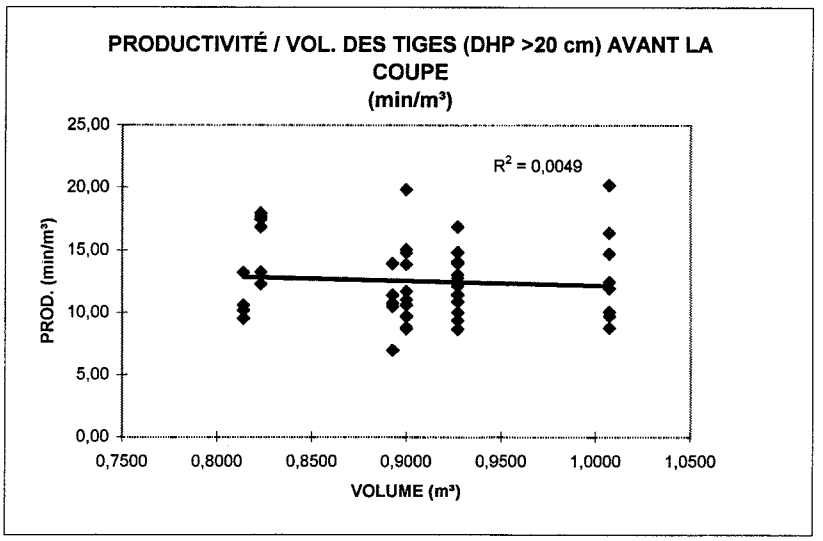


FIGURE 14 – PRODUCTIVITÉ DE LA RÉCOLTE DU BOIS EN FONCTION DU VOLUME MOYEN DES TIGES DE 20 CM ET PLUS AU DHP AVANT LA COUPE.



Les relations entre la productivité et les autres variables mesurées sur le terrain sont présentées à l'aide de graphiques qui suivent (figures 15 à 17). On observe une corrélation entre la productivité et le volume moyen des billes par voyage ($R^2 = 26$ %) et également entre le temps de chargement et le nombre de billes par voyage ($R^2 = 45$ %).

FIGURE 15 – PRODUCTIVITÉ DE LA COUPE EN FONCTION DE NOMBRE DES BILLES PAR VOYAGE.

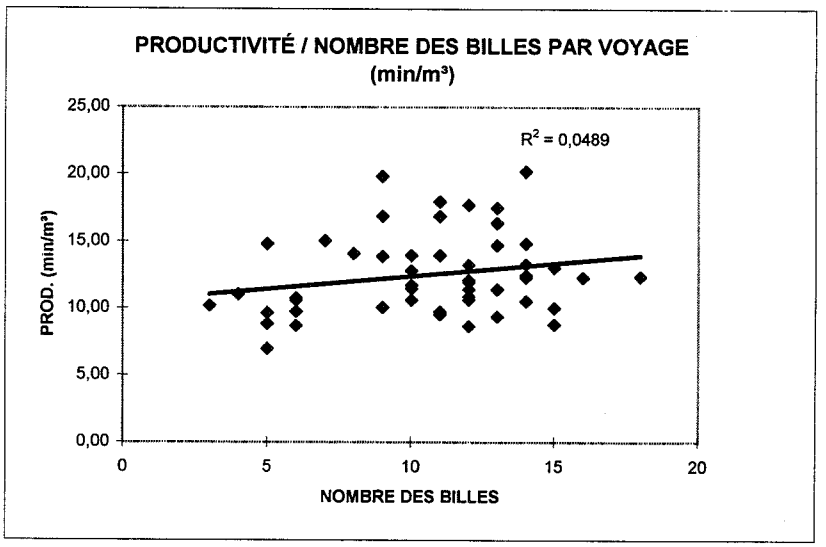


FIGURE 16 – PRODUCTIVITÉ DE LA COUPE EN FONCTION DU VOLUME MOYEN DES BILLES PAR VOYAGE.

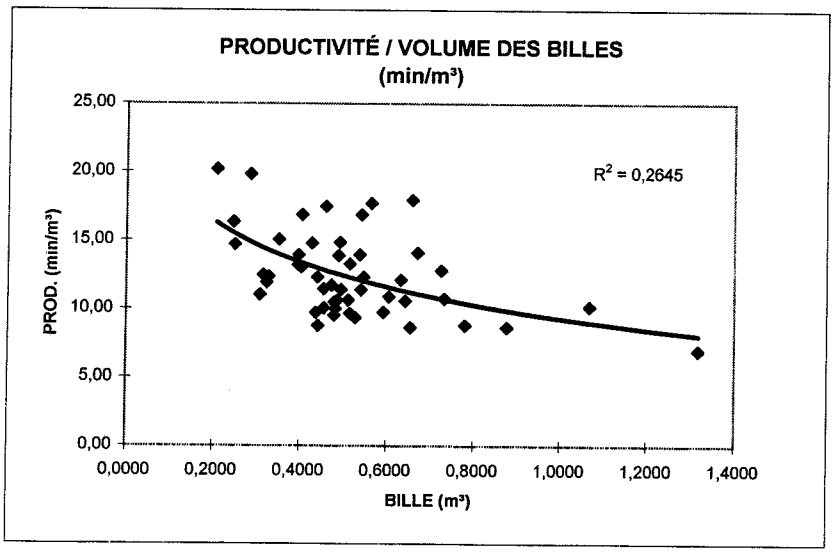
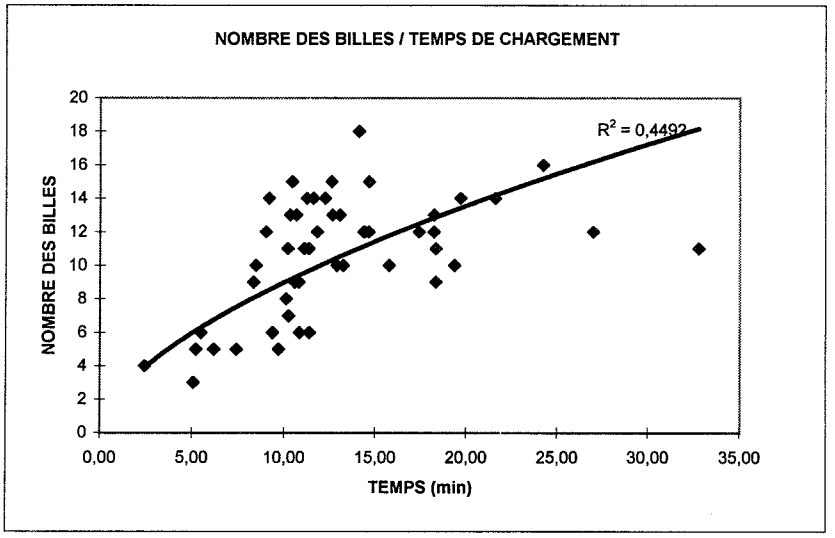


FIGURE 17 – TEMPS DE CHARGEMENT EN FONCTION DU NOMBRE DE BILLES PAR VOYAGE.



- **Résultats des analyses statistiques; modèles de prédiction de la productivité**

Tout d'abord, cinq variables dichotomiques ont été créées afin de représenter les six traitements. Les variables T_1 à T_5 prennent les valeurs 0 ou 1 selon la règle suivante :

T_1 = 1 si le traitement est PQ et 0 si non
T_2 = 1 si le traitement est PQS et 0 si non
T_3 = 1 si le traitement est ECL et 0 si non
T_4 = 1 si le traitement est JAR et 0 si non
T_5 = 1 si le traitement est PROGA et 0 si non

Si les variables T_1 à T_5 prennent la valeur 0, c'est le traitement PROGT qui est considéré.

Ensuite, une régression linéaire simple a été réalisée sur l'ensemble des variables présentées au tableau 32 en utilisant la procédure de sélection automatique par étape (stepwise) mais tout en l'obligeant à garder les cinq variables dichotomiques dans le modèle.

À part les cinq variables dichotomiques, ce sont les variables DISTANCE, VOL_VOY et VOL_BI qui ont été conservées dans le modèle de régression. L'option «collinéarité» de SAS a permis de vérifier qu'il n'y avait aucun problème de multicollinéarité parmi les variables explicatives. La deuxième étape était la sélection des interactions possibles entre ces variables ainsi que le carré de chacune d'elles à l'aide de procédure par étape « stepwise ».

La présence des valeurs influentes a été vérifiée par diverses statistiques telles que les DFFITS, les DFBETAS, les éléments de la diagonale de la matrice H et les résidus standardisés (Wolek, 1992). L'absence de T_2 dans le modèle signifie que ce paramètre n'apporte aucune précision supplémentaire. Le comportement du voyage numéro 48, provenant du secteur où la coupe progressive avec le procédé en arbres entiers a été appliquée, ressemble à celui d'une donnée extrême en raison du faible volume enregistré pour ce voyage.

Toutefois, puisque l'effet de cette valeur extrême ne vient pas vraiment perturber l'analyse, il a été jugé bon de conserver cette donnée. Voici le modèle finale (R^2_{aj} = 0,83 ; σ = 1,26) :

MODÈLE 1:

$$\begin{aligned} \text{PROD (min/m}^3\text{.homme)} = {} & 20{,}05 - 8{,}64(T_1) + 4{,}74(T_3) - 20{,}28(T_4) - 0{,}87(T_5) + 0{,}0099(\text{DISTANCE}) \\ & + 1{,}3(\text{VOL_VOY}) - 30{,}86(\text{VOL_BI}) + 4{,}12(\text{VOL_BI*VOL_VOY}) \\ & - 1{,}48(\text{VOL_VOY}*T_3) - 11{,}39(\text{VOL_BI}*T_2) + 25{,}31(\text{VOL_BI}*T_4) \\ & + 0{,}000026(\text{DISTANCE}^2) - 0{,}39(\text{VOL_VOY}^2) \end{aligned}$$

Afin de pouvoir déterminer si la productivité est semblable d'un traitement à l'autre, les mêmes étapes ont été refaites mais cette fois-ci, en permettant au modèle de ne choisir que les variables dichotomiques significatives. Sous ces conditions, la procédure stepwise n'a retenu que les variables T_1, DISTANCE, VOL_VOY, et VOL_BI dans le modèle de régression. Les interactions et le carré de chaque variable ont ensuite été soumis à la procédure stepwise qui n'a inclus aucun de ces termes dans le modèle.
Puisqu'on a noté aucun problème de multicollinéarité parmi les variables explicatives du modèle et qu'il ne semble pas y avoir de données aberrantes, c'est ce modèle qui a été retenu (R^2_{aj} = 0.67 ; σ = 1,79).

MODÈLE 2:

$$\text{PROD (min/m}^2\text{.homme)} = 17{,}07 - 3{,}34(T_1) + 0{,}018(\text{DISTANCE}) - 1{,}18(\text{VOL_VOY}) - 5{,}9(\text{VOL_BI})$$

On remarque dans ce modèle que seule la variable T_1 a été sélectionnée parmi les cinq variables dichotomiques ce qui signifie que la productivité observée aux endroits traités avec une coupe par parquet (PQ) est différente de celle observée pour les autres traitements. De plus, puisque le coefficient de la variable T_1 est négatif, on peut affirmer que la coupe par parquet présente une meilleure productivité que les autres traitements.

Finalement, un autre modèle a été créé en obligeant le système SAS à garder les cinq variables dichotomiques dans le modèle et de prendre en considération seulement les variables mesurables avant le début de l'expérience. Le modèle conçu en utilisant cette procédure contient les variables dichotomiques ainsi que la distance de débardage en charge et la pente pondérée de terrain. Il explique quarante pour-cent de la variabilité autour de la productivité (R^2 = 40 %) ; c'est acceptable car il y a seulement deux variables de terrain dans le modèle.
Voici le nouveau modèle :

MODÈLE 3:

$$PROD(min/m^3.homme) = 14.53 - 8.47(T_1) - 1.25(T_2) - 7.05(T_3) - 6.26(T_4) - 1.49(T_5) + 0.015(DISTANCE) - 0.30(PENTE)$$

4.3 Sommaire

En utilisant les modèles présentés dans la section précédente, nous avons tenté de déterminer la productivité des travailleurs forestiers selon les traitements. Pour effectuer les calculs, les valeurs moyennes des variables observées ont été introduites dans les deux modèles; le premier contenant les variables mesurables avant et après la coupe (modèle 1) et le deuxième contenant seulement les variables mesurables avant la coupe (modèle 3). Les résultats obtenus sont présentés aux tableaux 35 et 36.

TABLEAU 35 - PRODUCTIVITÉ PRÉDITE SELON LES TRAITEMENTS À L'AIDE DU MODÈLE CRÉÉ SUR L'ENSEMBLE DES DONNÉES, MESURABLES AVANT ET APRÈS L'EXPÉRIENCE.

N°	Traitement	Volume/bille (m^3)	Volume/voyage (m^3)	Distance (m)	Productivité ($min/m^3.homme$)
1	PQ	0.5184	5.1699	318	8.39
2	JAR	0.5184	5.1699	318	9.87
3	PQS	0.5184	5.1699	318	11.80
4	ECL	0.5184	5.1699	318	14.13
5	PROGA	0.5184	5.1699	318	16.17
6	PROGT	0.5184	5.1699	318	17.04

TABLEAU 36 - PRODUCTIVITÉ PRÉDITE SELON LES TRAITEMENTS À L'AIDE DU MODÈLE CONÇU SUR L'ENSEMBLE DES DONNÉES MESURABLES AVANT L'EXPÉRIENCE.

N°	Traitement	Distance (m)	Pente (%)	Productivité (min/m^3.homme)
1	PQ	318	6.03	8.99
2	ECL	318	6.03	10.41
3	JAR	318	6.03	11.20
4	PROGA	318	6.03	15.97
5	PQS	318	6.03	16.21
6	PROGT	318	6.03	17.46

Les analyses statistiques réalisées sur les données prises lors des opérations sylvicoles ne permettent pas d'identifier clairement les traitements selon leur productivité ni de les classer avec une certitude dans un ordre du plus élevé au plus faible. Toutefois, on observe que la coupe par parquet est, à chaque étape de l'analyse, sélectionnée comme plus productive que les autres coupes. On voit également, que la coupe progressive avec le procédé en troncs entiers est celle la moins productive. La productivité prédite pour tous les traitements présentés au tableau 35 nous semble être plus précise que celle qu'on retrouve au tableau 36, car le coefficient de détermination (R^2 ajusté) du modèle appliqué pour cette prédiction se lève à 83 %. Le R^2 du modèle utilisé pour la prédiction de la productivité des opérations présenté au tableau 36 est égal à 40 %.

Les valeurs de la productivité obtenues à l'aide de l'un ou l'autre des modèles (voir les tableaux 35 et 36) ne sont pas identiques pour les raisons suivantes :

a) les variables explicatives ne sont pas les mêmes dans les deux cas;
b) le nombre de variables est différent;
c) les valeurs des variables mesurées sont très différentes d'un traitement à l'autre (exemple : la distance moyenne du débardage pour la coupe progressive est égale à ± 75 m alors que pour le jardinage elle est évaluée à ± 550 m).

Il est bon de noter que les conclusions tirées de cette analyse ne peuvent être généralisées puisque l'expérience n'a été réalisée que dans une seule région. Il serait souhaitable que d'autres expériences similaires soient réalisées dans d'autres régions afin d'augmenter la validité des données et la précision des résultats. Les différences observées entre les traitements ne sont pas significatives, à l'exception de la coupe par parquet. En effet, en imposant aucun choix de variables, le modèle bâti (modèle 2) n'a retenu que le traitement de coupe par parquet, assumant ainsi qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les autres traitements. Ainsi, dans le cas présent, la productivité de la récolte de la matière ligneuse en ralentit dès que des arbres sont laissés sur pied et ce peu importe le traitement comparativement à un secteur coupé à blanc comme un parquet où la productivité est plus grande.

CHAP.5 RECOMMANDATIONS ET SUIVIS

5.1 Recommandations

Suite au projet, une série de recommandations pour les gestionnaires du territoire, pour les aménagistes concernés par le bouleau jaune sont proposées et pour les responsables de la tarifications des travaux sylvicoles.

5.1.1 Recommandations pour les gestionnaires du territoire

A- Préservation du territoire à l'étude avec inscription au plan général.

B- Simulation du dispositif dans SYLVA II avec le mécanisme de scénario spécial comme une surface destinée à être normalisée par des parquets successifs.

C- Utiliser le dispositif pour le suivi des effets réels puisqu'il compare les effets des différents traitements **sur le même site**.

D- Localisation de tous les secteurs à haut potentiel pour le bouleau jaune et compartimentage (zonage fonctionnel) dans SYLVA II pour la production d'essence principale objectif bouleau jaune en priorité **et** érable à sucre, les récents travaux de Zarnovican, tendant à démontrer le risque élevé à aménager exclusivement pour le bouleau jaune, qui est peu plastique.

E- Considération de l'aménagement équienne comme une alternative valable pour les peuplements de feuillus tolérants et intermédiaires.

Les trois dernières recommandations s'adressent également aux aménagistes concernés par le bouleau jaune ailleurs au Québec.

5.1.2 Recommandations pour les responsables de la tarification au MRN

Malgré le fait que les résultats actuels ne soient pas signigicatifs, la tendance observée indique que la coupe progressive, telle que pratiquée dans le dispositif pour mieux cibler l'objectif de régénérer, demanderait plus de temps, donc serait plus coûteuse. Une lettre sera donc envoyée au Service des traitements sylvicoles et au Service d'aménagement afin de sensibiliser à cette problématique et afin qu'il poursuivre leur interrogation pour la résoudre. À l'automne 1998, d'autres seront installés ailleurs au Québec pour vérifier cette tendance.

F- Un différentiel de l'ordre de 15 % pourrait être envisagé entre les coupes progressives et le jardinage (actuellement à 235 $/ha).

Pour l'éclaircie commerciale, nous croyons que l'obligation d'augmenter le diamètre moyen du peuplement ne respecte pas toujours l'objectif de concentrer la croissance sur les meilleurs sujets. En effet, les tiges d'avenir ne sont pas toujours distribuées surtout dans les plus gros diamètres comme le suggère la norme. L'éclaircie par le haut ou mixte devient alors impossible. De plus, la martelage positif pour identifier les candidats ou les tiges d'élite devrait être obligatoires afin qu'elles puissent être dégagées. Des résultats de l'Outaouais donnerait des accroissements annuels jusqu'à 5 %. Ainsi nous recommandons, pour l'éclaircie commerciale :

G- De réviser la norme de l'augmentation du diamètre moyen du peuplement pour qu'elle se conforme mieux à l'objectif d'éclaircie commerciale.

H- Un martelage positif obligatoire pour l'identification des candidats ou des tiges d'élite.

5.2 Plan de diffusion

Le rapport sera remis aux partenaires industriels, aux agents régionaux du ministère des Ressources naturelles du Québec, à Rexfor, à la division des travaux sylvicoles, aux principaux chercheurs sur le bouleau jaune ainsi qu'aux membres du comité provincial du manuel d'aménagement. Il devrait permettre de documenter leur prise de décision concernant les traitements à appliquer dans le type de forêt en question.

Une affiche sera installée sur le site et permettra d'identifier le dispositif et les partenaires du projet. Une visite terrain sera organisée pour les bénéficiaires de l'aire commune. D'autres visites pourront être organisées pour le grand public ou par l'intermédiaire de l'Association forestière.

5.3 Suivi

La mise en place de ce dispositif a été faite dans le but, entre autre, de vérifier l'impact des différents types de coupe sur l'implantation de la régénération en bouleau jaune.

Pour ce faire, il est recommandé de suivre dès la première année l'état de la régénération. Ainsi, sachant que l'atteinte d'un tel objectif est fonction particulièrement de l'ouverture du couvert, de la qualité du lit de germination, de la présence de semenciers et de la coïncidence avec une bonne année semencière, la connaissance concernant l'installation de la régénération permettra de confirmer la présence de bouleau jaune ou encore de recommander certaines interventions afin de favoriser sa présence pour l'année suivante.

Par la suite, un suivi de la régénération à la troisième, cinquième et huitième année permettra de vérifier la croissance du bouleau jaune de même que celle des espèces compétitives, afin de planifier, s'il y a lieu, des interventions de dégagement (d'éclaircie

précommerciale) pour lui assurer sa survie et son évolution en exploitant le maximum de son potentiel.

Le suivi à moyen terme (5 et 8 ans) permettra également de vérifier l'évolution du peuplement resté sur pied et de valider les hypothèses concernant la récupération des volumes et l'évolution de la qualité des tiges pour chacun des traitements.

Ces suivis (régénération et bois sur pied) pourront être réalisés de façon efficace et précise grâce à la possibilité de remesurer les mêmes parcelles identifiées et localisées de façon semi-permanentes dans le dispositif.

CONCLUSION

Le présent projet de recherche est réalisé grâce à un important partenariat entre les industriels tels que les Industries manufacturières Mégantic et J.A. Fontaine et fils, les agents du ministère des Ressources naturelles du bureau régional de Sherbrooke et de l'unité de gestion de Lac Mégantic, le contracteur Grondexfor et le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Il s'agit d'un effort considérable d'intégration et d'implication des gens du milieu qui aura des retombées régionales importantes.

L'installation d'un tel dispositif aura un impact essentiel auprès des gens de la direction de la recherche forestière et des gens du service de l'aménagement, plus particulièrement les agents du comité du manuel d'aménagement. Ce projet stratégique devra faire l'objet d'un suivi pour le remesurage afin de tirer profit de l'investissement déjà fait et de continuer d'alimenter les discussions portant sur l'aménagement de nos forêts feuillues.

RÉFÉRENCES

ANDERSON, H.W., B.D. BATCHELOR, C.M. CORBETT, A.S. CORLETT, D.T. DEUGO, C.F. HUSK and W.R. WILSON. 1990. Effects of Different Intensities of Yellow Birch and Sugar maple Crop Tree Release. Forest Resources group, Min. of natural Resources, 178.

ANDERSON, H.W and J.A. RICE. 1993. A tree-marking guide for the tolerant working group in Ontario. Ontario Min. Nat. Res., Sci. and Tech. Series : Vol. 8, Toronto, Ont.

ARNOLD, R.M. 1997. A canker and foliage disease of yellow birch. Can. J. Bot. 45: 783-801.

ARBOGAST, C.Jr 1957. Marking guides for Northern Hardwoods under the selection system. USDA For. Serv. Lake States, For. Exp. Stn., St. Pap. 56, 20 p.

BALDWIN, V.C. Jr. 1977. Regeneration following cutting in a New Brunswick stand. Can. For. Serv. Inf. Rep. M-X-76. Maritimes For. Res. Cent., Fredericton, NB.

BEAUDET, M. et C. MESSIER. 1997. Le bouleau jaune en peuplements feuillus et mixtes: Autoécologie, dynamique forestière. Groupe de recherche en écologie forestière (GREF) UQAM, 56 p.

BELLEFLEUR, P. et G. LAROCQUE. 1983. Comparaison de la croissance d'espèces ligneuses en milieu ouvert et sous couvert forestier. Can. For. Res. 13: 508-513.

BELLEFLEUR P. et G. LAROCQUE. 1983b. Compétition pour le rayonnement solaire en début du succession secondaire dans une érablière à bouleau jaune et hêtre. Can. J. For. Res., 13: 514-521.

BENREND, D.F. and E.F. PATRIC. 1969. Influence of site disturbance and removal of shade on regeneration of deer browse. J. Wildl. Manage. 33(2): 394-398.

BENZIE, J.W. 1959. Small tractors, ground skidding reduce tree damage in selection harvest. Timberman 60(1): 42, 43, 54.

BENZIE, J.W. 1959. Sugar maple and yellow birch seed dispersal from a fully stocked stand of mature northern hardwoods in the Upper Peninsula of Michigan. USDA For. Serv., Lake States For. Exp. Stn. Tech. Note 561, 1 p.

BÉRARD, J.A. 1996. Manuel de foresterie. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. Les Presses de l'Université Laval, Québec.

BERRY, A.B. 1964. Effect of strip width on proportion of daily light reaching the ground. For. Chron. 40: 130-131.

BERRY, A.B. 1981. Études d'exploitation des feuillus tolérants par coupe sélective. Institut forestier national de Petawawa. Serv. can. for., Rap. d'inf. PI-X-8(F). Chalk River, Ont.

BICKNELL, S.H. 1979. Pattern and process of plant succession in a revegetating northern hardwood ecosystem. New Haven. CT: Yale Univ. 218 p. Ph.D. dissertation.

BOIVIN, J.L. 1971. Étude de la régénération après coupe rase dans des peuplements feuillus et mélangés de l'ouest québ.cois. For. Chron. 47: 82-85.

BOIVIN, J.-L. 1975. Description et aménagement de trois groupements végétaux de l'aire des feuillus tolérants. TF1-C171, Serv. Plan d'aménagement, Dir. gén. des forêts, Min. Terres et Forêts, 74 p.

BOIVIN, J.-L. 1975. Coupes progressives par bandes de une, deux et trois chaînes de largeur. Min. Terres et Forêts. Qué. Serv. Plans aménag. for.

BOIVIN, J.-L. 1985. Coupes par bandes dans des peuplements de feuillus. Résultats après 14 ans. For. Chron. 61: 229-232.

BOIVIN, J.-L. 1986. Résultats de coupes par bandes dans trois cantons de l'ouest québécois après quatre ans. MERQ (For.), Dir. rech. Note rech. for. N° 33.

BOIVIN, J.-L. et R. LAFRANCE. 1977. Les feuillus du Québec. 1. -La ressource. Min. Terres et Forêts, COGEF. 201 p.

BOTKIN, D.B., J.F. JANAK and J.R. WALLIS. 1972. Some ecological consequences of a computer model for forest growth. J. Ecol., 60: 849-872.

BROWN, J.-L. 1981. Les forêts du Témiscamingue, Québec – Écologie et photo-interprétation. Études écologiques Nº 5. Université Laval, Lab. d'écologie forestière, Québec.

BROWN, J.-L. 1987. Régénération et aménagement des forêts naturelles de feuillus nobles. Comptes rendus du colloque de la régénération des essences feuillues de qualité organisé par le Service du transfert de technologie, Min. Éner. et Ress. (Secteur forêts), 16 et 17 sept. 1987, Hull. Gouv. Qué., Dir. rech. et dév. 55-73.

BROWN, K.M. and C. MERRITT. 1971. Simulated sunlight duration maps of forest openings. Indiana Academy of Science Proceedings, 1970: 80: 220-224.

BURNS, R.M. 1983. Silvicultural systems for the major forest types of the United States. Agriculture Handbook Nº 445. USDA, Washington, DC.

BURNS, R.M. and B.H. HONKALA. 1990. Silvics of North America. Vol. 2. Hardwoods. USDA, Washington.

BURTON, D.H., H.W. ANDERSON and L.F. RILEY. 1969. Natural regeneration of yellow birch in Canada. Northeast. For. Exp. Stn. Birch Symp., Durham, NH., August 1969: 55-73.

CANHAM, C.D. 1988. Growth and canopy architecture of shade-tolerant trees: response to canopy gaps. Ecology 69(3): 786-795.

CARMEAN, W.H. 1978. Site index curves for northern hardwood in northern Wisconsin and Upper Michigan. Res. Pap. NC-160, USDA For. Serv., St.Paul, MN, 16 p.

CARMEAN, W.H. 1979. A comparison of site index cuves for northern hardwood species. Res. Pap. NC-167, USDA For. Serv., St.Paul, MN, 12 p.

CARMEAN, W.H., J.T. HAHN and R.D. JACOBS. 1989. Site index curves for forest species in the eastern United States. Gen. Tech. Rep. NC-128, USDA For. serv., St.Paul, MN, 142 p.

CHURCH, T.W. Jr. 1960. Residual stand density and the early development of northern hardwood reproduction in Upper Michigan. USDA For. Serv., Lake State For. Exp. Stn. Tech. Note 593, 2 p.

CLAUSEN, J.C. and A.C. MACE, Jr. 1972. Accumulation and snow melt on north-south versus east-west oriented clearcut strips. For. Res. Note 234, 4 p. Coll. of Foresrty, Minn. Univ., St.Paul, MN.

CLOUTIER, J. 1997. Le bouleau jaune au Québec, diagnostic et perspective. Mémoire de fin d'études, Fac. de foresterie et de géodésie, Univ. Laval, 77 p.

CLOUTIER, M., M. LEMAY et L. RICHARD. 1980. Étude de la régénération 10 ans après une coupe par bande de différentes largeurs. Mémoire de fin d'études, Fac. de foresterie et de géodésie, Univ. Laval, 47 p.

COLE, W.G. 1991. Prediction of tree growth and gap closure rates after selective cutting in second-growth northern hardwood forests. Ph.D. Thesis. Univ. of Wisconsin-Madison, 141 p.

CRCHA, J. et F. TROTTIER. 1991. Guide de traitements sylvicoles — Les feuillus tolérants. Service des techniques d'intervention forestière, Min. des Forêts, 55 p.

CROW, T.R., C.H. TUBBS, R.D. JACOBS and R.R. OBERG. 1981. Stocking and structure for maximum growth in sugar maple selection stand. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-109, 16 p.

CROW, T.R. et F.T. METZGER. 1987. Regeneration under selection cutting. *Dans* NYLAND, R.D., ed. Managing northern hardwoods; 1986 June 23; NY. State Univ., Coll. Environ. Sci. For. Society of America Foresters. Syracuse, NY Tech. Publ. N° 13 (ESF87-002): 81-94.

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.

CURTIS, R.O. and B.W. POST. 1962. Site index curves for even-aged northern hardwoods in the Green Mountains of Vermont. Vt. Agr. Exp. Sts., Bull. 629, 16 p.

DALE, M.E., H.C. SMITH et J.N. PERCY. 1995. Size of clearcut opening affects Species Composition Growth Rate and Stand characteristic. Res. Pap. NE-698, Radnor, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn., 21 p.

DORION, F. 1994. La régénération de la zone de la forêt mixte: Approche et vision d'un aménagiste forestier. D'Aoust, A.L., Doucet, R., organisateurs. Compte rendu du colloque " La régénération de la zone de la forêt mixte "; UQAM, Montréal, Qué.; édité par le Centre de foresterie des Laurentides, Serv. can. for., Ress. nat. Can. & la Dir. rech. for., Ress. nat. Qué. Sainte-Foy, Qué. 95-105.

DUBREUIL, D. 1995. Étude des adaptations du bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton) à l'humidité de l'air et du sol et à la lumière. Mémoire de maîtrise, Fac. de foresterie et géodésie de l'Université Laval, 45 p.

DWYER, J.P. and W.B. KURTZ. 1991. The realities of sustainable management. US. Diameter Limit Harvest NJAF8: 174-177.

ERDMANN, G.G. et R.R. OBERG. 1973. Fifteen-years results from six cutting methods in second-growth northern hardwoods. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-100, 12 p.

ERDMANN, G.G. 1990a. *Betula alleghaniensis* Britton - Yellow Birch. *In:* BURNS, R.M., Editors. Silvics of North America. Vol. 2. Hardwoods. USDA 133-147.

ERDMANN, G.G. 1990b. "Yellow Birch" *in*, RUSSELL, M., BURNS, R.M. and B.H. HONKALA. "Sylvics of North America. VoL. 2: Hardwoods" For. Serv., USDA, Washington, 93-107.

EYRE, F.H. ET W.M. ZILGITT. 1953. Partial cuttings in northern hardwoods of Lake Station: twenty years experimental results. USDA Tech. bull., 1076. 124 p.

FARRAR, J.L. 1996. Les arbres du Canada. Éditions Fides et Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada. Saint-Laurent et Ottawa.

FILIP, S.M. 1969. Natural regeneration of birch in New England. In: Birch symposium proceedings; 1969 August 19-21; Durham, NH, Upper Darby. PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn.: 50-54.

FILIP, S.M. and W.B. LEAK. 1973. Northeastern northern hardwoods. *In*: Silvicultural systems for the major forest types of the United states. Agric. Handbook Nº 445, Washington, DC: USDA, 75-77.

FORCIER, L.K. 1975. Reproductive strategies and the co-occurence of climax tree species. Science 189: 808-810.

FOURNIER, M., C. BORDELEAU and M.R. ROBERGE. 1976. État d'une érablière rouge dix ans après éclaircie. Fonds Rech. For. Univ. Laval Note Tech.

FOX, J.F. 1977. Alternation and coexistence of tree species. The American Naturalist, 111: 69-89.

GILBERT, A.M. 1965. Stand differentiation ability in northern hardwoods. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-37.

GILBERT, A.M. and V.S. JENSEN. 1958. A management guide for northern hardwoods in New England. USDA For. Serv. Northeast. For. Exp. Stn. Pap. 112, 22 p.

GINGRICH, S.F. 1967. Measuring and calculating stocking and stand density in upland hardwood forests in the Central States. For. Sci. 13: 38-53.

GODMAN, R.M. 1957. Disking increases the number and growth of yellow birch seedlings. USDA For. Serv. Lake States For. Exp. Stn. Tech. Note 511.

GODMAN, R.M. 1959. Are water table levels an important factor in the establisment and growth of yellow birch? Mich. Acad. Sci., Arts, Letters XLIV: 183-190.

GODMAN, R.M. and L.W. KREFTING. 1960. Factors important to yellow birch establishment in Upper Michigan. Ecology 41(1): 18-28.

GODMAN, R.M. and D.J. BOOKS. 1971. Influence of stand density on stem quality in polesize northern hardwoods. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-54, 7 p. North Cent. For. Exp. Stn., St.Paul, MN.

GODMAN, R.M. and C.H. TUBBS. 1973. Establishing even-aged northern hardwood regeneration by the shelterwood method. A preliminary guide. Illus. (USDA For. Serv. Res. Pap. NC-99), North Cent. For. Exp. Stn.,St.Paul, MN, 9 p.

GODMAN, R.M. and G.A. MATTSON. 1976. Seed crops and regeneration problems of 19 species in Northeastern Wisconsin. USDA For. Serv. North Cent. For. Exp. Stn., St.Paul, MN, Res. Pap. NC 123, 5 p.

GORDON, J.C. 1969. Effect of shade on photosynthesis and dry weight distribution in yellow birch seedings. Ecology 50(5):924-926.

GRANDTNER, M.M. 1966. La végétation forestière du Québec méridional. Presses de l'Université Laval, Québec, 216 p.

GRANDTNER, M., C. CAMIRÉ, N. VILLENEUVE, C. ANSBEAN, A. MUNSON, L. LAMONTAGNE et M. LAPOINTE. 1995. Guide de l'excursion en écologie forestière, 10e éd. Dép. des sciences forestières, Fac. de foresterie et de géomatique, Univ. Laval.

GREEN Mt. Nat. For. 1980. A supplemental prescription key for "A silvicultural guide for northern hardwoods in the northeast" 11 p.

GRENIER, J.D. 1996. Étude de la régénération du bouleau jaune des coupes par bande. Mémoire de fin d'études. Fac. de foresterie et de géomatique, Univ. Laval, 32 p.

HANNAH, P.R. 1978. "Growth of large yellow birch sapling following crop tree thinning". J. For., April, 222-223.

HANNAH, P.R. 1988. The shelterwood method in northeastern forest type: A literature review. NJAF. 5: 70-77.

HANNAH, P.R. 1991. Regeneration of northern hardwoods in the northeast with the shelterwood method. North. J. Appl. For. 8: 99-104.

HANSEN, G.P. and R.D. NYLAND. 1987. Effects of diameter distribution on the growth of simulated uneven-aged sugar maple stands. Can. J. For. Res. 17: 1-8.

HARSLEY, S.B. et D.A. MARQUIS. 1983. "Interference by Weeds and dear with Allegheny Hardwood Reproduction". Can. J. For. Res., Vol. 13: 61-69.

HATCHER, R.J. 1966. Yellow birch regeneration on scarified seedbeds under small canopy gaps. For. Chron. 42:350-358.

HESTERBERG, G.A. 1957. Deterioration of sugar maple following logging damage. USDA For. Serv. Lake States For. Exp. Stn. Pap. 51-58.

HEIZMANN, F. et R.D. NYLAND. 1994. Influences of pin cherry (*Prunus pensylvanica* L. F.) on growth and development of young even-aged northern hardwoods. For. Ecology Manag., 67: 39-48.

HIX, D.M. and B.V. BARNES. 1984. Effects of clearcutting on the vegetation and soil of an eastern hemlock dominated ecosystem, western Upper Michigan. Can. J. For. Res. 14: 914-923.

HORNBECK, J.W., C.W. MARTIN, R.S. PIERCE, F.H. BORMANN, G.E. LIKENS and J.S. EATON. 1987. The northern hardwood forest ecosystem: ten years of recovery from clearcutting. Res. Pap. NE-596. Broomall, PA. USDA For. Serv. Northeast. For. Exp. Stn. 30 p.

HOULE, G. 1992. The reproductive ecology of *Abies balsamea*, *Acer saccharum* and *Betula alleghaniensis* in the Tantaré Ecological Reserve, Quebec. J. Ecol. 80: 611-623.

HOULE, G. 1994. Spatiotemporal patterns in the components of regeneration of four sympatric tree species - *Acer rubrum, A. saccharum, Betula alleghaniensis* and *Fagus grandifolia*. J. Ecol. 82: 39-53.

HOULE, G. et S. PAYETTE. 1991. Seed dynamics of Betula alleghaniensis in a deciduous forest of north-eastern North America. Amer. J. Bot 78(7): 895-905.

HOYLE, M.C. 1965. Variations in foliage composition and diameter growth of yellow birch with season, soil and tree size. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29: 475-480.

HOYLE, M.C. 1969. Response of yellow birch in acid subsoil to macronutrient additions. Soil Sci. 108(8): 354-357.

HOYLE, M.C. 1982. “Plantation Birch: What Works, What Doesn't”. *J. For.*, 16-19.

HUGHES, J. and T.J. FAHEY. 1988. Seed dispersal and colonization in a disturbed northern hardwood forest. Bull. Torrey Bot. Club, 115: 89-99.

HUTNIK, R.J. 1958. Three diameter limit cutting in West Virginia Hardwoods a 5-years report, Sta. Pap. NE-106, USDA Northeast, For. Exp. Stn., Upper Darby, PA.

JACOBS, R.D. 1960. Top-dying of yellow birch, Upper Michigan 1955-59. USDA For. Serv., Lake States For. Exp. Stn. Tech. Note 585, 2 p.

JACOBS, R.D. 1974. Damage to northern hardwood reproduction during removal of shelterwood overstory. 1. For. 72: 651-656.

JACQUES, A. 1996. Revue de littérature: pratiques forestières en peuplements feuillus et mixtes. Rapport présenté à la Forêt Modèle du Bas St-Laurent par Del Degan, Massé et Ass.

JARVIS, J.M. 1957. Cutting and seedbed preparation to regenerate yellow birch, Haliburton County, Ontario. Can. Dept. N. Affairs Nat. Res., For. Res. Div. Tech. Note 53, 17 p.

JENSEN, V.S. 1943. Suggestions for the management of northern hardwood stands in the Northeast. J. For. 41: 180-185.

JOBIDON, R. 1995. Autoécologie de quelques espèces de compétition d'importance pour la régénération forestière au Québec. Revue de littérature. Mém. de rech. for. Nº 117, Gouv. Qué., MRNQ, Dir. rech. for., Ste-Foy, Qué.

KELTY, M.J. et R.D. NYLAND 1981. Regenerating adirondacks northern hardwoods by shelterwood cutting and control of deer density. J. For. 79: 22-26.

KELTY, M.J. 1987. Shelterwood cutting as an even-aged reproduction method. *In*: Managing northern hardwoods. NY State Univ. Fac. For. Misc. Pub. N° 13: 128-142.

LAMSON, N.I. and H.C. SMITH. 1991. Stand development and yields of Appalachian hardwood stands managed with single-tree selection for at least 30 years. Res. Pap. NE-655. USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn., Radnor, PA.

LANIER, L. 1986. Précis de sylviculture. École nationale du génie rural, des eaux et des forêts, Nancy, France.

LAVALLEE, A. and M. LORTIE. 1968. Relationships between internal features and trunk rot in living yellow birch. For. Chron. 44(2): 5-10.

LA ROCQUE, G. 1985. Regeneration in a tolerant hardwood stand managed under single-tree selection. Can. For. Serv., Petawawa Nat. For. Inst., Inf. Rep. PI-X-50.

LEAK, W.B. 1961. Development of second-growth northern hardwood on Bartlett Experimental Forest, a 25-years record. USDA For. Serv. Northeast. For. Exp. Stn. Pap. 155.

LEAK, W.B. and R.W. WILSON Jr. 1958. Regeneration after cutting of old growth northern hardwoods in New Hampshire. USDA For. Serv. Northeast. For. Exp. Stn., Sta. Pap. 103, 8 p.

LEAK, W.B. and S.M. FILIP. 1977. Thirty-height years of group selection in New England northern hardwoods. J. For. 75(10): 641-643.

LEAK, W.B., D.S. SOLOMON and S.M. FILIP. 1969. A silvicultural guide for northern hardwoods in the Northeast. Res. Pap. NE-143. Upper Darby, PA: USDA For. Serv. Northeast. For. Exp. Stn.: 106-118.

LEAK, W.B. and J.H. GOTTSACKER. 1985. New approches to uneven-aged management in New England. North. J. Appl. For. 2: 28-31.

LECUYER, H. et J. MARTEL. 1950. La coupe à blanc par bande: une des meilleures méthodes de régénération naturelles. Min. des Forêts, 18 p.

LEFFELMAN L.J. ET R.C. HAWLEY. 1925. Studies of connecticut hardwoods: the treatment of advanced growth arising as a result of thinnings and shelterwood cuttings. Yale Univ., School For. Bull. 15, 16 p.

LEMIEUX, R. 1992. Méthode de mesurage des bois. Instruction. Gouv. Qué., 5-16.

LINTEAU, A. 1948. Factors affecting early germination and survival of yellow birch (*Betula lutea* Michx.) in Quebec. For. Chron. 24: 27-86.

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

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

LOGAN, K.T. 1965. Growth of tree seedlings as affected by light intensity. I. White birch, yellow birch, sugar maple and silver maple. Dept. of Forestry of Canada, Petawawa For. Exp. Stn. Nº 1121. Chalk River, Ont. 16 p.

LORIMER, C.G. 1977. The presettlement forest and natural disturbance cycle of northeastern Maine. Ecology 58(1): 139-148.

LORIMER, C.G. 1980. Age structure and disturbance history of a southern Appalachian virgin forest. Ecology 6(5): 1169-1184.

LORIMER, C.G. 1985. Methodological considerations in the analysis of forest disturbance history. Can. J. For. Res. 15: 200-213.

LORIMER, C.G. 1989. Relative effects of small and large disturbances of temperate hardwood forest structure. Ecology 70(3): 565-567.

LOTZ, R.J. and A.C. CLINE. 1947. Results of the first thirty years of experimentation in silviculture in the Harvard Forest. 1908-1938. Part. 1: The conversion of stands of old held origin by various methods of cutting and subsequent cultural teatments. Harvard For. Bull. 23.

MACLEAN, D.W. 1949. Improvment cutting in Tolerant Hardwoods. Silvicultural research note, N° 95. Dominion For. Serv., Dept. of Mines and Resources, Canada.

MADER S.F. et R.D. NYLAND. 1984. Six-years response of northern hardwoods to the selection system. North. J. Appl. For. 1: 87-91.

MAJCEN, Z. 1987. Projet expérimental d'aménagement inéquienne dans les forêts de Sainte-Véronique, de Gatineau, de la réserve Papineau-Labelle et du Lac Gagnon. MERQ, Gouv. Qué. Rap. interne Nº. 270, Ste-Foy, Qué.

MAJCEN, Z. 1988. Projet expérimental d'aménagement inéquienne dans les forêts des régions administratives de l'Outaouais et de Montréal. Dir. rech. et dév., MERQ, Qué. Rap. interne N° 298, 114 p.

MAJCEN, Z. 1993. Accroissement et régénération dans onze secteurs à la suite des coupes de jardinages. Gouv. Qué., Min. For., Dir. rech. Rap. interne N° 371, 123 p.

MAJCEN, Z. 1994. Historique des coupes de jardinage dans les forêts inéquiennes au Québec. Revue Forestière Française 46(4): 375-384.

MAJCEN, Z. 1995b. Résultats après 10 ans d'un essai de coupe de jardinage dans une érablière. Gouv. Qué., MRNQ, Dir. rech. For. Mémoire de recherche forestière N° 122, Ste-Foy, Qué.

MAJCEN, Z. 1996. Coupe de jardinage et coupe de succession dans cinq secteurs forestiers. Accroissement quinquenal en surface terrière et état de la régénération. Gouv. Qué., MRNQ, Dir. rech. for. Note de rech. for. N° 70, 20 p.

MAJCEN, Z. 1997. Coupe de jardinage et coupe de succession dans trois secteurs forestiers. Accroissement quinquenal en surface terrière et état de la régénération. Gouv. Qué., MRNQ, Dir. rech. for. Mémoire N° 129.

MAJCEN, Z., 1997. Résultats d'un essai de coupe progressive dans trois érablières. Rap. int. No. 421, Dir. Rech. For., MRNQ, 21 p.

MAJCEN, Z. 1997. Coupe de jardinage et coupe d'éclaircie commerciale dans cinq secteurs forestiers. Accroissement quinquennal en surface terrière et état de la régénération. Gouv. Qué., MRNQ, Dir. rech. for. Rapport interne N° 424.

MAJCEN, Z., Y. RICHARD et M. MÉNARD. 1984. Écologie et dendrométrie dans le sud-ouest du Québec. Étude de douze secteurs forestiers, Serv. de la rech., MERQ, Qué. Mémoire N° 85. 333 p.

MAJCEN, Z., Y. RICHARD et M. MÉNARD. 1987. Composition, structure et rendement des tremblaies à érable à sucre et des bétulaies jaunes à sapin baumier dans trois secteurs forestiers du sud-ouest québécois. Dir. rech. et dév., MERQ, Gouv. Qué. Rap. interne N° 287. Ste-Foy, Qué.

MAJCEN, Z. et Y. RICHARD. 1992.Résultats après 5 ans d'un essai de coupe de jardinage dans une érablière. Can. J. For. Res. 22: 1623-1629.

MAJCEN, Z. et Y. RICHARD. 1995. Coupe de jardinage dans six régions écologiques du Québec. Accroissement quinquenal en surface terrière. Gouv. Qué., MRNQ, Dir. rech. for. Mémoire N° 120, 22 p.

MARKS, P.L. 1974. The role of pin cherry (*Prunus pensylvanica* L.) in the maintenance of stability in northern hardwood ecosystems. Ecological Monographs. 44: 73-88.

MARKS, P.L. 1975. On the relation between extension growth and successional status of deciduous trees of the northeastern United States. Bull. Torrey Bot. Club 102(4): 172-177.

MARQUIS, D.A. 1964. Regeneration of birch and associated hardwoods after patch cuttings. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-32.

MARQUIS, D.A. 1965. Regeneration of Birch and associated hardwoods after patch cutting. Res. Pap. NE-32, Northeast. For. Exp. Stn., Upper Darby, PA. For. Serv., USDA 13 p.

MARQUIS, D.A. 1966. Germination and growth of paper birch and yellow birch in simulated strip cuttings. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-54, 19 p. Northeast. For. Exp. Stn., Upper Darby, PA.

MARQUIS, D.A. 1967. Clearcutting in northern hardwoods: results after 30 years USDA For. Serv. Res. Pap. NE-85. Northeast. For. Exp. Stn., Upper Darby, PA, 13 p.

MARQUIS, D.A. 1969. Silvical requirements for natural birch regeneration. *In*: Birch symposium proceedings: 1969 August 19-21; Durham, NH, Upper Darby, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn.: 40-49.

MARQUIS, D.A. 1979. Shelterwood cutting in Alleghany hardwoods. J. For. 77: 140-144.

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

MARQUIS, D.A. R.L. ERNEST and S.L. STOUT. 1984. Prescribing silvicultural treatments in hardwood stands of the Alleghenies. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-96. 90 p.

MARTIN, A.J. and P.M. HIX. 1988. Regeneration development in an upland hardwood stand following a shelterwood harvest. NJAF, 5: 46-49.

MARTIN, C.W. and J.W. HORNBECK. 1990. Revegetation After Strip Cutting and Block Clearcutting in Northern Hardwoods. North. J. Appl. For. 7(2): 65-68, Res. Pap. NE-625, Northeast. For. Exp. Stn., For. Serv., USDA 17 p.

Mc CLURE, J.W. and I.D. LEE. 1993. Small scale disturbance in a Northern Hardwood Forest: effects on tree species abundance and distribution. Can. J. For. Res. 23: 1347-1360.

McNAMARA, R. 1997. Jardinage de forêts de feuillus tolérants avec abatteuse. Rap. de projet N° 4067. Programme essais, expérimentations et transfert technologique en foresterie. 29 p.

MELLGREN, P.G. 1980. Classification du terrain pour la foresterie du Canada. L'Association Canadienne des Producteurs de Pâtes et Papiers. 13 p.

METZGER, F.T. 1980. Strip clearcutting to regenerate Northern Hardwoods. USDA. Dept. Agr. For. Serv. North Central Exp. Stn., NC-186, St.Paul, MN, 14 p.

METZGER, F.T. and C.H. TUBBS. 1971. The influence of cutting method on regeneration of second-growth northern hardwoods. J. For. 69(9): 559-564.

MEYER, G., J.H. OHMAN and R. OETTEL. 1966. Skidding hardwoods – articulated rubber-tired skidders versus crawler tractors. J. Forest. 64(3): 191-196.

MILLER, G.W. 1993. Financial aspects of partial cutting practices in Appalachian hardwoods. Res. Pap. NE-673. Radnor, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn. 16 p.

MILLER, G.W. and H.C. SMITH. 1993. A practical alternative to single-tree selection? Northern J. Appl. Forestry. 10(1): 32-38.

MILLER, G.W., T.M. SCHULER and H.C. SMITH. 1995. Method for applying group selection in central Appalachian hardwoods. Res. Pap. NE-696, USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn., Radnor, PA.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC (MRNQ). 1992. Manuel d'aménagement forestier. MRN, Direction des programmes forestiers. Québec.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC (MRNQ). 1998. Manuel d'aménagement forestier. MRN, Direction des programmes forestiers. Québec.

MOU, P., T.J. FAHEY and J.W. HUGHES. 1993. Effects of soil disturbance on vegetation recovery and nutrient accumulation following whole-tree harvest of a northern hardwood ecosystem. J. Appl. Ecol. 30: 661-675.

MRNQ - RÉGION MAURICIE, 1997. Sylviculture du bouleau jaune: visite de terrain, Formation CERFO, Document interne, U.G. de Shawinigan.

NICHOLS, M.T., R.C.Jr LEMIN and W.D OSTROFSKY. 1994. The impact of two harvesting systems on residual sterms in a partially cut stand of Northern Hardwoods. Can. J. For. Res. 24(2): 350-357.

NIESE, J.N. et T.F. STRONG. 1992. Economic and tree diversity trade-offs in managed northern hardwoods. Can. J. For. Res. 22: 1807-1813.

NIESE, JN., T.F. STRONG et G.G. ERDMANN. 1995. Forty years of alternative management practices in second-growth, pole-size northern hardwoods. II. Economic evaluation. Can. J. For. Res. 25: 1180-1188.

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.

NYLAND, R.D. and H.J. IRISH. 1971. Early response to clearcutting in northern hardwoods. NY State Univ., Coll. of Forestry, Applied For. Res. Inst., Res. Note 2, 1 p. Syracuse, NY.

NYLAND, R.D. 1987. Selection system and its application to uneven-aged northern hardwoods. *Dans* NYLAND, R.D., ed. Managing northern hardwoods; 1986 June 23; NY State Univ., Coll. Environ. Sci. For. Society of American Foresters, Syracuse, NY.

NYLAND, RD. 1991. A perspective on northern hardwood silviculture. Forest Ecology Working Group Session, Society of American Foresters National Convention; 1991 Aug. 4; San Fransisco, CA. Society of American Foresters, Bthedsa, MD.

NYLAND, R.D. 1994. Careful logging in northern hardwoods. *In*: Riche, J.A, ed. Logging damage: the problems and practical solutions. For. Res. Inf. Pap. Nº 117, Ontario Min. Nat. Res., Sault Ste-Marie, Ont. 29-51.

OHMAN, J.H. 1970. Value loss from skidding wounds in sugar maple and yellow birch. J. For. 68: 226-30.

PARENT, S. et C. MESSIER. 1995. Effet d'un gradient de lumière sur la croissance en hauteur et la morphologie de la cime du sapin baumier régénéré naturellement. Can. J. For. Res. 25: 878-885.

PERALA, D.A. and A.A. ALM. 1990. Regeneration silviculture of birch: a review. For. Ecol. Manag. 32: 39-77.

PERKEY, A.W., B.L. WILKINS and H.C. SMITH. 1994. Crop tree management in eastern hardwoods. NA-TP-19-93. Radnor, PA: USDA For. Serv. Northeast. Area, State and private Forestry, 58 p.

PERRON, J.Y. 1983. Tarif de cubage général. Volume marchand brut. Serv. inv. for. MERQ. Qué., 52 p.

PLONSKI, W.-L. 1974. Normal yield tables (metric) for major forest species of Ontario. Min. Nat. res., Div. of Forests, 40 p.

POTHIER, P. 1996. Accroissement d'une érablière à la suite de coupe d'éclaircie: résultats de 20 ans. Can. J. For. Res. 26: 543-549.

PRÉVOST, M. 1996. Mixedwood management research and practice in Quebec. *In*: Comeau, P.G. and Thomas, K.D., eds. Silviculture of temperate and boreal broadleaf-conifer mixtures. BC. Min. of Forests, Research Branch. Victoria, BC, 97-101.

QUENTIN, B. 1954. Expérimentation de divers traitements sous couvert pour favoriser la régénération d'essences désirées en peuplements feuillus et mélangés, dégradés à base d'érables et de bouleaux jaunes. Rapport publié dans le cadre du programme EETTF. Projet Nº 1019, Serv. Can. For., Centre de foresterie des Laurentides, Qué.

RAST, E.D., D.L. SONDERMAN and G.L. GAMMON. 1973. A guide to hardwood log grading. Gen. Tech. Rep. NE-1. Upper Darby, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn. 32 p.

REDMOND, D.R. 1957. Observations on rootlet development in yellow birch. For. Chron. 33: 208-212.

RICARD, P. 1995. Visite à la Forêt Duchesnay - La sylviculture sur le bouleau jaune. 31 juillet 95. Note de cours, 15 p.

RICHARDS, F.J. 1959. A flexible growth function for empirical use. J. Exp. Botany 10(29) 290-300.

RICHARDS, N.A. and C.E. FARSWORTH. 1971. Effects of cutting level on regeneration of northern hardwoods protected from deer. J. Forestry, 69: 230-233.

RINGGER, D.L. and Forest Stearns. 1972. Influence of forest openings on climate. University of Wisconsin, Field Stations Bull., 5: 8-12. Milwaukee, Wisconsin.

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

ROBERGE, M.R. 1975. Éclaircie dans une érablière à hêtre en vue de produire du bois d'oeuvre de bouleau jaune. Nat. can. 102: 353-361.

ROBERGE, M.R. 1977a. Results of research in Northern Hardwoods silviculture at Dudswell.

ROBERGE, M.R. 1977b. Influence of cutting methods on natural and artificial régénération of yellow birch in Quebec Northern hardwoods. Can. J. For. Vol. 7: 175-181.

ROBERGE, M.R. 1979. La coupe à blanc par bande peut-elle maintenir les strates actuelles comme strates de retour. Progrès forestier, Déc.: 43-44.

ROBERGE, M.R. 1979. La coupe à blanc par bande peut-elle maintenir les strates actuelles comme strates de retour (2e partie). Progrès forestier, Mars: 41-42.

ROBERGE, M.R. 1986b. Effects of thinning, patch clearcutting, site prep. and planting on development of Yellow Bird in Quebec, NJAF 5: 248-251.

ROBERGE, M.R. 1987. "Managing Northern hardwoods by clearcutting 30m wide strips: 10- years result". For. Chron. 169-173.

ROBERGE, M.R. 1988a. Vingt ans d'aménagement par groupes d'une bétulaie jaune à érables. Centre de foresterie des Laurentides, Rap. d'inf. LAU-X-81B, Qué.

ROBERTS MR., et H. DONG. 1993. Effects of soil organic layer removal on regeneration after clear-cutting a northern hardwood stand in New Brunswick. Can. J. For. Res. 23: 2093-2100.

ROBITAILLE, L. 1978. Résultats quinquennaux de plantation et de régénération naturelles du bouleau jaune, suite à une coupe rase avec et sans scarification. Symposium Feuillus spéciaux. Exposés. Institut national de la recherche agronomique, CNRF, Nancy, FRANCE, 147-157.

ROBITAILLE, L. et M. ROBERGE. 1981. La sylviculture du bouleau jaune au Québec. Revue Forestière Française 33 (Nº Special): 105-112.

ROBITAILLE, L. et J.-L. BOIVIN. 1987. Résultats après 10 ans, d'une coupe à diamètre minimum d'exploitation dans un peuplement feuillu. For. Chron. 63(1): 15-19.

ROBITAILLE, L. et Z. MAJCEN. 1991. Traitements sylvicoles visant à favoriser la régénération et la croissance du bouleau jaune. L'Aubelle, fév. 10-12.

ROBITAILLE, D. 1996. Plantation de bouleaux jaunes de 1972: Station forestière Duchesnay. Service de l'amélioration des arbres, MRNQ, 6 p.

RONDEUX, J. 1993. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les Presses agronomiques de Gemblaux, Belgique. 521 p.

RUEL, J.-C., D. LOUSTEAU et M. PINEAU. 1988. Relations entre la microtopographie, les caractéristiques de la couverture morte et la répartition des essences dans une érablière à bouleau jaune. Can. J. For. Res. 18: 1196-1202.

RUEL, J.-C. et M. PINEAU. 1994. La coupe à blanc par bandes et la coupe progressive: État actuel des connaissances. D'AOUST, A.L., et R. DOUCET, organisateurs. Compte-rendu du colloque "La régénération de la zone de la forêt mixte" tenu le 19 mai 1994 à l'UQAM, Montréal, Qué. Édité par le Centre de foresterie des Laurentides, Serv. can. for., Ress. nat. Can. et la dir. rech. for., Ress. nat. Qué. Ste-Foy, Qué., 31-43.

SMITH, D. 1986. The practice of silviculture, 8th ed., John Wiley & Sons, New York, NY.

SMITH, H.C. and N.I. LAMSON. 1982. Number of residual trees: a guide for selection cutting. Gen. Tech. Rep. NE-80. Broomall, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn. 33 p.

SMITH, H.C., N.I. LAMSON and G.W. MILLER. 1987. An esthetic alternative clearcutting? Deferment cutting in Eastern Hardwoods, J. For., 3: 14-18.

SOLOMON, D.S. 1977. The influence of stand density and structure on growth of northern hardwoods in New England. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-362, 13 p.

SOLOMON, D.S. and W.B. LEAK. 1969. Stocking, growth and yield of birch stands. *In*: Birch symposium proceedings: 1969 August 19-21; Durham, NH Upper Darby, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn.: 106-118.

SOLOMON, D.S. and W.B. LEAK. 1986. Simulated yields for managed northern hardwood stands. Res. Pap. NE-578. Broomall, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn. 24 p.

STRONG, T.F., G.G. ERDMANN and J.N. NIESE. 1995. Forty years of alternative management practives in second-growth, pole-size northern hardwoods. I. Tree quality development. Can. J. For. Res. 25: 1173-1179.

TRIMBLE, G.R. Jr. 1968. Growth of Appalachian hardwoods as affected by site and residual stand density. Res. Pap. NE-98. Upper Darby, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn. 13 p.

TRIMBLE, G.R. Jr. 1973. The regeneration of central Appalachian hardwoods with emphasis on the effects of site quality and harvesting practice. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-282, 14 p.

TRIMBLE, G.R. Jr., J.H. PATRIC, J.D. GILL, G.H. MOELLER and J.N. KOCHENDERFER. 1974. Some options for managing forest land in the Central Appalachians. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-12, 42 p. Northeast. For. Exp. Stn., Upper Darby, PA.

TRIMBLE, G.R. Jr., J.J. MENDEL and R.A. KENNELL. 1974. A procedure for selection marking in hardwoods combining silvicultural considerations with economic guidelines. Res. Pap. NE-292. Upper Darby, PA: USDA, For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn. 13 p.

TRITTON, L.M. and P.E. SENDAK. 1995. Ecological aspects of forest management planning: A northern hardwood forest case study. North. J. Appl. For. 12(3): 121-126.

TROUP, R.S. 1966. Silvicultural systems. Oxford Clarendon Press, Oxford, England, 216 p.

TUBBS, C.H. 1963. Artificially constructed mounds show promise in yellow birch regeneration USDA For. Serv. Res. Note LS-32, 2 p. Lake States For. Exp. Stn., St.Paul, MN.

TUBBS, C.H. 1964. Germination of yellow birch seeding following natural stratification in Upper Michigan. USDA For. Serv. Res. Note LS-34, 2 p. Lake States For. Exp. Stn., St.Paul, MN.

TUBBS, C.H. 1968. The influence of residual stand densities on regeneration in sugar maple stands. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-47.

TUBBS, C.H. 1968. The influence of residual stand densities on regeneration in sugar maple stands. USDA For. Serv. Res. Note NC-47. 4 p. North Cent. For. Exp. Sta., St. Paul, MN.

TUBBS, C.H. 1969. The influence of light, moisture and seedbed on Yellow birch regeneration. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-27, 12 p. St.Paul, MN.

TUBBS, C.H. 1969b. Natural regeration of yellow birch in the Lake States. Northeast. For. Exp. Stn. Birch Symp., Durham, NH, August 1969: 73-78.

TUBBS, C.H. 1970. The competitive ability of yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton) seedlings in the presence of sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) with specific references to the role of allelopathic substances. Ph.D. Thesis, Univ. Mich. 80 p.

TUBBS, C.H. 1973. Allelopathic relationship between yellow birch and sugar maple seedlings. For. Sci. 19 (2): 139-145.

TUBBS, C.H. 1977. Natural Regeneration of Northern Hardwoods in the Northern Region. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-150.

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

TUBBS, C.H. and R.R. OBERG. 1966. Growth response of seedling yellow birch to humus-mineral soil mixtures. USDA For. Serv. Res. Note NC-6, 2 p. North Cent. For. Exp. Sta., St.Paul, MN.

TUBBS, C.H. ET F.T. METZGER. 1969. Regeneration of Northern Hardwoods under shelterwood cutting. For. Chron. 333-337.

TUBBS, C.H. and L.J. VERME. 1972. How to create wildlife openings in northern hardwoods. USDA For. Serv., 5 p. North Cent. For. Exp. Stn., St.Paul, MN.

TUBBS, C.H., R.D. JACOBS and D. CUTLER. 1983. Northern Hardwoods. *Dans :* BURNS, R.M., Techn. Compiler. Silvicultural systems for the major forest types of the United States. Agric. Handbook Nº 445. USDA For. Serv., Washington, DC. 121-127.

TUBBS, C.H. ET N. LAMSON. 1991. Effect of shelterwood canopy density on sugar maple reproduction in Vermont. NJAF 8: 86-89.

U.S. Forest Service, Lake States Forest Experiment Station. 1929. What happens to millions of little trees in a virgin hardwood forest. Tech. Note 9,1 p.

WALTERS, R.S. and R.D. NYLAND. 1989. Clearcutting central New York northern hardwood stands. North. J. Appl. For. 6: 75-78.

WANG, B.S.P. 1965. Seedbed, canopy and moisture effects on growth of yellow birch seedlings. For. Chron. 41: 106-107.

WILLIS, G.L. and J.A. JOHNSON. 1978. Regeneration of yellow birch following selective cutting of old-growth northern hardwoods. Michigan technological Univ., Ford Forestry center, Mich.

WILSON, R.W. Jr and U.S. JENSEN. 1954. Regeneration after clearcutting second growth Northern Hardwoods, USDA For. Serv. For. Exp. Stn., For. Res. Note 27, 3 p.

WINGET, C.H. and T.T. KOZLOWSKI. 1965. Yellow birch germination and seedling growth. For. Sc. 11(4): 386-392.

WINGET, C.H. 1968. Species composition and development of second-growth hardwood stands in Quebec. For. Chron. 44: 1-5.

WINGET, C.H., G. COTTAM and T.T. KOZLOWSKI. 1965. Species association and stand structure of yellow birch in Wisconsin. For. Sci. 11(3): 369-383.

WOLEK, J. 1992. Vademecum statystyki dla biologów. Polish Academy of Sciences. Kraków, 137 p.

ZARNOVICAN, R. et C. LABERGE. 1994. Réaction de principales essences feuillues à l'éclaircie de mise en lumière dans une érablière à bouleau jaune en Estrie. Ress. Nat. Can. Serv. Can. For. Rap. d'inf.: L'AU-X-109, 22 p.

ZILGITT, W.M. and F.H. EYRE. 1945. Perpetuation of yellow birch in the Lake States Forests. J. Forestry, 43: 658-661.

annexe 1

Protocole d’entente

INSTRUCTIONS PARTICULIÈRES DE TRAVAIL ET DE SUPERVISION ABATTAGE ET DÉBARDAGE

1. Instructions générales

1.1. Ces instructions particulières de travail et de supervision affectent spécifiquement et exclusivement les travaux réalisés dans le cadre de la mise en place du protocole de recherche réalisé par le CERFO et visant l'étude de différents mode de regénération du Bouleau jaune.

1.2 Ces instructions particulières de travail et de supervision complètent et précisent l'ensemble des lois, des règlements et autres consignes normalement applicables aux travaux effectués.

1.3 L'ensemble des lois, des règlements et autres consignes applicables devront donc être rigoureusement et intégralement appliquées concomitamment aux présentes instructions, lors de l'exécution et de la vérification des travaux exécutés pour les fins précitées.

1.4 La nature même du protocole expérimental exige la délimitation de blocs de forêt afin que des traitements particuliers soient appliqués à chacun d'eux. Ces blocs seront clairement identifiés sur le terrain.

1.5 Le superviseur doit s'assurer que l'équipe d'exécution (abattage et débusquage) est informée de la localisation de chacun des blocs ainsi que des instructions particulières de travail se rapportant à chacun d'eux.

1.6 L'équipe d'exécution (abattage et débardage) doit également s'assurer de connaître la délimitation des blocs d'intervention ainsi que les instructions particulières de travail s'y rapportant avant de débuter les travaux et ce pour chacun des blocs.

1.7 La sécurité des travailleurs concernés ainsi que des équipements utilisés doit en tout temps avoir préséance sur l'application d'un article de ces instructions.

1.8 Ces instructions ne sont pas limitatives et exclusives. Les particularités du terrain ainsi que les besoins du protocole peuvent venir modifier, préciser ou compléter ces présentes instructions.

2. Abattage des arbres

2.1 Seuls les arbres martelés et identifiés à l'aide de marques distinctives de peintures devront être abattus.

2.2 Le code de couleur utilisé doit être communiqué à l'équipe d'abattage avant le début des travaux par le superviseur des travaux.

2.3 L'abatteur doit utiliser des techniques et des méthodes d'abattage reconnues afin de minimiser, entre autres, les dommages causés aux arbres résiduels lors de la chute de l'arbre et par la suite, lors du débusquage des grumes. Ainsi l'abatteur devra:

2.3.1 Effectuer une encoche d'abattage conforme aux techniques reconnues et ce lors de l'abattage de chacun des arbres martelés.

2.3.2 Utiliser un levier et / ou un coin d'abattage chaque fois que requis.

2.3.3 Orienter la direction de chute de l'arbre de façon à limiter les dégats aux arbres résiduels et à faciliter le débusquage en minimisant l'effet de balayage sur les arbres résiduels. Pour ces raisons et autant que faire se peut, un angle de chute inférieur à 45° par rapport au sentier devra être maintenu.

2.4 Les arbres d'essences feuillues doivent obligatoirement être écimés à la souche selon les spécifications (diamètre minimum, utilisation des " ralles ", etc.) fournies par le superviseur - terrain des travaux. Les branches marchandes sont également façonnées selon les spécifications fournies par le superviseur terrain et débusquées jusqu'à la jetée.

2.5 La hauteur des souches ne devra pas faire obstacle au débusquage principalement lorsqu'elle se situe dans la ligne de tir de la grume. En conséquence celles-ci devront être rabaissées ou biseautées lorsque requis.

2.6 Lors de la planification de la séquence d'abattage des arbres, l'abatteur maintiendra sur pied les arbres martelés en bordure du sentier de débusquage afin qu'ils puissent servir d'arbre de garde. Ces arbres de garde seront abattus lors des derniers voyages, du fond du morceau vers la jetée.

3. Débardage des grumes

3.1 Les sentiers de débardage seront préalablement identifiés sur le terrain.

3.2 L'opérateur du débardeur à câble doit circuler dans les sentiers prédéterminés sauf circonstances d'exception.

3.3 Les manoeuvres de demi-tour devront se faire selon la méthode marche avant, marche arrière, en évitant d'endommager les arbres résiduels. Les endroits de demi-tour seront espacés à intervalles réguliers.

3.4 Le débardeur sera d'une grosseur et d'une puissance adaptée au travaux à réaliser. Il est fortement souhaitable que le débardeur soit muni d'un câble d'une longueur minimale de trente (30) mètres.

3.5 Lors du débusquage et à moins d'avis contraire, seul la partie arrière du débardeur pourra pénétrer l'inter-bande. Le débardeur sera positionné de manière à limiter l'effet de balayage sur les arbres résiduels. À cet effet :

3.5.1 Le débardeur sera positionné de façon à faire un angle aigu par rapport au sentier de débardage.

3.5.2 Le cable sera autant que faire se peut dans l'axe du débardeur et donc à angle aigu par rapport au sentier de débardage.

Fait à Sainte-Foy le 11 octobre 1997

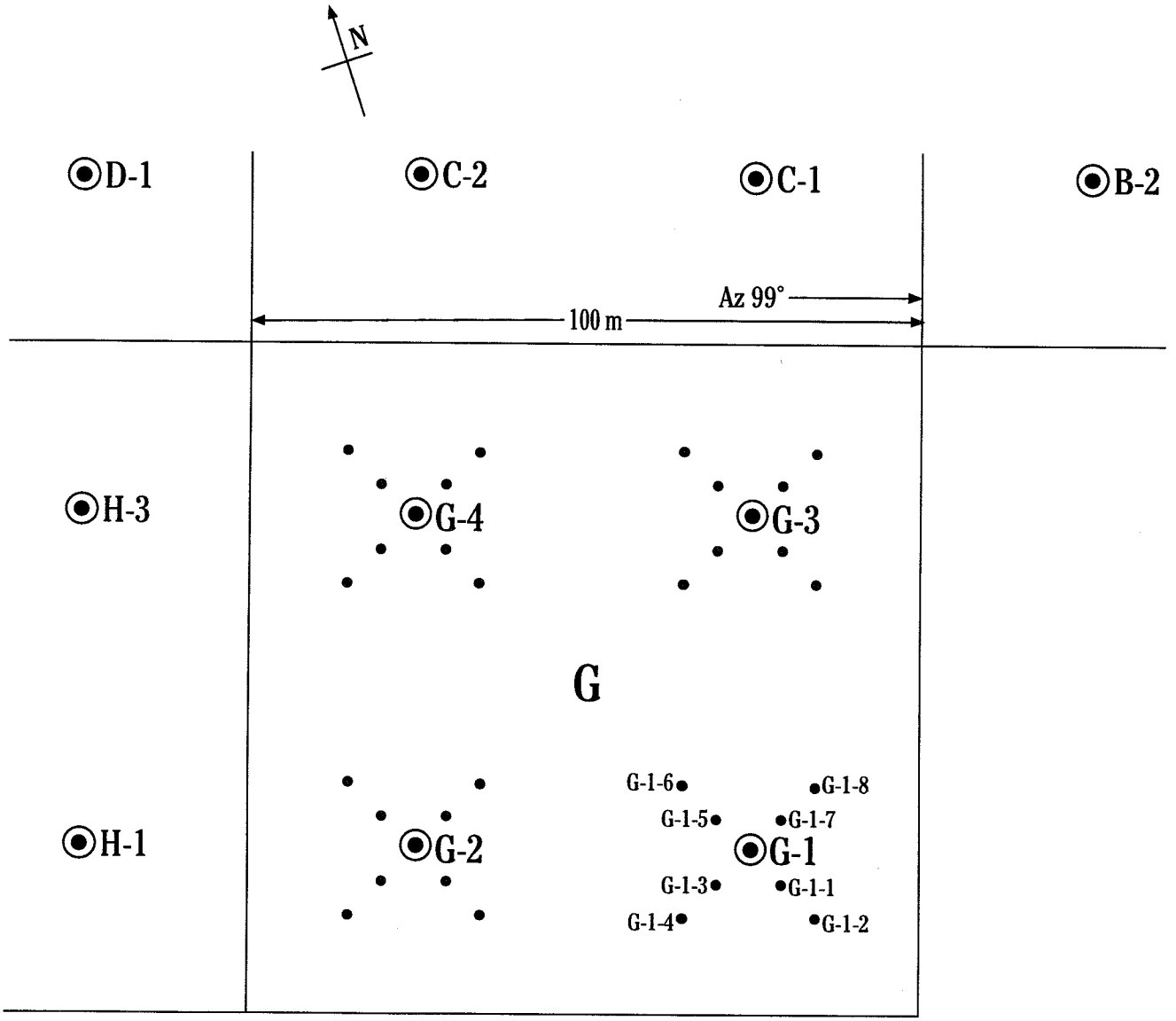
Nous accusons réception des instructions particulières de travail et reconnaissons en avoir pris connaissance.

CERFO	Date
J.A. Fontaine	Date
Jean François Grondin	Date
Abatteur	Date
Opérateur du débardeur	Date

annexe 2

Positionnement des parcelles de régénération

POSITIONNEMENT DES PARCELLES DE RÉGÉNÉRATION



◉ G-1: Centre du point de prisme pour inventaire du bois sur pied

• G-1-1: Centre de parcelle pour inventaire de régénération

Parcelle de 3,125 m^2

Rayon de 1,0 m

Parcelles situées à 7,5 m et 15,0 m du point de prisme

Azimut G-1-7: 55°

G-1-1: 145°

Échelle 1:1000

annexe 3

Références

RÉFÉRENCES

Autécologie

ANDERSON, H.W., B.D. BATCHELOR, C.M. CORBETT, A.S. CORLETT, D.T. DEUGO, C.F. HUSK and W.R. WILSON. 1990. “Effects of Different Intensities of Yellow Birch and Sugar maple Crop Tree Release”. Forest Resources group, Min. of natural Resources, 178.

ARNOLD, R.M. 1997. A canker and foliage disease of yellow birch. Can. J. Bot. 45: 783-801.

BEAUDET, M. et C. MESSIER. 1997. Le bouleau jaune en peuplements feuillus et mixtes: Autoécologie, dynamique forestière. Groupe de recherche en écologie forestière (GREF) UQAM, 56 p.

BELLEFLEUR, P. et G. LAROCQUE. 1983. “Comparaison de la croissance d’espèces ligneuses en milieu ouvert et sous couvert forestier”. Can. For. Res. 13: 508-513.

BELLEFLEUR P. et G. LAROCQUE. 1983b. Compétition pour le rayonnement solaire en début du succession secondaire dans une érablière à bouleau jaune et hêtre. Can. J. For. Res., 13: 514-521.

BENREND, D.F. and E.F. PATRIC. 1969. Influence of site disturbance and removal of shade on regeneration of deer browse. J. Wildl. Manage. 33(2): 394-398.

BENZIE, J.W. 1959. Sugar maple and yellow birch seed dispersal from a fully stocked stand of mature northern hardwoods in the Upper Peninsula of Michigan. USDA For. Serv., Lake States For. Exp. Stn. Tech. Note 561, 1 p.

BOIVIN, J.-L. et R. LAFRANCE. 1977. Les feuillus du Québec. 1. -La ressource. Min. Terres et Forêts, COGEF. 201 p.

BROWN, J.-L. 1981. Les forêts du Témiscamingue, Québec – Écologie et photo-interprétation. Études écologiques Nº 5. Université Laval, Lab. d’écologie forestière, Québec.

BROWN, J.-L. 1987. Régénération et aménagement des forêts naturelles de feuillus nobles. Comptes rendus du colloque de la régénération des essences feuillues de qualité organisé par le Service du transfert de technologie, Min. Éner. et Ress. (Secteur forêts), 16 et 17 sept. 1987, Hull. Gouv. Qué., Dir. rech. et dév. 55-73.

BROWN, K.M. and C. MERRITT. 1971. Simulated sunlight duration maps of forest openings. Indiana Academy of Science Proceedings, 1970: 80: 220-224.

BURNS, R.M. and B.H. HONKALA. 1990. Silvics of North America. Vol. 2. Hardwoods. USDA, Washington.

BURTON, D.H., H.W. ANDERSON and L.F. RILEY. 1969. Natural regeneration of yellow birch in Canada. Northeast. For. Exp. Stn. Birch Symp., Durham, NH., August 1969: 55-73.

CANHAM, C.D. 1988. Growth and canopy architecture of shade-tolerant trees: response to canopy gaps. Ecology 69(3): 786-795.

CLOUTIER, J. 1997. Le bouleau jaune au Québec, diagnostic et perspective. Mémoire de fin d'études, Fac. de foresterie et de géodésie, Univ. Laval, 77 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.

DORION, F. 1994. La régénération de la zone de la forêt mixte: Approche et vision d'un aménagiste forestier. D'Aoust, A.L., Doucet, R., organisateurs. Compte rendu du colloque " La régénération de la zone de la forêt mixte "; UQAM, Montréal, Qué.; édité par le Centre de foresterie des Laurentides, Serv. can. for., Ress. nat. Can. & la Dir. rech. for., Ress. nat. Qué. Sainte-Foy, Qué. 95-105.

DUBREUIL, D. 1995. Étude des adaptations du bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton) à l'humidité de l'air et du sol et à la lumière. Mémoire de maîtrise, Fac. de foresterie et géodésie de l'Université Laval, 45 p.

ERDMANN, G.G. 1990a. *Betula alleghaniensis* Britton - Yellow Birch. *In:* BURNS, R.M., Editors. Silvics of North America. Vol. 2. Hardwoods. USDA 133-147.

ERDMANN, G.G. 1990b. "Yellow Birch" *in*, RUSSELL, M., BURNS, R.M. and B.H. HONKALA. "Sylvics of North America. VoL. 2: Hardwoods" For. Serv., USDA, Washington, 93-107.

FARRAR, J.L. 1996. Les arbres du Canada. Éditions Fides et Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada. Saint-Laurent et Ottawa.

FILIP, S.M. 1969. Natural regeneration of birch in New England. In: Birch symposium proceedings; 1969 August 19-21; Durham, NH, Upper Darby. PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn.: 50-54.

GODMAN, R.M. 1957. Disking increases the number and growth of yellow birch seedlings. USDA For. Serv. Lake States For. Exp. Stn. Tech. Note 511.

GODMAN, R.M. 1959. Are water table levels an important factor in the establisment and growth of yellow birch? Mich. Acad. Sci., Arts, Letters XLIV: 183-190.

GODMAN, R.M. and L.W. KREFTING. 1960. Factors important to yellow birch establishment in Upper Michigan. Ecology 41(1): 18-28.

GODMAN, R.M. and D.J. BOOKS. 1971. Influence of stand density on stem quality in polesize northern hardwoods. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-54, 7 p. North Cent. For. Exp. Stn., St.Paul, MN.

GODMAN, R.M. and G.A. MATTSON. 1976. Seed crops and regeneration problems of 19 species in Northeastern Wisconsin. USDA For. Serv. North Cent. For. Exp. Stn., St.Paul, MN, Res. Pap. NC 123, 5 p.

GORDON, J.C. 1969. Effect of shade on photosynthesis and dry weight distribution in yellow birch seedings. Ecology 50(5):924-926.

GRANDTNER, M., C. CAMIRÉ, N. VILLENEUVE, C. ANSBEAN, A. MUNSON, L. LAMONTAGNE et M. LAPOINTE. 1995. Guide de l'excursion en écologie forestière, 10e éd. Dép. des sciences forestières, Fac. de foresterie et de géomatique, Univ. Laval.

HANNAH, P.R. 1978. "Growth of large yellow birch sapling following crop tree thinning". J. For., April, 222-223.

HARSLEY, S.B. et D.A. MARQUIS. 1983. "Interference by Weeds and dear with Allegheny Hardwood Reproduction". Can. J. For. Res., Vol. 13: 61-69.

HATCHER, R.J. 1966. Yellow birch regeneration on scarified seedbeds under small canopy gaps. For. Chron. 42:350-358.

HEIZMANN, F. et R.D. NYLAND. 1994. Influences of pin cherry (*Prunus pensylvanica* L. F.) on growth and development of young even-aged northern hardwoods. For. Ecology Manag., 67: 39-48.

HOULE, G. et S. PAYETTE. 1991. Seed dynamics of Betula alleghaniensis in a deciduous forest of north-eastern North America. Amer. J. Bot 78(7): 895-905.

HOYLE, M.C. 1965. Variations in foliage composition and diameter growth of yellow birch with season, soil and tree size. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29: 475-480.

HOYLE, M.C. 1969. Response of yellow birch in acid subsoil to macronutrient additions. Soil Sci. 108(8): 354-357.

HOYLE, M.C. 1982. "Plantation Birch: What Works, What Doesn't". *J. For.*, 16-19.

HUGHES, J. and T.J. FAHEY. 1988. Seed dispersal and colonization in a disturbed northern hardwood forest. Bull. Torrey Bot. Club, 115: 89-99.

JACOBS, R.D. 1960. Top-dying of yellow birch, Upper Michigan 1955-59. USDA For. Serv., Lake States For. Exp. Stn. Tech. Note 585, 2 p.

JARVIS, J.M. 1957. Cutting and seedbed preparation to regenerate yellow birch, Haliburton County, Ontario. Can. Dept. N. Affairs Nat. Res., For. Res. Div. Tech. Note 53, 17 p.

JOBIDON, R. 1995. Autoécologie de quelques espèces de compétition d'importance pour la régénération forestière au Québec. Revue de littérature. Mém. de rech. for. Nº 117, Gouv. Qué., MRNQ, Dir. rech. for., Ste-Foy, Qué.

LAVALLEE, A. and M. LORTIE. 1968. Relationships between internal features and trunk rot in living yellow birch. For. Chron. 44(2): 5-10.

LINTEAU, A. 1948. Factors affecting early germination and survival of yellow birch (*Betula lutea* Michx.) in Quebec. For. Chron. 24: 27-86.

LOGAN, K.T. 1965. Growth of tree seedlings as affected by light intensity. I. White birch, yellow birch, sugar maple and silver maple. Dept. of Forestry of Canada, Petawawa For. Exp. Stn. Nº 1121. Chalk River, Ont. 16 p.

LORIMER, C.G. 1989. Relative effects of small and large disturbances of temperate hardwood forest structure. Ecology 70(3): 565-567.

MAJCEN, Z., Y. RICHARD et M. MÉNARD. 1984. Écologie et dendrométrie dans le sud-ouest du Québec. Étude de douze secteurs forestiers, Serv. de la rech., MERQ, Qué. Mémoire N° 85. 333 p.

MARKS, P.L. 1974. The role of pin cherry (*Prunus pensylvanica* L.) in the maintenance of stability in northern hardwood ecosystems. Ecological Monographs. 44: 73-88.

MARQUIS, D.A. 1969. Silvical requirements for natural birch regeneration. *In*: Birch symposium proceedings: 1969 August 19-21; Durham, NH, Upper Darby, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn.: 40-49.

NIESE, JN., T.F. STRONG et G.G. ERDMANN. 1995. Forty years of alternative management practices in second-growth, pole-size northern hardwoods. II. Economic evaluation. Can. J. For. Res. 25: 1180-1188.

PARENT, S. et C. MESSIER. 1995. Effet d'un gradient de lumière sur la croissance en hauteur et la morphologie de la cime du sapin baumier régénéré naturellement. Can. J. For. Res. 25: 878-885.

PERALA, D.A. and A.A. ALM. 1990. Regeneration silviculture of birch: a review. For. Ecol. Manag. 32: 39-77.

REDMOND, D.R. 1957. Observations on rootlet development in yellow birch. For. Chron. 33: 208-212.

RICHARDS, N.A. and C.E. FARSWORTH. 1971. Effects of cutting level on regeneration of northern hardwoods protected from deer. J. Forestry, 69: 230-233.

RINGGER, D.L. and Forest Stearns. 1972. Influence of forest openings on climate. University of Wisconsin, Field Stations Bull., 5: 8-12. Milwaukee, Wisconsin.

ROBITAILLE, D. 1996. Plantation de bouleaux jaunes de 1972: Station forestière Duchesnay. Service de l'amélioration des arbres, MRNQ, 6 p.

RUEL, J.-C., D. LOUSTEAU et M. PINEAU. 1988. Relations entre la microtopographie, les caractéristiques de la couverture morte et la répartition des essences dans une érablière à bouleau jaune. Can. J. For. Res. 18: 1196-1202.

TRIMBLE, G.R. Jr. 1973. The regeneration of central Appalachian hardwoods with emphasis on the effects of site quality and harvesting practice. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-282, 14 p.

TUBBS, C.H. 1964. Germination of yellow birch seeding following natural stratification in Upper Michigan. USDA For. Serv. Res. Note LS-34, 2 p. Lake States For. Exp. Stn., St.Paul, MN.

TUBBS, C.H. 1968. The influence of residual stand densities on regeneration in sugar maple stands. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-47.

TUBBS, C.H. 1969. The influence of light, moisture and seedbed on Yellow birch regeneration. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-27, 12 p. St.Paul, MN.

TUBBS, C.H. 1969b. Natural regeration of yellow birch in the Lake States. Northeast. For. Exp. Stn. Birch Symp., Durham, NH, August 1969: 73-78.

TUBBS, C.H. 1970. The competitive ability of yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton) seedlings in the presence of sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) with specific references to the role of allelopathic substances. Ph.D. Thesis, Univ. Mich. 80 p.

TUBBS, C.H. 1973. Allelopathic relationship between yellow birch and sugar maple seedlings. For. Sci. 19 (2): 139-145.

TUBBS, C.H. 1977. Natural Regeneration of Northern Hardwoods in the Northern Region. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-150.

TUBBS, C.H. and R.R. OBERG. 1966. Growth response of seedling yellow birch to humus-mineral soil mixtures. USDA For. Serv. Res. Note NC-6, 2 p. North Cent. For. Exp. Sta., St.Paul, MN.

TUBBS, C.H. and L.J. VERME. 1972. How to create wildlife openings in northern hardwoods. USDA For. Serv., 5 p. North Cent. For. Exp. Stn., St.Paul, MN.

U.S. Forest Service, Lake States Forest Experiment Station. 1929. What happens to millions of little trees in a virgin hardwood forest. Tech. Note 9,1 p.

WANG, B.S.P. 1965. Seedbed, canopy and moisture effects on growth of yellow birch seedlings. For. Chron. 41: 106-107.

WINGET, C.H. and T.T. KOZLOWSKI. 1965. Yellow birch germination and seedling growth. For. Sc. 11(4): 386-392.

WINGET, C.H., G. COTTAM and T.T. KOZLOWSKI. 1965. Species association and stand structure of yellow birch in Wisconsin. For. Sci. 11(3): 369-383.

Références générales

Ouvrages généraux

BÉRARD, J.A. 1996. Manuel de foresterie. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. Les Presses de l'Université Laval, Québec.

BURNS, R.M. 1983. Silvicultural systems for the major forest types of the United States. Agriculture Handbook Nº 445. USDA, Washington, DC.

CRCHA, J. et F. TROTTIER. 1991. Guide de traitements sylvicoles — Les feuillus tolérants. Service des techniques d'intervention forestière, Min. des Forêts, 55 p.

FILIP, S.M. and W.B. LEAK. 1973. Northeastern northern hardwoods. *In*: Silvicultural systems for the major forest types of the United states. Agric. Handbook Nº 445, Washington, DC: USDA, 75-77.

GILBERT, A.M. and V.S. JENSEN. 1958. A management guide for northern hardwoods in New England. USDA For. Serv. Northeast. For. Exp. Stn. Pap. 112, 22 p.

GRANDTNER, M.M. 1966. La végétation forestière du Québec méridional. Presses de l'Université Laval, Québec, 216 p.

GREEN Mt. Nat. For. 1980. A supplemental prescription key for "A silvicultural guide for northern hardwoods in the northeast" 11 p.

JACQUES, A. 1996. Revue de littérature: pratiques forestières en peuplements feuillus et mixtes. Rapport présenté à la Forêt Modèle du Bas St-Laurent par Del Degan, Massé et Ass.

JENSEN, V.S. 1943. Suggestions for the management of northern hardwood stands in the Northeast. J. For. 41: 180-185.

LANIER, L. 1986. Précis de sylviculture. École nationale du génie rural, des eaux et des forêts, Nancy, France.

LEAK, W.B., D.S. SOLOMON and S.M. FILIP. 1969. A silvicultural guide for northern hardwoods in the Northeast. Res. Pap. NE-143. Upper Darby, PA: USDA For. Serv. Northeast. For. Exp. Stn.: 106-118.

MARQUIS, D.A. R.L. ERNEST and S.L. STOUT. 1984. Prescribing silvicultural treatments in hardwood stands of the Alleghenies. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-96. 90 p.

NIESE, J.N. et T.F. STRONG. 1992. Economic and tree diversity trade-offs in managed northern hardwoods. Can. J. For. Res. 22: 1807-1813.

NYLAND, RD. 1991. A perspective on northern hardwood silviculture. Forest Ecology Working Group Session, Society of American Foresters National Convention; 1991 Aug. 4; San Fransisco, CA. Society of American Foresters, Bthedsa, MD.

PRÉVOST, M. 1996. Mixedwood management research and practice in Quebec. *In*: Comeau, P.G. and Thomas, K.D., eds. Silviculture of temperate and boreal broadleaf-conifer mixtures. BC. Min. of Forests, Research Branch. Victoria, BC, 97-101.

ROBITAILLE, L. et Z. MAJCEN. 1991. Traitements sylvicoles visant à favoriser la régénération et la croissance du bouleau jaune. L'Aubelle, fév. 10-12.

ROBITAILLE, L. et M. ROBERGE. 1981. La sylviculture du bouleau jaune au Québec. Revue Forestière Française 33 (Nº Special): 105-112.

SMITH, D. 1986. The practice of silviculture, 8th ed., John Wiley & Sons, New York, NY.

SOLOMON, D.S. and W.B. LEAK. 1986. Simulated yields for managed northern hardwood stands. Res. Pap. NE-578. Broomall, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn. 24 p.

TRIMBLE, G.R. Jr., J.H. PATRIC, J.D. GILL, G.H. MOELLER and J.N. KOCHENDERFER. 1974. Some options for managing forest land in the Central Appalachians. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-12, 42 p. Northeast. For. Exp. Stn., Upper Darby, PA.

TROUP, R.S. 1966. Silvicultural systems. Oxford Clarendon Press, Oxford, England, 216 p.

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

TUBBS, C.H., R.D. JACOBS and D. CUTLER. 1983. Northern Hardwoods. *Dans :* BURNS, R.M., Techn. Compiler. Silvicultural systems for the major forest types of the United States. Agric. Handbook Nº 445. USDA For. Serv., Washington, DC. 121-127.

Références générales
Dynamique

BICKNELL, S.H. 1979. Pattern and process of plant succession in a revegetating northern hardwood ecosystem. New Haven. CT: Yale Univ. 218 p. Ph.D. dissertation.

FORCIER, L.K. 1975. Reproductive strategies and the co-occurence of climax tree species. Science 189: 808-810.

FOX, J.F. 1977. Alternation and coexistence of tree species. The American Naturalist, 111: 69-89.

GILBERT, A.M. 1965. Stand differentiation ability in northern hardwoods. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-37.

HOULE, G. 1992. The reproductive ecology of *Abies balsamea*, *Acer saccharum* and *Betula alleghaniensis* in the Tantaré Ecological Reserve, Quebec. J. Ecol. 80: 611-623.

HOULE, G. 1994. Spatiotemporal patterns in the components of regeneration of four sympatric tree species - *Acer rubrum, A. saccharum, Betula alleghaniensis* and *Fagus grandifolia*. J. Ecol. 82: 39-53.

LORIMER, C.G. 1977. The presettlement forest and natural disturbance cycle of northeastern Maine. Ecology 58(1): 139-148.

LORIMER, C.G. 1980. Age structure and disturbance history of a southern Appalachian virgin forest. Ecology 6(5): 1169-1184.

LORIMER, C.G. 1985. Methodological considerations in the analysis of forest disturbance history. Can. J. For. Res. 15: 200-213.

MARKS, P.L. 1975. On the relation between extension growth and successional status of deciduous trees of the northeastern United States. Bull. Torrey Bot. Club 102(4): 172-177.

WINGET, C.H. 1968. Species composition and development of second-growth hardwood stands in Quebec. For. Chron. 44: 1-5.

Références générales

Modélisation

BOTKIN, D.B., J.F. JANAK and J.R. WALLIS. 1972. Some ecological consequences of a computer model for forest growth. J. Ecol., 60: 849-872.

CARMEAN, W.H. 1978. Site index curves for northern hardwood in northern Wisconsin and Upper Michigan. Res. Pap. NC-160, USDA For. Serv., St.Paul, MN, 16 p.

CARMEAN, W.H. 1979. A comparison of site index cuves for northern hardwood species. Res. Pap. NC-167, USDA For. Serv., St.Paul, MN, 12 p.

CARMEAN, W.H., J.T. HAHN and R.D. JACOBS. 1989. Site index curves for forest species in the eastern United States. Gen. Tech. Rep. NC-128, USDA For. serv., St.Paul, MN, 142 p.

CURTIS, R.O. and B.W. POST. 1962. Site index curves for even-aged northern hardwoods in the Green Mountains of Vermont. Vt. Agr. Exp. Sts., Bull. 629, 16 p.

GINGRICH, S.F. 1967. Measuring and calculating stocking and stand density in upland hardwood forests in the Central States. For. Sci. 13: 38-53.

PERRON, J.Y. 1983. Tarif de cubage général. Volume marchand brut. Serv. inv. for. MERQ. Qué., 52 p.

PLONSKI, W.-L. 1974. Normal yield tables (metric) for major forest species of Ontario. Min. Nat. res., Div. of Forests, 40 p.

SOLOMON, D.S. and W.B. LEAK. 1969. Stocking, growth and yield of birch stands. *In*: Birch symposium proceedings: 1969 August 19-21; Durham, NH Upper Darby, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn.: 106-118.

Références générales

Débardage, scarifiage et dommages

BENZIE, J.W. 1959. Small tractors, ground skidding reduce tree damage in selection harvest. Timberman 60(1): 42, 43, 54.

HESTERBERG, G.A. 1957. Deterioration of sugar maple following logging damage. USDA For. Serv. Lake States For. Exp. Stn. Pap. 51-58.

MEYER, G., J.H. OHMAN and R. OETTEL. 1966. Skidding hardwoods – articulated rubber-tired skidders versus crawler tractors. J. Forest. 64(3): 191-196.

NICHOLS, M.T., R.C.Jr LEMIN and W.D OSTROFSKY. 1994. The impact of two harvesting systems on residual sterms in a partially cut stand of Northern Hardwoods. Can. J. For. Res. 24(2): 350-357.

NYLAND, R.D. 1994. Careful logging in northern hardwoods. *In*: Riche, J.A, ed. Logging damage: the problems and practical solutions. For. Res. Inf. Pap. Nº 117, Ontario Min. Nat. Res., Sault Ste-Marie, Ont. 29-51.

OHMAN, J.H. 1970. Value loss from skidding wounds in sugar maple and yellow birch. J. For. 68: 226-30.

TUBBS, C.H. 1963. Artificially constructed mounds show promise in yellow birch regeneration USDA For. Serv. Res. Note LS-32, 2 p. Lake States For. Exp. Stn., St.Paul, MN.

Références générales

Productivité

LEMIEUX, R. 1992. Méthode de mesurage des bois. Instruction. Gouv. Qué., 5-16.

MELLGREN, P.G. 1980. Classification du terrain pour la foresterie du Canada. L'Association Canadienne des Producteurs de Pâtes et Papiers. 13 p.

PERRON, J.-Y. 1983. Tarif de cubage général. Volume marchand brut. Serv. de l'inventaire for., MERQ, 52 p.

RICHARDS, F.J. 1959. A flexible growth function for empirical use. J. Exp. Botany 10(29) 290-300.

RONDEUX, J. 1993. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les Presses agronomiques de Gemblaux, Belgique. 521 p.

WOLEK, J. 1992. Vademecum statystyki dla biologów. Polish Academy of Sciences. Kraków, 137 p.

McNAMARA, R. 1997. Jardinage de forêts de feuillus tolérants avec abatteuse. Rap. de projet N° 4067. Programme essais, expérimentations et transfert technologique en foresterie. 29 p.

Procédés de régénération du régime de la futaie régulière

Coupe à blanc d'un seul tenant

BALDWIN, V.C. Jr. 1977. Regeneration following cutting in a New Brunswick stand. Can. For. Serv. Inf. Rep. M-X-76. Maritimes For. Res. Cent., Fredericton, NB.

BOIVIN, J.L. 1971. Étude de la régénération après coupe rase dans des peuplements feuillus et mélangés de l'ouest québ.cois. For. Chron. 47: 82-85.

ERDMANN, G.G. et R.R. OBERG. 1973. Fifteen-years results from six cutting methods in second-growth northern hardwoods. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-100, 12 p.

DALE, M.E., H.C. SMITH et J.N. PERCY. 1995. Size of clearcut opening affects Species Composition Growth Rate and Stand characteristic. Res. Pap. NE-698, Radnor, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn., 21 p.

HORNBECK, J.W., C.W. MARTIN, R.S. PIERCE, F.H. BORMANN, G.E. LIKENS and J.S. EATON. 1987. The northern hardwood forest ecosystem: ten years of recovery from clearcutting. Res. Pap. NE-596. Broomall, PA. USDA For. Serv. Northeast. For. Exp. Stn. 30 p.

HIX, D.M. and B.V. BARNES. 1984. Effects of clearcutting on the vegetation and soil of an eastern hemlock dominated ecosystem, western Upper Michigan. Can. J. For. Res. 14: 914-923.

JARVIS, J.M. 1957. Cutting and seedbed preparation to regenerate yellow birch, Haliburton County, Ontario. Can. Dept. N. Affairs Nat. Res., For. Res. Div. Tech. Note 53, 17 p.

LEAK, W.B. 1961. Development of second-growth northern hardwood on Bartlett Experimental Forest, a 25-years record. USDA For. Serv. Northeast. For. Exp. Stn. Pap. 155.

LEAK, W.B. and R.W. WILSON Jr. 1958. Regeneration after cutting of old growth northern hardwoods in New Hampshire. USDA For. Serv. Northeast. For. Exp. Stn., Sta. Pap. 103, 8 p.

MARQUIS, D.A. 1967. Clearcutting in northern hardwoods: results after 30 years USDA For. Serv. Res. Pap. NE-85. Northeast. For. Exp. Stn., Upper Darby, PA, 13 p.

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

MOU, P., T.J. FAHEY and J.W. HUGHES. 1993. Effects of soil disturbance on vegetation recovery and nutrient accumulation following whole-tree harvest of a northern hardwood ecosystem. J. Appl. Ecol. 30: 661-675.

NYLAND, R.D. and H.J. IRISH. 1971. Early response to clearcutting in northern hardwoods. NY State Univ., Coll. of Forestry, Applied For. Res. Inst., Res. Note 2, 1 p. Syracuse, NY.

ROBERTS MR., et H. DONG. 1993. Effects of soil organic layer removal on regeneration after clear-cutting a northern hardwood stand in New Brunswick. Can. J. For. Res. 23: 2093-2100.

ROBITAILLE, L. 1978. Résultats quinquennaux de plantation et de régénération naturelles du bouleau jaune, suite à une coupe rase avec et sans scarification. Symposium Feuillus spéciaux. Exposés. Institut national de la recherche agronomique, CNRF, Nancy, FRANCE, 147-157.

WALTERS, R.S. and R.D. NYLAND. 1989. Clearcutting central New York northern hardwood stands. North. J. Appl. For. 6: 75-78.

WILSON, R.W. Jr and U.S. JENSEN. 1954. Regeneration after clearcutting second growth Northern Hardwoods, USDA For. Serv. For. Exp. Stn., For. Res. Note 27, 3 p.

Procédés de régénération du régime de la futaie régulière

Coupe à blanc par bandes

BERRY, A.B. 1964. Effect of strip width on proportion of daily light reaching the ground. For. Chron. 40: 130-131.

BOIVIN, J.-L. 1975. Description et aménagement de trois groupements végétaux de l'aire des feuillus tolérants. TF1-C171, Serv. Plan d'aménagement, Dir. gén. des forêts, Min. Terres et Forêts, 74 p.

BOIVIN, J.-L. 1985. Coupes par bandes dans des peuplements de feuillus. Résultats après 14 ans. For. Chron. 61: 229-232.

BOIVIN, J.-L. 1986. Résultats de coupes par bandes dans trois cantons de l'ouest québécois après quatre ans. MERQ (For.), Dir. rech. Note rech. for. N° 33.

CLAUSEN, J.C. and A.C. MACE, Jr. 1972. Accumulation and snow melt on north-south versus east-west oriented clearcut strips. For. Res. Note 234, 4 p. Coll. of Foresrty, Minn. Univ., St.Paul, MN.

CLOUTIER, M., M. LEMAY et L. RICHARD. 1980. Étude de la régénération 10 ans après une coupe par bande de différentes largeurs. Mémoire de fin d'études, Fac. de foresterie et de géodésie, Univ. Laval, 47 p.

EYRE, F.H. ET W.M. ZILGITT. 1953. Partial cuttings in northern hardwoods of Lake Station: twenty years experimental results. USDA Tech. bull., 1076. 124 p.

GRENIER, J.D. 1996. Étude de la régénération du bouleau jaune des coupes par bande. Mémoire de fin d'études. Fac. de foresterie et de géomatique, Univ. Laval, 32 p.

LECUYER, H. et J. MARTEL. 1950. La coupe à blanc par bande: une des meilleures méthodes de régénération naturelles. Min. des Forêts, 18 p.

MARQUIS, D.A. 1966. Germination and growth of paper birch and yellow birch in simulated strip cuttings. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-54, 19 p. Northeast. For. Exp. Stn., Upper Darby, PA.

MARTIN, C.W. and J.W. HORNBECK. 1990. Revegetation After Strip Cutting and Block Clearcutting in Northern Hardwoods. North. J. Appl. For. 7(2): 65-68, Res. Pap. NE-625, Northeast. For. Exp. Stn., For. Serv., USDA 17 p.

METZGER, F.T. 1980. Strip clearcutting to regenerate Northern Hardwoods. USDA. Dept. Agr. For. Serv. North Central Exp. Stn., NC-186, St.Paul, MN, 14 p.

ROBERGE, M.R. 1979. La coupe à blanc par bande peut-elle maintenir les strates actuelles comme strates de retour. Progrès forestier, Déc.: 43-44.

ROBERGE, M.R. 1979. La coupe à blanc par bande peut-elle maintenir les strates actuelles comme strates de retour (2e partie). Progrès forestier, Mars: 41-42.

ROBERGE, M.R. 1987. "Managing Northern hardwoods by clearcutting 30m wide strips: 10- years result". For. Chron. 169-173.

RUEL, J.-C. et M. PINEAU. 1994. La coupe à blanc par bandes et la coupe progressive: État actuel des connaissances. D'AOUST, A.L., et R. DOUCET, organisateurs. Compte-rendu du colloque "La régénération de la zone de la forêt mixte" tenu le 19 mai 1994 à l'UQAM, Montréal, Qué. Édité par le Centre de foresterie des Laurentides, Serv. can. for., Ress. nat. Can. et la dir. rech. for., Ress. nat. Qué. Ste-Foy, Qué., 31-43.

Procédés de régénération du régime de la futaie régulière

Coupe avec semencier

ERDMANN, G.G. et R.R. OBERG. 1973. Fifteen-years results from six cutting methods in second-growth northern hardwoods. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-100, 12 p.

QUENTIN, B. 1954. Expérimentation de divers traitements sous couvert pour favoriser la régénération d'essences désirées en peuplements feuillus et mélangés, dégradés à base d'érables et de bouleaux jaunes. Rapport publié dans le cadre du programme EETTF. Projet Nº 1019, Serv. Can. For., Centre de foresterie des Laurentides, Qué.

Procédés de régénération du régime de la futaie régulière

Coupe progressive

BOIVIN, J.-L. 1975. Coupes progressives par bandes de une, deux et trois chaînes de largeur. Min. Terres et Forêts. Qué. Serv. Plans aménag. for.

GODMAN, R.M. and C.H. TUBBS. 1973. Establishing even-aged northern hardwood regeneration by the shelterwood method. A preliminary guide. Illus. (USDA For. Serv. Res. Pap. NC-99), North Cent. For. Exp. Stn.,St.Paul, MN, 9 p.

HANNAH, P.R. 1988. The shelterwood method in northeastern forest type: A literature review. NJAF. 5: 70-77.

HANNAH, P.R. 1991. Regeneration of northern hardwoods in the northeast with the shelterwood method. North. J. Appl. For. 8: 99-104.

JACOBS, R.D. 1974. Damage to northern hardwood reproduction during removal of shelterwood overstory. 1. For. 72: 651-656.

KELTY, M.J. et R.D. NYLAND 1981. Regenerating adirondacks northern hardwoods by shelterwood cutting and control of deer density. J. For. 79: 22-26.

KELTY, M.J. 1987. Shelterwood cutting as an even-aged reproduction method. *In*: Managing northern hardwoods. NY State Univ. Fac. For. Misc. Pub. N° 13: 128-142.

LEFFELMAN L.J. ET R.C. HAWLEY. 1925. Studies of connecticut hardwoods: the treatment of advanced growth arising as a result of thinnings and shelterwood cuttings. Yale Univ., School For. Bull. 15, 16 p.

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

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

LOTZ, R.J. and A.C. CLINE. 1947. Results of the first thirty years of experimentation in silviculture in the Harvard Forest. 1908-1938. Part. 1: The conversion of stands of old held origin by various methods of cutting and subsequent cultural teatments. Harvard For. Bull. 23.

MAJCEN, Z., 1997. Résultats d'un essai de coupe progressive dans trois érablières. Rap. int. No. 421, Dir. Rech. For., MRNQ, 21 p.

MARQUIS, D.A. 1979. Shelterwood cutting in Alleghany hardwoods. J. For. 77: 140-144.

MARTIN, A.J. and P.M. HIX. 1988. Regeneration development in an upland hardwood stand following a shelterwood harvest. NJAF, 5: 46-49.

METZGER, F.T. and C.H. TUBBS. 1971. The influence of cutting method on regeneration of second-growth northern hardwoods. J. For. 69(9): 559-564.

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.

RICARD, P. 1995. Visite à la Forêt Duchesnay - La sylviculture sur le bouleau jaune. 31 juillet 95. Note de cours, 15 p.

RUEL, J.-C. et M. PINEAU. 1994. La coupe à blanc par bandes et la coupe progressive: État actuel des connaissances. D'AOUST, A.L., et R. DOUCET, organisateurs. Compte-rendu du colloque "La régénération de la zone de la forêt mixte" tenu le 19 mai 1994 à l'UQAM, Montréal, Qué. Édité par le Centre de foresterie des Laurentides, Serv. can. for., Ress. nat. Can. et la dir. rech. for., Ress. nat. Qué. Ste-Foy, Qué., 31-43.

SMITH, H.C., N.I. LAMSON and G.W. MILLER. 1987. An esthetic alternative clearcutting? Deferment cutting in Eastern Hardwoods, J. For., 3: 14-18.

TRITTON, L.M. and P.E. SENDAK. 1995. Ecological aspects of forest management planning: A northern hardwood forest case study. North. J. Appl. For. 12(3): 121-126.

TUBBS, C.H. ET F.T. METZGER. 1969. Regeneration of Northern Hardwoods under shelterwood cutting. For. Chron. 333-337.

TUBBS, C.H. ET N. LAMSON. 1991. Effect of shelterwood canopy density on sugar maple reproduction in Vermont. NJAF 8: 86-89.

Procédés de régénération du régime de la futaie régulière
Éclaircie commerciale

FOURNIER, M., C. BORDELEAU and M.R. ROBERGE. 1976. État d'une érablière rouge dix ans après éclaircie. Fonds Rech. For. Univ. Laval Note Tech.

LEFFELMAN, J.L. and R.C. HAWLEY. 1925. Studies of Connecticut hardwoods the treatment of advance growth ending as a result of thinning and shelterwood cuttings. Yale Univ. Sch. For. Bull. 15, 16.

MAJCEN, Z. 1997. Coupe de jardinage et coupe d'éclaircie commerciale dans cinq secteurs forestiers. Accroissement quinquennal en surface terrière et état de la régénération. Gouv. Qué., MRNQ, Dir. rech. for. Rapport interne N° 424.

PERKEY, A.W., B.L. WILKINS and H.C. SMITH. 1994. Crop tree management in eastern hardwoods. NA-TP-19-93. Radnor, PA: USDA For. Serv. Northeast. Area, State and private Forestry, 58 p.

POTHIER, P. 1996. Accroissement d'une érablière à la suite de coupe d'éclaircie: résultats de 20 ans. Can. J. For. Res. 26: 543-549.

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

ROBERGE, M.R. 1975. Éclaircie dans une érablière à hêtre en vue de produire du bois d'oeuvre de bouleau jaune. Nat. can. 102: 353-361.

ROBERGE, M.R. 1977b. Influence of cutting methods on natural and artificial régénération of yellow birch in Quebec Northern hardwoods. Can. J. For. Vol. 7: 175-181.

ROBERGE, M.R. 1988a. Vingt ans d'aménagement par groupes d'une bétulaie jaune à érables. Centre de foresterie des Laurentides, Rap. d'inf. LAU-X-81B, Qué.

ZARNOVICAN, R. et C. LABERGE. 1994. Réaction de principales essences feuillues à l'éclaircie de mise en lumière dans une érablière à bouleau jaune en Estrie. Ress. Nat. Can. Serv. Can. For. Rap. d'inf.: L'AU-X-109, 22 p.

Procédés de régénération du régime de la futaie irrégulière

Coupe de Jardinage

ANDERSON, H.W. and J.A. RICE. 1993. A tree-marking guide for the tolerant working group in Ontario. Ontario Ministry of Natural Resources, Sci. and Tech. Series: Vol. 8, Toronto, Ont.

ARBOGAST, C.Jr 1957. Marking guides for Northern Hardwoods under the selection system. USDA For. Serv. Lake States, For. Exp. Stn., St. Pap. 56, 20 p.

BERRY, A.B. 1981. Études d'exploitation des feuillus tolérants par coupe sélective. Institut forestier national de Petawawa. Serv. can. for., Rap. d'inf. PI-X-8(F). Chalk River, Ont.

COLE, W.G. 1991. Prediction of tree growth and gap closure rates after selective cutting in second-growth northern hardwood forests. Ph.D. Thesis. Univ. of Wisconsin-Madison, 141 p.

CROW, T.R., C.H. TUBBS, R.D. JACOBS and R.R. OBERG. 1981. Stocking and structure for maximum growth in sugar maple selection stand. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-109, 16 p.

CROW, T.R. et F.T. METZGER. 1987. Regeneration under selection cutting. *Dans* NYLAND, R.D., ed. Managing northern hardwoods; 1986 June 23; NY. State Univ., Coll. Environ. Sci. For. Society of America Foresters. Syracuse, NY Tech. Publ. N° 13 (ESF87-002): 81-94.

ERDMANN, G.G. et R.R. OBERG. 1973. Fifteen-years results from six cutting methods in second-growth northern hardwoods. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-100, 12 p.

HANSEN, G.P. and R.D. NYLAND. 1987. Effects of diameter distribution on the growth of simulated uneven-aged sugar maple stands. Can. J. For. Res. 17: 1-8.

LAMSON, N.I. and H.C. SMITH. 1991. Stand development and yields of Appalachian hardwood stands managed with single-tree selection for at least 30 years. Res. Pap. NE-655. USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn., Radnor, PA.

LA ROCQUE, G. 1985. Regeneration in a tolerant hardwood stand managed under single-tree selection. Can. For. Serv., Petawawa Nat. For. Inst., Inf. Rep. PI-X-50.

LEAK, W.B. and J.H. GOTTSACKER. 1985. New approches to uneven-aged management in New England. North. J. Appl. For. 2: 28-31.

MADER S.F. et R.D. NYLAND. 1984. Six-years response of northern hardwoods to the selection system. North. J. Appl. For. 1: 87-91.

MAJCEN, Z. 1987. Projet expérimental d'aménagement inéquienne dans les forêts de Sainte-Véronique, de Gatineau, de la réserve Papineau-Labelle et du Lac Gagnon. MERQ, Gouv. Qué. Rap. interne Nº. 270, Ste-Foy, Qué.

MAJCEN, Z. 1988. Projet expérimental d'aménagement inéquienne dans les forêts des régions administratives de l'Outaouais et de Montréal. Dir. rech. et dév., MERQ, Qué. Rap. interne N° 298, 114 p.

MAJCEN, Z. 1993. Accroissement et régénération dans onze secteurs à la suite des coupes de jardinages. Gouv. Qué., Min. For., Dir. rech. Rap. interne N° 371, 123 p.

MAJCEN, Z. 1994. Historique des coupes de jardinage dans les forêts inéquiennes au Québec. Revue Forestière Française 46(4): 375-384.

MAJCEN, Z. 1995b. Résultats après 10 ans d'un essai de coupe de jardinage dans une érablière. Gouv. Qué., MRNQ, Dir. rech. For. Mémoire de recherche forestière N° 122, Ste-Foy, Qué.

MAJCEN, Z. 1996. Coupe de jardinage et coupe de succession dans cinq secteurs forestiers. Accroissement quinquenal en surface terrière et état de la régénération. Gouv. Qué., MRNQ, Dir. rech. for. Note de rech. for. N° 70, 20 p.

MAJCEN, Z. 1997. Coupe de jardinage et coupe de succession dans trois secteurs forestiers. Accroissement quinquenal en surface terrière et état de la régénération. Gouv. Qué., MRNQ, Dir. rech. for. Mémoire N° 129.

MAJCEN, Z. et Y. RICHARD. 1995. Coupe de jardinage dans six régions écologiques du Québec. Accroissement quinquenal en surface terrière. Gouv. Qué., MRNQ, Dir. rech. for. Mémoire N° 120, 22 p.

MAJCEN, Z. et Y. RICHARD. 1992.Résultats après 5 ans d'un essai de coupe de jardinage dans une érablière. Can. J. For. Res. 22: 1623-1629.

MAJCEN, Z., Y. RICHARD et M. MÉNARD. 1987. Composition, structure et rendement des tremblaies à érable à sucre et des bétulaies jaunes à sapin baumier dans trois secteurs forestiers du sud-ouest québécois. Dir. rech. et dév., MERQ, Gouv. Qué. Rap. interne N° 287. Ste-Foy, Qué.

MILLER, G.W. 1993. Financial aspects of partial cutting practices in Appalachian hardwoods. Res. Pap. NE-673. Radnor, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn. 16 p.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC (MRNQ). 1992. Manuel d'aménagement forestier. MRN, Direction des programmes forestiers. Québec.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC (MRNQ). 1998. Manuel d'aménagement forestier. MRN, Direction des programmes forestiers. Québec.

RAST, E.D., D.L. SONDERMAN and G.L. GAMMON. 1973. A guide to hardwood log grading. Gen. Tech. Rep. NE-1. Upper Darby, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn. 32 p.

SMITH, H.C. and N.I. LAMSON. 1982. Number of residual trees: a guide for selection cutting. Gen. Tech. Rep. NE-80. Broomall, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn. 33 p.

SOLOMON, D.S. 1977. The influence of stand density and structure on growth of northern hardwoods in New England. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-362, 13 p.

TRIMBLE, G.R. Jr., J.J. MENDEL and R.A. KENNELL. 1974. A procedure for selection marking in hardwoods combining silvicultural considerations with economic guidelines. Res. Pap. NE-292. Upper Darby, PA: USDA, For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn. 13 p.

WILLIS, G.L. and J.A. JOHNSON. 1978. Regeneration of yellow birch following selective cutting of old-growth northern hardwoods. Michigan technological Univ., Ford Forestry center, Mich.

Procédés de régénération du régime de la futaie irrégulière
Coupe de Jardinage par trouées

LEAK, W.B. and S.M. FILIP. 1977. Thirty-height years of group selection in New England northern hardwoods. J. For. 75(10): 641-643.

MARQUIS, D.A. 1964. Regeneration of birch and associated hardwoods after patch cuttings. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-32.

MARQUIS, D.A. 1965. Regeneration of Birch and associated hardwoods after patch cutting. Res. Pap. NE-32, Northeast. For. Exp. Stn., Upper Darby, PA. For. Serv., USDA 13 p.

Mc CLURE, J.W. and I.D. LEE. 1993. Small scale disturbance in a Northern Hardwood Forest: effects on tree species abundance and distribution. Can. J. For. Res. 23: 1347-1360.

MILLER, G.W. and H.C. SMITH. 1993. A practical alternative to single-tree selection? Northern J. Appl. Forestry. 10(1): 32-38.

MILLER, G.W., T.M. SCHULER and H.C. SMITH. 1995. Method for applying group selection in central Appalachian hardwoods. Res. Pap. NE-696, USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn., Radnor, PA.

ROBERGE, M.R. 1977a. Results of research in Northern Hardwoods silviculture at Dudswell.

ROBERGE, M.R. 1977b. Influence of cutting methods on natural and artificial régénération of yellow birch in Quebec Northern hardwoods. Can. J. For. Vol. 7: 175-181.

ROBERGE, M.R. 1986b. Effects of thinning, patch clearcutting, site prep. and planting on development of Yellow Bird in Quebec, NJAF 5: 248-251.

STRONG, T.F., G.G. ERDMANN and J.N. NIESE. 1995. Forty years of alternative management practives in second-growth, pole-size northern hardwoods. I. Tree quality development. Can. J. For. Res. 25: 1173-1179.

ZILGITT, W.M. and F.H. EYRE. 1945. Perpetuation of yellow birch in the Lake States Forests. J. Forestry, 43: 658-661.

Procédés de régénération du régime de la futaie irrégulière
Coupe à diamètre limite

CHURCH, T.W. Jr. 1960. Residual stand density and the early development of northern hardwood reproduction in Upper Michigan. USDA For. Serv., Lake State For. Exp. Stn. Tech. Note 593, 2 p.

DWYER, J.P. and W.B. KURTZ. 1991. The realities of sustainable management. US. Diameter Limit Harvest NJAF8: 174-177.

DWYER, J.P., and W.B. KURT. 1991. The realities of sustainable management vs. diameter limit harvest. North J. Appl. For. 8:174-176.

ERDMANN, G.G. et R.R. OBERG. 1973. Fifteen-years results from six cutting methods in second-growth northern hardwoods. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-100, 12 p.

HUTNIK, R.J. 1958. Three diameter limit cutting in West Virginia Hardwoods a 5-years report, Sta. Pap. NE-106, USDA Northeast, For. Exp. Stn., Upper Darby, PA.

LEAK, W.B. and R.W. WILSON Jr. 1958. Regeneration after cutting of old growth northern hardwoods in New Hampshire. USDA For. Serv. Northeast. For. Exp. Stn., Sta. Pap. 103, 8 p.

MILLER, G.W. and H.C. SMITH. 1993. A practical alternative to single-tree selection? N-JAF10(1): 32-38.

MRNQ - RÉGION MAURICIE, 1997. Sylviculture du bouleau jaune: visite de terrain, Formation CERFO, Document interne, U.G. de Shawinigan.

NYLAND, R.D. 1987. Selection system and its application to uneven-aged northern hardwoods. *Dans* NYLAND, R.D., ed. Managing northern hardwoods; 1986 June 23; NY State Univ., Coll. Environ. Sci. For. Society of American Foresters, Syracuse, NY.

ROBITAILLE, L. et J.-L. BOIVIN. 1987. Résultats après 10 ans, d'une coupe à diamètre minimum d'exploitation dans un peuplement feuillu. For. Chron. 63(1): 15-19.

TRIMBLE, G.R. Jr. 1968. Growth of Appalachian hardwoods as affected by site and residual stand density. Res. Pap. NE-98. Upper Darby, PA: USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn. 13 p.

TUBBS, C.H. 1968. The influence of residual stand densities on regeneration in sugar maple stands. USDA For. Serv. Res. Note NC-47. 4 p. North Cent. For. Exp. Sta., St. Paul, MN.

Procédés de régénération du régime de la futaie irrégulière

Coupe d'amélioration

MACLEAN, D.W. 1949. Improvment cutting in Tolerant Hardwoods. Silvicultural research note, N° 95. Dominion For. Serv., Dept. of Mines and Resources, Canada.

annexe 4

Classes sylvicoles

Classes sylvicoles

ARBRE D'AVENIR

Bonne croissance pour au moins 20 ans
Critères de Pierre Ricard :
- 2 billes de 5 mètres claires de noeud
- exemptes de fibre torse
- droites
- d'aplomb
- qui ne défile que très peu
- coeur est centré
- anneaux de croissance réguliers
- objectif : 60 cm DHP et 18 m de hauteur

ARBRE GÊNANT

Nuit à la croissance d'un arbre d'avenir et l'empêche d'avoir une cime bien conformée (ronde)
Si plus de 25 % des tiges d'un peuplement sont de cette catégorie :
le peuplement est prêt à éclaircir

ARBRE D'HYGIÈNE

Malade, insectes ou maladies
Elle peut être également **gênante**
Si un bon pourcentage des tiges d'un peuplement sont de cette catégorie :
le peuplement devrait être assaini
(% selon la gravité et les dangers d'expansion du problème)

ARBRE DE REMPLISSAGE

Arbre mûr ou non commercial sur lequel on n'investit plus
Sa fonction est de compléter le couvert
Si la majorité des tiges d'un peuplement sont de cette catégorie :
le peuplement est prêt à réaliser

CERFO
(Lessard, 1995)

annexe 5

Variables mesurées pour l’étude de productivité

VARIABLES MESURÉES POUR L'ÉTUDE DE PRODUCTIVITÉ

N° de voyage	Hommes par équipe	Temps (min et min/100)			Distance de débardage (m)	Pente pondérée (%)	Nb. de bille par voyage	Volume (m_) bille/voy.
		prod.	improd.	total				
1	2	35.13	17.28	52.41	302	3.89	14	0.4779
2	2	33.72	20.88	54.60	319	3.69	12	0.4933
3	2	37.43	10.48	47.91	292	3.92	10	0.5369
4	2	23.62	1.42	25.04	242	3.85	6	0.7317
5	2	22.95	5.05	28.00	322	4.09	5	1.3187
6	2	51.98	13.72	65.70	586	2.02	13	0.4576
7	2	53.70	1.15	54.85	579	2.08	16	0.5460
8	2	47.68	2.88	50.56	538	2.66	14	0.5138
9	2	64.85	5.93	70.78	553	2.74	11	0.6572
10	2	50.10	5.90	56.00	582	2.97	11	0.5404
11	2	59.73	5.83	65.56	562	2.88	12	0.5628
12	1	62.50	0.00	62.50	333	3.00	12	0.3940
13	1	32.60	1.47	34.07	290	3.72	3	1.0682
14	1	50.18	0.00	50.18	290	3.72	11	0.4781
15	1	51.38	2.38	53.76	330	2.85	10	0.4848
16	2	30.33	7.55	37.88	407	4.98	11	0.3959
17	2	25.97	4.30	30.27	407	4.98	10	0.4355
18	2	32.08	21.10	53.18	447	5.43	13	0.5271
19	2	45.88	8.37	54.25	507	2.61	12	0.6318
20	2	30.60	15.57	46.17	512	2.44	9	0.4034
21	2	39.95	4.35	44.30	512	2.44	13	0.5394
22	2	37.70	5.95	43.65	504	2.78	8	0.6695
23	2	39.30	5.43	44.73	477	4.14	15	0.4019
24	2	37.80	6.22	44.02	504	2.78	14	0.4394
25	2	36.08	18.02	54.10	504	2.78	15	0.4812
26	2	33.95	4.78	38.73	477	4.61	12	0.6537
27	2	36.38	15.88	52.26	462	4.76	18	0.3272
28	2	46.32	6.57	52.89	571	2.51	10	0.7247
29	2	50.90	8.03	58.93	525	2.98	14	0.4904
30	2	39.47	23.28	62.75	525	2.98	12	0.6046
31	2	29.02	19.52	48.54	150	6.99	15	0.4410
32	2	23.30	2.08	25.38	81	11.48	11	0.4359
33	2	27.45	1.13	28.58	112	10.09	14	0.3149
34	2	20.55	0.00	20.55	184	8.46	9	0.4539
35	2	26.13	1.10	27.23	184	8.46	13	0.2459
36	2	23.82	0.00	23.82	173	7.60	13	0.2492
37	2	23.10	0.67	23.77	173	7.60	12	0.3228
38	2	29.30	1.38	30.68	204	9.10	14	0.2074
39	2	25.38	4.43	29.81	207	6.31	9	0.2846
40	2	30.42	3.17	33.59	217	6.12	9	0.4388
41	2	15.75	19.15	34.90	207	6.31	5	0.4258
42	2	17.22	4.58	21.80	73	16.16	5	0.7805
43	2	27.65	3.98	31.63	75	17.13	10	0.4720
44	2	20.40	13.50	33.90	36	13.89	6	0.6421
45	2	17.32	1.82	19.14	61	10.49	6	0.5919
46	2	22.85	6.57	29.42	86	9.59	6	0.8766
47	2	32.53	6.82	39.35	77	14.30	12	0.5566
48	2	6.78	0.00	6.78	52	11.44	4	0.3074
49	2	18.45	0.75	19.20	62	7.98	7	0.3606
50	2	12.42	0.00	12.42	47	10.53	5	0.5142

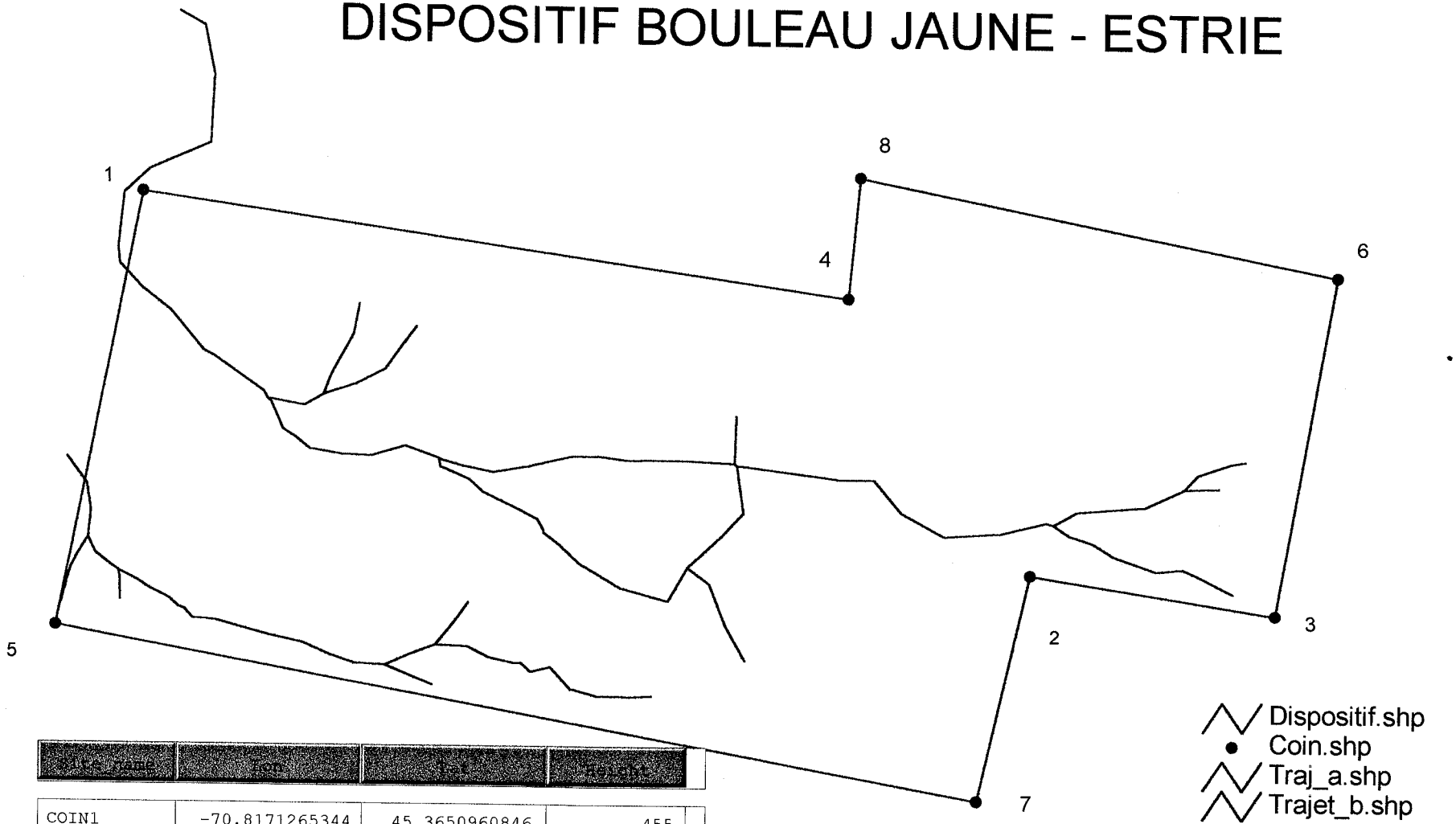
VARIABLES MESURÉES POUR L'ÉTUDE DE PRODUCTIVITÉ (SUITE)

N°	Volume (m_)	Volume de l'arbre (m_)			Productivité (min/m_.hom.)			Traitem.	Procédé
	voyage	moyen	sans peuplier	DHP > 20cm	par voyage	par homme	par traitem.		
1	6.6906	0.7809	0.6195	0.8925	5.25	10.50	10.71	ECL	T
2	5.9200	0.7809	0.6195	0.8925	5.70	11.39	10.71	ECL	T
3	5.3692	0.7809	0.6195	0.8925	6.97	13.94	10.71	ECL	T
4	4.3902	0.7809	0.6195	0.8925	5.38	10.76	10.71	ECL	T
5	6.5934	0.7809	0.6195	0.8925	3.48	6.96	10.71	ECL	T
6	5.9494	0.7046	0.6685	0.8229	8.74	17.47	15.92	JAR	T
7	8.7354	0.7046	0.6685	0.8229	6.15	12.29	15.92	JAR	T
8	7.1939	0.7046	0.6685	0.8229	6.63	13.26	15.92	JAR	T
9	7.2290	0.7046	0.6685	0.8229	8.97	17.94	15.92	JAR	T
10	5.9439	0.7046	0.6685	0.8229	8.43	16.86	15.92	JAR	T
11	6.7532	0.7046	0.6685	0.8229	8.84	17.69	15.92	JAR	T
12	4.7280	0.6969	0.5858	0.8137	13.22	13.22	10.88	JPT	T
13	3.2047	0.6969	0.5858	0.8137	10.17	10.17	10.88	JPT	T
14	5.2591	0.6969	0.5858	0.8137	9.54	9.54	10.88	JPT	T
15	4.8477	0.6969	0.5858	0.8137	10.60	10.60	10.88	JPT	T
16	4.3547	0.8191	0.6536	0.9269	6.96	13.93	12.27	PQ	T
17	4.5381	0.8191	0.6536	0.9269	5.72	11.45	12.27	PQ	T
18	6.8528	0.8191	0.6536	0.9269	4.68	9.36	12.27	PQ	T
19	7.5814	0.8191	0.6536	0.9269	6.05	12.10	12.27	PQ	T
20	3.6309	0.8191	0.6536	0.9269	8.43	16.86	12.27	PQ	T
21	7.0128	0.8191	0.6536	0.9269	5.70	11.39	12.27	PQ	T
22	5.3557	0.8191	0.6536	0.9269	7.04	14.08	12.27	PQ	T
23	6.0286	0.8191	0.6536	0.9269	6.52	13.04	12.27	PQ	T
24	6.1510	0.8191	0.6536	0.9269	6.15	12.29	12.27	PQ	T
25	7.2174	0.8191	0.6536	0.9269	5.00	10.00	12.27	PQ	T
26	7.8439	0.8191	0.6536	0.9269	4.33	8.66	12.27	PQ	T
27	5.8896	0.8191	0.6536	0.9269	6.18	12.35	12.27	PQ	T
28	7.2475	0.8191	0.6536	0.9269	6.39	12.78	12.27	PQ	T
29	6.8659	0.8191	0.6536	0.9269	7.41	14.83	12.27	PQ	T
30	7.2550	0.8191	0.6536	0.9269	5.44	10.88	12.27	PQ	T
31	6.6150	0.8914	0.7532	1.0071	4.39	8.77	13.02	PQS	T
32	4.7950	0.8914	0.7532	1.0071	4.86	9.72	13.02	PQS	A
33	4.4084	0.8914	0.7532	1.0071	6.23	12.45	13.02	PQS	A
34	4.0854	0.8914	0.7532	1.0071	5.03	10.06	13.02	PQS	A
35	3.1967	0.8914	0.7532	1.0071	8.17	16.35	13.02	PQS	A
36	3.2401	0.8914	0.7532	1.0071	7.35	14.70	13.02	PQS	A
37	3.8736	0.8914	0.7532	1.0071	5.96	11.93	13.02	PQS	A
38	2.9036	0.8914	0.7532	1.0071	10.09	20.18	13.02	PQS	A
39	2.5613	0.7720	0.6827	0.8998	9.91	19.82	12.03	PROG	T
40	4.3879	0.7720	0.6827	0.8998	6.93	13.87	12.03	PROG	T
41	2.1290	0.7720	0.6827	0.8998	7.40	14.80	12.03	PROG	T
42	3.9025	0.7720	0.6827	0.8998	4.41	8.83	12.03	PROG	T
43	4.7204	0.7720	0.6827	0.8998	5.86	11.72	12.03	PROG	T
44	3.8527	0.7720	0.6827	0.8998	5.29	10.59	12.03	PROG	T
45	3.5513	0.7720	0.6827	0.8998	4.88	9.75	12.03	PROG	A
46	5.2598	0.7720	0.6827	0.8998	4.34	8.69	12.03	PROG	A
47	6.1228	0.7720	0.6827	0.8998	5.31	10.63	12.03	PROG	A
48	1.2296	0.7720	0.6827	0.8998	5.51	11.03	12.03	PROG	A
49	2.4541	0.7720	0.6827	0.8998	7.52	15.04	12.03	PROG	A
50	2.5711	0.7720	0.6827	0.8998	4.83	9.66	12.03	PROG	A

annexe 6

Coordonnées GPS du dispositif

DISPOSITIF BOULEAU JAUNE - ESTRIE



Site_name	Lon	Lat	Height
COIN1	-70.8171265344	45.3650960846	455
COIN2	-70.8122561944	45.3637339786	477
COIN3	-70.8109219795	45.3636081627	479
COIN4	-70.8132874217	45.3647760943	460
COIN5	-70.8175330897	45.3634278462	486
COIN6	-70.8106363605	45.3649185883	458
COIN7	-70.8125109522	45.3628625893	501
COIN8	-70.8132417800	45.3652428308	450
COIN9	-70.8171265344	45.3650960846	455

Échelle : 1:5000

CERFO

Décembre 1997

annexe 7

Photos

PRÉSENCE DE 50 %
DE BOULEAU JAUNE
DANS LE SECTEUR
D'ÉCLAIRCIE COMMERCIALE

PRÉSENCE DE FLEURS MÂLES
ANNONÇANT UNE BONNE ANNÉE
SEMENCIÈRE POUR 1998

JARDINAGE PAR TROUÉE, LOCALISATION DES TROUÉES EN FONCTION DE LA PRÉSENCE DES PEUPLIERS FAUX-TREMBLES

JARDINAGE PAR TROUÉE, LOCALISATION DES TROUÉES DANS UNE ZONE À FORTE RÉGÉNÉRATION DE SAPIN BAUMIER.

PARQUET AVEC 30 SEMENCIERS À L'HECTARE DE BOULEAU JAUNE LAISSÉS SUR PIED.

PARQUET SANS SEMENCIERS.

ÉCLAIRCIE COMMERCIALE, IDENTIFICATION DES ARBRES D'AVENIR AVEC UN RUBAN BLANC.