


*Contribution au développement de scénarios  
sylvicoles dans les érablières à bouleau jaune  
équiennes de l'Outaouais*



PROGRAMME D'AIDE À LA RECHERCHE TECHNOLOGIQUE

**CONTRIBUTION AU DÉVELOPPEMENT DE SCÉNARIOS SYLVICOLES  
DANS LES ÉRABLIÈRES À BOULEAU JAUNE ÉQUIENNES  
DE L'OUTAOUAIS**

par

Guy Lessard, ing.f., M.Sc.  
Donald Blouin, ing.f., M.Sc.



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

Mai 1997

## **REMERCIEMENTS**

---

Nous désirons d'abord remercier M. Vincent Barrette, directeur de l'aménagement forestier et de l'exploitation chez Produits Forestiers Turpin inc. pour sa confiance et son intérêt pour ce projet. Le dynamisme remarquable et l'expérience des forestiers de son équipe ont été d'une aide indispensable pour l'installation de dispositifs adaptés à la fois aux besoins de l'entreprise et aux réalités des exigences opérationnelles.

Nous désirons ensuite remercier les professeurs du Cégep de Sainte-Foy : M. Pierre Ricard, pour notre initiation aux méthodes suisses d'éducation de la forêt et M. Carl Charbonneau pour la supervision et la réalisation des travaux d'éducation ainsi que pour ses nombreux conseils.

Nos remerciements s'adressent également à MM. Alain Maillé et André Laurin de l'unité de gestion de la Basse-Lièvre du MRNQ pour leur support tout au long du projet, tant pour leur aide au moment du repérage des sites propices à l'expérimentation qu'à leur implication dans la réalisation des travaux.

Un dernier merci s'adresse à M. Marcel Grégoire de la Coopérative de la Petite Nation pour la réalisation d'une partie des travaux sur le terrain.

## **PARTICIPANTS AU PROJET**

---

### ***Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO)***

- Guy Lessard
- Donald Blouin
- François J. Rheault
- Jacques Desjardins

### ***Produits forestiers Turpin inc.***

- Vincent Barrette
- Daniel Soucy
- Daniel Martin
- Frédéric Joubert

### ***Coopérative de la Petite Nation***

- Marcel Grégoire

### ***Cégep de Sainte-Foy***

- Pierre Ricard
- Carl Charbonneau

### ***Ministère des ressources naturelles du Québec***

*Unité de gestion de la Basse-Lièvre*

- André Laurin
- Alain Maillé



## TABLE DES MATIÈRES

---

REMERCIEMENTS .....	i
PARTICIPANTS AU PROJET .....	ii
TABLE DES MATIÈRES .....	iii
LISTE DES TABLEAUX .....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vi
RÉSUMÉ .....	1
INTRODUCTION .....	2
<b>CHAPITRE 1 — PROBLÉMATIQUE DE L'ÉDUCATION DU BOULEAU JAUNE.....</b>	<b>4</b>
<i>1.1 Une base à la réflexion : les exigences du bouleau jaune .....</i>	<i>4</i>
<i>1.2 Objectif : une production ligneuse de haute qualité .....</i>	<i>5</i>
<i>1.3 L'éducation du bouleau jaune .....</i>	<i>5</i>
<b>CHAPITRE 2 — OBJECTIFS .....</b>	<b>7</b>
<b>CHAPITRE 3 — MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>8</b>
<i>3.1 Volet 1 — Éducation dans un fourré de 11 ans .....</i>	<i>8</i>
3.1.1 Description des traitements.....	8
3.1.2 Localisation et description du secteur .....	10
3.1.3 Dimension des places-échantillons et variables mesurées.....	10
3.1.4 Calcul de l'homogénéité et de la puissance du test .....	10
3.1.5 Première vérification de l'homogénéité et de la puissance du test et description du dispositif expérimental .....	11
3.1.6 Deuxième vérification de l'homogénéité et de la puissance du test et description du dispositif expérimental .....	12
<i>3.2 Volet 2 — Éducation dans un gaulis de 20 ans.....</i>	<i>12</i>
3.2.1 Description des traitements.....	13
3.2.2 Localisation et description du secteur .....	13
3.2.3 Dimensions des places-échantillons et variables mesurées .....	14
3.2.4 Première vérification de l'homogénéité et de la puissance du test et description du dispositif expérimental .....	14
3.2.5 Deuxième vérification de l'homogénéité et de la puissance du test et description du dispositif expérimental .....	14

3.3	<i>Volet 3 — Éducation dans une jeune futaie de 70 ans</i> .....	15
3.3.1	Description des traitements.....	15
3.3.2	Localisation et description du secteur.....	16
3.3.3	Dimensions des places-échantillons et variables mesurées.....	16
3.3.4	Vérification de l'homogénéité et de la puissance du test et description du dispositif expérimental.....	17
<b>CHAPITRE 4 — RÉSULTATS</b> .....		<b>18</b>
4.1	<i>Volet 1 — Fourré de 11 ans</i> .....	18
4.1.1	Caractéristiques des arbres individuels.....	18
4.1.1.1	Portrait de l'arbre moyen.....	18
4.1.1.2	Moyennes par traitement et par parcelle.....	18
4.1.2	Dénombrement des tiges.....	21
4.1.2.1	Portrait de la strate avant traitements.....	21
4.1.2.2	Données par parcelle avant et après traitements.....	21
4.1.2.3	Comparaison avant et après traitements.....	23
4.1.2.4	Analyse des résultats après traitements.....	26
4.2	<i>Volet 2 — Gaulis de 20 ans</i> .....	29
4.2.1	Caractéristiques des arbres individuels.....	29
4.2.1.1	Portrait de l'arbre moyen.....	29
4.2.1.2	Moyennes par traitement et par parcelle.....	29
4.2.2	Dénombrement des tiges.....	31
4.2.2.1	Portrait de la strate avant traitements.....	31
4.2.2.2	Données par parcelle avant et après traitements.....	31
4.2.2.3	Comparaison avant et après traitements.....	32
4.2.2.4	Analyse des résultats après traitements.....	33
4.3	<i>Volet 3 — Jeune futaie de 70 ans</i> .....	35
4.3.1	Caractéristiques des arbres individuels.....	35
4.3.1.1	Portrait de l'arbre moyen.....	35
4.3.2	Dénombrement des tiges.....	35
4.3.2.1	Portrait de la strate avant traitements.....	35
4.3.2.2	Comparaison avant et après traitements.....	37

## TABLE DES MATIÈRES (suite)

---

<b>CHAPITRE 5 — ANALYSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS.....</b>	<b>40</b>
5.1 Volet 1 .....	40
5.2 Volet 2 .....	41
5.3 Volet 3 .....	41
5.4 Suivi du projet .....	41
CONCLUSION .....	42
RÉFÉRENCES .....	43
<b>ANNEXE 1 — LOCALISATION DES DISPOSITIFS DES TROIS VOLETS .....</b>	<b>49</b>
<b>ANNEXE 2 — DESCRIPTION DES DISPOSITIFS.....</b>	<b>53</b>
<b>ANNEXE 3 — CLASSES SYLVICOLES .....</b>	<b>60</b>
<b>ANNEXE 4 — TRAITEMENT DE DÉGAGEMENT DE LA CIME .....</b>	<b>62</b>
<b>ANNEXE 5 — RÉSUMÉ POUR LE MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION .....</b>	<b>65</b>
<b>ANNEXE 6 — DESCRIPTION DES SOLS.....</b>	<b>67</b>
<b>ANNEXE 7 — PHOTOS.....</b>	<b>69</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

---

<b>Tableau 1</b> —	Portrait de l'arbre moyen du volet 1.....	18
<b>Tableau 2</b> —	Moyennes par traitement des arbres du volet 1 .....	19
<b>Tableau 3</b> —	Nombre moyen de tiges/ha du volet 1.....	22
<b>Tableau 4</b> —	Résultats avant et après traitements du volet 1 .....	23
<b>Tableau 5</b> —	Analyse de covariance pour le dénombrement des tiges après traitements .....	26
<b>Tableau 6</b> —	Contraste pour le nombre de tiges enlevées par traitement .....	26
<b>Tableau 7</b> —	Portrait de l'arbre moyen du volet 2.....	29
<b>Tableau 8</b> —	Moyennes par traitement des arbres du volet 2.....	29
<b>Tableau 9</b> —	Nombre moyen de tiges/ha avant et après traitements du volet 2 .....	32
<b>Tableau 10</b> —	Résultats avant et après traitements du volet 2.....	33
<b>Tableau 11</b> —	Analyse de covariance pour le dénombrement des tiges après traitements .....	34
<b>Tableau 12</b> —	Portrait de l'arbre moyen du volet 3.....	35
<b>Tableau 13</b> —	Nombre de tiges à l'hectare par classe de vigueur et par classe sylvicole.....	36
<b>Tableau 14</b> —	Résultats du volet 3.....	38

## **LISTE DES FIGURES**

---

<b>Figure 1</b> —	Moyenne par parcelle des arbres du volet 1 .....	20
<b>Figure 2</b> —	Proportion des tiges enlevées par traitement.....	24
<b>Figure 3</b> —	Impact des traitements sur la composition en BOJ du peuplement.....	25
<b>Figure 4</b> —	Interaction bloc — traitement du nombre de tiges/ha enlevées par traitement.....	28
<b>Figure 5</b> —	Moyennes par parcelle des arbres du volet 2 .....	30
<b>Figure 6</b> —	Distribution des diamètres pour chaque traitement.....	37
<b>Figure 7</b> —	Répartition des surfaces terrières pour les 12 parcelles des 2 traitements ..	38
<b>Figure 8</b> —	Variation de la proportion des essences après traitements .....	39
<b>Figure 9</b> —	Variation des classes sylvicoles après traitements.....	39

## RÉSUMÉ

---

Le régime équienné est maintenant reconnu au Québec comme une alternative valable pour une espèce intermédiaire comme le bouleau jaune. Cependant, les normes actuelles pour les jeunes peuplements, malgré leurs effets positifs sur la croissance en diamètre, présentent quelques problèmes pour la croissance en hauteur et le développement de branches adventives. Quant à l'éclaircie commerciale, elle constitue le plus souvent un assainissement en raison des normes de martelage.

Le projet s'intéresse au développement de nouvelles méthodes pour les soins culturaux et l'éducation des jeunes érablières à bouleau jaune aux stades : fourré, gaulis et jeune futaie. L'objectif est de produire des feuillus de haute qualité.

Dans les volets plus jeunes, le dégagement (Schütz, 1990) a été comparé à la méthode des puits de lumière (MRNQ). Dans la jeune futaie, l'assainissement et l'éclaircie commerciale ont été comparés. Les avantages et désavantages de chaque méthode ont été étudiés notamment sous l'angle de la productivité et des coûts en relation avec les objectifs de qualité retenus.

Le dégagement est une méthode plus rapide et moins coûteuse que les puits de lumière. Une plus grande quantité de tiges de qualité à l'hectare est maintenue. Pour l'éclaircie, le martelage positif a permis de favoriser les arbres d'avenir en éliminant les tiges gênantes plutôt que les tiges de qualité III (assainissement). Des mesures ultérieures permettront de préciser les résultats.

Les résultats visent à alimenter les réflexions sur les normes actuelles et permettre de les bonifier. Une méthodologie pour l'exécution des travaux est proposée.

## **INTRODUCTION**

---

Dans la forêt feuillue, la tendance actuelle des aménagistes et du ministère des Ressources naturelles du Québec est de favoriser systématiquement le régime de la futaie inéquienne (arbres d'âge différent) par la coupe de jardinage. Pourtant, à plusieurs endroits, des peuplements équiennes (arbres de même âge) de feuillus ou encore de nombreux peuplements dégradés devront être convertis en forêt équienne par une coupe de régénération. De plus, plusieurs chercheurs et plusieurs expériences européennes confirment que la production de bois de qualité est plus importante dans un régime de futaie équienne.

L'élément clé de la sylviculture dans ce contexte demeure l'éducation de peuplement. Le constat actuel nous porte à croire que plusieurs facteurs ne sont pas considérés dans les méthodes actuellement préconisées dans les normes du MRNQ. Parmi les problèmes affectant la production de haute qualité nous retrouvons entre autres, un manque de gestion du risque, un manque de contrôle de la branchaison, un martelage négatif plutôt que positif favorisant les arbres d'avenir.

Autre élément important de la problématique, les superficies régénérées de façon équienne en feuillus de qualité tel que le bouleau jaune présentent très souvent une diminution brutale du nombre de tiges de ces essences. En effet, les hypothèses actuelles tendent à démontrer que les essences pionnières ont tôt fait de supplanter ces essences de qualité entre l'âge de 5 à 20 ans s'il n'y a aucune intervention humaine.

Le projet s'intéresse au développement de nouvelles méthodes pour les soins cultureux et l'éducation des jeunes érablières à bouleau jaune aux stades : fourré, gaulis et jeune futaie. L'objectif est de produire des feuillus de haute qualité.

Dans les volets plus jeunes, le dégagement (Schütz, 1990) a été comparé à la méthode des puits de lumière (MRNQ). Dans la jeune futaie, l'assainissement et l'éclaircie commerciale ont été comparés. Les avantages et désavantages de chaque méthode ont été étudiés notamment sous l'angle de la productivité et des coûts en relation avec les objectifs de qualité retenus.

Produits forestiers Turpin inc. est directement impliqué dans l'utilisation et la connaissance de la ressource feuillue. Produits forestiers Turpin inc. possède d'ailleurs des res

ponsabilités comme signataire de contrat d'approvisionnement et d'aménagement forestier face à la forêt publique. De plus, avec la forte concurrence, notamment des marchés internationaux, et avec la venue de la certification environnementale, l'intérêt et la nécessité se confirment de plus en plus pour favoriser un assortiment de tiges de qualité.

### 1.1 UNE BASE À LA RÉFLEXION : LES EXIGENCES DU BOULEAU JAUNE

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 le bouleau jaune doit s'inspirer de ces exigences.

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. La graine souvent sèche sur place ou germe sans pouvoir s'accrocher. Les lits favorables sont les sols dont la litière a été déplacée et où la graine est en contact avec le sol minéral. On retrouve parfois des semis sur les troncs morts, les anciennes souches ou encore sur de gros blocs.

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

Parmi les prédateurs du bouleau jaune, la présence du champignon *Phomopsis (Diaporthe) alleghaniensis* Arnold semble particulièrement virulente (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.

Dans son développement, 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).

Le bouleau jaune préfère les sols frais aux sols secs. Sa croissance est meilleure sur les sols à textures fines (Anderson et al., 1990). Les bas de pente à drainage oblique lui conviennent parfaitement.



## **1.2 OBJECTIF : UNE PRODUCTION LIGNEUSE DE HAUTE QUALITÉ**

Le bouleau jaune est une essence de très grande valeur lorsqu'elle atteint des dimensions propices au déroulage. Actuellement, l'approvisionnement au Québec devient de plus en plus difficile et l'approvisionnement aux États-Unis, de plus en plus contraignant. Le sciage de bouleau jaune présente également un intérêt majeur. Une proportion de billes sont acceptées comme pâte feuillue mais le contexte actuel provoque des surplus dans l'approvisionnement.

Ainsi les objectifs de production visés doivent être très élevés en qualité pour cette essence, soit un maximum de tiges d'élite comportant au moins deux billes de 5 mètres sans noeud et sans défaut.

## **1.3 L'ÉDUCATION DU BOULEAU JAUNE**

L'éducation constitue l'une des priorités d'abord pour la survie des gaules. En effet, plusieurs rapports et remesurages, notamment en Estrie, signalent la disparition de nombreux bouleaux jaunes au profit d'autres espèces intolérantes.

L'éducation permet également de composer un assortiment de qualité nécessaire pour l'obtention de futs de qualité. La rectitude des tiges devient ainsi un premier critère de sélection et le contrôle du développement de branches latérales sur la cime, une des premières priorités (Ricard, 1996).

L'éducation permet enfin de favoriser la croissance en diamètre et le développement des cimes des gaules de bouleau jaune (von Althen *et al*, 1994; Erdmann *et al*, 1981).

Historiquement, l'éducation du feuillu au Québec s'est d'abord inspirée des normes du résineux avec un espacement critique et l'élimination des tiges entre les arbres sélectionnés. Rapidement ces normes se sont modifiées pour conserver un couvert forestier et éviter le développement de branches adventives (Crcha et Trottier, 1995). Si le couvert se referme dans les 5 ou 6 ans après dégagement, le bouleau jaune s'élague naturellement (ERDMAN, G.G. *in* BURNS and HONKALA, 1990).

Au Québec, de nouvelles normes ont été proposées suite aux travaux de recherche (Robitaille, 1990). Le MRNQ propose de sélectionner une tige d'avenir à tous les 5 mètres (400 tiges/ha) et de dégager 75 cm du pourtour de sa cime (Crcha et Trottier, 1995). Les Ontariens Von Althen *et al.* (1994) proposent 120 à 150 cm autour de la cime et de libérer de 200 à 250 bouleaux jaunes à l'hectare. Aux États-Unis, Erdmann, Peterson et Goodman (1981) vont jusqu'à proposer 2,5 m autour du tronc et jusqu'à 3,7 m, si l'on peut faire de l'élagage alors que Stoeckeler et Arbogast (1951) suggèrent 4 pieds autour de l'arbre pour un peuplement de 11 ans.

Quant au moment de faire l'intervention, Voorhis (1990) parle d'attendre l'obtention d'un fourré de 10 à 14 ans alors que d'autres auteurs (comme Crcha et Trottier, 1995) utilisent un critère de hauteur (5 à 7 mètres).

Plusieurs questions subsistent quant à l'espacement et le stade de développement. Est-il pertinent de dégager des tiges de 60 cm de hauteur comme le proposent certains officiers du MRNQ? Autre question majeure, peut-on réellement compter sur les tiges sélectionnées pour former un peuplement futur de qualité? Quels sont les risques de fourches ou de dégradation pathologique, climatique ou autre? Afin de prévoir un facteur de risque, la tendance proposée serait de maintenir **un assortiment maximal de tiges de qualité** et de ne libérer celles qui sont vraiment opprimées.

## **CHAPITRE 2 — OBJECTIFS**

---

Le projet s'intéresse au développement d'outils pour les soins culturaux et l'éducation de jeunes érablières à bouleau jaune dans le contexte du régime de la futaie équienne.

Pour chaque volet étudié, les objectifs poursuivis sont :

### ***Volet 1 (fourré de 10 ans)***

- Comparer la méthode des puits de lumière (MRNQ) versus le dégagement des cimes à l'europpéenne (Schütz, 1990; Lanier, 1994) afin de vérifier les effets sur le nombre de tiges, la composition du peuplement, la qualité et la forme des tiges;
- Comparer la productivité et les coûts;
- Évaluer la pertinence d'effectuer ces traitements à cet âge.

### ***Volet 2 (gaulis de 20 ans)***

- Comparer la méthode des puits de lumière (MRNQ) versus le dégagement des cimes à l'europpéenne (Schütz, 1990; Lanier, 1994) afin de vérifier les effets sur le nombre de tiges, la composition du peuplement, la qualité et la forme des tiges;
- Comparer la productivité et les coûts.

### ***Volet 3 (futaie de 70 ans)***

- Comparer la méthode traditionnelle d'assainissement avec celle de l'éclaircie commerciale afin de vérifier l'impact sur le peuplement résiduel;
- Comparer la productivité et les coûts d'exécution.

Pour les trois volets étudiés, on fait ici la présentation des traitements effectués suivie d'une description des secteurs utilisés et une description de la prise des données.

### 3.1 VOLET 1 — ÉDUCATION DANS UN FOURRÉ DE 11 ANS

Le stade de fourré est caractérisé par l'entrelacement des tiges et des branches. Les tiges ligneuses sont ramifiées, elles dépassent 1,5 m de hauteur et couvrent le sol de leur cime.

#### 3.1.1 Description des traitements

Trois traitements sont étudiés au stade fourré.

Le traitement 1 (puits de lumière) est inspiré d'anciennes normes du Ministère et de ce qui a déjà été appliqué dans la région (Alain Maillé, communication personnelle). Il ne s'agit pas d'une application exacte des normes actuelles qui ne s'appliquent pas pour une forêt de feuillus tolérants de moins de 5 mètres de hauteur.

Ainsi, à tous les 3 m de distance, un **arbre d'avenir** est sélectionné (minimum 2,5 m de distance entre 2 arbres sélectionnés) et on dégage 40 ou 50 cm du pourtour de sa cime, les arbres nuisibles étant coupés à l'aide de sécateurs ou de scies à chaîne. L'objectif de ce traitement est de favoriser la croissance générale des arbres sélectionnés. La Coop de la Petite Nation a exécuté l'ensemble des travaux du traitement 1.

Le traitement 3 (dégagement de la cime) s'inspire de techniques européennes (Schütz, 1990; Lanier, 1994) et utilisées par Pierre Ricard, professeur au Cégep Sainte-Foy dans la forêt de Duchesnay. Au stade fourré, la technique peu utilisée au Québec, consiste à éliminer, à l'aide de sécateurs, les arbres nuisibles, soit d'essences indésirables ou exerçant une trop forte oppression sur les candidats à devenir arbres d'élite. Quatre mille à six mille candidats devraient être dégagés (annexe 4). Les objectifs poursuivis sont :

- Maintenir la compétition entre les tiges afin de ne pas favoriser le développement de branches adventives;
- Expurger les mauvais sujets qui entravent le développement des cimes des meilleurs sujets;

- Amorcer le sélection qualitative;
- Conditionner le mélange des espèces désirables.

Les arbres nuisibles ont été martelés dans un premier temps et ils ont été éliminés à l'aide de sécateurs dans un deuxième temps.

Le traitement 2 (dégagement de la cime avec taille de formation) est le même que le traitement 3 auquel une taille de formation a été effectuée en plus sur chaque gaule considérée comme candidate au peuplement futur. On pourra ainsi mesurer son efficacité pour la production de bois de qualité, tout en considérant les coûts supplémentaires. Dans ce cas-ci, les arbres nuisibles n'ont pas été martelés, ils ont été identifiés et éliminés immédiatement à l'aide de sécateurs, le tout dans une seule opération au même moment que la taille de formation. L'exécution des travaux dans les traitements 2 et 3 a été supervisée par Carl Charbonneau du Cégep de Sainte-Foy.

Le traitement 0 est un témoin où il n'y a pas d'intervention humaine. La Coop de la Petite Nation a identifié (martelage positif) les arbres d'avenir dans tout le dispositif. Ceux-ci seront utilisés pour les études d'arbres.

### **3.1.2 Localisation et description du secteur**

Coupé à blanc en 1984, le site est situé sur une pente forte (D) à moyenne (C) sur un till mince bien drainé (annexe 1). La régénération naturelle est assez constante à l'exception de quelques affleurements rocheux dénudés. Elle est principalement composée d'érables à sucre et de bouleaux jaunes. On retrouve exceptionnellement quelques rémanents de 10 à 15 cm de diamètre au DHP.

### **3.1.3 Dimension des places-échantillons et variables mesurées**

Au volet 1, deux types de données ont été prises, d'abord au niveau du dénombrement des tiges, ensuite au niveau de l'évaluation des caractéristiques des tiges individuelles. Pour le dénombrement des tiges, l'utilisation de places-échantillons de 9 m<sup>2</sup> est justifiée par le fait que l'on doit retrouver, en théorie, selon l'approche du Ministère, un arbre d'avenir par 9 m<sup>2</sup> (3 m x 3 m). On effectue un dénombrement par essence des tiges ayant plus de 1,3 m de hauteur.

Au niveau de l'évaluation des tiges individuelles, pour chaque place-échantillon, une tige retenue comme arbre d'avenir a été identifiée et utilisée pour les mesures de diamètre à hauteur de poitrine, de hauteur totale, de hauteur de la plus basse branche vivante et de la largeur de la cime. Ont également été calculés, le coefficient d'espace vital (largeur de la cime/DHP) et le ratio hauteur/DHP, recommandés pour distinguer les sujets d'avenir des autres (Ouellet et Zarnovican, 1988).

### **3.1.4 Calcul de l'homogénéité et de la puissance du test**

Une prise d'échantillons préliminaire permet de vérifier de façon grossière l'homogénéité des données en utilisant la méthode de «*Geng et Hills (1978)*». Il est ainsi possible de calculer à priori la quantité d'unités expérimentales et d'unités d'échantillonnage nécessaires pour l'obtention d'une puissance donnée pour le test d'analyse de variance.

Pour un dispositif en bloc aléatoire complet, la formule pour estimer la puissance du test est la suivante :

$$\phi = \left[ mb(\sum T_i^2) / q(\sigma_s^2 + m\sigma_e^2) \right]^{1/2}$$

$\phi$  = paramètre de non-centralité

m = nombre d'échantillons par bloc-traitement

b = nombre de blocs

q = nombre de traitements

$T_i$  = différence entre les traitements à détecter

$\sigma_s^2 + m\sigma_e^2$  = carré moyen espéré de l'erreur expérimentale

Degré de liberté  $\nu_1 = (q - 1)$

$\nu_2 = (q - 1) (b - 1)$

La charte de Pearson et Hartley (1951) est utilisée pour l'interprétation des résultats.

### **3.1.5 Première vérification de l'homogénéité et de la puissance du test et description du dispositif expérimental**

Un pré-échantillonnage est effectué au niveau du dénombrement des tiges dans une dizaine de places-échantillons réparties à travers les zones bien régénérées dans le secteur du volet 1 afin de vérifier l'homogénéité et la puissance du test d'analyse de variance. Ainsi, un dispositif de 32 parcelles d'environ 15 m x 17 m (sens de la pente) constituées de 12 places-échantillons devrait permettre d'obtenir une puissance supérieure à 80 %. Les 4 traitements pourront être répartis aléatoirement avec 8 répétitions pour une superficie totale de 8 160 m<sup>2</sup> (annexe 2). Dans chacune des parcelles, les douze centres de places-échantillons ainsi qu'un arbre d'avenir par place-échantillon ont été identifiés de façon semi-permanente avec une fiche métallique.

### **3.1.6 Deuxième vérification de l'homogénéité et de la puissance du test et description du dispositif expérimental**

Suite à l'installation du dispositif, une deuxième vérification a été effectuée afin de valider et de préciser l'homogénéité de la distribution des tiges sur l'ensemble du dispositif. Ainsi, en utilisant la variable du dénombrement des tiges toutes essences, à partir de l'inventaire avant traitement, soit en utilisant les données de 384 places-échantillons et en spécifiant une différence significative entre les traitements de 2 et 3 tiges, on obtient une puissance du test de 65 %, ce qui est faible. Suite à l'analyse des données, il y a quelques parcelles dont le nombre de tiges est très faible ou très fort. En éliminant les parcelles des blocs 1 et 3, on diminue énormément la somme du carré moyen de l'erreur expérimentale du tableau d'analyse de variance et en gardant les autres identiques, la puissance du test augmente à 98 %. Afin d'avoir une base de départ uniforme et homogène pour la comparaison des traitements, les blocs 1 et 3 ne seront pas utilisés et le secteur du volet 1 sera donc constitué d'un dispositif à 6 blocs aléatoires complets (annexe 2). En faisant ainsi, il est possible, à partir des données de dénombrement des tiges toutes essences avant traitement, d'obtenir des résultats d'analyses de variances dans lesquels il n'y a pas de différence significative entre les traitements et pas d'interaction bloc-traitement significative, ce qui témoigne de l'homogénéité du dispositif.

### **3.2 VOLET 2— ÉDUCATION DANS UN GAULIS DE 20 ANS**

Le Volet 2 est en quelque sorte semblable au volet 1. Il a toutefois été étudié ici parcequ'il représente l'état des peuplements dans lesquels les éclaircies précommerciales sont pratiquées aujourd'hui.

Le stade de gaulis se caractérise par des tiges flexibles et élancées. Des branches sont déjà disparues et les cimes encore peu exubérantes sont jointives. Les individus ne montrent pas encore de caractères distinctifs, sinon les défauts accidentels et congénitaux. Le nombre des tiges vivantes depuis le fourré est passé par un maximum et diminue rapidement. Il s'agit d'une phase d'élimination active qui se prolongera jusqu'au stade suivant du perchis.



### 3.2.1 Description des traitements

Deux traitements ont été comparés. Le traitement 1 (puits de lumière) correspond à la prescription recommandée par les normes du Ministère. Dans le cas de feuillus tolérants de 5 à 7 mètres de hauteur, une **tige d'avenir** est sélectionnée à tous les 5 mètres et dégagée de 75 cm sur le pourtour de sa cime. Une distance minimale de 3,5 m doit être maintenue entre 2 tiges d'avenir. Les travaux de dégagement sont effectués par la Coop de la Petite Nation. Les objectifs poursuivis sont les mêmes que le traitement 1 du volet 1.

Le traitement 2 (dégagement de la cime) s'inspire de la technique européenne. Les arbres nuisibles, soit d'essences indésirables, soit dominants, qui exercent une trop forte oppression sur les **candidats à devenir arbres d'élites**, sont éliminés à la scie à chaîne. L'intervention demeure faible pour éviter le développement de branches adventives. Le martelage des tiges à prélever dans le traitement 2 est effectué par M. Carl Charbonneau du Cégep de Ste-Foy. Les objectifs poursuivis sont les mêmes que le traitement 3 du volet 1.

Le traitement 0 sert de témoin et aucune intervention humaine est effectuée. La Coop de la Petite Nation a balivé (martelage positif) les arbres d'avenir dans tout le dispositif. Ces arbres seront utilisés pour les études d'arbres.

### 3.2.2 Localisation et description du secteur

Le dispositif du volet 2 est localisé dans un secteur coupé à blanc en 1976 (annexe 1). Un traitement d'éclaircie précommerciale a déjà été effectué en 1983. Le dispositif est situé dans l'érablière à bouleau jaune sur un till mince à pente moyenne. On y retrouve quelques arbres rémanents de très forte dimension. Une analyse de sol a été effectuée afin de décrire les caractéristiques du till loameux retrouvé dans le secteur (annexe 6).

### **3.2.3 Dimensions des places-échantillons et variables mesurées**

Au volet 2, deux types de données ont été prises, d'abord au niveau du dénombrement des tiges, ensuite au niveau de l'évaluation des caractéristiques des tiges individuelles. Pour le dénombrement des tiges, l'utilisation de places-échantillons de 25 m<sup>2</sup> est justifiée par le fait que l'on doit retrouver, en théorie, selon l'approche du Ministère, un arbre d'avenir par 25 m<sup>2</sup> (5 m x 5 m). On effectue un dénombrement par essence des tiges vivantes.

Au niveau de l'évaluation des tiges individuelles, pour chaque place-échantillon, une tige retenue comme arbre d'avenir a été identifiée et utilisée pour les mesures de diamètre à hauteur de poitrine, de hauteur totale, de hauteur de la plus basse branche vivante et de la largeur de la cime. Ont également été calculés, le coefficient d'espace vital (largeur de la cime/DHP) et le ratio hauteur/DHP, recommandés pour distinguer les sujets d'avenir des autres (Ouellet et Zarnovican, 1988).

### **3.2.4 Première vérification de l'homogénéité et de la puissance du test et description du dispositif expérimental**

Un pré-échantillonnage effectué au niveau du dénombrement des tiges dans une quinzaine de places-échantillons réparties à travers le secteur du volet 2 a servi à vérifier l'homogénéité et la puissance du test d'analyse de variance. Ainsi, un dispositif de dix-huit parcelles d'environ 20 m x 20 m constituées de 8 places-échantillons devrait permettre d'obtenir une puissance supérieure à 80 %. Les trois traitements pourront être répartis aléatoirement dans 6 répétitions pour une superficie totale de 7 200 m<sup>2</sup> (annexe 2). Dans chacune des parcelles, les huit centres de places-échantillons ainsi qu'un arbre d'avenir par place-échantillon ont été identifiés de façon semi-permanente avec une fiche métallique.

### **3.2.5 Deuxième vérification de l'homogénéité et de la puissance du test et description du dispositif expérimental**

Suite à l'installation du dispositif, une deuxième vérification a été effectuée afin de valider et de préciser l'homogénéité de la distribution des tiges sur l'ensemble du dispositif. Ain-

si, en utilisant le dénombrement des tiges toutes essences, à partir de l'inventaire avant traitement, soit en utilisant les données de 144 places-échantillons et en spécifiant une différence significative entre les traitements de 2 et 3,5 tiges, on obtient une puissance du test de 60 %.

En mettant en place les moyennes de chaque parcelle, on s'aperçoit qu'il serait avantageux de redistribuer les blocs afin de minimiser les différences à l'intérieur des blocs et de maximiser les différences entre les blocs. On élimine les parcelles B5-TO, B5-T2 et B6-T1 qui introduisent un biais important par rapport aux autres parcelles. Le bloc 1 est formé de B1-TO, B2-T2 et B2-T1, le bloc 2 est formé des parcelles B1-T2, B1-T1 et B2-T0, les blocs 3 et 4 demeurent semblables et le bloc 5 est formé des parcelles B5-T1, B6-T0 et B6-T2 (annexe 2).

Basé sur le nombre de tiges toutes essences, en ayant un dispositif à 5 répétitions complètes de trois traitements en évaluant huit places-échantillons par parcelle avec un seuil de probabilité de 95 %, il sera possible de détecter des différences entre les traitements de 2 et 3,5 tiges par place-échantillon avec un test d'une puissance de 94,5 %. Ainsi, il est possible d'obtenir un tableau d'analyses de variances dans lequel il n'y a pas de différence significative entre les traitements et pas d'interaction bloc-traitement significative et ce, pour le nombre d'arbres toutes essences. On observe des différences significatives entre les blocs seulement.

### **3.3 VOLET 3 —ÉDUCATION DANS UNE JEUNE FUTAIE DE 70 ANS**

#### **3.3.1 Description des traitements**

Deux traitements sont comparés. Le traitement 1 (assainissement) consiste à un prélèvement effectué selon les critères utilisés pour le jardinage par Produits forestiers Turpin inc. Le prélèvement visait à atteindre la première des alternatives suivantes : 30 % de la surface terrière ou une surface terrière résiduelle de 16 m<sup>2</sup>. La récolte des arbres de classe III est priorisée, ce qui se rapprocherait d'un objectif **d'assainissement**. Les arbres à couper du traitement 1 ont été martelés de façon conventionnelle avec de la peinture orange HV 203 au DHP et à la souche avec un jet turbo. Ce martelage a été exécuté par M. Daniel Martin, technicien de Produits forestiers Turpin inc.

Dans le traitement 2, une éclaircie commerciale a été effectuée. En effet, au stade de développement de jeune futaie, la croissance en hauteur est moins importante que la croissance en diamètre en raison du stade de développement. Il devient possible de sélectionner les tiges d'élite qui formeront le peuplement final et d'enlever les tiges gênantes au développement de leurs cimes afin de favoriser l'augmentation du volume de la cime et la croissance en diamètre et en volume. Le martelage positif du traitement 2 a été exécuté par M. André Laurin du MRNQ et M. François J. Rheault du CERFO.

Pothier (1996), dans ses travaux sur l'érable à sucre, définit l'éclaircie comme étant le prélèvement en priorité des arbres présentant des formes défectueuses tout en favorisant le plus possible les érables à sucre dont la sève présentait des teneurs en sucre élevées. Dans notre cas, cette définition correspond davantage à des travaux d'assainissement plutôt que d'éclaircie.

Les parcelles du traitement 0 (témoin) sont laissées intactes sans intervention humaine. Afin d'établir une base de comparaison, tous les arbres d'avenir (classe I) pour l'ensemble du dispositif ont été marqués avec de la peinture bleue par M. Daniel Martin, spécialiste du martelage chez Produits forestiers Turpin inc.

### **3.3.2 Localisation et description du secteur**

Le dispositif est situé dans le secteur du lac Lafleur sur un site ayant une pente moyenne à faible (annexe 1). Le peuplement est une érablière à feuillus tolérants de 70 ans sur un till mince. En plus de l'érable à sucre qui constitue majoritairement le peuplement, on retrouve quelques feuillus intolérants prédominants.

### **3.3.3 Dimensions des places-échantillons et variables mesurées**

Au volet 3, les traditionnelles parcelles à rayons variables sont utilisées. À partir des centres de places-échantillons, un inventaire au prisme est effectué. En plus d'une évaluation de la vigueur des tiges (classe I, II, III, IV) (Majcen *et al.*, 1990), une évaluation de la classe sylvicole de chaque tige a été effectuée (les classes sont présentées à l'annexe 3). Parmi les paramètres calculées, on retrouve notamment la composition, la surface terrière totale, la répartition des diamètres et l'âge moyen.

### **3.3.4 Vérification de l'homogénéité et de la puissance du test et description du dispositif expérimental**

Selon les données de DHP d'un échantillon préliminaire de quatre parcelles, en utilisant 3 blocs, 3 traitements et 4 places-échantillons par parcelle, les chances d'obtenir des résultats significatifs pour des écarts de 2 et 3 cm de diamètre après 5 ans ou 10 ans sont très faibles.

L'alternative est donc d'uniformiser l'échantillon et de mesurer les arbres de classe 1 par exemple. Ainsi en mesurant un nombre constant d'arbres d'avenir par place-échantillon (5 peut-être) cela permettra de diminuer énormément la variance et d'obtenir des résultats plus significatifs. Au moment des remesurages, il sera important de tenir compte des données initiales pour la comparaison entre les traitements à cause de la moins grande uniformité du peuplement.

Neuf blocs de 50 m x 50 m ont été délimités pour une superficie totale de 22 500 m<sup>2</sup>. Trois traitements sont effectués et répétés trois fois. Dans chacun des blocs, quatre centres de places-échantillons ont été identifiés de façon semi-permanente avec une fiche métallique (annexe 2).

### 4.1 VOLET 1 - FOURRÉ DE 11 ANS

#### 4.1.1 Caractéristiques des arbres individuels

##### 4.1.1.1 PORTRAIT DE L'ARBRE MOYEN

Les observations d'arbres ont été effectuées sur 288 individus. Parmi les essences échantillonnées, on retrouve principalement le bouleau jaune avec 217 tiges, ainsi que l'érable à sucre (43 tiges) et l'érable rouge (21 tiges). Ont également été échantillonnées quelques tiges d'érable de Pennsylvanie, de bouleau à papier et de cerisier tardif. Parmi les résultats obtenus, nous retrouvons les données moyennes présentées au tableau 1.

**TABLEAU 1** — PORTRAIT DE L'ARBRE MOYEN DU VOLET 1

	<i>Moyenne toutes essences</i>	<i>BOJ</i>	<i>ERS</i>
DHP	26.1 mm ± 10.1 mm	26,9 mm ± 10,7 mm	22,0 mm ± 6,9 mm
Hauteur totale	4,3 m ± 1,0 m	4,4 mm ± 1,0 mm	4,2 mm ± 1,0 mm
Hauteur de la cime	2,9 m ± 0,9 m	2,9 mm ± 0,9 mm	2,9 mm ± 0,9 mm
Largeur de cime	1.5 m ± 0.5 m	1,6 mm ± 0,5 mm	1,1 mm ± 0,4 mm
Coefficient d'espace vital	57,4	58,4	51,6
Ratio H/DHP	165,8	162,2	189

##### 4.1.1.2 MOYENNES PAR TRAITEMENT ET PAR PARCELLE

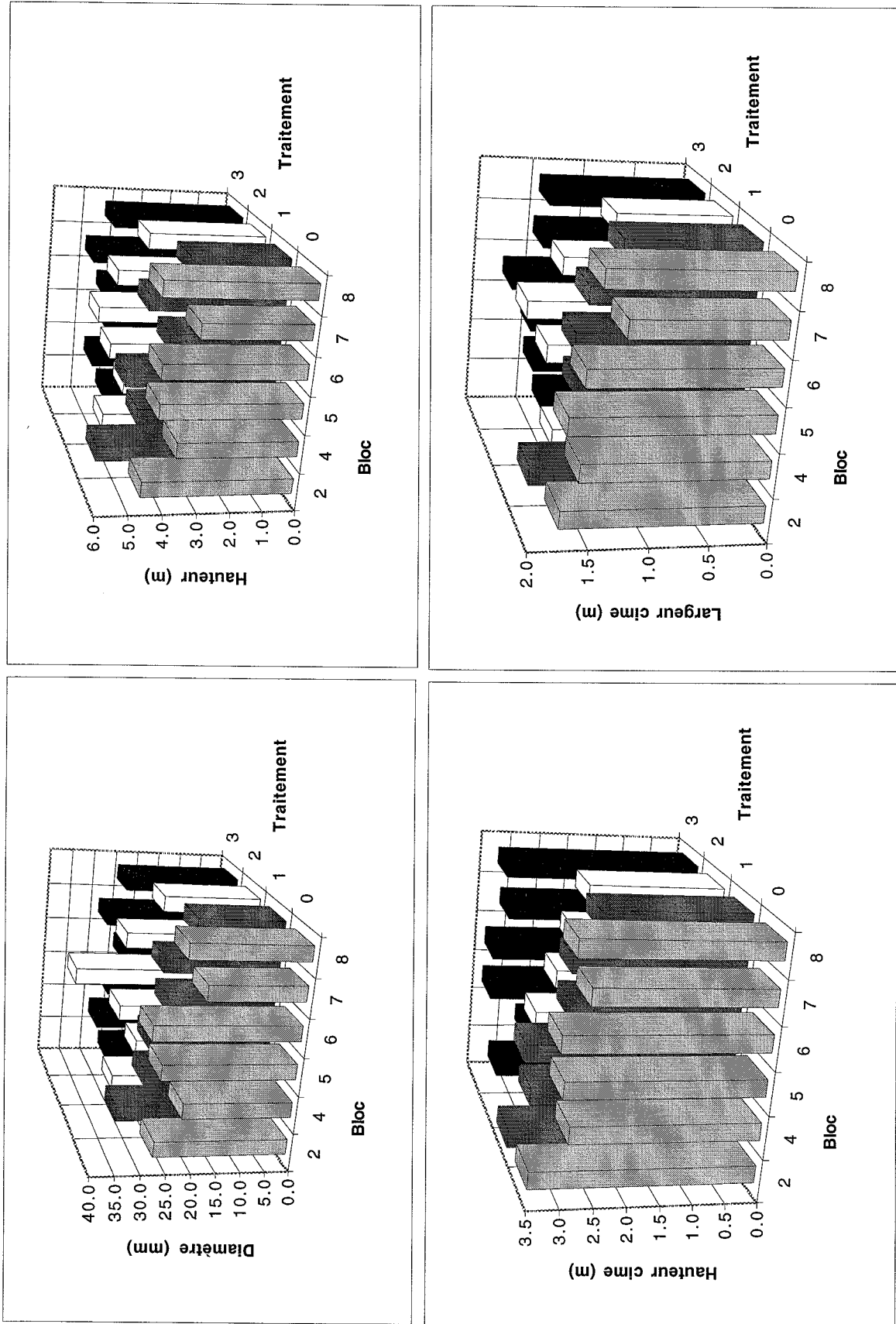
Les données moyennes par traitement (tableau 2) ainsi que les moyennes par parcelle (figure 1) présentent les caractéristiques des arbres à travers le dispositif au moment où les travaux ont été effectués. En appliquant une analyse de

variance sur chacun de ces paramètres, on observe une différence significative entre les traitements pour la hauteur totale et pour la hauteur de la cime (tableau 2), de même qu'une interaction bloc-traitement significative pour le diamètre et pour la hauteur totale (figure 1). Ces résultats indiquent l'importance de tenir compte des paramètres initiaux obtenus au moment des travaux et l'utilisation d'une analyse de covariance lors de la comparaison des données suite aux prochains remesurages.

**TABLEAU 2** — MOYENNES PAR TRAITEMENT DES ARBRES DU VOLET 1

Traitement	DHP (mm)	Hauteur totale (m)	Hauteur de la cime (m)	Largeur de cime (m)
0 (Témoin)	24.9 ± 9.5	4.1 ± 0.9	3.0 ± 0.8	1.6 ± 0.5
1 (Puits de lumière)	24.5 ± 9.2	4.2 ± 1.1	3.0 ± 0.8	1.5 ± 0.5
2 (Dégagement de la cime avec taille de formation)	28.0 ± 11.6	4.5 ± 1.1	2.5 ± 0.9	1.4 ± 0.5
3 (Dégagement de la cime)	26.9 ± 9.8	4.5 ± 1.0	3.2 ± 0.9	1.5 ± 0.5

**FIGURE 1** — MOYENNES PAR PARCELLE DES ARBRES DU VOILET 1





## 4.1.2 Dénombrement des tiges

### 4.1.2.1 PORTRAIT DE LA STRATE AVANT TRAITEMENTS

L'échantillonnage a été effectué dans 288 places-échantillons. On retrouve en moyenne 26 700 tiges à l'hectare de plus de 1,3 mètre de hauteur en ne tenant pas compte des tiges de noisetier, de viorne et de sureau. La strate se compose à 31.0 % de bouleau jaune, 24.6 % d'érable à sucre et 22.9 % d'érable rouge. Le reste des espèces commerciales sont le sapin baumier, le cerisier tardif, le bouleau blanc et le tremble. La compétition s'effectue également avec l'érable de Pennsylvanie.

### 4.1.2.2 DONNÉES PAR PARCELLE AVANT ET APRÈS TRAITEMENTS

Le tableau 3 montre le nombre moyen de tiges/ha avant et après traitement. Un dénombrement par essence de tous les arbres vivants de plus de 1,3 m de hauteur a été effectué.

Au niveau de la productivité pour chaque traitement, nous avons :

— *Traitement 1 (puits de lumière)*

- ➔ le martelage positif des arbres nécessite environ 14 heures à l'hectare;
- ➔ l'exécution des puits de lumière à la scie à chaîne nécessite environ 34 heures à l'hectare;
- ➔ pour un total de 48 heures à l'hectare.

— *Traitement 2 (dégagement de la cime avec taille de formation)*

- ➔ l'élimination des arbres nuisibles et la taille de formation des tiges utiles ont été réalisées en une seule opération et représentent entre 60 et 70 heures de travail à l'hectare.

— *Traitement 3 (dégagement de la cime)*

- ➔ le martelage des arbres nuisibles nécessite environ 20 heures à l'hectare;
- ➔ l'exécution du dégagement nécessite environ 10 heures à l'hectare;
- ➔ pour un total de 30 heures à l'hectare.

**TABLEAU 3** — NOMBRE MOYEN DE TIGES/HA DU VOLET 1

Bloc	Traitement	Nbre moyen de tiges/ha			
		Avant		Après	
		Toutes es- sences	BOJ	Toutes es- sences	BOJ
2	0	30 556	6 667	30 556	6 667
2	1	22 870	14 630	15 185	8 889
2	2	33 333	15 000	31 667	13 981
2	3	31 111	11 574	28 704	11 574
4	0	29 630	6 759	29 630	6 759
4	1	36 111	12 593	29 630	10 278
4	2	33 519	5 278	31 944	5 000
4	3	31 296	12 778	27 500	12 500
5	0	20 648	2 685	20 648	2 685
5	1	22 130	2407	17 685	1 296
5	2	24 722	9 537	22 130	9 167
5	3	17 407	3 611	14 352	3 241
6	0	17 130	7 037	17 130	7 037
6	1	19 630	8 519	12 593	4 907
6	2	21 019	4 444	21 019	4 444
6	3	22 037	8426	20 648	8 056
7	0	23 889	9 907	23 519	9 907
7	1	32 778	11 296	28 26	9 259
7	2	38 426	8 704	36 389	8 148
7	3	35 926	4444	32 870	4 352
8	0	22 593	11 296	22 593	11 296
8	1	24 167	9 074	18 241	6 667
8	2	24 537	5463	23 981	5 278
8	3	25 370	6 667	23 796	6 481

Traitements : 0 = témoin, 1 = puits de lumière, 2 = dégagement de la cime avec taille de formation,  
3 = dégagement de la cime

#### 4.1.2.3 COMPARAISON AVANT ET APRÈS TRAITEMENTS

Pour le traitement habituel du puits de lumière du MRNQ (traitement 1), on remarque une diminution du nombre total de tiges de 22,8 % (tableau 4). Les tiges d'une même essence poussant souvent de façon grégaire, l'utilisation du puits de lumière autour d'un bouleau jaune entraîne donc la perte de plusieurs bouleaux jaunes comme en témoigne une perte de 29,4 % du nombre de bouleau jaune dans ce traitement. Ce nombre est supérieur de 6,6 % au prélèvement moyen des tiges toutes essences.

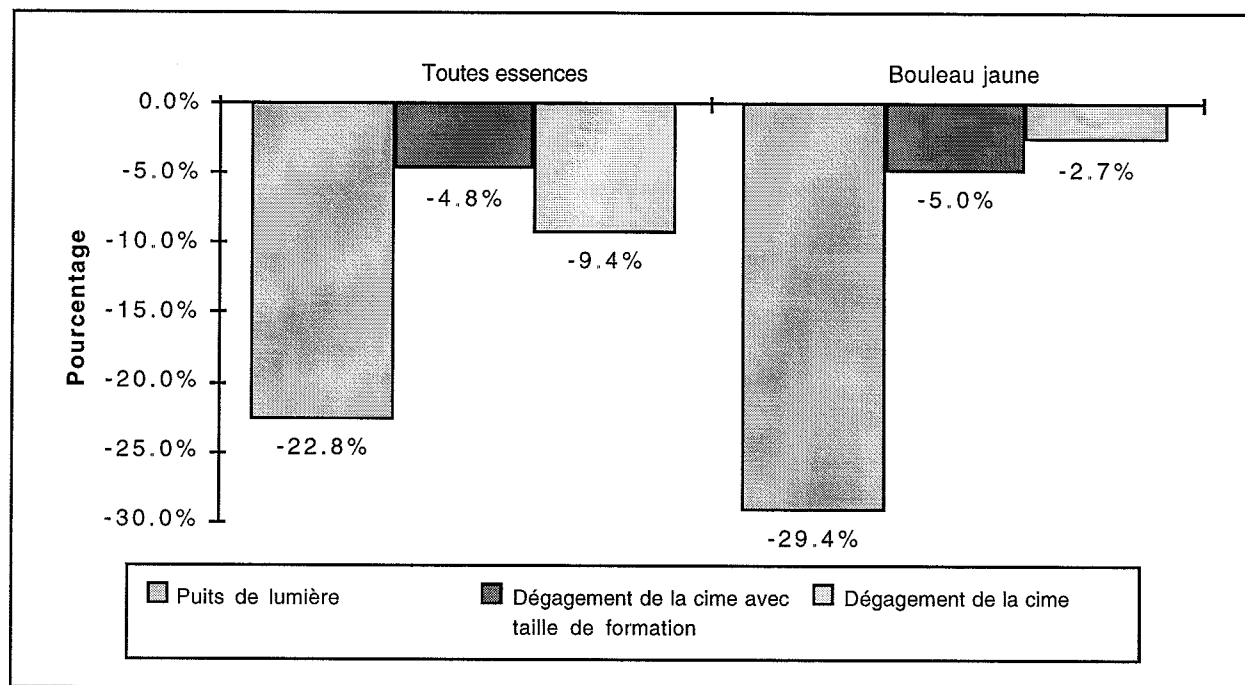
Pour les traitements 2 et 3, les prélèvements de tiges ont tous été inférieurs à 10 % du total (figure 2). Qui plus est, le prélèvement de bouleau jaune fut inférieur à 5 %, ce qui a eu pour effet de maintenir ou même d'augmenter sa proportion dans le peuplement. Les travaux de dégagement de la cime maintiennent un couvert plus fermé qui favorise la compétition, dans un régime équienné, pour la croissance en hauteur.

**TABLEAU 4** — RÉSULTATS AVANT ET APRÈS TRAITEMENTS DU VOLET 1

	Traitement 1			Traitement 2			Traitement 3		
	Avant	Après	Écart	Avant	Après	Écart	Avant	Après	Écart
Nbre total tiges/ha	26280	20293	-22.8%	29259	27854	-4.8%	27191	24645	-9.4%
Nombre BOJ/ha	9753	6882	-29.4%	8070	7669	-5.0%	7916	7700	-2.7%
Proportion BOJ	37.5	33.9	-9.6%	27.6	27.5	-0.4%	29.1	31.2	+7.2%

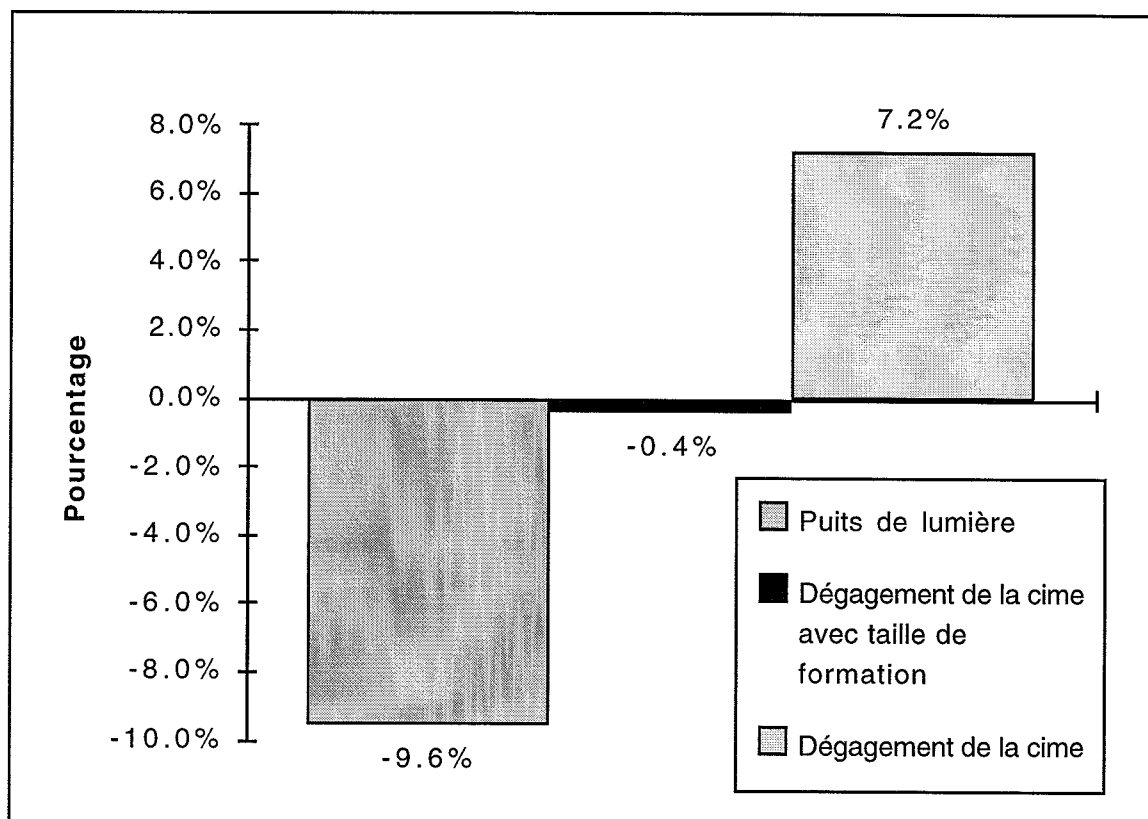
Traitements : 1 = puits de lumière, 2 = dégagement de la cime avec taille de formation,  
3 = dégagement de la cime.

**FIGURE 2** — PROPORTION DES TIGES ENLEVÉES PAR TRAITEMENT



La proportion du bouleau jaune diminue de 9,6 % après l'application du traitement du puits de lumière (figure 3). Dans le cas des travaux de dégagement de la cime, la proportion du bouleau jaune dans le peuplement est soit maintenue (-0,4 %), soit augmentée (7,2 %), ce qui est très intéressant quand on pense au fait que de façon naturelle, on observe une diminution brutale à cet âge. La différence entre les deux traitements de dégagement de la cime pourrait s'expliquer entre autres, par la façon de procéder des opérateurs qui a été différente. Pour le dégagement de la cime (traitement 3), les arbres nuisibles ont d'abord été martelés avant d'être coupés alors que dans le cas du dégagement de la cime avec taille de formation, l'identification, l'élimination des tiges nuisibles et la taille de formation des tiges utiles ont été réalisées en une seule opération.

**FIGURE 3** — IMPACT DES TRAITEMENTS SUR LA COMPOSITION EN BOJ DU PEUPEMENT



#### 4.1.2.4 ANALYSE DES RÉSULTATS APRÈS TRAITEMENTS

L'analyse de covariance (tableau 5) vient confirmer la présence de différences significatives entre les traitements pour ce qui est du nombre de tiges résiduelles après les travaux. Le nombre de tiges avant traitements utilisées comme covariable apportent une augmentation significative de la précision du modèle.

**TABLEAU 5** — ANALYSE DE COVARIANCE POUR LE DÉNOMBREMENT DES TIGES APRÈS TRAITEMENTS

Source de variation	Degré de liberté	Carrés moyens	Valeur de F	P > F	
Nbr avant	1	34639.6	5841.76	0.0001	***
Bloc	5	4.2	0.72	0.6115	
Traitement	3	370.9	62.54	0.0001	***
Bloc*trait	15	11.5	1.94	0.0202	*
Résidus	263	5.9			
Total	287				

\*\*\* Significatif à 99.9 % \* Significatif à 95.0 %

Des contrastes portant sur le nombre de tiges enlevées par traitement confirment la présence de différences significatives des traitements avec le témoin ainsi que des différences significatives entre la technique du puits de lumière et le dégagement de la cime, de même qu'entre les deux traitements de dégagement de la cime.

**TABLEAU 6** — CONTRASTE POUR LE NOMBRE DE TIGES ENLEVÉES PAR TRAITEMENT

Contraste	Degré de liberté	Carré moyen	Valeur de F	P > F	
0 vs 123	1	463,76	70,31	0,0001	***
1 vs 23	1	623,52	94,53	0,0001	***
2 vs 3	1	39,06	5,92	0,0156	*

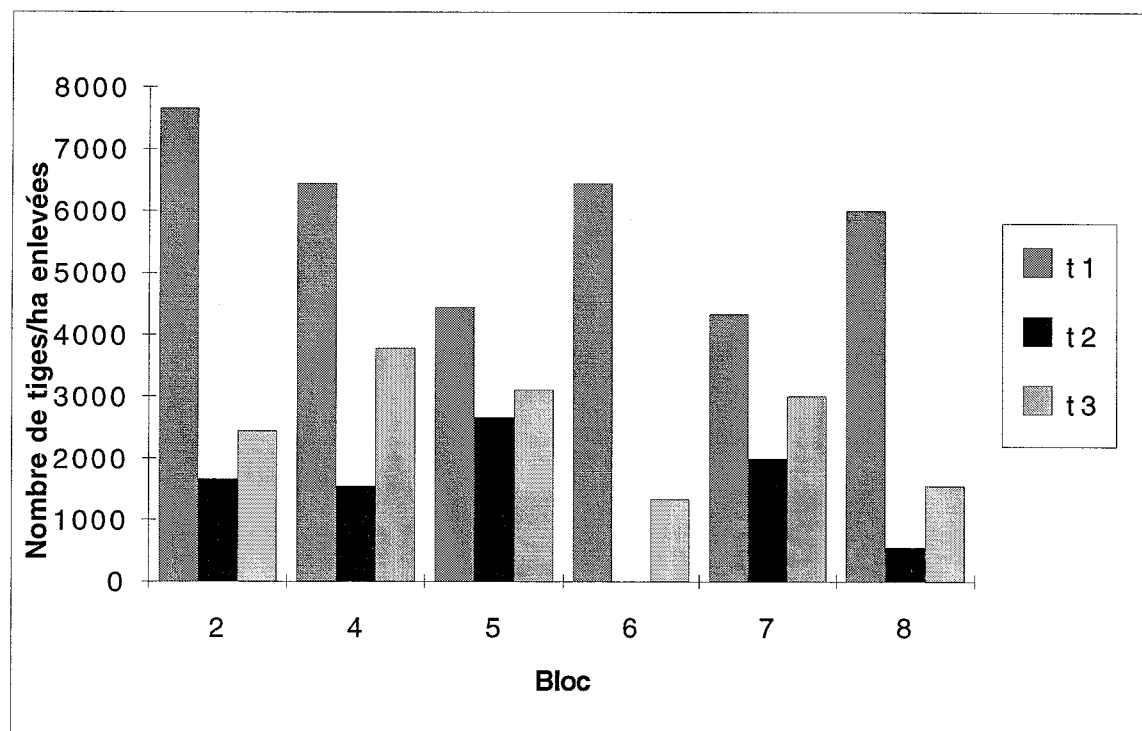
\*\*\* Significatif à 99.9 % \* Significatif à 95.0 %

Une interaction bloc\*traitement est présente et a été illustrée à la figure 4. Cette interaction ne s'explique pas par un ordonnancement différent des traitements

dans les différents blocs car ce n'est pas le cas. Le traitement du puits de lumière (T1) a toujours l'écart le plus élevé alors que le traitement de dégagement de la cime (T2) a toujours l'écart le plus faible. L'interaction s'explique plutôt par des proportions variables entre les traitements dans les différents blocs. Les traitements des blocs 5 et 7 possèdent des écarts faibles entre eux qui s'expliquent par un nombre de tiges plus faibles et une distribution moins uniforme des tiges.

Les traitements de dégagement de la cime enlèvent, de façon significative, moins de tiges que la technique du puits de lumière tout en maintenant ou augmentant la proportion de bouleau jaune dans le peuplement. Lors du dégagement de la cime, moins de temps est accordé aux tiges d'avenir individuellement mais davantage est accordé à la forme équiennne que l'on veut maintenir dans le peuplement qui se traduit par une productivité d'exécution générale plus grande.

**FIGURE 4** INTERACTION BLOC — TRAITEMENT DU NOMBRE DE TIGES/HA ENLEVÉES PAR TRAITEMENT



*t1 = Puits de lumière*

*t2 = Dégagement de la cime avec taille de formation*

*t3 = Dégagement de la cime*



## 4.2 VOLET 2 - GAULIS DE 20 ANS

### 4.2.1 Caractéristiques des arbres individuels

#### 4.2.1.1 PORTRAIT DE L'ARBRE MOYEN

L'échantillonnage a été effectué sur 120 arbres. L'érable à sucre domine ici la strate. L'éclaircie précommerciale de 1983 semble avoir favorisé la croissance en DHP mais elle a abondamment contribué au développement de branches adventives. Parmi les résultats obtenus, avant coupe, nous retrouvons :

**TABLEAU 7** — PORTRAIT DE L'ARBRE MOYEN DU VOLET 2

DHP	9,3 cm ± 3,3 cm
Hauteur totale	11,4 m ± 1,4 m
Hauteur de la cime	7,4 m ± 1,8 m
Largeur de cime	3,2 m ± 1.1 m
Coefficient d'espace vital	34,4
Ratio h/DHP	122,6

#### 4.2.1.2 MOYENNES PAR TRAITEMENT ET PAR PARCELLE

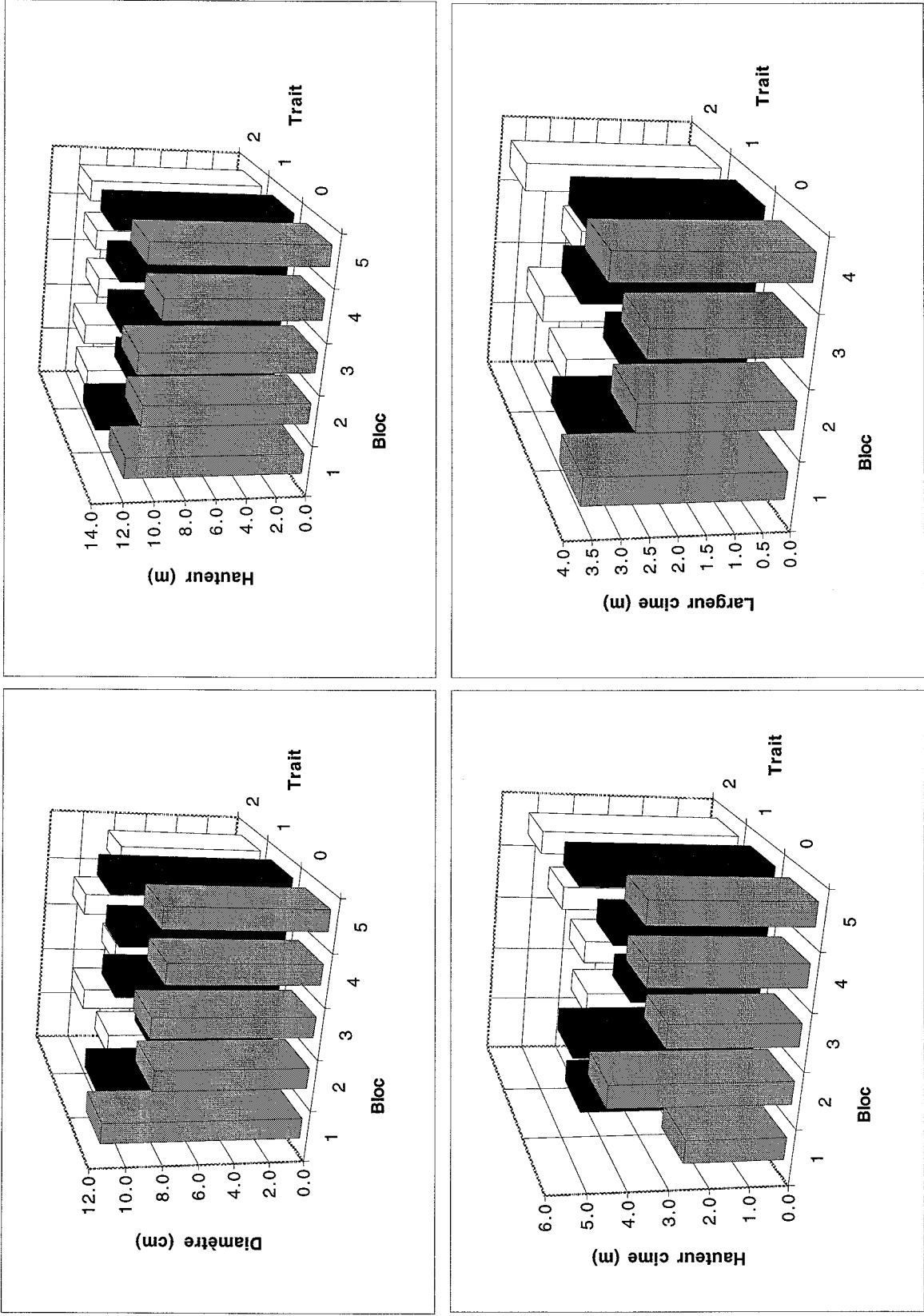
Les données moyennes par traitement (tableau 8) ainsi que les moyennes par parcelle (figure 5) présentent les caractéristiques des arbres à travers le dispositif au moment où les travaux ont été effectués. En appliquant une analyse de variance sur chacun de ces paramètres, on observe une différence significative entre les blocs pour la hauteur de la cime seulement (figure 5). Ces résultats indiquent l'uniformité des paramètres à travers le dispositif, ce qui augmentera la précision des résultats au moment de la comparaison avec les mesurages futurs.

**TABLEAU 8** — MOYENNES PAR TRAITEMENT DES ARBRES DU VOLET 2

Traitement	DHP (cm)	Hauteur totale (m)	Hauteur de la cime (m)	Largeur de cime (m)
0	9.3 ± 3.4	11.2 ± 1.2	7.5 ± 1.8	3.2 ± 1.1
1	9.5 ± 3.3	11.4 ± 1.7	7.1 ± 2.0	3.0 ± 0.9
2	9.2 ± 3.3	11.7 ± 1.4	7.5 ± 1.6	3.2 ± 1.2

Traitements : 0 = Témoin, 1 = Puits de lumière, 2 = dégagement de la cime

**FIGURE 5** — MOYENNES PAR PARCELLE DES ARBRES DU VOLET 2



## 4.2.2 Dénombrement des tiges

### 4.2.2.1 PORTRAIT DE LA STRATE AVANT TRAITEMENTS

Le dénombrement a été effectué dans 120 places-échantillons. On retrouve en moyenne 4 900 tiges à l'hectare. La strate se compose à 65,9 % d'érable à sucre, 11,3 % de hêtre à grandes feuilles, 9,0 % de bouleau jaune, et 7,9 % d'érable de Pennsylvanie. Les principales espèces accompagnatrices sont l'épinette blanche, le peuplier à grandes dents, le cerisier de Pennsylvanie, le tilleul d'Amérique et l'orme liège.

Un dénombrement des tiges mortes sur pied a été effectué avant traitement et montre une perte de plus du tiers des tiges (37,4 %) au total dans les dernières années. De ce nombre, 68,1 % sont des érables à sucre et 4,6 % sont des bouleaux jaunes. Le bouleau jaune semble avoir été moins affecté que l'érable à sucre probablement relié au fait qu'il avait été favorisé lors de l'éclaircie précommerciale de 1983.

### 4.2.2.2 DONNÉES PAR PARCELLE AVANT ET APRÈS TRAITEMENTS

Le tableau 9 montre le nombre moyen de tiges/ha avant et après traitements. Un dénombrement par essence de tous les arbres vivants a été effectué.

**TABLEAU 9** — NOMBRE MOYEN DE TIGES/HA AVANT ET APRÈS TRAITEMENTS DU VOILET 2

Bloc	Traitement	Nbre moyen de tiges/ha					
		Avant			Après		
		Toutes essences	ERS	BOJ	Toutes essences	ERS	BOJ
1	0	3750	1650	950	3750	1650	950
1	1	5150	3650	600	4500	3300	450
1	2	3900	2000	900	3550	1900	800
2	0	4850	3550	150	4850	3550	150
2	1	4950	2800	750	4150	2500	550
2	2	4650	2250	250	4150	2100	250
3	0	3400	2550	100	3400	2550	100
3	1	3300	1900	0	2550	1400	0
3	2	5400	4300	100	4900	4000	100
4	0	5650	4450	50	5650	4450	50
4	1	6600	5400	150	5500	4650	150
4	2	4900	2450	250	4700	2350	250
5	0	5000	3000	1100	5000	3000	1100
5	1	5600	3750	600	4650	3150	550
5	2	6450	4800	650	6000	4600	600

Traitements : 0 = Témoin, 1 = Puits de lumière, 2 = dégagement de la cime

Au niveau de la productivité, environ 28 heures à l'hectare sont nécessaires pour le choix des tiges d'avenir et l'exécution des puits de lumière (traitement 1). Le martelage et l'exécution du dégagement des cimes (traitement 2) nécessitent environ 25 heures de travail à l'hectare.

#### 4.2.2.3 COMPARAISON AVANT ET APRÈS TRAITEMENTS

Pour le traitement habituel du puits de lumière du MRNQ (traitement 1), on remarque une diminution du nombre total de tiges de 16,6 % (tableau 10). Les tiges

d'une même essence poussant souvent de façon grégaire, l'utilisation du puits de lumière autour d'un bouleau jaune entraîne donc la perte de plusieurs bouleaux jaunes comme en témoigne une perte moyenne de 19,0 % du nombre de bouleau jaune dans ce traitement.

Pour le traitement de dégagement de la cime (traitement 2), le prélèvement de tiges a été inférieur à 8 % du total. Qui plus est, le prélèvement de bouleau jaune fut inférieur au prélèvement toutes essences, ce qui a eu pour effet d'augmenter sa proportion dans le peuplement.

Comme c'est le cas dans le volet 1 et même si le nombre de tige est beaucoup plus faible dans le volet 2. Le traitement du puits de lumière élimine une forte proportion des tiges de bouleau jaune comparativement au dégagement de la cime. Comme le nombre de bouleau jaune à l'hectare est déjà faible (<430), il est important de conserver le maximum de ces tiges et d'éliminer seulement les tiges de sanitations ayant des maladies ou des déformations majeures.

**TABLEAU 10** — RÉSULTATS AVANT ET APRÈS TRAITEMENTS DU VOLET 2

	Traitement 1			Traitement 2		
	Avant	Après	Écart	Avant	Après	Écart
Nombre total tiges/ha	5120	4270	-16.6%	5060	4660	-7.9%
Nombre BOJ/ha	420	340	-19.0%	430	400	-7.0%
Proportion BOJ	8.2%	7.9%	-3,7%	8.5%	8.6%	+1.2%
Nombre ERS/ha	3500	3000	-14.3%	3160	2990	-5.4%
Proportion ERS	68.4%	70.3%	+2.7%	62.5%	64.2%	+2.7%

Traitements : 1 = Puits de lumière, 2 = dégagement de la cime

#### 4.2.2.4 ANALYSE DES RÉSULTATS APRÈS TRAITEMENTS

L'analyse de covariance (tableau 11) vient confirmer la présence de différences significatives entre les traitements pour ce qui est du nombre de tiges restantes après les travaux. Le nombre de tiges avant traitements utilisées comme covariable apporte une augmentation significative de la précision du modèle. Il n'y a pas de différence significative entre les blocs et aucune interaction

bloc\*traitement, ce qui confirme l'homogénéité du dispositif et de la réalisation des travaux.

**TABEAU 11** — ANALYSE DE COVARIANCE POUR LE DÉNOMBREMENT DES TIGES APRÈS TRAITEMENTS

Source de variation	Degré de liberté	Carrés moyens	Valeur de F	P > F	
Nbr avant	1	2695.58	1790.95	0.0001	***
Bloc	4	0.29	0.20	0.9402	
Traitement	2	41.32	27.46	0.0001	***
Bloc*trait	8	0.80	0.53	0.8283	
Résidus	104	1.51			
Total	119				

\*\*\* Significatif à 99.9 %

### 4.3 VOLET 3 - JEUNE FUTAIE DE 70 ANS

#### 4.3.1 Caractéristiques des arbres individuels

##### 4.3.1.1 PORTRAIT DE L'ARBRE MOYEN

Les observations d'arbres ont été effectuées sur 167 arbres de vigueur I parmi les prédominants, dominants et codominants. Parmi les résultats obtenus nous retrouvons :

**TABLEAU 12** — PORTRAIT DE L'ARBRE MOYEN DU VOLET 3

DHP	24,4 cm $\pm$ 7,8 cm
Hauteur totale	20,4 m $\pm$ 4,2 m
Nombre de cernes annuels dans le dernier centimètre de croissance	15,0 $\pm$ 4,2
Accroissement annuel en diamètre	0,13 cm

#### 4.3.2 Dénombrement des tiges

##### 4.3.2.1 PORTRAIT DE LA STRATE AVANT TRAITEMENTS

Le peuplement est constitué en moyenne de 733 tiges/ha. La surface terrière du peuplement est de 26,7 m<sup>2</sup>/ha. Parmi les essences principales, on retrouve 49,1 % d'érable à sucre, 12,1 % de hêtre, 16,4 % de peuplier. Viennent ensuite l'érable rouge (7,6 %), le tilleul d'Amérique (5,6 %) le bouleau jaune (4,5 %) et le cerisier tardif (3,2 %). Le volume sur pied avant traitement est approximativement de 201,6 m<sup>3</sup>/ha. Le nombre moyen de tiges à hectare par classe de vigueur et par classe sylvicole est présenté au tableau 13. On retrouve 38 % de tiges de vigueur 1 et 31 % de tiges d'avenir dans le peuplement.

**TABLEAU 13** — NOMBRE DE TIGES À L'HECTARE PAR CLASSE DE VIGUEUR ET PAR CLASSE SYLVICOLE

Classe de vigueur	Nbr tige/ha
1	278
2	19
3	108
4	328

Classe sylvicole	Nbr tige/ha
Avenir	229
Gênant	161
Hygiène	25
Remplissage	318

La distribution des diamètres (figure 6) montre une distribution en J du nombre de tiges en fonction des classes de diamètres. Si l'on considère que les diamètres supérieurs sont principalement composés d'espèces intolérantes qui sont en voie de dépérir, le peuplement résiduel peut alors être considéré à dominance équienne. Les trois traitements semblent posséder une distribution comparable sauf pour le témoin qui se distingue avec moins de tiges dans les diamètres non marchands de 2 à 8 cm.

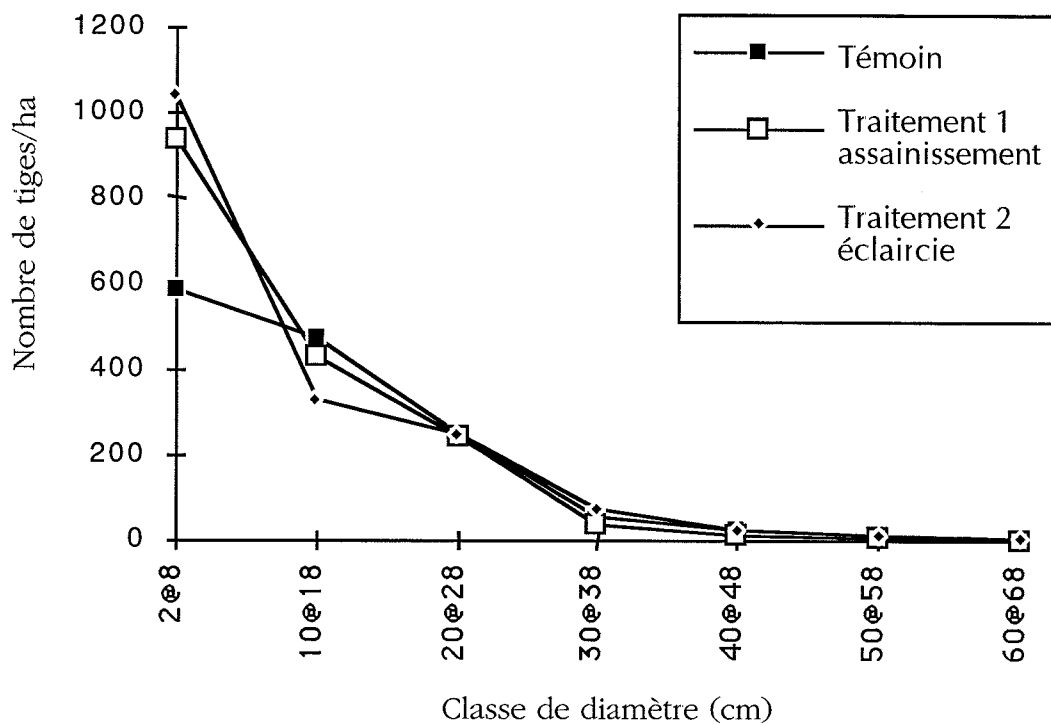
En terme de productivité, il a fallu au marteleur 1 h 45 min. pour réaliser le martelage conventionnel (soit environ 2 h 20 min. à l'hectare). Pour le martelage positif, le travail est plus long que le martelage conventionnel (2 h 30 min. pour 3 parcelles), soit 3 h 20 min. à l'hectare. Le choix des arbres d'avenir, plutôt que des arbres à abattre demande une analyse plus approfondie.

Cependant, il a été utilisé dans le premier cas l'équivalent de 3,3 canettes de peinture à l'hectare, alors que dans le second cas 2,3 canettes de peinture à l'hectare l'ont été. Cette différence est probablement due à l'utilisation d'un jet ordinaire et à la façon de marteler par une ligne autour du tronc plutôt que des points. Il faut ici rappeler que la peinture utilisée dans le martelage contribue de façon substantielle aux dépenses du martelage.



FIGURE 6

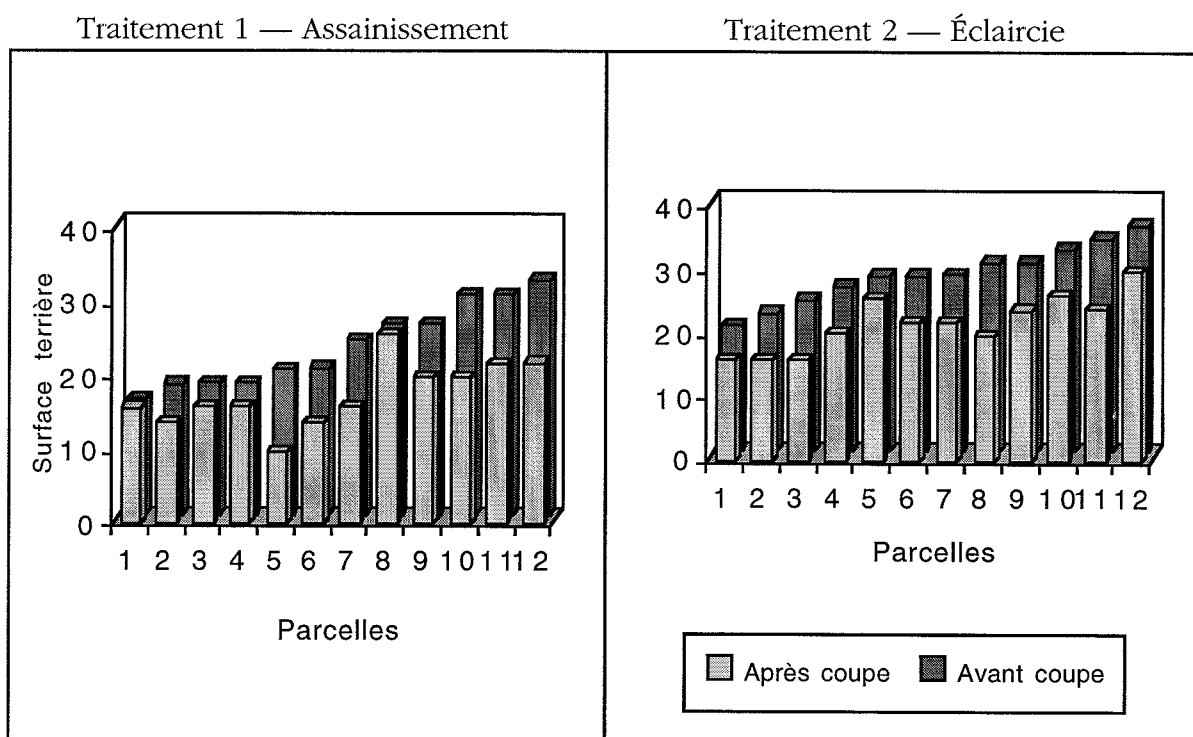
### Distribution des diamètres pour chaque traitement



#### 4.3.2.2 COMPARAISON AVANT ET APRÈS TRAITEMENTS

La figure 7 montre la répartition des surfaces terrières avant et après coupe pour chacune des parcelles. La répartition du prélèvement apparaît plus régulière dans l'éclaircie. Le pourcentage de prélèvement a été maintenu entre les deux traitements (23 %) (tableau 14).

**FIGURE 7** — RÉPARTITION DES SURFACES TERRIÈRES POUR LES 12 PARCELLES DES 2 TRAITEMENTS

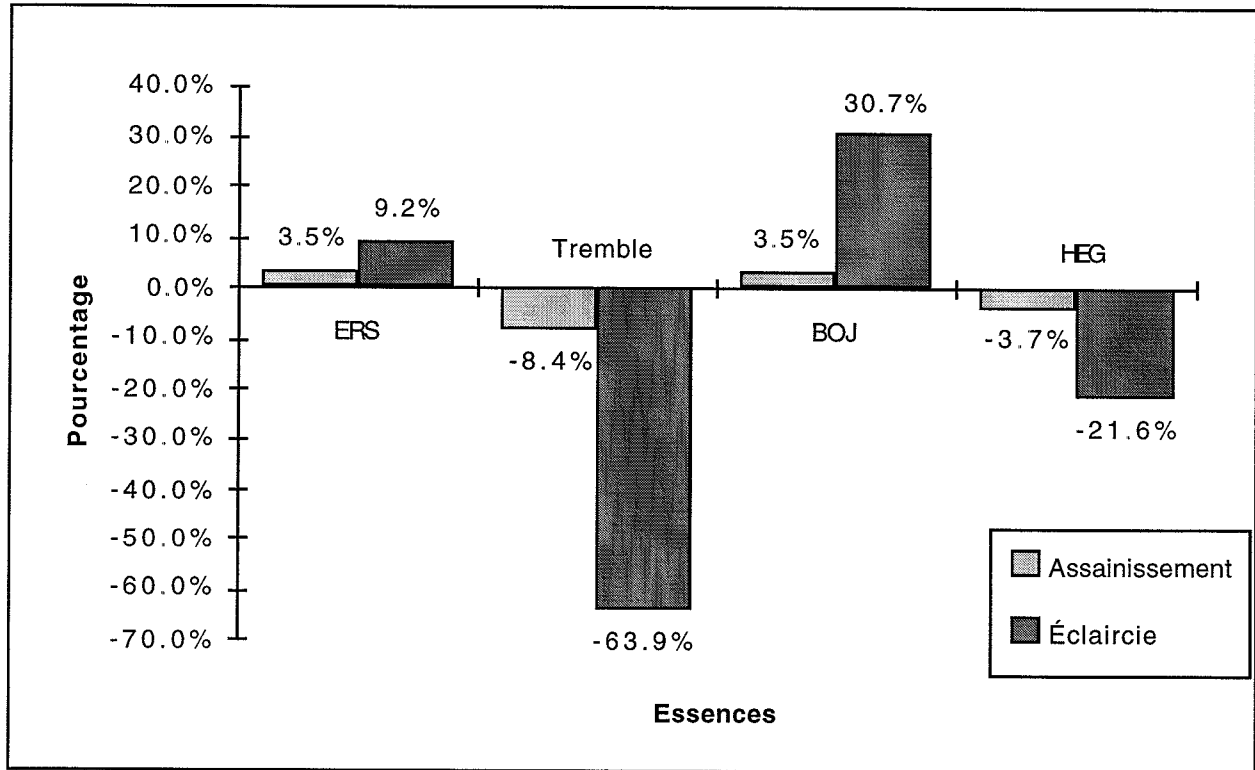


Comparativement à l'assainissement, l'éclaircie fait diminuer brutalement le tremble et le hêtre alors qu'elle favorise le bouleau jaune et l'érable à sucre (figure 8). La coupe a affecté différemment les diverses classes sylvoles (figure 9). L'éclaircie élimine plus intensivement les tiges gênantes afin de favoriser les tiges d'avenir.

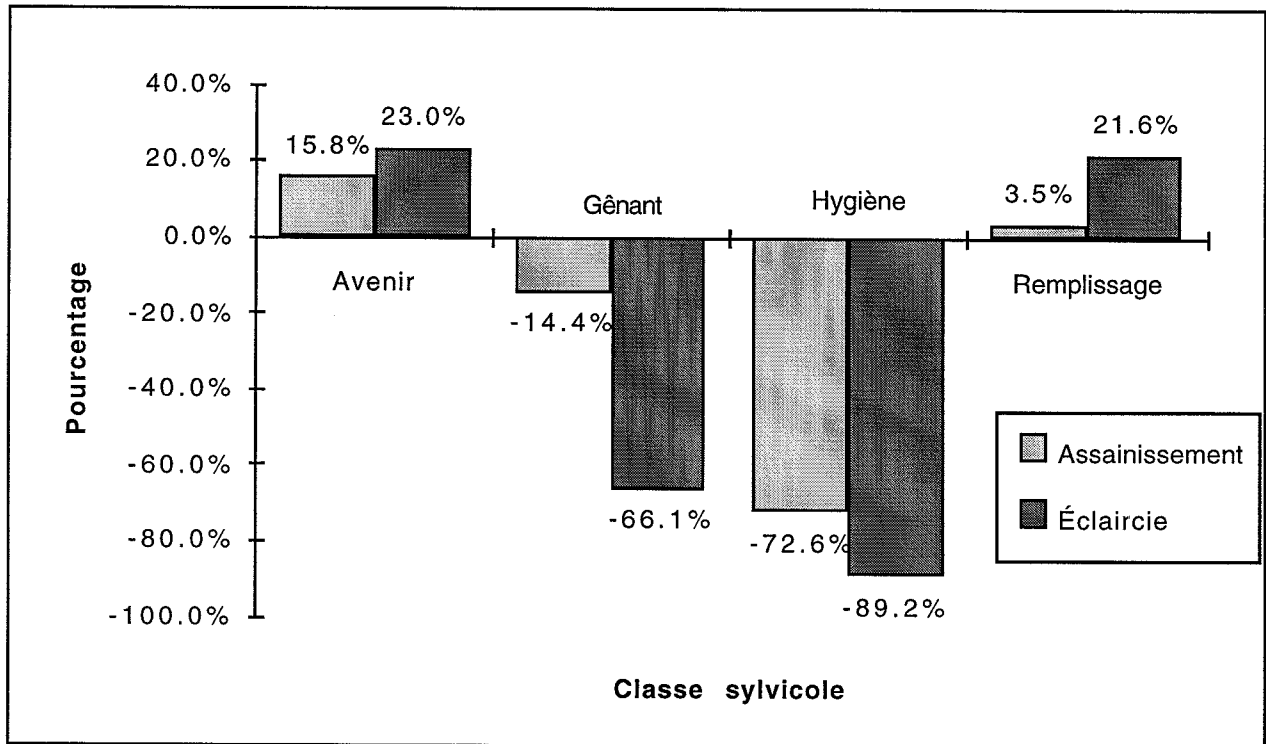
**TABLEAU 14** — RÉSULTATS DU VOLET 3

	Traitement 1 Assainissement	Traitement 2 Éclaircie	Traitement 0
Surface terrière avant (m <sup>2</sup> /ha)	23,2	28,2	28,8
Surface terrière après (m <sup>2</sup> /ha)	18,0	21,7	28,8
Pourcentage de coupe	23 %	23 %	0.0 %
Variation % coupe	irrégulier	régulier	-

**FIGURE 8** — VARIATION DE LA PROPORTION DES ESSENCES APRÈS TRAITEMENTS



**FIGURE 9** — VARIATION DES CLASSES SYLVICOLES APRÈS TRAITEMENTS



### 5.1 VOLET 1

L'étude des caractéristiques de l'arbre moyen servira à comparer l'évolution du développement des tiges lors des prochains mesurages. Pour chacun des traitements, les mesurages subséquents permettront de vérifier la qualité et la quantité de tiges de bouleau jaune.

Au niveau de la composition du peuplement, on retrouve plus du tiers des tiges en bouleau jaune avant traitements. La méthode traditionnelle du puits de lumière demeure facile d'exécution, surtout par son systématisme. Son effet très positif sur la croissance en diamètre n'est également pas à négliger. Malgré des normes plutôt conservatrices, contrairement à nos voisins ontariens et américains, les problèmes de développement de nombreuses branches et de diminution de la croissance en hauteur demeurent (Robitaille, 1990). L'exécution de ce traitement a éliminé plus du quart des tiges de bouleau jaune.

Les méthodes européennes utilisées maintiennent un couvert plus serré, confirmées par nos résultats où le prélèvement des tiges est faible (< 10 %) contrairement au prélèvement du quart des tiges (26 %) dans le traitement de puits de lumière. De plus, un plus grand nombre de tiges de remplacement est maintenu, ce qui apparaît essentiel comme facteur de prévention des risques. La terminologie suisse est claire, on ne parle plus de choix d'arbres d'élites mais bien de candidats potentiels à ce titre. Enfin, l'un des avantages est sa rapidité d'exécution, presque deux fois plus rapide que pour le puits de lumière. Parmi les désavantages, il faut souligner une croissance en diamètre prévue moindre que pour le traitement 1. Le choix d'intervenir à ce stade était justifié par la littérature. Ses résultats démontrent qu'il est pertinent d'intervenir à cet âge en utilisant la méthode de dégagement de la cime puisqu'elle permet de maintenir un grand nombre de tiges d'essences désirées sur le terrain créant un assortiment de tiges qui serviront à former un peuplement de qualité. L'exécution est réalisée à un coût moindre que les puits de lumière, ce qui pourrait justifier un deuxième passage pour un traitement semblable 10 ans plus tard, possiblement.

Il est trop tôt pour se prononcer sur l'élagage sinon qu'il est plus coûteux. La question reste à savoir si la valeur ajoutée justifiera les coûts supplémentaires à ce stade de développement.

## 5.2 VOLET 2

Exactement les mêmes remarques que pour le volet 1 s'appliquent avec encore une fois un biais favorable à une intervention moins forte, moins coûteuse et plus ciblée. On remarquera cependant un nombre de tiges d'avenir inférieur dans ce volet que pour le volet 1. Il était tout de même justifié de traiter à ce stade dû à un ralentissement de croissance et la présence d'érable de Pennsylvanie. L'intervention précédente d'éclaircie pré-commerciale a favorisé la croissance en diamètres mais de **nombreuses branches adventives et fourches** déclassent le bois et en font un produit de moindre valeur.

Il y a plus d'ouvertures dans le traitement du puits de lumière que dans le traitement du dégagement de la cime, ce qui stimulera encore une fois la dépréciation du bois. Si le type de traitement du puits de lumière est maintenu dans le futur, il faudra élaguer.

## 5.3 VOLET 3

Dans ce peuplement, le type de prélèvement nous laisse à penser que la croissance en diamètre des arbres d'avenir devrait être améliorée davantage dans l'éclaircie (traitement 2) que dans l'assainissement (traitement 1). Le fait qu'une proportion beaucoup plus importante des gênants soit enlevée dans le traitement 2 est un argument sérieux pour entrevoir une croissance plus importante dans ce traitement. La proportion de bouleau jaune augmente et celle du hêtre diminue dans le cas du traitement 2 versus le traitement 1.

## 5.4 SUIVI DU PROJET

Le personnel de Produits forestiers Turpin inc. effectuera les prochains mesurages, soit dans 5 ans, en 2001, et un autre dans 10 ans, soit en 2006. Les chercheurs du CERFO sont également intéressés à garder contact et à participer éventuellement aux analyses de ces résultats. Ces mesurages permettront de vérifier l'évolution des tiges individuelles et des peuplements afin de valider les objectifs fixés pour chacun des traitements tel que présenté dans le contexte.

## CONCLUSION

---

L'aménagement équienné du feuillu demeure une pratique rare dans les forêts de feuillus tolérants. Peut-être subsiste-t-il toujours le spectre des coupes à blanc qui ferait se dresser un bouclier de protestations? Il n'en demeure pas moins un système sylvicole pertinent surtout dans le contexte de la production de bois de qualité. Pour le bouleau jaune, il s'avère des plus précieux étant donné son autoécologie qui nous rappelle son statut d'espèce intermédiaire.

Comme nous l'avons mentionné, les besoins d'éducation des jeunes peuplements feuillus sont importants et doivent s'harmoniser aux objectifs de production de matière ligneuse de haute qualité. Dans nos volets les plus jeunes 11 et 20 ans, plusieurs alternatives, dont certaines nouvelles ici, ont été expérimentées. Les méthodes traditionnelles malgré leur facilité d'exécution et leur effet très positif sur la croissance en diamètre présentent des problèmes quant à la croissance en hauteur et le développement de nombreuses branches. Les méthodes européennes corrigeraient ces désavantages à moindre coût en maintenant cependant une croissance en diamètre inférieure. Il apparaît important d'intervenir dans les peuplements comparables au volet 1 dû à la présence d'un grand nombre de tiges, plutôt que d'intervenir plus tard (volet 2) au moment où la sélection naturelle a déjà éliminé une forte proportion des tiges, particulièrement celles de bouleau jaune.

Les coûts d'exécution du dégagement de la cime plus faibles, de près de la moitié de l'exécution des puits de lumière, pourraient justifier une intervention en plus jeune âge et une deuxième visite 10 ans plus tard.

Quant à la jeune futaie, déjà le type de prélèvement nous laisse à penser que les arbres d'avenir devraient profiter de l'éclaircie plus que du seul assainissement au niveau de leur croissance en diamètre et en volume principalement. L'exécution de l'éclaircie nécessite plus de temps de martelage et une plus grande compétence des marteleurs. Ce traitement semble toutefois être justifié par un meilleur environnement des tiges d'élite et un potentiel de croissance du peuplement plus élevé.

Il s'agit d'un projet innovateur, où une importante synergie a été créée entre l'industriel, un centre spécialisé, le Cégep et le MRNQ, engagés à améliorer le rendement des forêts. Plusieurs questions subsistent qui pourront être résolues en partie à la suite des prochains mesurages effectués dans les trois volets.

## RÉFÉRENCES

---

- ALTHEN, F.W. von, WOOD, J.E., MITCHELL, E.G. and HOBACK, K. «Effects of Different Intensities of Yellow Birch and Sugar maple Crop Tree Release». Northern Forestry Program, Ministry of Natural Resources, 1994, 16 pages.
- ANDERSON, H.W., B. D. BATCHELOR, C.M. CORBETT, A. S. CORLETT, D. T. DEUGO, C. F. HUSK and W.R. WILSON. «Effects of Different Intensities of Yellow Birch and Sugar maple Crop Tree Release». Forest Resources Group, Ministry of Natural Resources, 1990, 178 pages.
- BELLEFLEUR, P. et LAROCQUE, G. «Comparaison de la croissance d'espèces ligneuses en milieu ouvert et sous couvert forestier». *Can. For. Res.* 13, 1983, pages 508 à 513.
- BILTONEN, Frank E., HILLSTROM, William A., STEINHILB, Helmut, M. and GODMAN, Richard M. «Mechanized thinning of northern hardwood pole stands». U.S.D.A. Forest Service Research Paper NC-137, 1976, page 1 to 17.
- BOIVIN, Jean-Louis. «Coupes progressives par bandes de une, deux et trois chaînes de largeur». Service des plans d'aménagement, Ministère des Terres et des Forêts du Québec, 1975, 127 pages.
- BOUDRU, Marc. «Forêt et sylviculture : traitement des forêts». Les presses agronomiques de Gembloux, A.S.B.L., 1989, Passage des Déportés, 2 - B-5800 Gembloux (Belgique), pages 15-19, 52-3, 83-103, 276-279.
- BROWN, Jean-Louis. «Régénération et aménagement des forêts naturelles de feuillus nobles». Service de la recherche appliquée, Ministère de l'Énergie et des ressources, pages 55 à 73.
- CONOVER, D.F. and RALSTON R.A. «Results of Crop-Tree Thinning and Pruning In Northern Hardwood Saplings After Nineteen Years». *Journal of Forestry*, 1959, page 551 to 557.
- CRCHA, Jan, et TROTTIER, François. «Guide de traitements sylvicoles — Les feuillus tolérants». Service des techniques d'intervention forestière, Ministère des Forêts, décembre 1991, 55 pages.

- ERDMANN, Gayne G. «Yellow Birch» in, RUSSELL, M. BURNS and Barbara H. HONKALA. «SYLVICS OF NORTH AMERICA. VOLUME 2: HARDWOODS», Forest Service, United States Department of Agriculture, Washington, 1990, pages 93 to 107.
- ERDMANN, Gayne G., GODMAN, Richard M. and OBERG, Robert R. «Crown release accelerates diameter growth and crown development of yellow birch saplings», North Central forest experiment Station Forest Service U.S. Department of Agriculture, 1975, pages 1 à 9.
- ERDMANN, Gayne G., PETERSON, Ralph M. Jr. and GODMAN, Richard M. «Cleaning yellow birch seedling stands to increase survival, growth, and crown development». Can. J. 1981, Res. 11, page 62 to 68.
- GENG, S. and F. J. HILLS. «A Procedure for Determining Numbers of Experimental and Sampling Units». Agronomy Journal, volume 70, 1978, page 441 to 444.
- GINRICH, Samuel F. «Measuring and Evaluation Stocking and Stand Density in Upland Hardwood Forests In the Central States». Forest Science, volume 13, number 1, 1967, page 38 to 53.
- GODMAN, Richard M. and TUBBS, Carl H. «Establishing even-age northern hardwood regeneration by the shelterwood method a preliminary guide». North Central Forest Experiment Station, USDA Forest Service, Research Paper NC-99, 1973, page 1 to 9.
- GORDON, Andrew M., SIMPSON, James A., and WILLIAMS, Peter A. «Six-year response of red seedlings planted under a shelterwood in central Ontario». Canadian Journal of Forestry Research, volume 25, number 4, 1995, page 603 to 613.
- HANNAH, Peter R. «Growth of Large Yellow Birch Saplings following Crop Tree Thinning». Journal of Forestry, April 1978, page 222 to 223.
- HEITZMAN, Eric and NYLAND, Ralph D. «Cleaning and Early Crop-Tree Release in Northern Hardwood Stands : A Review». SUNNY College of Environmental Science and Forestry, NIAF, 1991, page 111 to 115.
- HIGGS, Brian J. «Evaluation of criteria for harvesting of tolerant hardwood and hardwood-softwood stands on Provincial crown land». Project funded by the Canada/New-Brunswick Cooperation Agreement on Forest Development, April 1995, 140 pages.



- HUBERT, Michel et COURRAUD, René. «Élagage et taille de formation des arbres forestiers». Édition Institut pour le développement forestier, 2<sup>e</sup> édition, 1994, pages 11-22, 88-113, 161-210.
- HUOT, Michel et DOUCET, René. «Mesure des effets réels des traitements sylvicoles». Éclaircies précommerciale et commerciale pour la production prioritaire de peuplier et de bouleau à papier. Synthèse des informations disponibles et évaluation des besoins de recherche. Service de la recherche appliquée, Ministère des Ressources naturelles du Québec, Rapport interne N° 394, 1995, 17 pages.
- LAFOND, Richard, Claude Cauchon et Jean-Pierre Ducruc, 1992. Pédologie forestière, Modulo éditeur, pages 41 à 45.
- LAMSON, Neil I. and SMITH, Clay H. «Precommercial Treatments of 15- to 40-year old Northern Hardwood Stands». U.S. Forest Service, page 160 to 175.
- LANIER, Louis, 1994. Précis de sylviculture, École Nationale du génie rural, des eaux et des forêts, 2<sup>e</sup> édition, 477 pages.
- LEAK, William, SOLOMON, Dale S. and FILIP Stanley M. «A Silvicultural Guide for Northern Hardwoods in the Northeast». U.S.D.A. Forest Service Research Paper NE-143, 1969, page 1 to 33.
- LEES, J.C. «La croissance, le degré de ramification et les rejets de souche des gaules de feuillus septentrionaux après espacement». Rapport d'information M-X-193F. Service canadien des forêts - région des Maritimes, Ressources naturelles Canada, 1995.
- LUSSIER, Louis-Jean et BOUTIN, Robert. «Analyse de la production intégrée de biomasse forestière et de bois de commerce». Projet ENFOR P-428. Rapport d'information LAU-X-112, Ministère des Approvisionnements et Services Canada, 1995, 84 pages.
- MAJCEN, Z., RICHARD, Y., MÉNARD, M. et GRENIER, Y. «Choix des tiges à marquer pour le jardinage d'érablières inéquiennes». Guide technique. Mémoire N°96, Service de la recherche appliquée, Ministère de l'Énergie et des Ressources, 1990, 96 pages.
- MAJCEN, Z., RICHARD, Y. «Coupe de jardinage dans six régions écologiques du Québec. Accroissement quinquennal en surface terrière». Mémoire de recherche forestière N°120, Direction de la recherche forestière, Ministère des Ressources naturelles, 1995, 22 pages.

- MAJCEN, Z., RICHARD, Y., MÉNARD, M. «Composition, structure et rendement des érablières dans cinq secteurs de la région de l'Outaouais». Mémoire N°88, Service de la recherche appliquée, Ministère de l'Énergie et des Ressources, 1985, 130 pages.
- MCCAULEY, Orris D. and MARQUIS, David A. «Investment in Precommercial Thinning of Northern Hardwoods». U.S.D.A. Forest Service Research Paper NE-245, 1972, page 1 to 13.
- MÉRETTE, Conrad et MARTEL, Jacques. «Éclaircie précommerciale dans un jeune peuplement de feuillus tolérants (érablière à bouleau jaune de 6 ans)». Service des traitements sylvicoles, mars 1989, 14 pages.
- MERRILL, C. Hoyle. «Plantation Birch : What Works, What Doesn't». Journal of Forestry, page 16 to 19.
- METZGER, Frederick T. and TUBBS, Carl H. «The influence of cutting method on regeneration of second-growth northern hardwoods». Journal of Forestry, 1971, page 559 to 564.
- OUELLET, D. et ZARNOVICAN, R. «La conduite des jeunes peuplements de bouleaux jaunes (*Betula alleghaniensis* Britton) : caractéristiques morphologiques». Can. J. For. Res., 1988 (19) : 992-996.
- OUELLET, D. et ZARNOVICAN, R. «Cultural treatment of young yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton) stands : tree classification and stand structure». Canadian Forestry Service, volume 18, 1988, page 1581 to 1586.
- PEARSON, E. S. et H. O. HARTLEY. «Charts of the Power Function for Analysis of Variance Tests, Derived from the Non-central *F*-Distribution». n.d. , volume 38, 1951, page 112 to 141.
- POTHIER, David. «Accroissement d'une érablière à la suite de coupes d'éclaircie : résultats de 20 ans». Can. J. For. Res. 1996(26) : 543-549.
- RICARD, Pierre. «Forêt Duchesnay — BOJ 31 juillet 95». Note de cours, 15 pages.
- RICARD, Pierre. 1996. Note de cours, 99 pages.

- ROBERGE M.R. «Managing Northern Hardwoods by Clearcutting 30 m wide strips : 10-year result». The Forestry Chronicle, 1987, page 169 to 173.
- ROBERGE, M.R. «Aménagement d'une bétulaie jaune à érables par la coupe par groupes : résultats de 15 ans». Service Canadien des Forêts, Rapport d'information LAU-X-72B, 1988, 26 pages.
- ROBERGE, M.R. «Évolution d'une érablière à bouleau jaune soumise à différents traitements en 1966». Service Canadien des Forêts, Rapport d'information LAU-X-82B, 1988, 29 pages.
- ROBERGE, M.R. «Influence de l'éclaircie, de la fertilisation à l'urée et de la récolte de l'eau d'érable sur la fertilité du sol d'une érablière à sucre». Forêts Canada, Rapport d'information LAU-X-84B, 1988, 95 pages.
- ROBERGE, M.R. «Vingt ans d'aménagement par groupes d'une bétulaie jaune à érables». Service Canadien des Forêts, Rapport d'information LAU-X-81B, 1988, 28 pages.
- ROBITAILLE, Lise, SHEEDY, Gilles et RICHARD Yvon. «Effets de dégagement et de la fertilisation sur un gaulis de 10 ans à dominance de bouleau jaune». 1988, pages 1-3, 12-14.
- ROBITAILLE, Lise, SHEEDY, Gilles et RICHARD Yvon. «Effets de l'éclaircie précommerciale et de la fertilisation sur un gaulis de 10 ans à dominance de bouleau jaune». The Forestry Chronicle, October 1990, page 487 to 493.
- SCHÜTZ, Jean-Philippe. «Sylviculture 1 : Principes d'éducation des forêts». Collection gérer l'environnement, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1990, pages 108 à 243.
- SKILLING, Darroll D. «Response of Yellow Birch to Artificial Pruning». Journal of Forestry, page 429 to 432.
- TRENCIA, Dr. Jacques. «Effet des traitements sylvicoles sur le développement racinaire et aérien des feuillus en période juvénile». Étude CFL-41-02, pages 12-13 et 17.

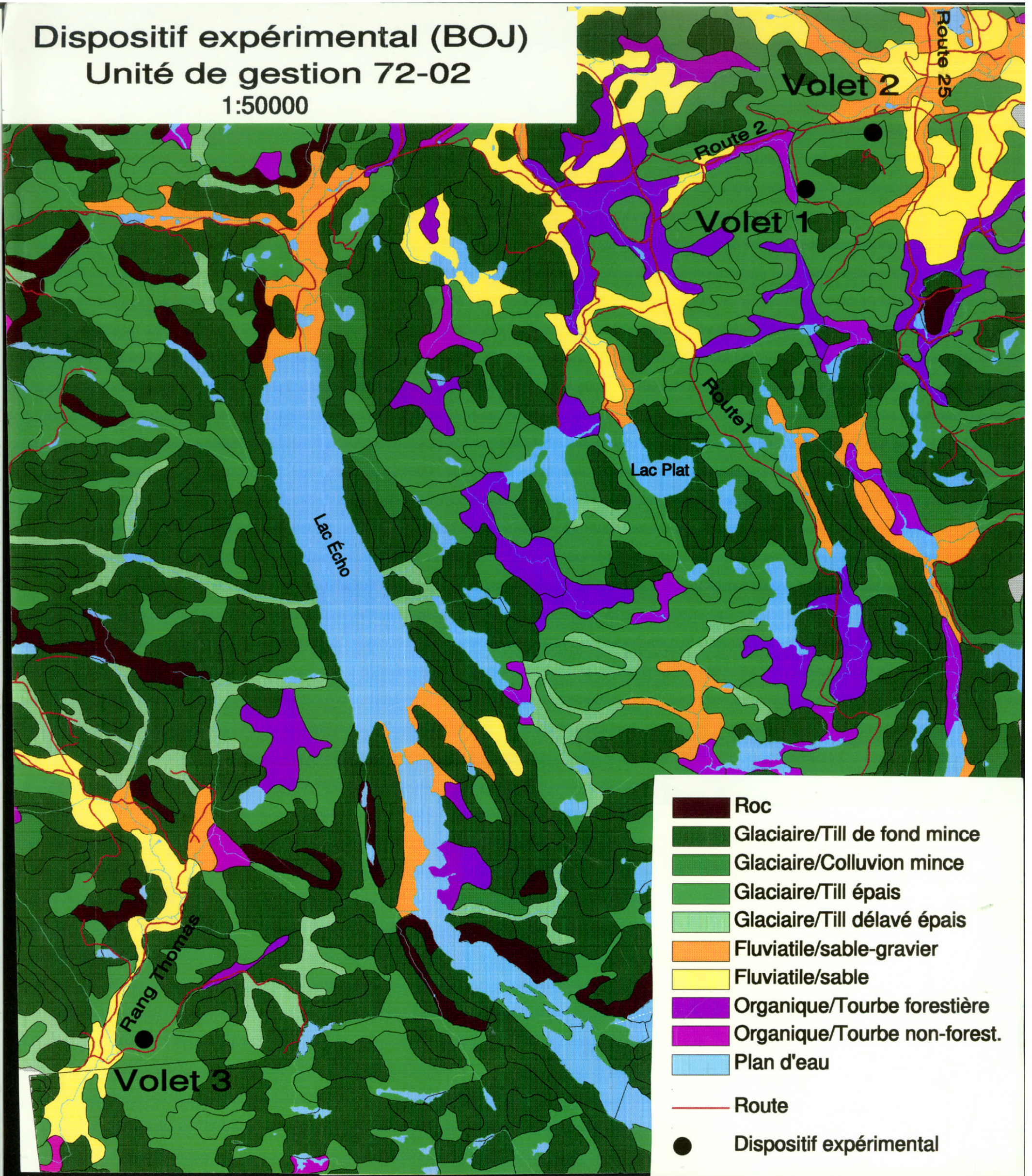
ZARNOVICAN, Richard et LABERGE, Claude. «Réaction des principales essences feuillues à l'éclaircie de mise en lumière dans une érablière à bouleau jaune en Estrie». Ressources naturelles Canada, Rapport d'information LAU-X-109, 1994, 26 pages.

## **ANNEXE 1**

**LOCALISATION DES DISPOSITIFS DES TROIS VOILETS**



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





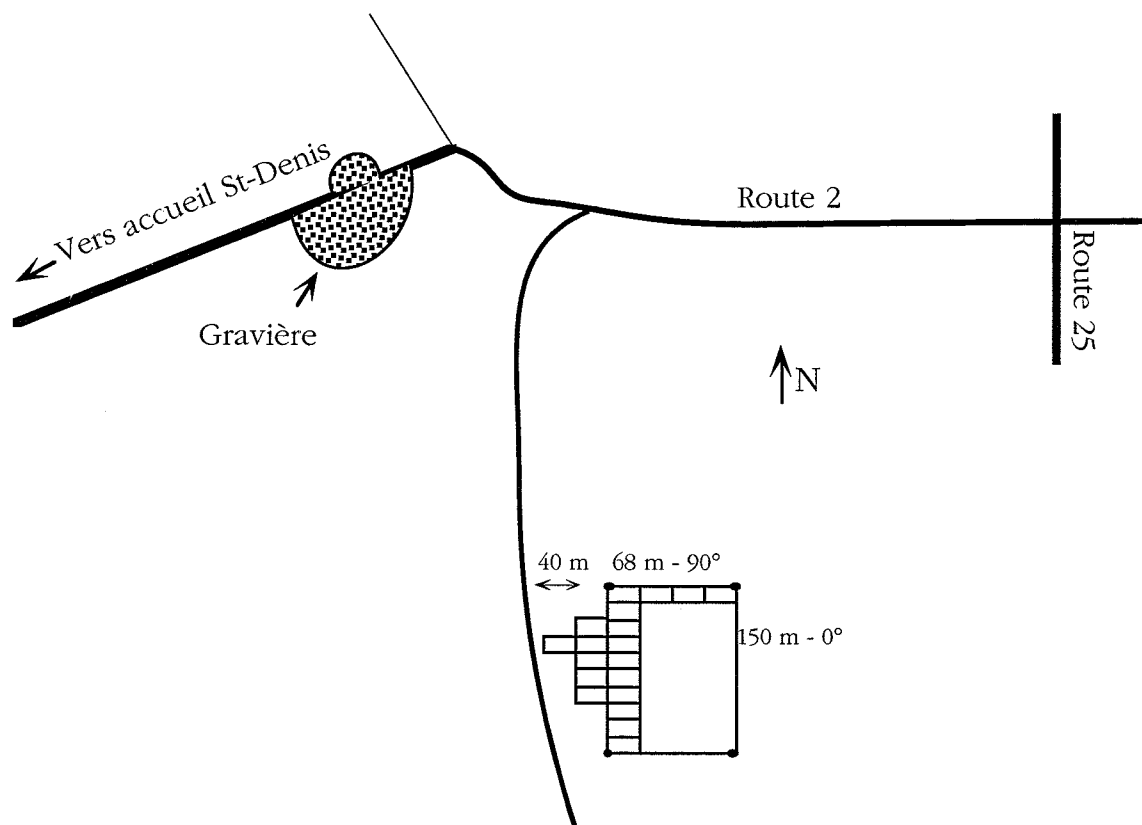
## LOCALISATION DU VOLET 1

Le dispositif du volet 1 est situé dans une coupe à blanc de 1984. Selon la carte de la réserve Papineau-Labelle, le site est accessible par la route ② en passant par l'accueil St-Denis de Val-des-Bois. Le dispositif du volet 1 se trouve au sud de la route ② entre la route ① et la route ②⑤. Après l'intersection de la route ① dans le secteur des bandes, premier chemin à droite après la gravière (figure 1) (voir carte et photo aérienne). Le dispositif est situé à 40 mètres à l'est du chemin d'accès.

Carte forestière numéro 31G/14 N.O.

Photographie aérienne de 1990, numéro 31 G 46, Q-90130, 106 et 107.

Le dispositif est situé à environ 700 m de la route ② accessible en camion ou en voiture.



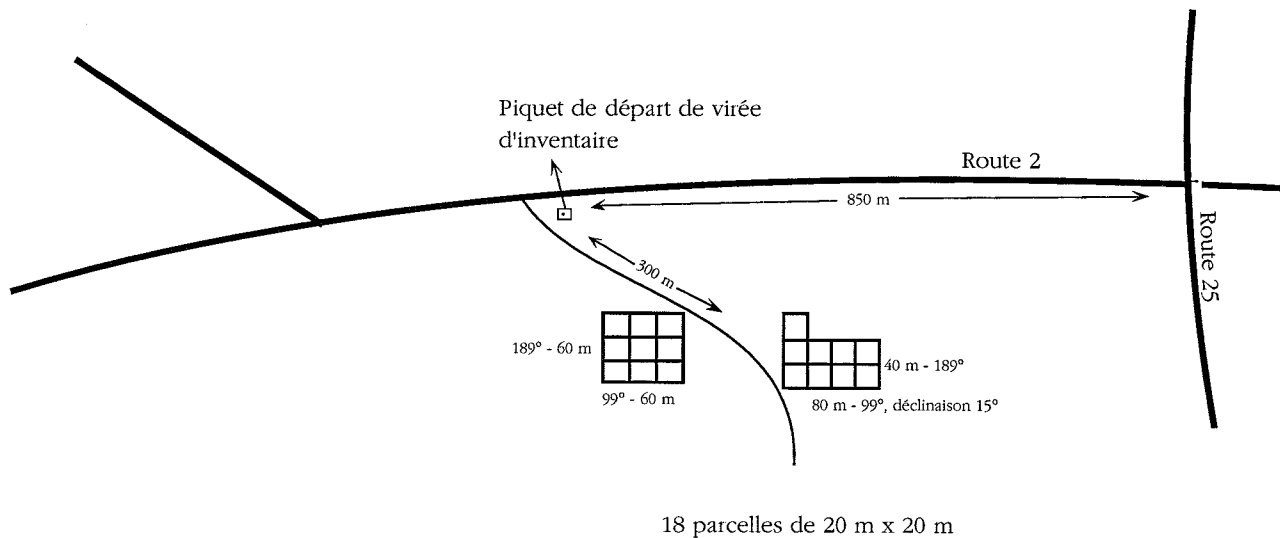
## LOCALISATION DU VOLET 2

Selon la carte de la réserve Papineau-Labelle, le site est accessible par la route ② en passant par l'accueil St-Denis de Val-des-Bois. Le dispositif du volet 2 se trouve au sud de la route ② avant l'intersection avec la route ②⑤. À environ 850 mètres avant l'intersection de la route ②⑤, on peut apercevoir un piquet rouge de départ de virée d'inventaire à quelques mètres à droite de la route ②.

Carte forestière 31 G/14 N.O.

Photographie aérienne de 1990, numéro 31 G 46, Q90130, 107 et 108.

Le dispositif est situé à environ 300 m de la route ② et est accessible par un ancien chemin de débusquage. Ce chemin est difficilement accessible en VTT et plus facilement accessible à pied.



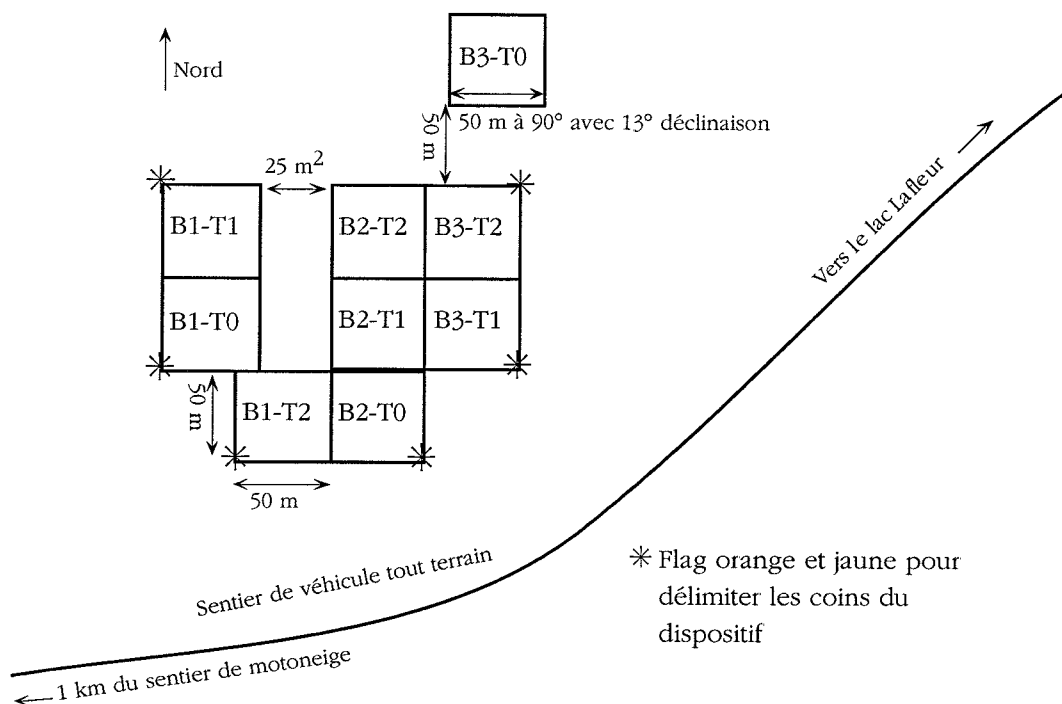


### LOCALISATION DU VOLET 3

Le dispositif du volet 3 est situé dans un peuplement d'érablières à feuillus tolérants (ErFt A250 D LaRII) de la réserve de Papineau-Labelle. Le site est accessible par le village de Notre-Dame-de-la-Salette via le chemin du rang Thomas et le chemin Boucher (voir carte routière Outaouais Hautes-Laurentides). Suivre le chemin Boucher jusqu'à l'intersection avec le sentier de motoneige juste avant le pont du ruisseau de l'Argile. Parcourir le sentier de motoneige sur une distance de 2,4 km jusqu'à l'intersection du sentier pour le lac Lafleur (voir carte de la réserve Papineau-Labelle). Le chemin est accessible en camion jusqu'à l'intersection du sentier menant au lac Lafleur, point à partir duquel le sentier était alors accessible seulement en véhicule tout terrain (VTT). Le dispositif est situé au nord du sentier du Lac Lafleur à environ 1 km à partir de l'intersection du sentier de motoneige.

Carte forestière 31G/14 S.O.

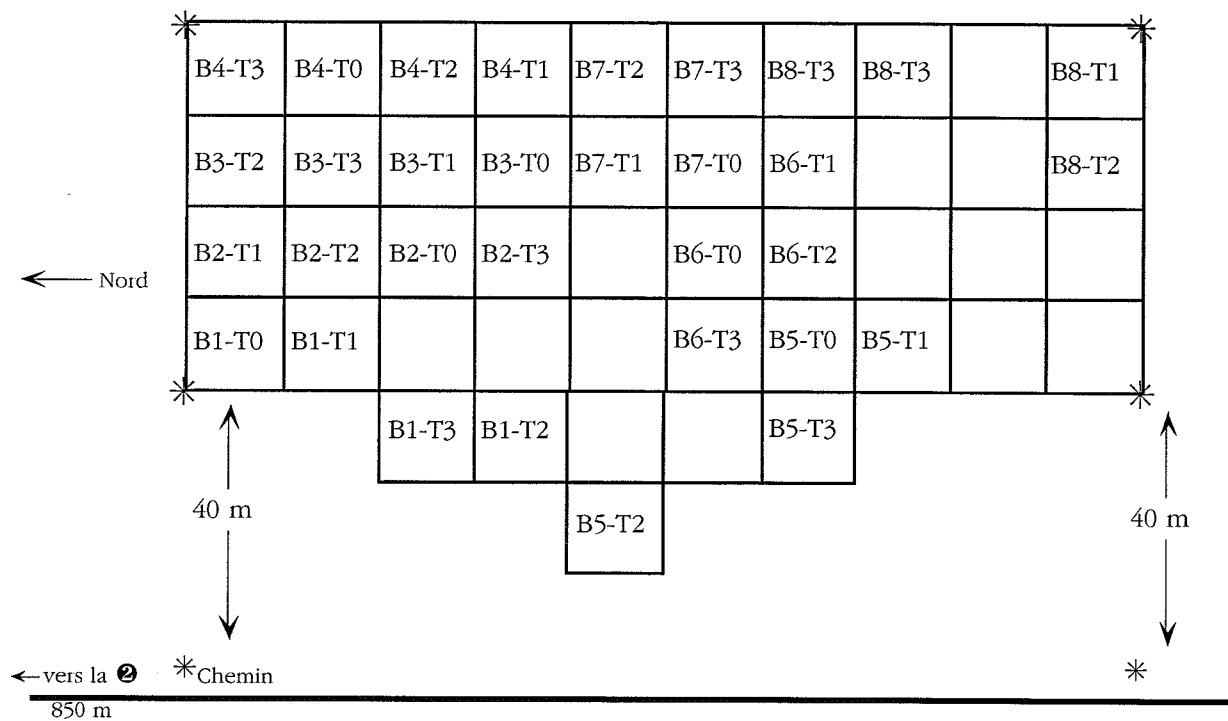
Photographie aérienne de 1990, numéro 31 G 40, Q90177, 172 et 173.



## **ANNEXE 2**

### **DESCRIPTION DES DISPOSITIFS**

## VOLET 1 — DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL



\* Flag orange et jaune à chaque coin et le long du chemin

32 parcelles de 15 m x 17 m

8 blocs

4 traitements

384 places-échantillons

B → bloc

T → traitement

T0 → témoin

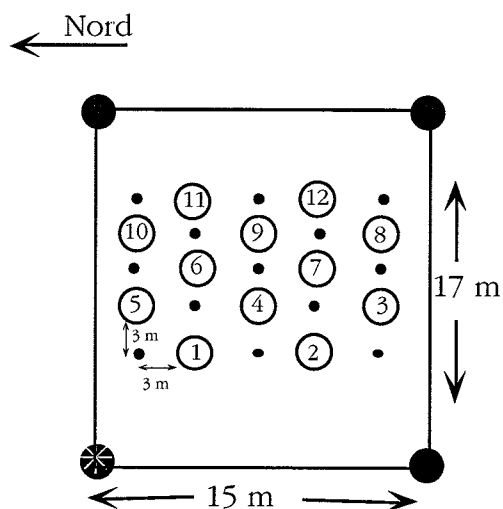
T1 → puits de lumière

T2 → dégagement de la cime avec taille de formation

T3 → dégagement de la cime

## VOLET 1 — EXEMPLE D'UNE PARCELLE / DISPOSITION DES PLACES-ÉCHANTILLONS

---



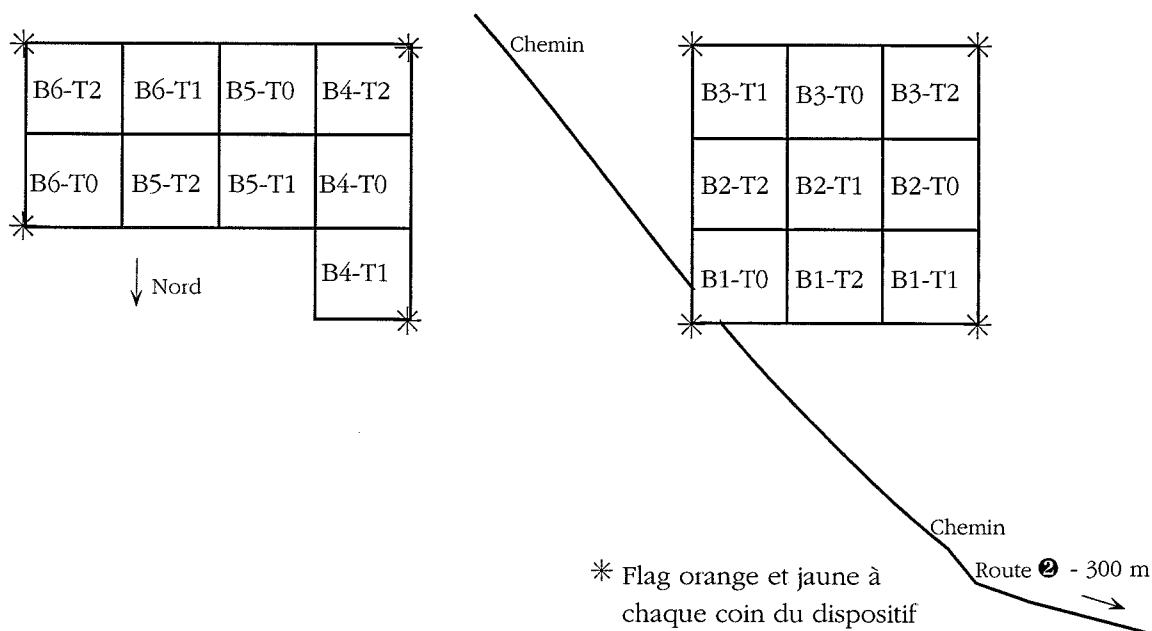
- Les coins de parcelle sont identifiés par des piquets peints orange.
- \* Chaque coin du dispositif est identifié d'un flag jaune en plus d'un piquet orange.
- ① Les douze places-échantillons de chaque parcelle représentent un arbre sur deux (à tous les 3 mètres) et sont identifiées par une fiche métallique avec un ruban bleu et une étiquette d'aluminium numérotée, par exemple V1-B1-T0-P1.

Pour chacune des places-échantillons, une fiche métallique a été placée au pied d'un arbre d'avenir (du côté du centre de la place-échantillon) avec un flag rose et une étiquette d'aluminium portant le même numéro que la place-échantillon avec un A à la fin du numéro, par exemple : V1-B1-T0-P1-A.

La numérotation signifie :

- V1 -> Volet 1
- B1 -> Bloc 1
- T0 -> Traitement 0
- P1 -> Place-échantillon 1
- A -> Arbre

## VOLET 2 — DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL



18 parcelles de 20 m x 20 m

6 blocs

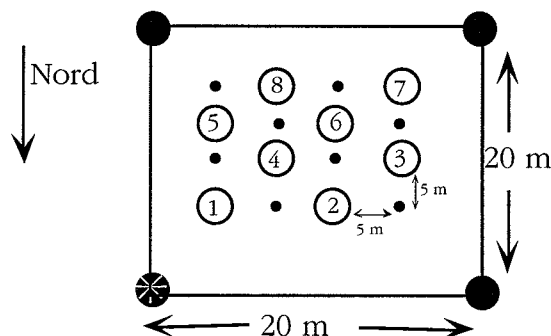
3 traitements

144 places-échantillons

- B → bloc
- T → traitement
- T0 → témoin
- T1 → puits de lumière
- T2 → dégagement de la cime

## VOLET 2 — EXEMPLE D'UNE PARCELLE / DISPOSITION DES PLACES-ÉCHANTILLONS

---



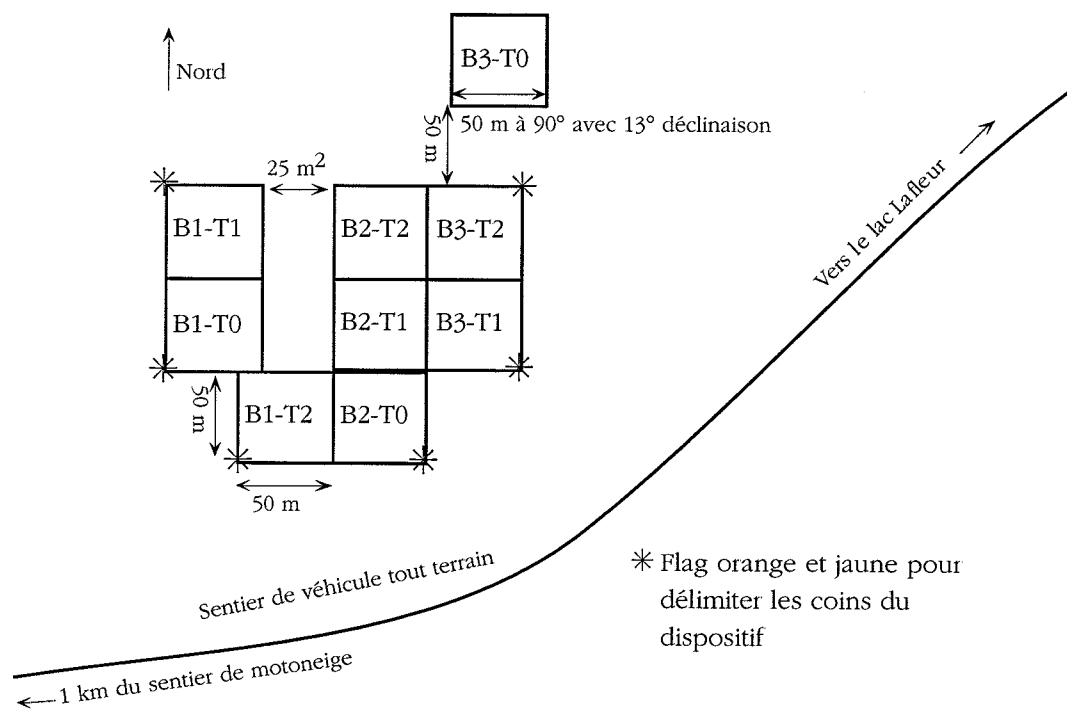
- Les coins de parcelle sont identifiés par des piquets peints orange.
- \* Chaque coin du dispositif est identifié d'un flag jaune en plus d'un piquet orange.
- ① Les huit places-échantillons de chaque parcelle représentent un arbre d'avenir sur deux à tous les 5 mètres et sont identifiées par une fiche métallique avec un ruban bleu et une étiquette d'aluminium numérotée, par exemple: V2-B1-T0-P1.

Pour chacune des places-échantillons, une fiche métallique a été placée au pied d'un arbre d'avenir (du côté du centre de la place-échantillon) avec un flag rose et une étiquette d'aluminium portant le même numéro que la place-échantillon avec un A à la fin du numéro, par exemple: V2-B1-T0-P1-A.

La numérotation signifie :

- V2 -> Volet 2
- B1 -> Bloc 1
- T0 -> Traitement 0
- P1 -> Place-échantillon 1
- A -> Arbre

## VOLET 3 — DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

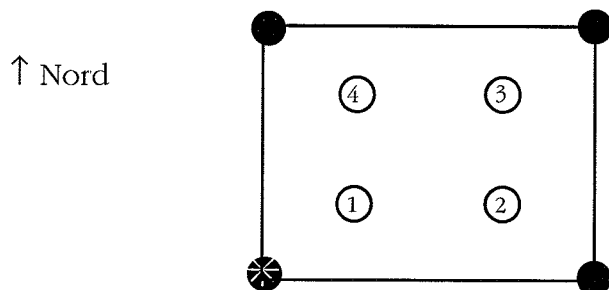


9 parcelles de 50 m x 50 m  
3 blocs  
3 traitements  
36 places-échantillons

B → bloc  
T → traitement  
T0 → témoin  
T1 → assainissement  
T2 → éclaircie

### VOLET 3 — EXEMPLE D'UNE PARCELLE / DISPOSITION DES PLACES-ÉCHANTILLONS

---



- Les coins de parcelle sont identifiés par des piquets peints orange.
- \* Chaque coin du dispositif est identifié d'un flag jaune en plus d'un piquet orange.
- ① Les quatre places-échantillons de chaque parcelle sont centrées et placées à une équidistance de 25 mètres. Elles sont identifiées par une fiche métallique avec un ruban bleu et une étiquette d'aluminium numérotée, par exemple: V3-B1-T2-P1.

Pour chaque place-échantillon tous les arbres d'avenir (5 à 6) sont identifiés avec une étiquette métallique fixée sur le tronc de l'arbre avec un clou d'aluminium au niveau du DHP du côté du centre de la place-échantillon. Les arbres d'avenir sont identifiés par le même numéro que la place-échantillon en ajoutant A1 à A6 à la fin, par exemple : V3-B1-T2-P1-A1.

La numérotation signifie :

- V3 → Volet 3
- B1 → bloc 1
- T2 → traitement 2
- P1 → place-échantillon 1
- A1 → arbre 1



## **ANNEXE 3**

**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 4**

**TRAITEMENT DE DÉGAGEMENT DE LA CIME**

## **TRAITEMENT DE DÉGAGEMENT DE LA CIME**

---

L'opération consiste à dégager les tiges utiles de la présence d'individus nuisibles qui les dominent et qui auront la possibilité de les dominer.

Il s'agit de régler la forme du jeune peuplement pour obtenir un fourré équienne pour favoriser la compétition entre les tiges pour la croissance en hauteur et de ne pas favoriser l'apparition de branches adventives.

À ce stade de développement, on dénombre quatre catégories de tiges :

- Les sanitaires
- Les tiges utiles (celles que l'on cherche à favoriser)
- Les tiges nuisibles aux tiges utiles
- Les tiges de remplissage

Le dégagement consistera donc à éliminer ou à retarder le développement des tiges nuisibles qui oppriment les tiges utiles.

On élimine aussi les tiges qui ne favorisent pas la forme équienne c'est-à-dire les rémanents issus du peuplement précédent.

### **Procédé de travail**

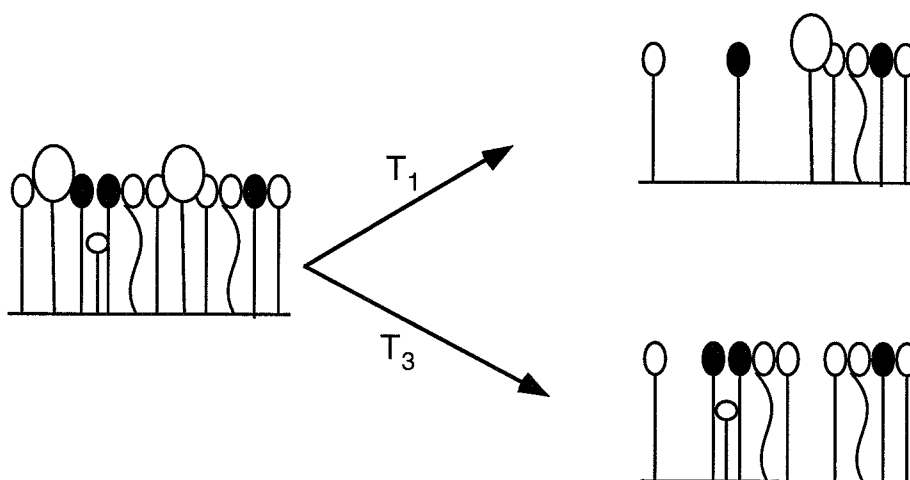
Il apparaît très important de délimiter le territoire à traiter par bloc de 2 500 mètres carrés et d'exécuter le travail en débutant par le fond. Ainsi l'on évite les oublis qui peuvent être fréquents. Contrairement à l'éclaircie précommerciale conventionnelle, cette technique ne prévoit pas l'élimination des tiges de remplissages, il devient alors ardu de repérer le terrain traité de celui qui ne l'a pas été.

Le fondement du procédé est en fait de favoriser les essences priorisées, dans le cas présent le bouleau jaune, et de supprimer, tout en gardant une pression latérale, les tiges nuisibles. C'est pourquoi, vers 10 ans (période de croissance en hauteur et de vulnérabilité des tiges face aux brouteurs), nous ne devrions pas tenter de favoriser la croissance d'une tige plus que d'une autre mais de simplement favoriser la croissance de tous les individus d'un gabarit similaire dans l'essence désirée. Il serait possible par la suite (vers 20 ans) de faire le choix des tiges d'avenir et de concentrer les efforts de la taille de formation sur les individus que l'on sélectionnerait. Dans cette optique, le dégagement avec maintien de la pression latérale implique la taille des tiges assez hautes pour ne dégager que la cime. Ainsi l'utilisation d'une scie mécanique n'est pas à conseiller car il peut être

dangereux de scier plus haut que la hauteur des épaules et le poids de cet instrument ralentit les déplacements entre les tiges à supprimer. La débrousailleuse ne peut être utilisée car elle élimine entièrement la pression latérale. Nous croyons donc que la machette et le sécateur à manche extensible sont des outils idéaux.

Lors du dégagement des tiges utiles, une attention particulière doit être portée au cerisier de pennsylvanie. Si l'on décide de couper cette essence pour une raison particulière, il est recommandé de la tailler le plus bas possible dû à sa croissance exceptionnelle.

- T<sub>1</sub>    Traitement 1 : puits de lumière
- T<sub>3</sub>    Traitement 3 : dégagement de la cime (à l'européenne)



## **ANNEXE 5**

**RÉSUMÉ POUR LE MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION**

## CONTRIBUTION AU DÉVELOPPEMENT DE SCÉNARIOS SYLVICOLES DANS LES ÉRABLIÈRES À BOULEAU JAUNE ÉQUIENNES DE L'OUTAOUAIS

### Partenaires:

Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc.  
Cégep Sainte-Foy  
Produits Forestiers Turpin inc.  
Ministère de l'Éducation du Québec (*Programme d'aide à la recherche technologique*)

### Description:

Dans la forêt feuillue, la tendance actuelle des aménagistes forestiers et du ministère des Ressources naturelles du Québec est de favoriser systématiquement le régime de la futaie inéquienne (arbres d'âges différents). Pourtant on retrouve à plusieurs endroits des peuplements équiennes (arbres de mêmes âges) de feuillus ou encore de nombreux peuplements dégradés qui devront être convertis en forêt équienne par une coupe de régénération. De plus, le bouleau jaune, possédant des exigences précises en terme de lumière et de lit de germination, demande une sylviculture adaptée pour l'implantation et la survie de la régénération.

Le projet s'intéresse au développement d'outils pour les soins culturaux et l'éducation lors de la phase d'établissement de ces jeunes érablières à bouleau jaune et ce, dans le contexte du régime de la futaie équienne. Trois dispositifs expérimentaux ont été implantés afin de suivre trois stades de développement spécifiques : le stade fourré, le stade gaulis et le stade jeune futaie. Une série de méthodes connues ont été expérimentées afin d'en évaluer les avantages et inconvénients et d'en dégager un rapport qualité-prix.

Les résultats obtenus après une seule année démontrent déjà l'intérêt de ces méthodes en termes de produits et du niveau raisonnable d'investissement. Au stade fourré, le nettoyage est une méthode deux fois plus rapide que la méthode traditionnelle des puits de lumière. Au stade gaulis, elle demeure plus rapide. Aux deux stades de développement, la méthode de nettoyage maintient plus de tiges à l'hectare. On peut ainsi s'attendre à un moins grand développement des branches adventives. Il faudra cependant intervenir à nouveau dans une dizaine d'années pour répéter l'opération.

Au stade de jeune futaie, l'éclaircie commerciale a permis d'éliminer un plus grand nombre de tiges gênantes aux tiges d'avenir que le traditionnel assainissement qui s'attaque en priorité aux tiges de moindre qualité. On peut donc s'attendre à une plus grande croissance des arbres dégagés dans les prochaines années.

Les prochains mesurages seront effectués par Produits Forestiers Turpin inc.

# **ANNEXE 6**

## **DESCRIPTION DES SOLS**



## ANALYSE DE SOL

---

Le sol est un podzol humo-ferrique, fortement acide à texture de sable limoneux.

Les caractéristiques du sol sont :

cations	cmol (+)/kg
H	0,7267
MN	0,0033
Mg	0,0189
Ca	0,3565
Al	0,8522
K	0,0440
Na	0,0226

Ph  $\text{CaCl}_2$  : 4,42

C<sub>organique</sub> : 1,55 %

N : 0,093 %

C.E.C : 2,0242 cmol (+)/kg

Cations échangeables : 0,4420 cmol (+)/kg

Saturation en base : 21,8 %

Il s'agit d'un sol ayant une très faible capacité d'échange cationique (< 6 cmol(+)/kg) et une faible productivité (S.B. entre 20 % et 40 %) (Lafond *et al.*, 1992).

# **ANNEXE 7**

**PHOTOS**



*Localisation du volet 1 dans une ancienne coupe par bande*



*Aspect général du peuplement (26 700 tiges/ba)*

*VOLET 1 (fourré 11 ans)*

*Traitement des puits  
de lumière*





*Volet 1 (fourré de 11 ans) - Traitement de dégagement de la cime avec taille de formation*





*VOLET 2 (gaulis de 20 ans) - Ralentissement de la croissance*



*Volet 2 (gaulis de 20 ans) - Exécution des puits de lumière*

*VOLET 3 (futaie de 70 ans)*

*Sélection des arbres d'avenir*



*VOLET 3 - Éclaircie d'un arbre d'avenir*



*AVANT*



*APRÈS*