

PROGRAMME DE MISE EN VALEUR DES RESSOURCES DU MILIEU FORESTIER – VOLET 1

Rapport final

SUIVI APRÈS 13 ANS DES TRAVAUX DE DÉGAGEMENT DE LA RÉGÉNÉRATION NATURELLE DE BOULEAU JAUNE DANS UN GAULIS DE 20 ANS SITUÉ DANS UNE ÉRABLIÈRE À BOULEAU JAUNE DE L'OUTAOUAIS

Présenté à :

Lauzon Planchers de bois exclusifs

Jean-Pierre Grenon, ing.f.
Marc Riopel, ing.f.

Et

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

Pierrette Faucher, ing.f.
Jean-Philippe Jacques, ing.f.

Par :

CERFO
**Centre Collégial de Transfert
de Technologie en foresterie**

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

Juillet 2009

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	III
LISTE DES TABLEAUX	IV
LISTE DES TABLEAUX	IV
REMERCIEMENTS	V
RÉSUMÉ	VI
INTRODUCTION	1
1. CONTEXTE	2
1.1. UNE BASE À LA RÉFLEXION : LES EXIGENCES DU BOULEAU JAUNE	2
1.2. UNE PRODUCTION DE MATIÈRE LIGNEUSE DE HAUTE QUALITÉ	3
1.3. L'ÉDUCATION DU BOULEAU JAUNE	3
2. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES	5
2.1. OBJECTIF DU PROJET	5
2.2. HYPOTHÈSES DE RECHERHCE	5
3. MÉTHODOLOGIE	7
3.1. ÉDUCATION DANS UN GAULIS DE 20 ANS	7
3.2. LOCALISATION ET DESCRIPTION DU SECTEUR.....	7
3.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL	8
3.4. DESCRIPTION DES TRAITEMENTS	10
3.5. SUIVI APRÈS 13 ANS - VARIABLES ÉTUDIÉES EN 2008	10
3.6. ANALYSES STATISTIQUES	11
4. RÉSULTATS	12
4.1. CARACTÉRISTIQUES DU PEUPLEMENT.....	12
4.1.1. <i>Densité</i>	12
4.1.2. <i>Diamètre</i>	14
4.1.3. <i>Surface terrière</i>	16
4.2. CARACTÉRISTIQUES DES ARBRES INDIVIDUELS	17
4.2.1. <i>Accroissement en diamètre après 13 ans</i>	19
4.2.2. <i>Hauteur moyenne</i>	26
4.2.3. <i>Largeur moyenne de cime</i>	28
4.2.4. <i>Hauteur moyenne de cime</i>	31
4.2.5. <i>Libre croissance des arbres d'avenir</i>	32
5. DISCUSSIONS	34
5.1. DENSITÉ ET SURFACE TERRIÈRE	34
5.2. ACCROISSEMENT EN DIAMÈTRE ET LIBRE CROISSANCE	36
5.3. HAUTEUR MOYENNE	37
5.4. LARGEUR MOYENNE ET HAUTEUR MOYENNE DE LA CIME	39
5.5. DÉFAUTS	40
5.6. RECOMMANDATIONS.....	40
CONCLUSION	41

RÉFÉRENCES	42
ANNEXE 1. LOCALISATION DU DISPOSITIF	47
ANNEXE 2. DESCRIPTION DU DISPOSITIF.....	48
ANNEXE 3. PROTOCOLE D'INVENTAIRE.....	50
ANNEXE 4. CLASSE SYLVICOLE.....	52
ANNEXE 5. TRAITEMENT DE DÉGAGEMENT DE LA CIME.....	53

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Dispositif initial	8
Figure 2. Nouvelle configuration du dispositif en 1998.....	9
Figure 3. Densité moyenne de toutes les espèces en fonction du temps et des traitements.....	14
Figure 4. Densité moyenne du bouleau jaune en fonction du temps et des traitements	14
Figure 5. Surface terrière moyenne et intervalle de confiance en fonction des blocs	16
Figure 6. Surface terrière moyenne et intervalle de confiance en fonction des traitements	17
Figure 7. Valeurs moyennes et écarts-type par traitement en 1995, 1998 et 2008 des différents paramètres étudiés	19
Figure 8. Accroissement moyen en diamètre après 13 ans et intervalle de confiance en fonction des essences pour l'ensemble des traitements.....	20
Figure 9. Accroissement moyen en diamètre après 13 ans et intervalle de confiance en fonction des essences et des traitements.....	21
Figure 10. Accroissement moyen en diamètre après 13 ans en fonction du ratio H/D par essence.....	22
Figure 11. Accroissement moyen en diamètre et intervalle de confiance en fonction des essences et des traitements	23
Figure 12. Accroissement moyen en diamètre des arbres non libres de croître après 13 ans et intervalle de confiance en fonction des traitements pour une distance de compétition moyenne et un arbre moyen.....	26
Figure 13. Hauteur moyenne et intervalle de confiance des essences pour l'ensemble des traitements.....	27
Figure 14. Hauteur moyenne des essences et intervalle de confiance en fonction des essences et des traitements	28
Figure 15. Largeur moyenne de cime et intervalle de confiance en fonction des essences et des traitements	29
Figure 16. Largeur moyenne de cime et intervalle de confiance en fonction des essences et des traitements pour des arbres non libres de croître.....	30
Figure 17. Hauteur moyenne de la cime et intervalle de confiance en fonction des essences et des traitements	32

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Portrait du bouleau jaune moyen avant les travaux d'éducation en 1995 – moyenne et écart-type	7
Tableau 2. Données climatiques moyennes de la région écologique 3b.....	8
Tableau 3. Densité moyenne par bloc (ti/ha) des principales espèces rencontrées dans le dispositif	12
Tableau 4. Densité moyenne par traitement (ti/ha) des principales espèces rencontrées dans le dispositif.....	13
Tableau 5. Diamètre moyen par bloc (cm) des principales espèces rencontrées dans le dispositif	15
Tableau 6. Diamètre moyen par traitement (cm) des principales espèces rencontrées dans le dispositif	15
Tableau 7. Valeurs moyennes et écarts-type par traitement des différents paramètres étudiés	18
Tableau 8. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle d'accroissement en diamètre.....	20
Tableau 9. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle d'accroissement en diamètre tenant compte du ratio hauteur/diamètre	22
Tableau 10. Effet du traitement sur l'accroissement moyen en diamètre des essences	24
Tableau 11. Effet de l'essence sur l'accroissement moyen en diamètre des traitements	24
Tableau 12. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle d'accroissement en diamètre des arbres non libres de croître affectés par un compétiteur.....	25
Tableau 13. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de hauteur moyenne	27
Tableau 14. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de largeur moyenne de cime	28
Tableau 15. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de largeur moyenne de cime des arbres non libres de croître	30
Tableau 16. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de hauteur de cime.....	31
Tableau 17. Effet du traitement sur la libre croissance des arbres d'avenir.....	32
Tableau 18. Effet du traitement sur la dominance et les défauts des arbres d'avenir	33
Tableau 19. Effet du traitement sur le ratio des défauts observés.....	33

REMERCIEMENTS

Nous désirons d'abord remercier le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, région de l'Outaouais, Unité de gestion Basse-Lièvre, pour le financement de ce projet *via* le programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier PMVRMF-Volet 1.

Nous désirons remercier M. Jean-Pierre Grenon de Lauzon Planchers de bois exclusifs et M. Marc Riopel de M.C. Forêt pour leur appui au projet en tant que bénéficiaires de CAAF. Nous désirons aussi remercier les membres de l'équipe OptiVert inc. pour leur collaboration à la cueillette des données sur le terrain.

RÉSUMÉ

Un dispositif de recherche visant à évaluer l'effet de deux types de traitements de dégagement a été établi en 1995 dans une érablière à bouleau jaune âgée de 20 ans de la réserve Papineau-Labelle. Le peuplement à l'étude est issu d'une coupe totale et a fait l'objet de suivis en 1998 et en 2008. Le dispositif a été élaboré selon un plan en blocs aléatoires complets qui comportent 5 blocs de 3 unités expérimentales. Chaque bloc est constitué, d'un témoin, d'un traitement de dégagement de puits de lumière (Trt 1) et d'un traitement de dégagement à l'europpéenne (Trt 2). Les données recueillies dans ce suivi ont permis d'arriver à des conclusions sur l'effet des traitements à propos de la densité, de l'accroissement en diamètre, de la hauteur moyenne, de la largeur moyenne des cimes, de la hauteur moyenne de la cime, de la libre croissance et des défauts de formation.

En général, les résultats ont démontré que le nombre total de bouleaux jaunes régresse graduellement et qu'il tend à se stabiliser, qu'il soit dans un traitement ou dans un autre. La moyenne d'accroissement en diamètre du bouleau jaune dans le traitement par puits de lumière est supérieure à celle du dégagement à l'europpéenne, mais elle est similaire au témoin. Concernant l'érable à sucre, la moyenne d'accroissement en diamètre dans le traitement de dégagement à l'europpéenne est supérieure au témoin, mais elle est similaire au traitement de dégagement de puits de lumière. Le tilleul n'a présenté aucune tendance à être favorisé par l'un ou l'autre des traitements. Les essences étudiées ont présenté des hauteurs moyennes différentes, mais n'ont pas été affectées par les traitements de dégagement. Le bouleau jaune est plus haut que les autres essences. La proportion de tiges dominantes dans l'un ou l'autre des traitements est semblable. Les paramètres étudiés n'ont pas influencé la largeur moyenne des cimes mis à part que la hauteur moyenne des compétiteurs des arbres non libres de croître a influencé la largeur des cimes à la baisse. Les traitements de dégagement n'ont pas influencé la longueur de tronc utilisable. Une proportion de défauts de malformations légèrement supérieure a été recensée dans le témoin. Les traitements n'ont pas influencé la libre croissance où 69 % des tiges recensées dans le dispositif ont été jugées libres de croître. Finalement, il apparaît que les effets de l'éclaircie précommerciale de 1983 ont été suffisants pour constituer une cohorte de tiges utiles de bouleau jaune.

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 irrégulière (arbres d'âges différents) par la coupe de jardinage. Pourtant, à plusieurs endroits, des peuplements réguliers (arbres de même âge) de feuillus ou encore de nombreux peuplements dégradés devront être convertis en forêt régulière 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 équiennne.

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. Parmi les problèmes affectant la production de haute qualité nous retrouvons, entre autres, un manque de gestion du risque, un manque de contrôle du branchage ainsi qu'un martelage négatif plutôt que positif favorisant les arbres d'avenir. Autre élément important de la problématique, les superficies régénérées de façon régulière 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 si aucune intervention humaine n'est apportée.

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 et gaulis. L'objectif est de produire des feuillus de haute qualité. Le présent rapport porte sur le suivi, après treize ans, du dispositif installé dans le cadre du projet « Contribution au développement de scénarios sylvicoles dans les érablières à bouleau jaune équiennes de l'Outaouais ». Les rapports concernant l'implantation et le suivi après trois ans (Lessard et Blouin, 1997 et 1999) sont disponibles au CERFO. Le dégagement à l'européenne (Schütz, 1990) a été comparé à la méthode des puits de lumière (MRNF). Les avantages et désavantages de chaque méthode ont été étudiés notamment sous l'angle de la croissance en relation avec les objectifs de qualité retenus.

1. CONTEXTE

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, 1991). En effet, il semble impossible pour la graine de percer la litière de feuilles d'érable à sucre. La graine sèche souvent 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, 1983; Crcha et Trottier, 1991) Il semble cependant que les sujets en position hiérarchique inférieure puissent 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 pépinière sont documentées, mais il semble que les infestations se produisant dans les forêts naturelles pourraient également être importantes (Denis Robitaille, comm. pers.). 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.

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

1.2. UNE PRODUCTION DE MATIÈRE 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 et le déroulage de bouleau jaune présentent un intérêt majeur, mais dans le contexte actuel, une grande proportion de billes ne répond pas à leurs standards de sorte que beaucoup trop de billes sont transformées en pâte feuillue.

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 fûts 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 plus grandes 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, 1991). 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 à des travaux de recherche (Robitaille, 1990). Le MRNF a proposé 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, 1991). Les Ontariens Von Althen *et al.* (1994) proposent de laisser entre 120 et 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 de laisser 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 de laisser 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, 1991) utilisent un critère de hauteur (5 à 7 mètres).

Plusieurs questions subsistent quant à l'espacement et au stade de développement. Peut-on réellement compter sur les tiges sélectionnées en jeune âge 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 est de maintenir un assortiment maximal de tiges de qualité et de ne libérer que celles qui sont vraiment opprimées.

2. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

2.1. OBJECTIF DU PROJET

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. L'objectif général du projet est de comparer les arbres n'ayant reçu aucun traitement de dégagement à la méthode des puits de lumière (MRNF) et au dégagement des cimes à l'europpéenne (Schütz, 1990; Lanier, 1994). Plus spécifiquement, ces comparaisons permettront de vérifier leurs effets sur le nombre de tiges, la présence de défauts, la libre croissance et la composition du peuplement. De plus, les effets sur le diamètre, la hauteur et la largeur de la cime des tiges dégagées seront également vérifiés.

À long terme, les objectifs de production prédéterminés sont très élevés en qualité, soit préserver un maximum de tiges d'élite comportant au moins deux billes de 5 mètres sans nœud et sans défaut.

2.2. HYPOTHÈSES DE RECHERHCE

À court terme et plus spécifiquement, le présent rapport a pour objectif d'analyser les données du suivi du dispositif de 2008 et de répondre aux hypothèses de travail suivantes :

- 1- La quantité de bouleau jaune régresse significativement dans l'ensemble du dispositif
- 2- La quantité de bouleau jaune régresse plus rapidement que les autres essences dans l'ensemble du dispositif
- 3- La quantité de bouleau jaune est la plus basse dans le traitement de dégagement à l'europpéenne (T2)
- 4- La quantité de bouleau jaune régresse plus rapidement en haut de pente qu'en bas de pente

- 5- Le bouleau jaune est libre de croître dans le traitement de puits de lumière (T1)
- 6- Le bouleau jaune a les plus gros diamètres dans le traitement de puits de lumière (T1)
- 7- Le bouleau jaune est le plus grand dans le traitement de dégagement à l'européenne (T2)
- 8- Le bouleau jaune, l'érable à sucre et le tilleul ont plus de défauts et de malformations dans le traitement de dégagement à l'européenne (T2)
- 9- Le bouleau jaune a les plus grosses cimes dans le traitement de puits de lumière (T1)
- 10- Le bouleau jaune a la plus grande longueur de tronc utilisable dans le traitement de dégagement à l'européenne (T2)

3. MÉTHODOLOGIE

3.1. ÉDUCATION DANS UN GAULIS DE 20 ANS

L'éducation dans un gaulis de 20 ans représente l'état des peuplements dans lesquels des éclaircies intermédiaires sont pratiquées aujourd'hui. Le stade de gaulis avancé se dirige vers un stade perchis et se caractérise par des tiges flexibles et élancées. Des branches ont déjà disparu 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 de tiges vivantes depuis le fourré a atteint son maximum et diminue rapidement. Il s'agit d'une phase d'élimination qui se prolongera jusqu'à la fin du stade perchis. Au moment de faire les travaux en 1995, le bouleau jaune avait les caractéristiques suivantes (tableau 1) :

Tableau 1. Portrait du bouleau jaune moyen avant les travaux d'éducation en 1995 – moyenne et écart-type

	1995
DHP (cm)	10,08 6,0
Hauteur (m)	12,16 2,5
Hauteur de la cime (m)	8,14 3,4
Largeur de la cime (m)	3,42 2,2
Coefficient d'espace vital	34,45 13,1
Ratio H/DHP	129,33 65,1

3.2. LOCALISATION ET DESCRIPTION DU SECTEUR

Le dispositif est situé dans l'érablière à bouleau jaune sur un till loameux mince de pente moyenne. Le tableau 2 présente les données climatiques moyennes de la région écologique étudiée. Le dispositif est situé dans un secteur coupé à blanc en 1976 dans lequel quelques arbres rémanents de très forte dimension ont été laissés sur le terrain après la coupe. Un traitement d'éclaircie précommerciale avait été effectué en 1983 et les travaux d'éducation du présent projet ont été réalisés en 1995.

Tableau 2. Données climatiques moyennes de la région écologique 3b

Région écologique		Température annuelle moyenne	Degrés-jours de croissance	Longueur de la saison de croissance	Précipitations annuelles moyennes
Nom	No	(°C)	(°C)	(jours)	(mm)
Collines du lac Nominique	3b	2,5 à 5,0	de 2 400 à 2 600	170 à 180	de 1 000 à 1 100

3.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif initial comportait 6 blocs expérimentaux (figure 1). Il occupait une superficie de 0,72 ha, contenait 144 placettes et est situé sur un versant nord. Les contours et les limites des différents blocs ont été identifiés sur le terrain. Cependant, le dispositif a été reconfiguré en 1998 suite au manque d'homogénéité et les unités expérimentales B5-T0, B5-T2 et B6-T1 ont été éliminées.

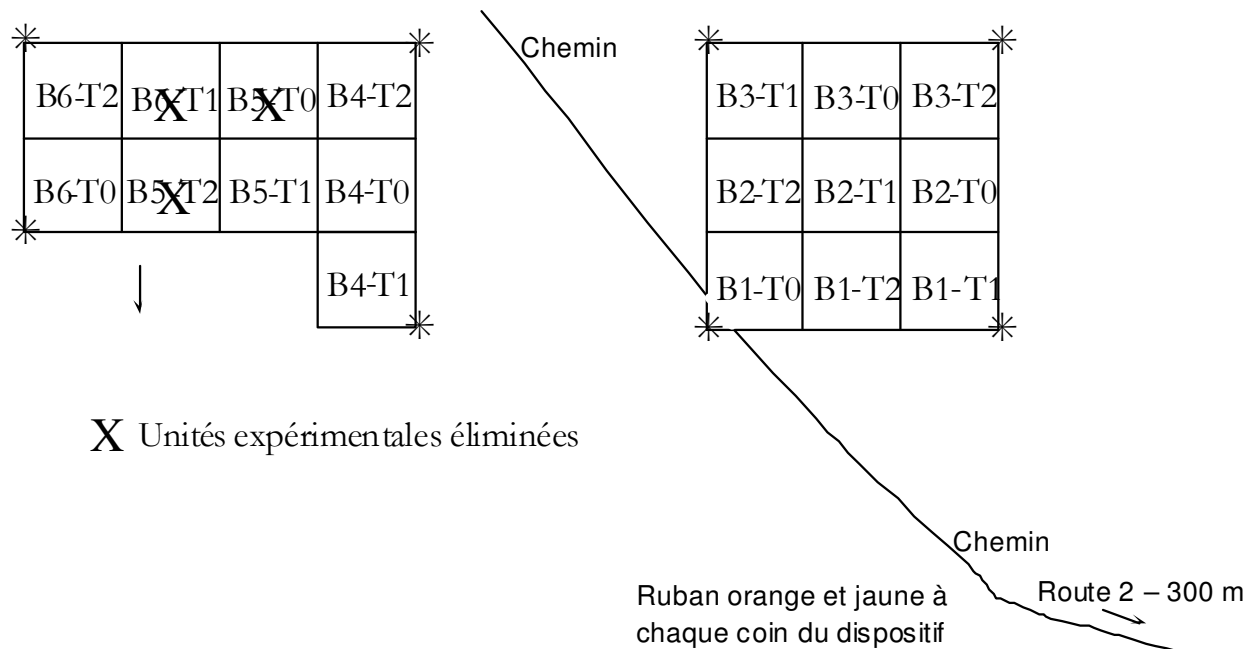


Figure 1. Dispositif initial

Suite à ces éliminations, le dispositif a été reconfiguré. Le bloc 1 est désormais formé des unités expérimentales B1-T0, B2-T2 et B2-T1, le bloc 2 des parcelles B1-T2, B1-T1 et B2-T0, les blocs 3 et 4 demeurent semblables et le bloc 5 est formé des unités expérimentales B5-T1, B6-T0 et B6-T2 (figure 2). Le nouveau dispositif est ainsi constitué de 5 répétitions (blocs) délimitées en fonction des caractéristiques de terrain et du peuplement contenant chacune trois traitements pour un total de 15 unités expérimentales de 20 m x 20 m. À l'intérieur de chacune des unités expérimentales, 8 placettes de 2,82 mètres (25 m²) de rayon ont été établies pour suivre l'évolution des paramètres étudiés.

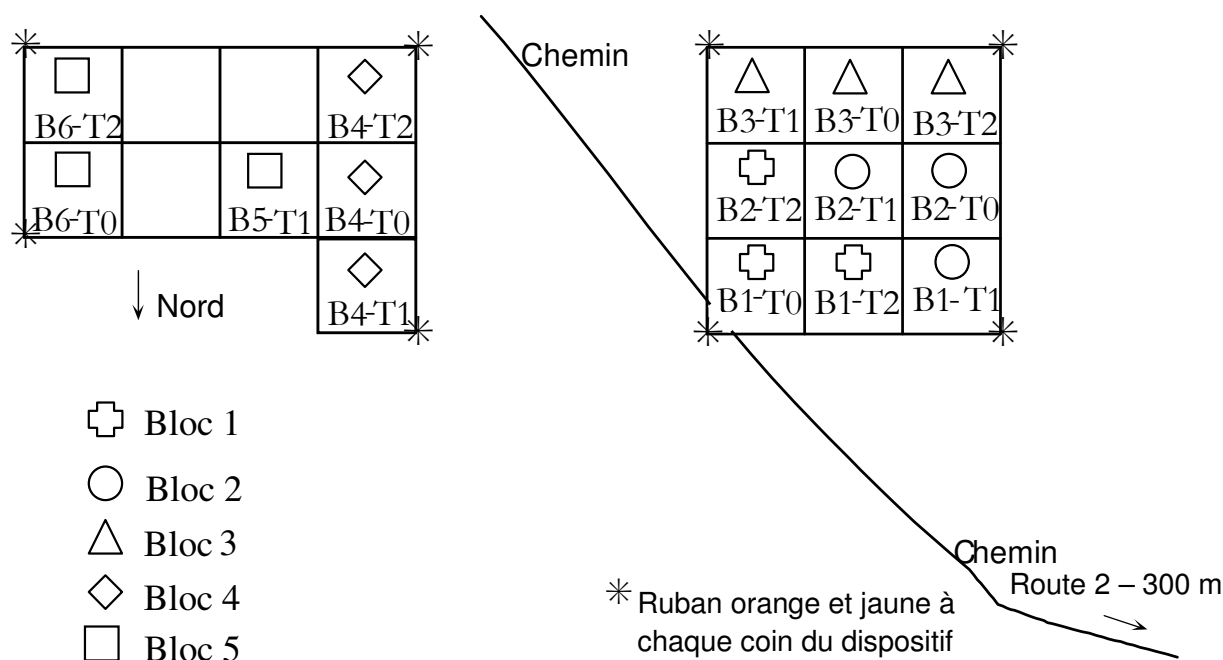


Figure 2. Nouvelle configuration du dispositif en 1998

L'échantillonnage de 1995 et 1998 a été effectué sur les mêmes arbres. Le centre de chacune des placettes a été identifié de façon semi-permanente avec une fiche métallique. Un arbre étude a également été identifié lorsque la situation le permettait. En 2008, il a été impossible de repérer tous les arbres qui avaient été identifiés lors des inventaires précédents et il a été nécessaire d'identifier d'autres arbres d'avenir. L'échantillonnage de 2008 a été effectué sur 107 arbres d'avenir dont 47 bouleaux jaunes.

3.4. DESCRIPTION DES TRAITEMENTS

Trois traitements ont été comparés. Le traitement 0 sert de témoin et aucune intervention humaine n'a été effectuée depuis 1983. Le traitement 1 (puits de lumière) correspond à la prescription recommandée par les normes du Ministère. Dans le cas des 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.

Le traitement 2 (dégagement à l'européenne) s'inspire de la technique européenne. Les arbres nuisibles, d'essences indésirables ou dominants, qui exercent une trop forte oppression sur les candidats qui pourraient devenir des arbres élite, sont éliminés à la scie à chaîne. L'intervention demeure faible pour éviter le développement de branches adventives. Le martelage des tiges d'avenir et des tiges à couper a été effectué.

3.5. SUIVI APRÈS 13 ANS - VARIABLES ÉTUDIÉES EN 2008

Dans chacune des placettes, l'essence, le diamètre à hauteur de poitrine (DHP), la classe sylvicole, l'étage, la classe MSCR et la présence de défauts ont été notés pour chacun des arbres. Le protocole d'inventaire est présenté aux annexes 3 et 4.

Dans chacune des placettes, des arbres étude ont été identifiés lorsque la situation le permettait afin d'évaluer les caractéristiques des tiges individuelles. Sur chacune de ces tiges, des mesures de diamètre à hauteur de poitrine au gallon circonférentiel, de hauteur totale, de libre croissance, de hauteur de la plus basse branche vivante et de la largeur de la cime ont été inventoriés. Ces mêmes variables avaient été remesurées en 1998. De plus, en 2008, une carotte a été prélevée (minimum 15 derniers cernes annuels) à 1 m de hauteur afin d'étudier l'effet du traitement sur l'accroissement en diamètre.

Ces données ont permis de calculer le coefficient d'espace vital (largeur de la cime/DHP) et le ratio hauteur/DHP pour distinguer les sujets d'avenir des autres (Ouellet et Zarnovican, 1988). La largeur des cimes a été calculée selon 2 axes en se référant à la projection de la cime au sol. La présence de défauts et la libre croissance ont également été notées. A cet effet, si la tige n'était pas libre de croître, l'essence, la hauteur et la distance du compétiteur étaient recensées.

3.6. ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS version 9.1.3 (SAS Institute, 2006). Une analyse de variance en blocs aléatoires complets a été effectuée sur les différents paramètres étudiés. Les procédures « Freq » et « Means » ont été utilisées afin de comparer la libre croissance et la moyenne des défauts observés par bloc et traitement.

Les analyses de variance (ANOVA) ont été effectuées avec la procédure « Mixed ». Cette procédure a permis de tenir compte des effets aléatoires liés à l'échantillonnage et de mettre en lumière les effets fixes. La procédure « LSD » est venue compléter l'analyse de variance et a permis de déterminer s'il y avait des différences significatives entre les divers groupes étudiés. À l'exception du modèle de hauteur moyenne de cime qui n'a pu vérifier l'hypothèse de la normalité, l'homogénéité de la variance et la normalité ont été vérifiées graphiquement pour tous les autres modèles et des transformations mathématiques ont eu lieu lorsque la situation l'exigeait. La transformation logarithmique en base 10 a été utilisée pour corriger l'homogénéité de la variance de l'accroissement en diamètre et de largeur moyenne de la cime. La transformation mathématique quadratique a été utilisée pour le modèle de hauteur moyenne des tiges.

Les intervalles de confiance des moyennes (IC) ont été calculés à partir des résultats des unités expérimentales. Ils définissent les limites à l'intérieur desquelles il y a 95 % de probabilité de retrouver la vraie moyenne.

4. RÉSULTATS

4.1. CARACTÉRISTIQUES DU PEUPEMENT

4.1.1. Densité

Le tableau 3 met en lumière la densité moyenne par bloc des principales essences rencontrées dans le dispositif en 2008. Il indique que l'érable à sucre est l'espèce la plus représentée avec une densité moyenne de 1 404 tiges à l'hectare. Elle est suivie du hêtre à grandes feuilles, du bouleau jaune et du tilleul. Les autres essences représentées dans le dispositif présentent des densités beaucoup plus faibles. Il est possible de constater que l'érable à sucre est assez stable dans tous les blocs alors que ceux-ci permettent vraiment d'isoler des situations différentes. Quant au bouleau jaune, le tableau 3 indique que le bloc 3 présente moins de bouleau jaune que les autres.

Tableau 3. Densité moyenne par bloc (ti/ha) des principales espèces rencontrées dans le dispositif

Essences	Blocs					Moyenne (ti/ha)
	1	2	3	4	5	
BOJ	434	183	33	183	567	280
ERS	1 234	1 501	1 251	1 468	1 568	1 404
HEG	250	434	500	150	83	284
TIL	0	167	133	233	133	133
ORA	0	0	0	17	67	17
OSV	0	83	0	0	0	17
PEG	17	0	0	0	0	3
BOP	0	0	0	0	17	3
EPB	0	0	0	0	17	3
FNC	0	17	0	17	33	13
Total (ti/ha)	1 935	2 385	1 918	2 068	2 485	2 158

Le tableau 4 présente la densité moyenne par traitement des principales essences rencontrées en 2008. Il indique que les densités des différentes espèces se retrouvent dans des proportions similaires à travers les traitements. Malgré ces proportions similaires, la densité totale la plus faible a été recensée dans le témoin avec une moyenne de 1 841 ti/ha.

Tableau 4. Densité moyenne par traitement (ti/ha) des principales espèces rencontrées dans le dispositif

Essences	Traitements		
	Témoin	Trt 1	Trt 2
BOJ	300	230	310
ERS	1 171	1 501	1 541
HEG	230	390	230
TIL	120	70	210
ORA	10	30	10
OSV	0	0	50
PEG	0	10	0
BOP	10	0	0
EPB	0	0	10
FNC	0	20	20
Total (ti/ha)	1 841	2 251	2 381

La figure 3 présente l'effet du traitement sur la densité totale en fonction du temps. Elle indique que la densité régresse en fonction du temps. Elle décrit que la densité moyenne est légèrement plus basse dans le traitement témoin. Malgré cette observation, elle reste semblable aux autres traitements.

La figure 4 illustre l'effet du traitement sur la densité moyenne du bouleau jaune en 1995, en 1998 et en 2008. Tout comme la figure 3, elle indique que la densité régresse en fonction du temps et qu'elle est semblable à travers les différents traitements. En 2008, elle se situe entre 230 et 310 tiges/ha.

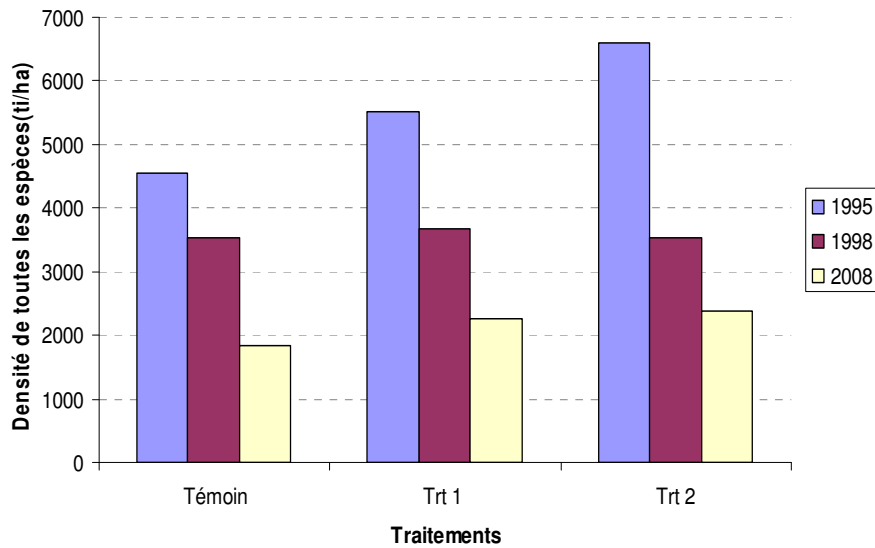


Figure 3. Densité moyenne de toutes les espèces en fonction du temps et des traitements

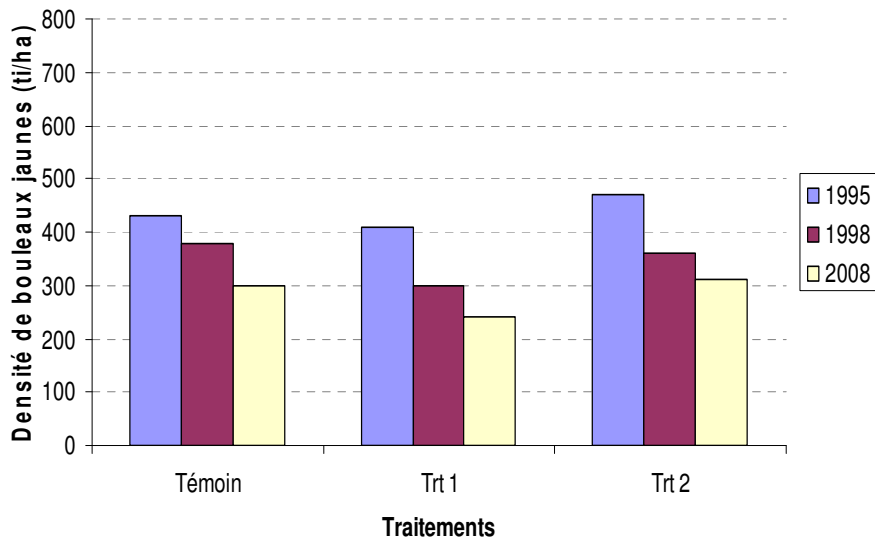


Figure 4. Densité moyenne du bouleau jaune en fonction du temps et des traitements

4.1.2. Diamètre

Le tableau 5 présente le diamètre moyen par bloc des principales espèces rencontrées dans le dispositif. Les diamètres marqués d'une étoile indiquent qu'un seul représentant a été dénombré et que la valeur moyenne représente le diamètre de l'individu. Le bouleau jaune présente des diamètres moyens plus élevés dans le bloc 4 que dans les autres blocs. L'érable à sucre et le

hêtre à grandes feuilles présentent des diamètres moyens plus élevés dans le bloc 3 que dans les autres blocs. Le tilleul a des diamètres moyens plus élevés dans le bloc 2. Malgré ces observations, de manière générale, la structure diamétrale est semblable à travers les différents blocs.

Tableau 5. Diamètre moyen par bloc (cm) des principales espèces rencontrées dans le dispositif

Essences	Blocs				
	1	2	3	4	5
BOJ	15,7	16,4	17,5	18,9	15,0
ERS	8,1	9,5	10,1	8,4	7,3
HEG	11,6	11,7	12,6	10,5	9,3
TIL	0	13,5	10,4	12,1	13,2
ORA	0	0	0	33,6*	17,3
OSV	0	12,0	0	0	0
PEG	19,7*	0	0	0	0
PRP	0	13,9*	0	0	0
ERP	0	0	0	8,6*	0
BOP	0	0	0	0	18,7*
EPB	0	0	0	0	8,4*
ERP	0	0	0	0	10,2

* 1 seul représentant a été dénombré

Le tableau 6 présente le diamètre moyen par traitement des principales espèces rencontrées dans le dispositif. Il indique que les diamètres moyens des espèces varient très peu entre les traitements. L'érable à sucre a présenté des diamètres moyens légèrement plus bas dans le traitement 2. Par ailleurs, le tilleul a présenté des diamètres plus élevés dans celui-ci.

Tableau 6. Diamètre moyen par traitement (cm) des principales espèces rencontrées dans le dispositif

Essences	Traitements		
	Témoïn	Trt 1 (puits de lumière)	Trt 2 (dégagement à l'européenne)
BOJ	16,7	15,4	15,6
ERS	9,3	9,1	7,7
HEG	12,7	11,7	10,8
TIL	11,3	11,8	13,1
ORA	15,3	17,9	33,6*
OSV	0	0	12,0
PEG	0	19,7*	0
BOP	18,7*	0	0
EPB	0,0	0	8,4*
ERP	0	8,6	10,2
PRP	0	13,9*	0

* 1 seul représentant a été dénombré

Par ailleurs, un modèle de diamètre moyen des principales essences a été développé pour vérifier l'impact du traitement au niveau du diamètre moyen de toutes les tiges recensées. Les conclusions de cette analyse ont été les mêmes que celles des tableaux 5 et 6, c'est-à-dire que les essences présentaient des diamètres moyens qui différaient, mais que les traitements ne se distinguaient pas significativement entre eux.

4.1.3. Surface terrière

La figure 5 présente la surface terrière moyenne en fonction des blocs. Elle indique que les blocs 1 et 4 présentent les surfaces terrière les plus basses et que les blocs 2 et 5 présentent les surfaces terrières les plus hautes. Si l'on se réfère au plan du dispositif à la figure 2 et à l'orientation de la pente, il est impossible de déterminer un effet de pente en se fiant aux différentes variations observées dans la surface terrière.

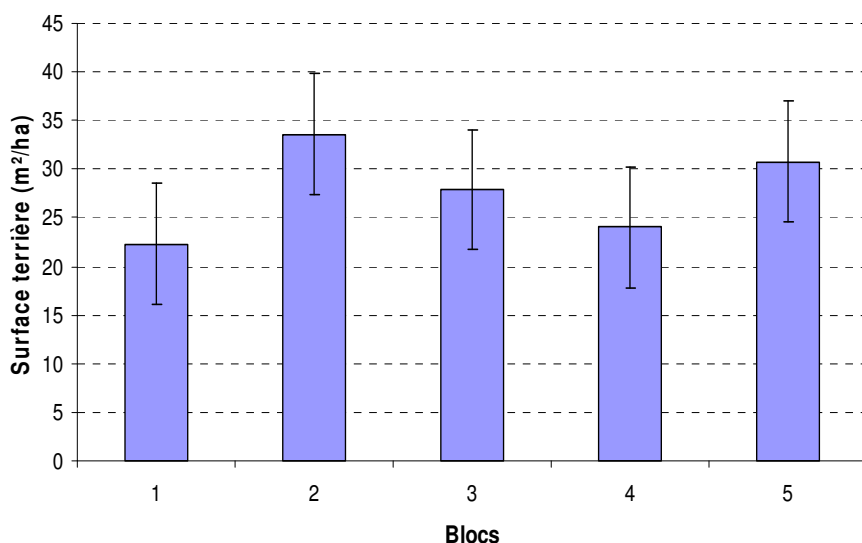


Figure 5. Surface terrière moyenne et intervalle de confiance en fonction des blocs

La figure 6 illustre l'effet du traitement sur la surface terrière en 2008. Elle met en lumière que les traitements de dégagement ont une surface terrière plus élevée que celle du témoin. Le traitement 1 (puits de lumière) a une surface terrière légèrement supérieure aux autres traitements et il est suivi du traitement 2 et du témoin. Il ressort que les travaux de dégagement ont permis de conserver plus de tiges vivantes, ce qui a contribué à obtenir une surface terrière plus élevée. Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements et cette situation semble corrélée aux densités initiales plus élevées dans les traitements (figure 3).

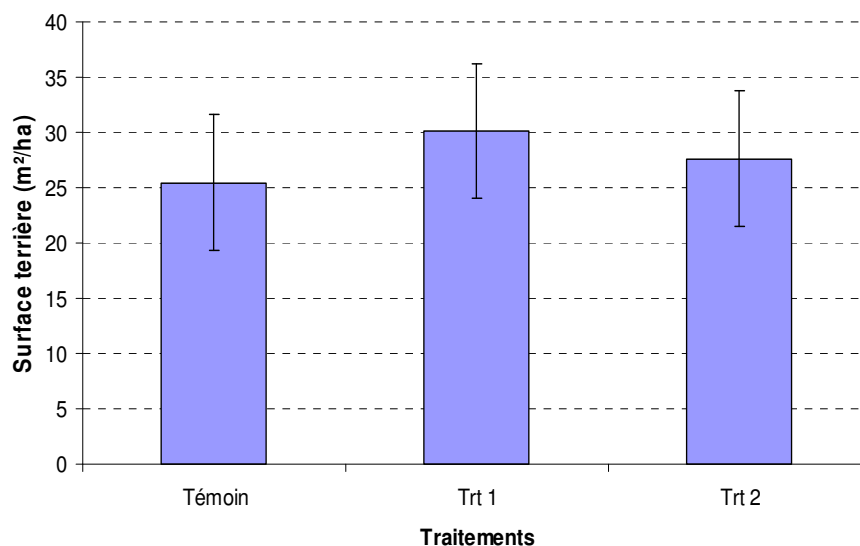


Figure 6. Surface terrière moyenne et intervalle de confiance en fonction des traitements

4.2. CARACTÉRISTIQUES DES ARBRES INDIVIDUELS

La figure 7 présente les caractéristiques moyennes par traitement des tiges étudiées en fonction des années de référence. Cette figure permet de suivre l'évolution des paramètres dans le temps. À l'égard des traitements, elle indique que le diamètre moyen, la hauteur moyenne et la largeur moyenne de la cime ont tendance à augmenter progressivement dans le temps. La hauteur moyenne de la cime s'est stabilisée dans le témoin et a augmenté légèrement dans les traitements. Le coefficient d'espace vital et le ratio hauteur/diamètre sont des paramètres qui n'ont pas beaucoup évolué et aucune tendance notable n'a été observée entre les traitements. Le tableau 7 présente les valeurs moyennes et les écarts-type qui ont servi pour construire la figure 7.

Tableau 7. Valeurs moyennes et écarts-type par traitement des différents paramètres étudiés

Traitements	DHP (cm)			Hauteur (m)			Hcime (m)			Lcime (m)			Coef. Esp. Vit.			H/DHP		
	1995	1998	2008	1995	1998	2008	1995	1998	2008	1995	1998	2008	1995	1998	2008	1995	1998	2008
Témoin	10,4	12,2	16,2	12,2	13,1	18,4	8,9	8,6	8,7	3,4	4,4	6,1	33,0	35,9	37,9	123,8	112,9	118,6
Écart-type	2,9	3,3	4,4	1,1	1,5	2,1	1,5	2,2	1,9	0,8	1,4	5,7	6,5	6,2	8,1	30,5	26,7	23,6
Trt 1	10,1	12,8	16,7	12,2	13,6	18,9	7,9	9,2	9,5	3,3	4,6	5,7	32,7	36,1	34,7	128,8	108,6	118,6
Écart-type	3,0	2,8	4,4	1,6	1,6	1,8	2,1	1,7	2,0	1,0	1,2	1,8	4,0	5,4	9,5	33,1	18,4	22,8
Trt 2	9,7	11,6	15,5	12,1	13,9	18,0	7,7	8,1	8,7	3,6	4,6	5,9	37,0	41,1	38,9	134,5	125,1	124,8
Écart-type	3,2	3,4	4,7	1,3	1,5	1,8	1,5	1,8	2,0	1,4	1,1	2,1	7,2	10,2	9,6	35,1	23,3	28,6

Traitements : 0 = Témoin, 1 = Puits de lumière, 2 = dégagement à l'européenne

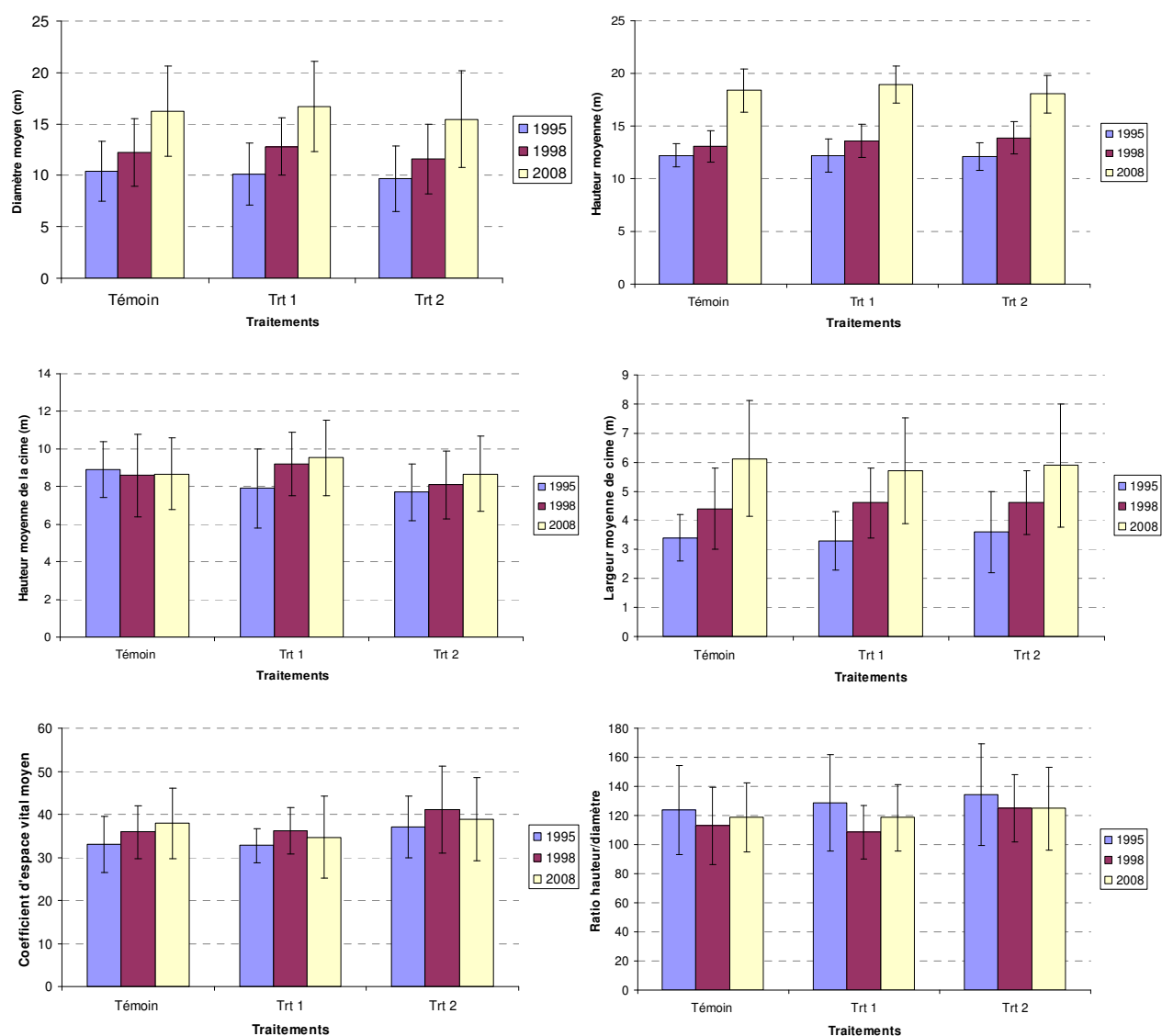


Figure 7. Valeurs moyennes et écarts-type par traitement en 1995, 1998 et 2008 des différents paramètres étudiés

4.2.1. Accroissement en diamètre après 13 ans

Le tableau 8 présente les caractéristiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle d'accroissement en diamètre. Il indique que le traitement et l'interaction entre le traitement et l'essence ne se sont pas révélés significatifs à un niveau de probabilité de 95 %. L'essence s'est avérée significative à un seuil de 95 %. Le coefficient de détermination estimé indique que le modèle a pu expliquer seulement 14 % de la variation observée.

Tableau 8. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle d'accroissement en diamètre

Caractéristiques statistiques du modèle		Accroissement en diamètre			
Nombre d'observations		108			
R ² estimé		0,14			
Effets fixes du modèle	Num d.l.	Den d.l.	F _{calculé}	PR > F	Diff. sign.
Traitement	2	95	0,98	0,3790	N.S.
Essence	2	95	4,59	0,0126	*
Traitement*essence	4	95	0,88	0,4809	N.S.

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

* Différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

La figure 8 présente l'accroissement moyen en diamètre des essences sur l'ensemble du dispositif. Elle indique que le bouleau jaune présente des accroissements significativement supérieurs à ceux de l'érable à sucre et que le tilleul présente des accroissements semblables à ceux du bouleau jaune et de l'érable à sucre.

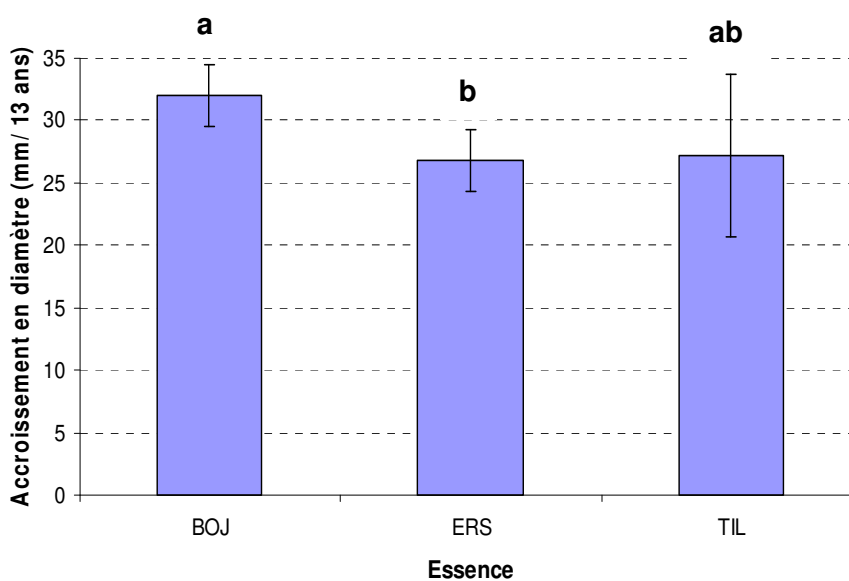


Figure 8. Accroissement moyen en diamètre après 13 ans et intervalle de confiance en fonction des essences pour l'ensemble des traitements

La figure 9 illustre l'effet du traitement sur l'accroissement en diamètre après 13 ans en fonction des essences. On peut constater qu'aucune différence significative n'a été observée entre les traitements. L'accroissement moyen des essences est similaire à travers les différents traitements. En d'autres mots, l'accroissement du bouleau jaune dans le témoin est semblable à celui des traitements 1 et 2.

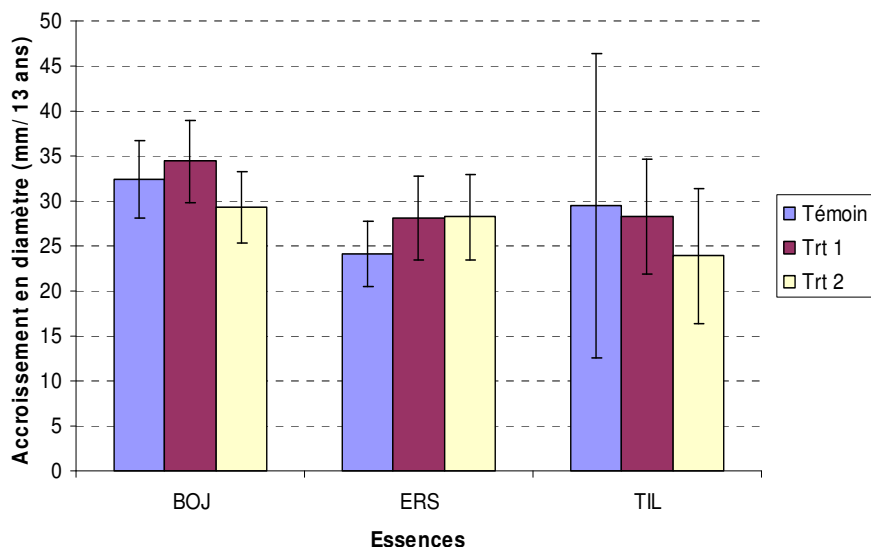


Figure 9. Accroissement moyen en diamètre après 13 ans et intervalle de confiance en fonction des essences et des traitements

4.2.1.1. Effet du ratio hauteur/diamètre sur l'accroissement en diamètre après 13 ans

Le ratio H/D a été utilisé pour élaborer un modèle d'accroissement en diamètre. Le tableau 9 présente les caractéristiques et probabilités associées au modèle d'accroissement en diamètre qui inclut le ratio hauteur/diamètre. Il indique que l'essence et l'interaction entre l'essence et le traitement se sont avérés significatifs à un seuil de 95 %. Le ratio hauteur/diamètre s'est avéré significatif à un seuil de 99,9 % et est la variable qui explique le plus de variation dans le modèle. Le coefficient de détermination estimé indique que 57 % de la variation a pu être expliquée par le modèle.

Tableau 9. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle d'accroissement en diamètre tenant compte du ratio hauteur/diamètre

Caractéristiques statistiques du modèle		Accroissement en diamètre			
Nombre d'observations		108			
R ² estimé		0,57			
Effets fixes du modèle	Num d.l.	Den d.l.	F _{calculé}	PR > F	Diff. sign.
Traitement	2	94	1,37	0,2590	N.S.
Essence	2	94	3,40	0,0375	*
Ratio hauteur/diamètre	1	94	94,75	<,0001	***
Traitement*essence	4	94	3,76	0,0070	**

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

* Différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

** Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %

*** Différence significative à un niveau de probabilité de 99,9 %

Cette analyse a démontré que plus le ratio hauteur/diamètre est élevé, plus l'accroissement sera faible. L'accroissement en diamètre est inversement proportionnel au ratio hauteur/diamètre (figure 10). Les longues tiges élancées réagissent moins bien aux traitements que les tiges mieux équilibrées. Il devient donc important de prioriser le dégagement des tiges équilibrées.

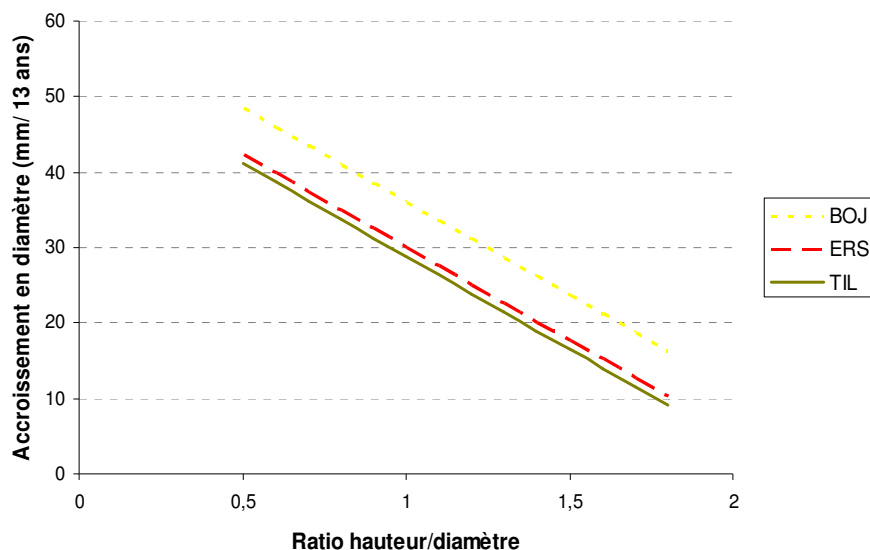


Figure 10. Accroissement moyen en diamètre après 13 ans en fonction du ratio H/D par essence

La figure 11 décrit l'effet du traitement sur l'accroissement moyen des essences. Elle indique que les essences réagissent différemment en fonction des traitements. Par exemple, le bouleau jaune s'accroît plus que l'érable à sucre dans le témoin et moins que celui-ci dans le traitement 2. L'érable à sucre s'accroît davantage dans le traitement 2 que dans le témoin. Le tilleul est toujours l'essence qui s'accroît le moins et ne présente aucune tendance à être favorisé par l'un ou l'autre des traitements. Le détail des différences significatives est présenté aux tableaux 10 et 11.

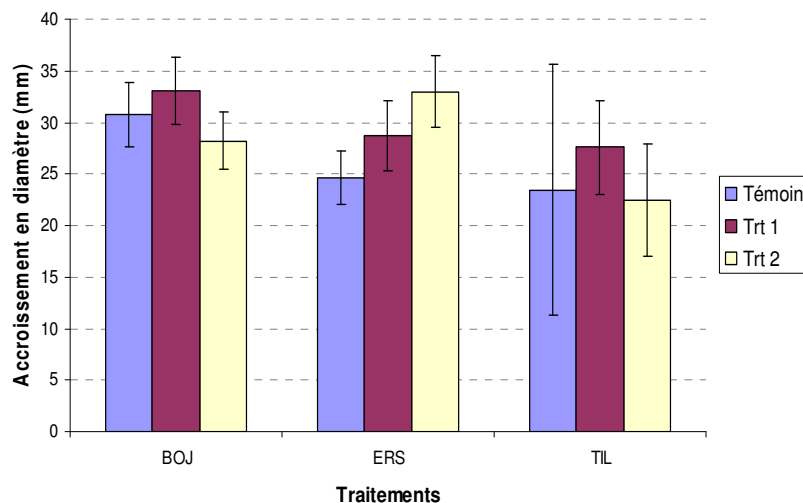


Figure 11. Accroissement moyen en diamètre et intervalle de confiance en fonction des essences et des traitements

Le tableau 10 présente l'effet du traitement sur l'accroissement moyen des essences et compare les différences d'accroissement d'une essence pour un traitement donné. Il indique que les accroissements du bouleau jaune sont meilleurs dans le traitement 1. Le gain est de 4,8 mm/13 ans par rapport au traitement 2. Pour l'érable à sucre, il indique qu'il performe mieux dans le traitement 2 où un gain de 8,27 mm/13 ans a été observé par rapport au témoin. Les autres comparaisons ne se sont pas avérées significatives à un niveau de probabilité de 95 %.

Tableau 10. Effet du traitement sur l'accroissement moyen en diamètre des essences

Essence	Traitements		Estimé (mm)	Erreur-type	Prob t	Diff. sign.	
BOJ	Témoin	Vs	Trt 1	-2,33	2,26	0,3040	N.S.
BOJ	Témoin	Vs	Trt 2	2,47	2,13	0,2492	N.S.
BOJ	Trt 1	Vs	Trt 2	4,80	2,17	0,0291	*
ERS	Témoin	Vs	Trt 1	-4,04	2,13	0,0606	N.S.
ERS	Témoin	Vs	Trt 2	-8,27	2,17	0,0002	**
ERS	Trt 1	Vs	Trt 2	-4,23	2,42	0,0837	N.S.
TIL	Témoin	Vs	Trt 1	-4,14	6,52	0,5270	N.S.
TIL	Témoin	Vs	Trt 2	1,04	6,67	0,8768	N.S.
TIL	Trt 1	Vs	Trt 2	5,18	3,56	0,1491	N.S.

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

* Différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

** Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %

Le tableau 11 présente l'effet de l'essence sur l'accroissement moyen des traitements et compare les différences d'accroissement des essences pour un traitement donné. Dans le témoin, il indique que le bouleau jaune et l'érable à sucre se comportent différemment là où le bouleau jaune présente des accroissements supérieurs de 6 mm/13 ans. Il décrit que le bouleau jaune s'accroît moins que l'érable à sucre dans le traitement 2 à raison de 4,7 mm/13 ans et que l'érable à sucre performe mieux que le tilleul. Il indique également que les essences se comportent toutes de la même façon dans le traitement 1 en présentant des accroissements équivalents.

Tableau 11. Effet de l'essence sur l'accroissement moyen en diamètre des traitements

Traitement	Essences		Estimé (mm)	Erreur-type	Prob t	Diff. sign.	
Témoin	BOJ	vs	ERS	6,02	2,05	0,0041	*
Témoin	BOJ	vs	TIL	7,24	6,2923	0,2530	N.S.
Témoin	ERS	vs	TIL	1,22	6,2508	0,8462	N.S.
Trt 1	BOJ	vs	ERS	4,32	2,3499	0,0693	N.S.
Trt 1	BOJ	vs	TIL	5,43	2,8145	0,0566	N.S.
Trt 1	ERS	vs	TIL	1,11	2,8522	0,6971	N.S.
Trt 2	BOJ	vs	ERS	-4,72	2,2905	0,0423	*
Trt 2	BOJ	vs	TIL	5,81	3,0729	0,0617	N.S.
Trt 2	ERS	vs	TIL	10,53	3,2618	0,0017	*

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

* Différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

4.2.1.2. Effet de la compétition sur l'accroissement en diamètre après 13 ans

Le tableau 12 présente les caractéristiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle d'accroissement en diamètre des arbres d'avenir non libres de croître affectés par un compétiteur. L'étude des arbres non libres de croître a démontré que la hauteur et la distance des compétiteurs, l'essence et le traitement n'ont pas été des facteurs qui ont permis d'expliquer les variations de l'accroissement en diamètre. Le coefficient de détermination estimé indique que 52 % de la variation a pu être expliquée par le modèle.

Tableau 12. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle d'accroissement en diamètre des arbres non libres de croître affectés par un compétiteur

Caractéristiques statistiques du modèle	Effet de la compétition sur l'accroissement en diamètre				
Nombre d'observations	34				
R ² estimé	0,52				
Effets fixes des modèles	Num d.l.	Den d.l.	F _{calculé}	PR > F	Diff. sign.
Traitement	2	23	1,38	0,2708	N.S.
Essence	2	23	0,27	0,7672	N.S.
Hauteur de la compétition	1	23	0,97	0,3346	N.S.
Distance de la compétition	1	23	2,06	0,1649	N.S.

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

La figure 12 présente l'accroissement moyen en diamètre après 13 ans des arbres d'avenir non libres de croître. Elle illustre que les arbres non libres de croître du témoin présentent des accroissements similaires aux traitements 1 et 2 et qu'aucun des traitements ne s'est démarqué par rapport à un autre.

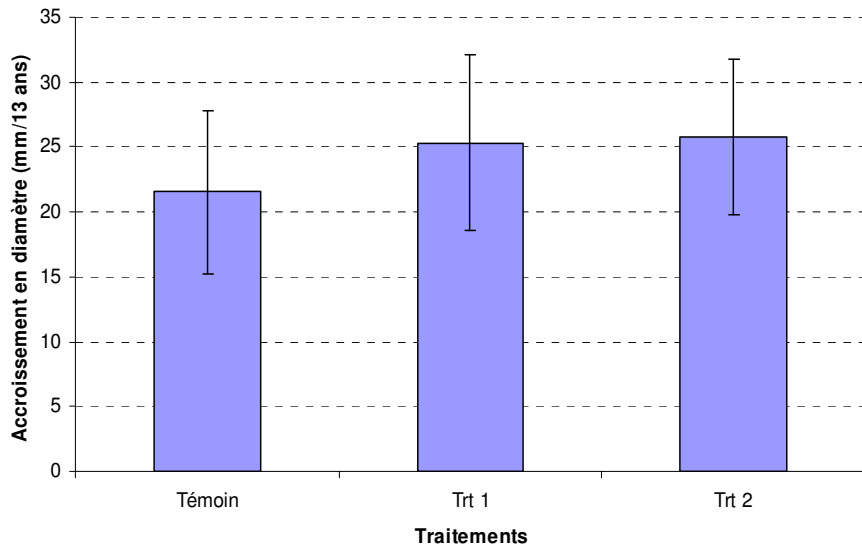


Figure 12. Accroissement moyen en diamètre des arbres non libres de croître après 13 ans et intervalle de confiance en fonction des traitements pour une distance de compétition moyenne et un arbre moyen

4.2.2. Hauteur moyenne

Le tableau 13 présente les caractéristiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de hauteur moyenne. Il indique que le traitement et l'interaction entre le traitement et l'essence ne se sont pas révélés significatifs à un niveau de probabilité de 95 %. L'essence s'est avérée significative à un seuil de 99 %. Le coefficient de détermination estimé indique que seulement 28 % de la variation a pu être expliquée par le modèle. Par ailleurs, les variables de compétition utilisées dans l'inventaire ont été testées dans un modèle qui a étudié les effets de la compétition sur la hauteur moyenne. Il a été démontré qu'aucune des variables étudiées n'a eu d'impact sur la hauteur moyenne des tiges non libres de croître.

Tableau 13. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de hauteur moyenne

Caractéristiques statistiques du modèle		Hauteur moyenne			
Nombre d'observations		108			
R ² estimé		0,28			
Effets fixes du modèle	Num d.l.	Den d.l.	F _{calculé}	PR > F	Diff. sign.
Traitement	2	95	1,45	0,2394	N.S.
Essence	2	95	10,61	<,0001	***
Traitement*essence	4	95	1,15	0,3385	N.S.

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

*** Différence significative à un niveau de probabilité de 99,9 %

La figure 13 présente la hauteur moyenne des essences pour l'ensemble des traitements. Elle décrit que le bouleau jaune est plus grand que l'érable à sucre et le tilleul. À ce stade-ci, la hauteur moyenne du bouleau jaune est de 193 dm.

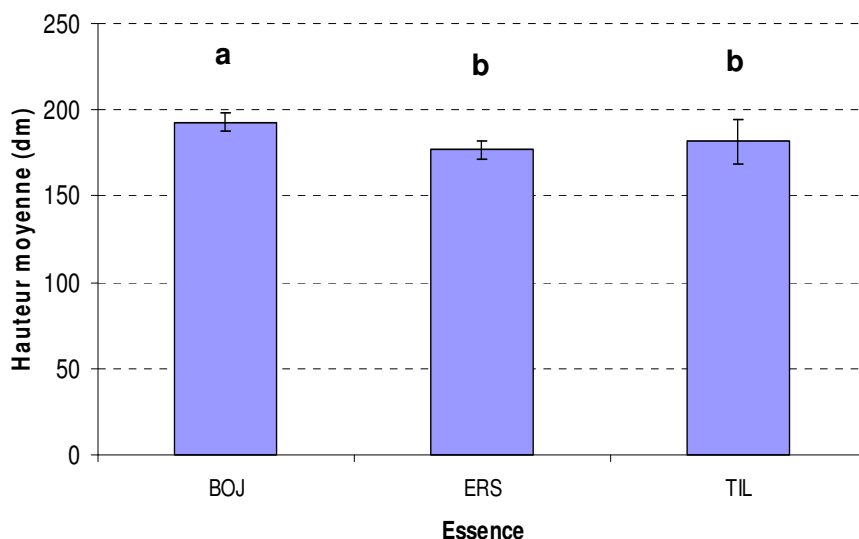


Figure 13. Hauteur moyenne et intervalle de confiance des essences pour l'ensemble des traitements

La figure 14 présente la hauteur moyenne des essences en fonction des traitements. Elle indique que le traitement n'a pas eu d'influence sur la hauteur moyenne des essences étudiées.

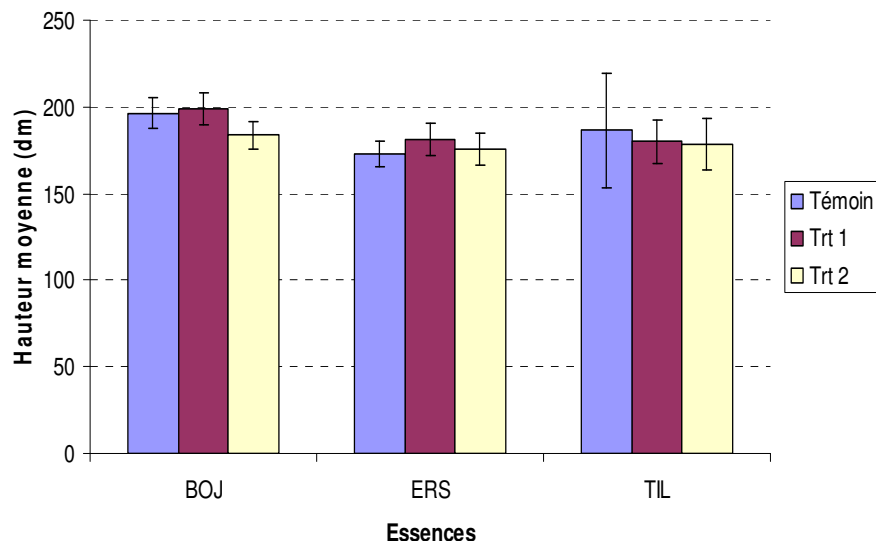


Figure 14. Hauteur moyenne des essences et intervalle de confiance en fonction des essences et des traitements

4.2.3. Largeur moyenne de cime

Le tableau 14 présente les caractéristiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de largeur moyenne de cime. Il indique que le traitement, l'essence et l'interaction entre le traitement et l'essence ne se sont pas avérés significatifs à un niveau de probabilité de 95 %. Le coefficient de détermination estimé indique que seulement 14 % de la variation a pu être expliquée par le modèle.

Tableau 14. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de largeur moyenne de cime

Caractéristiques statistiques du modèle		Largeur moyenne de cime			
Nombre d'observations		108			
R ² estimé		0,14			
Effets fixes du modèle	Num d.l.	Den d.l.	F _{calculé}	PR > F	Diff. sign.
Traitement	2	97	2,77	0,3425	N.S.
Essence	2	97	2,51	0,1157	N.S.
Traitement*essence	2	97	17,85	0,5372	N.S.

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

La figure 15 illustre l'effet de l'essence sur la largeur moyenne des cimes pour les différents traitements. Elle décrit que la largeur moyenne des cimes des essences est équivalente dans tous les cas. À l'exception du témoin, la largeur moyenne de cime du bouleau jaune est semblable à celle de l'érables à sucre, mais elle est significativement plus large que celle du tilleul.

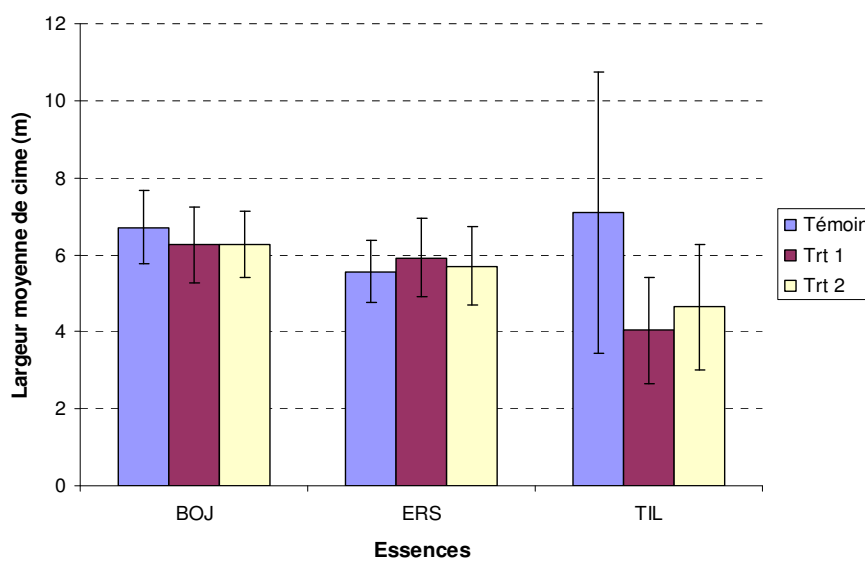


Figure 15. Largeur moyenne de cime et intervalle de confiance en fonction des essences et des traitements

4.2.3.1. Effet de la compétition sur la largeur moyenne de cime

Le tableau 15 présente les caractéristiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de largeur moyenne de cime des arbres non libres de croître affectés par un compétiteur. Cette analyse a démontré que la distance des compétiteurs, l'essence et le traitement n'ont pas été des facteurs qui ont permis d'expliquer les variations de la largeur moyenne des cimes. Le coefficient de détermination estimé indique que 58 % de la variation a pu être expliquée par le modèle. Par ailleurs, l'effet de la hauteur moyenne de la compétition a démontré que la largeur moyenne de la cime était inversement proportionnelle à la hauteur des compétiteurs. Plus le compétiteur est haut, moins la cime des arbres d'avenir est large.

Tableau 15. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de largeur moyenne de cime des arbres non libres de croître

Caractéristiques statistiques du modèle	Effet de la compétition sur la largeur moyenne de cime				
Nombre d'observations	34				
R ² estimé	0,58				
Effets fixes des modèles	Num d.l.	Den d.l.	F _{calculé}	PR > F	Diff. sign.
Traitement	2	23	1,35	0,2784	N.S.
Essence	2	23	0,37	0,6921	N.S.
Distance de la compétition	1	23	0,24	0,6273	N.S.
Hauteur de la compétition	1	23	12,43	0,0018	**

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

** Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %

La figure 16 présente la largeur moyenne de la cime en fonction des essences et des traitements pour des arbres non libres de croître. Elle indique que la variabilité observée chez les tiges non libre de croître est très grande et qu'aucun des traitements ne se démarque parmi eux.

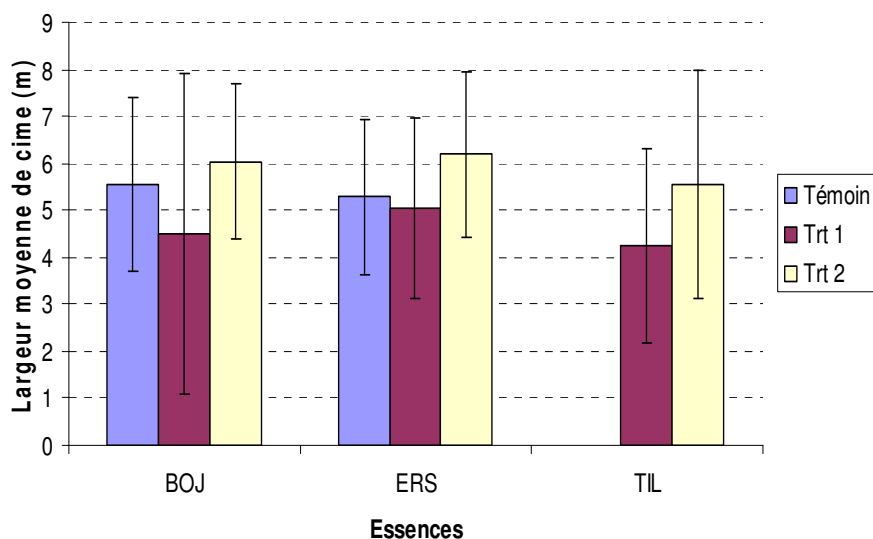


Figure 16. Largeur moyenne de cime et intervalle de confiance en fonction des essences et des traitements pour des arbres non libres de croître

4.2.4. Hauteur moyenne de cime

Le tableau 16 présente les caractéristiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de hauteur moyenne de cime. Il indique que le traitement est non significatif et que l'essence s'est avérée significative à un seuil de 99,9 %. Le coefficient de détermination estimé indique que 44 % de la variation a pu être expliquée par le modèle. Par ailleurs, les variables de compétition utilisées dans l'inventaire ont été testées dans un modèle qui a étudié les effets de la compétition sur la hauteur moyenne de cime. Il a été démontré qu'aucune des variables étudiées n'a eu d'impact sur la hauteur moyenne de la cime des tiges non libres de croître. Cela signifie qu'aucun des traitements n'a réussi à se démarquer pour la longueur de fût utilisable.

Tableau 16. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de hauteur de cime

Caractéristiques statistiques du modèle		Hauteur moyenne de cime			
Nombre d'observations			108		
R ² estimé			0,44		
Effets fixes des modèles	Num d.l.	Den d.l.	F _{calculé}	PR > F	Diff. sign.
Traitement	2	95	1,8	0,1710	N.S.
Essence	2	95	7,31	0,0011	**
Traitement*essence	4	95	1,28	0,2847	N.S.

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

** Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %

La figure 17 illustre l'effet du traitement sur la hauteur moyenne de la cime en fonction des essences. Tous traitements confondus, elle indique que le tilleul a tendance à présenter des hauteurs de cimes plus élevées que celles du bouleau jaune et de l'érable à sucre. La hauteur de cime moyenne pour le tilleul est de 10,6 m, de 9,0 m pour le bouleau jaune et de 8,3 m pour l'érable à sucre (TIL > (BOJ et ERS)). Concernant les traitements, la hauteur moyenne de la cime des arbres situés dans le témoin est semblable à celle des traitements 1 et 2. Aucun traitement ne s'est distingué par rapport aux autres.

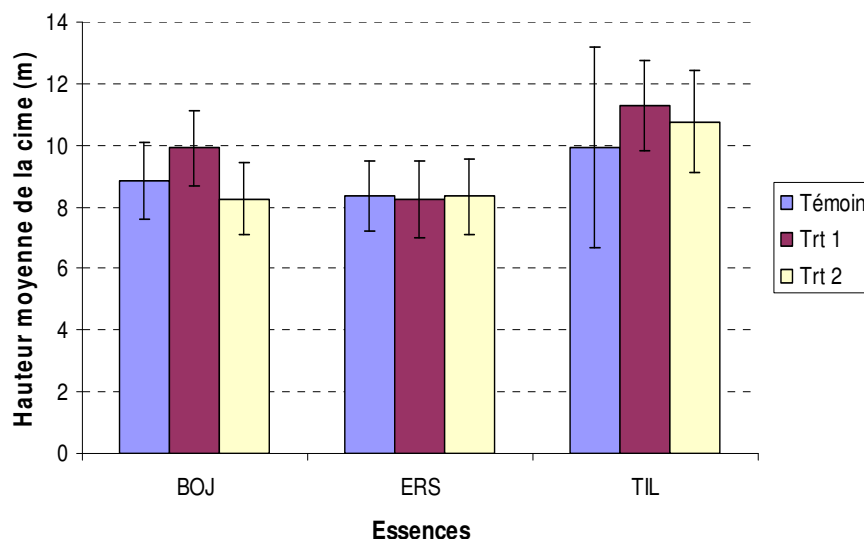


Figure 17. Hauteur moyenne de la cime et intervalle de confiance en fonction des essences et des traitements

4.2.5. Libre croissance des arbres d'avenir

Les statistiques descriptives ont été utilisées pour déterminer la fréquence des arbres étudiés libres de croître et la fréquence des défauts. La fréquence des défauts observés a été étudiée chez les arbres d'avenir et chez tous les arbres recensés dans les placettes d'inventaire (tableaux 18 et 19). Le tableau 17 présente les proportions des tiges étudiées qui sont libres et non libres de croître. Peu importe le traitement, ce tableau indique qu'il y a toujours plus de 60 % des tiges qui sont libres de croître. La proportion la plus basse a été observée dans le traitement 2 où 63 % des tiges sont libres de croître et la proportion la plus haute a été observée dans le traitement 1 où 76 % ont été jugées libre de croître.

Tableau 17. Effet du traitement sur la libre croissance des arbres d'avenir

Traitements	N total	Libre de croître	
		Oui (%)	Non (%)
Témoin	38	68 % (26/38)	32 % (12/38)
Trt 1 (puits de lumière)	34	76 % (26/34)	24 % (8/34)
Trt 2 (dégagement à l'européenne)	35	63 % (22/35)	37 % (13/35)

Le tableau 18 présente l'effet du traitement sur la dominance et les défauts des arbres d'avenir. Il indique qu'un pourcentage d'arbres d'avenir dominants légèrement plus élevé a été recensé dans le témoin où 45 % de ceux-ci ont été placés dans la classe des dominants. Ensuite le traitement de dégagement à l'européenne présente 40 % de ces tiges dans la classe dominante et le traitement de puits de lumière présente 40 % de ces tiges dans la classe dominante.

Tableau 18. Effet du traitement sur la dominance et les défauts des arbres d'avenir

Traitements	N total arbres d'avenir	Ratio arbres dominants	Ratio arbres codominants	Ratio défauts observés
Témoin	38	45 % (17/38)	55 % (21/38)	16 % (6/38)
Trt 1 (puits de lumière)	34	35 % (12/34)	65 % (22/34)	0 % (0/34)
Trt 2 (dégagement à l'européenne)	35	40 % (14/35)	60 % (21/35)	11 % (4/35)

Le tableau 19 présente la fréquence de défauts observés chez tous les arbres recensés à l'intérieur du dispositif. Il indique que plus de défauts ont été observés chez les arbres du témoin que chez les autres traitements. Vingt-huit % des arbres du témoin ont présenté des défauts tandis que 18 % et 19 % respectivement des arbres situés dans les différents dégagements ont présenté des défauts.

Tableau 19. Effet du traitement sur le ratio des défauts observés

Traitements	N total	Ratio des défauts observés
Témoin	187	28% (53/187)
Trt 1 (puits de lumière)	225	18% (41/225)
Trt 2 (dégagement à l'européenne)	238	19% (45/238)

5. DISCUSSIONS

5.1. DENSITÉ ET SURFACE TERRIÈRE

La densité de bouleau jaune et la densité totale déclinent graduellement. La densité tend à se stabiliser puisque le nombre de tiges perdues entre les inventaires diminue. Le peuplement est dans une phase d'élimination qui devrait se prolonger jusqu'à la fin du stade perchis. En 2008, le traitement témoin présente une densité résiduelle et une surface terrière moins élevées que celles observées dans les traitements, mais équivalentes. Cet écart peut s'expliquer par le fait que la densité avant traitement était plus élevée chez les traitements 1 et 2 (figure 3). Les traitements de dégagement ont permis de maintenir un nombre de tiges vivantes plus élevé que dans le témoin. Ceci s'exprime aussi par une surface terrière plus élevée dans les traitements d'éclaircie, mais non significativement différente des autres.

Hypothèse 1

La quantité de bouleaux jaunes régresse dans l'ensemble du dispositif.

Oui. En général, le nombre total de bouleaux jaunes régresse graduellement et tend à se stabiliser, qu'il soit dans un traitement ou dans un autre. Le peuplement est dans une phase d'élimination qui devrait se prolonger jusqu'à la fin du stade perchis. Depuis 1998, 20 % des tiges dans le témoin ont disparu, 19 % dans le traitement par puits de lumière et 14 % dans le traitement de dégagement à l'européenne. En moyenne, 18 % des tiges ont disparu.

Hypothèse 2

La quantité de bouleaux jaunes régresse plus rapidement que les autres essences dans l'ensemble du dispositif.

Non. Toute proportion gardée, c'est le contraire qui se produit. Le témoin présente des baisses du nombre de tiges/ha de 48 %, le traitement par puits de lumière de 39 % et le traitement de dégagement à l'européenne de 33 %. En moyenne, des baisses de 40 % ont été observées. Pour le bouleau jaune, c'est une baisse moyenne de 18 % qui a été observée. Ce constat indique que le bouleau jaune régresse moins rapidement que la moyenne des autres essences et que les traitements ont permis de conserver une plus grande proportion de tiges vivantes.

Hypothèse 3

La quantité de bouleaux jaunes est la plus basse dans le traitement de dégagement à l'européenne.

Oui et non. C'est le traitement qui contient le plus de bouleaux jaunes. Le traitement de puits de lumière présente le plus bas nombre de tiges avec une moyenne de 230 ti/ha. Il est suivi du témoin avec 300 ti/ha et du dégagement à l'européenne avec 310 ti/ha. Cependant, la variabilité observée ne permet pas d'affirmer que ces moyennes sont significativement différentes entre elles.

Hypothèse 4

La quantité de bouleaux jaunes régresse plus rapidement en haut de pente qu'en bas de pente.

Impossible à déterminer. Initialement, le blocage du dispositif a été effectué en tenant compte de la pente. Ceci aurait normalement permis de se prononcer sur les variations de l'effet bloc et de déduire l'effet de la pente. Cependant, le remodelage des blocs n'a pas été fait dans le même sens que la pente, mais plutôt selon l'homogénéité des caractéristiques du peuplement de sorte que certains blocs comportent des unités expérimentales, en bas, en milieu et en haut de pente et il devient impossible d'associer l'effet bloc à la pente.

5.2. ACCROISSEMENT EN DIAMÈTRE ET LIBRE CROISSANCE

Dans cette étude, les variables qui ont influencé l'accroissement en diamètre sont l'essence et le ratio H/DHP. Dans une moindre mesure, il a été démontré que les essences avaient des accroissements qui différaient en fonction des traitements. Le bouleau jaune s'accroît plus que l'érable à sucre dans le témoin et moins que celui-ci dans le traitement 2. Comparativement au témoin, l'érable à sucre s'accroît davantage dans le traitement 2. Le tilleul est toujours l'essence qui s'accroît le moins et ne présente aucune tendance à être favorisé par l'un ou l'autre des traitements. Tous traitements confondus, il a été démontré que le bouleau jaune et le tilleul présentaient des accroissements en diamètre semblables et supérieurs à ceux de l'érable à sucre. Le ratio H/DHP influence fortement l'accroissement en diamètre; plus il est élevé, plus l'accroissement sera faible (figure 7). Il devient donc important de concentrer le dégagement sur les tiges les plus équilibrées.

L'effet de l'éclaircie de 1995 n'est plus perceptible dans notre jeu de données puisqu'autant de tiges libres de croître ont été retrouvées à travers les différents traitements. Même le témoin présente un nombre de tiges libres de croître aussi élevé que ceux des traitements. Ceci pourrait, entre autre, être relié aux effets de l'éclaircie précommerciale de 1983. Le deuxième

dégagement n'a pas favorisé la libre croissance et n'a pas contribué à développer des plus gros diamètres. Les arbres non libres de croître n'ont pas été influencés par le traitement d'éclaircie (tableau 12) puisqu'aucun des paramètres étudiés n'a permis d'exprimer les variations observées.

Hypothèse 5

Le bouleau jaune est libre de croître dans le traitement de puits de lumière.

Oui. Cependant, cette affirmation n'est pas exclusive au traitement de puits de lumière puisque le bouleau est libre de croître dans tous les autres traitements. Aucune distinction ne peut être effectuée sur la base du traitement. En moyenne, 69 % des tiges sont libres de croître.

Hypothèse 6

Le bouleau jaune a les plus gros diamètres dans le traitement de puits de lumière.

Non, tel que démontré au tableau 9. Cependant, les résultats du modèle incluant le ratio H/D indiquent qu'une interaction essence*traitement vient nuancer cette interprétation. Le bouleau jaune présente des accroissements supérieurs au dégagement à l'européenne dans le traitement de puits de lumière, mais ceux-ci sont équivalents au témoin ((Trt 1 > Trt 2) = Témoin).

5.3. HAUTEUR MOYENNE

L'essence est la seule variable qui a influencé la hauteur moyenne. Le bouleau jaune présente la hauteur moyenne la plus élevée dans le dispositif. Il est suivi du tilleul et de l'érable à sucre (figure 13). Le tilleul et l'érable à sucre présentent des hauteurs moyennes équivalentes.

L'étude sur la dominance des essences a démontré que les arbres d'avenir du témoin présentaient une tendance à être mieux représentés dans la classe des dominants. Une hypothèse avancée pour expliquer ce phénomène est que la sélection naturelle a mieux favorisé les arbres dominants que les traitements l'ont fait.

Hypothèse 7

Le bouleau jaune est le plus grand dans le traitement de dégagement à l'européenne.

Non. La hauteur moyenne des essences n'est pas affectée par le traitement. Il a été démontré que le témoin se comportait comme le traitement de dégagement à l'européenne et le puits de lumière (figure 14).

Hypothèse 8

Le bouleau jaune, l'érable à sucre et le tilleul ont plus de défauts de malformations dans le traitement de dégagement à l'européenne.

Non. C'est dans le témoin que la proportion de défauts la plus élevée a été recensée, avec 28 %. Il est suivi du traitement de dégagement à l'européenne avec 19 % et du traitement de puits de lumière avec 18 %. Par ailleurs, sur les arbres d'avenir, très peu de défauts ont été recensés dans ce suivi. Au total, 10 arbres étude sur 108 ont présenté des défauts dont 6 provenaient du témoin et 4 du traitement de dégagement à l'européenne. Aucun défaut n'a été recensé sur les arbres d'avenir dans le traitement de puits de lumière.

5.4. LARGEUR MOYENNE ET HAUTEUR MOYENNE DE LA CIME

L'essence est la seule variable qui explique les variations de la largeur moyenne de la cime. Le bouleau jaune comporte les plus larges cimes. Il est suivi de l'érable à sucre et du tilleul. La largeur moyenne de la cime du bouleau jaune est comparable à celle de l'érable à sucre, mais elle est significativement plus large que celle du tilleul. Le traitement n'a eu aucun impact sur la largeur de la cime (figure 16).

La seule variable ayant influencé la hauteur moyenne de la cime est l'essence. Le tilleul comporte la plus haute cime. Il est suivi du bouleau jaune et de l'érable à sucre qui ont des hauteurs moyennes de cime comparables. L'effet des traitements sur la hauteur moyenne des cimes est partagé et ne se distingue pas du témoin.

Hypothèse 9

Le bouleau jaune a les plus grosses cimes dans le traitement de puits de lumière.

Non. Le traitement n'a aucune influence sur la largeur des cimes. Il a été démontré que c'était plutôt les essences qui influençaient la largeur des cimes. Le bouleau jaune et l'érable à sucre présentent les cimes les plus larges.

Hypothèse 10

Le bouleau jaune a la plus grande longueur de tronc utilisable dans le dégagement à l'européenne.

Non. Le traitement de dégagement à l'européenne présente une longueur de tronc utilisable semblable à celle du témoin et légèrement plus petite que celle du puits de lumière. Aucune différence significative n'a été répertoriée.

5.5. DÉFAUTS

Les défauts de malformation ont été étudiés à travers les différents traitements. Il a été démontré que les tiges situées à l'intérieur du témoin présentaient une proportion de défauts supérieure de l'ordre de 10 % par rapport à celle dans les traitements de dégagement (tableau 19). Chez les arbres d'avenir, il est possible de faire la même observation et une proportion de défauts légèrement supérieure a été observée chez les témoins. Les arbres situés dans le témoin ont tendance à présenter plus de défauts que ceux situés à l'intérieur des traitements.

5.6. RECOMMANDATIONS

Dans le cas du peuplement de gaulis âgé de 20 ans, la prochaine étape est certainement l'éclaircie commerciale. La majorité des tiges d'avenir des espèces désirées sont libres de croître et il est raisonnable de croire qu'elles formeront le prochain peuplement.

D'autres suivis sont à prévoir avant les prochaines interventions puisqu'ils permettront de tracer l'évolution des variables étudiées. Pour ce faire, il est important de veiller à ce que le dispositif demeure intact. Le suivi à plus long terme permettra de valider les hypothèses avancées dans cette étude et de confirmer quels sont les meilleurs traitements à administrer pour ce type de peuplement. Il sera intéressant de suivre l'évolution des défauts de malformation des tiges qui engendrent des pertes de qualité afin de confirmer la tendance observée chez le témoin. Ce paramètre est le seul qui joue en faveur d'un deuxième dégagement vers l'âge de 20 ans.

Pour le moment, il apparaît que le traitement d'éclaircie précommerciale effectué vers l'âge de 8 ans en 1983 a été suffisant pour constituer une cohorte de tiges utiles de bouleau jaune. Les traitements effectués à 20 ans en 1995 n'ont pas eu d'effets significatifs sur le développement du peuplement et des tiges d'avenir. À ce stade-ci, un peuplement âgé de 33 ans contenant de 230 à 310 bouleaux jaunes à l'hectare est plus qu'acceptable.

CONCLUSION

Les besoins d'éducation des jeunes peuplements feuillus sont importants et doivent s'harmoniser aux objectifs de production de matière ligneuse de haute qualité. Plusieurs alternatives ont été expérimentées pour atteindre cet objectif.

Dans le cas du peuplement de gaulis de 20 ans, la densité et la surface terrière sont plus basses dans le témoin que dans les autres traitements, mais non significativement différentes. Jusqu'à maintenant, les traitements ont permis de conserver un nombre de tiges vivantes plus élevé que dans le témoin. Cependant, cette observation est corrélée à la situation initiale du peuplement où plus de tiges avaient été recensées dans les traitements.

À l'exception de l'érable à sucre qui présente une tendance à être favorisé par le dégagement à l'européenne, les variables étudiées se sont comportées de la même façon dans tous les traitements. L'accroissement en diamètre du bouleau jaune a présenté une tendance à être favorisé par le dégagement par puits de lumière au dépend du dégagement à l'européenne, mais aucune différence significative n'a été observée envers le témoin. Concernant, la largeur moyenne et la hauteur moyenne des cimes, le traitement de puits de lumière ne s'est pas distingué des autres traitements. Encore une fois, les bouleaux jaunes situés dans le témoin se sont comportés comme ceux situés à l'intérieur du traitement de puits de lumière.

Ces résultats indiquent que le dégagement à l'européenne procure des résultats intéressants pour l'érable à sucre, mais non suffisants pour le recommander puisqu'il se comporte comme le témoin sur la plupart des aspects étudiés. L'effet de l'éclaircie précommerciale de 1983 pourrait expliquer en partie ces observations et semble être suffisant pour constituer une cohorte de tiges utiles en essence désirées à maturité. Finalement, l'effet à long terme des différents traitements sur la quantité et la qualité des bois récoltés devra être validé lors des opérations de récolte et de transformation. À ce stade-ci, seul l'aspect qualité pourrait jouer en faveur d'un deuxième dégagement dans ce type de peuplement.

RÉFÉRENCES

- ALTHEN, F.W. von, J.E. WOOD, E.G. MITCHELL et K. HOBACK. 1994.** « Effects of Different Intensities of Yellow Birch and Sugar maple Crop Tree Release ». Northern Forestry Program, MNR, 16 p.
- ANDERSON, H.W., B.D. BATCHELOR, C.M. CORBETT, A.S. CORLETT, D.T. DEUGO, C.F. HUSK et W.R. WILSON. 1990.** « Effects of Different Intensities of Yellow Birch and Sugar maple Crop Tree Release ». Forest Resources Group, MNR, 178 p.
- BELLEFLEUR, P. et G. LAROCQUE. 1983.** « Comparaison de la croissance d'espèces ligneuses en milieu ouvert et sous couvert forestier ». Can. J. For. Res. 13, p. 508-513.
- BILTONEN, F.E., W.A. HILLSTROM, H.M. STEINHILB et R.M. GODMAN. 1976.** « Mechanized thinning of northern hardwood pole stands ». USDA Forest Service, Research Paper NC-137, p. 1-17.
- BOIVIN, J.-L. 1975.** « 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, 127 p.
- BOUDRU, M. 1989.** « Forêt et sylviculture : traitement des forêts ». Les presses agronomiques de Gembloux, A.S.B.L., Passage des Déportés, 2 - B-5800 Gembloux (Belgique), p. 15-19, 52-3, 83-103, 276-279.
- BROWN, J.L. 1987.** « Régénération et aménagement des forêts naturelles de feuillus nobles ». Colloque sur la régénération des essences feuillues de qualité. Service de la recherche appliquée, ministère de l'Énergie et des Ressources, Hull. p. 55-73.
- CONOVER, D.F. et R.A. RALSTON. 1959.** « Results of Crop-Tree Thinning and Pruning in Northern Hardwood Saplings after Nineteen Years ». J. For., p. 551-557.
- CRCHA, J. et F. TROTTIER. 1991.** « Guide de traitements sylvicoles - Les feuillus tolérants ». Service des techniques d'intervention forestière, Ministère des Forêts, 55 p.

- ERDMANN, G.G.** «Yellow Birch» in, **RUSSELL, M. BURNS et B.H. HONKALA. 1990.** « Sylvics of North America. Vol. 2: HARDWOODS », Forest Service, USDA, Washington, p. 93-107.
- ERDMANN, G.G., R.M. GODMAN et R.R. OBERG. 1975.** « Crown release accelerates diameter growth and crown development of yellow birch saplings ». North Central forest experiment Station, USDA Forest Service, p. 1-9.
- ERDMANN, G.G., R.M. PETERSON Jr. et R.M. GODMAN. 1981.** « Cleaning yellow birch seedling stands to increase survival, growth, and crown development ». Can. J. For. Res. 11, p. 62-68.
- GENG, S. et F.J. HILLS. 1978.** « A Procedure for Determining Numbers of Experimental and Sampling Units ». Agronomy J., vol. 70, p. 441-444.
- GINRICH, S.F. 1967.** « Measuring and Evaluation Stocking and Stand Density in Upland Hardwood Forests in the Central States ». Forest Science, vol. 13 (1) 38-53.
- GODMAN, R.M. et C.H. TUBBS. 1973.** « 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, p. 1-9.
- GORDON, A.M., J.A. SIMPSON et P.A. WILLIAMS. 1995.** « Six-year response of red seedlings planted under a shelterwood in central Ontario ». Can. J. For. Res., vol. 25 (4) 603-613.
- HANNAH, P.R. 1978.** « Growth of Large Yellow Birch Saplings following Crop Tree Thinning ». J. For., p. 222-223.
- HEITZMAN, E. et R.D. NYLAND. 1991.** « Cleaning and Early Crop-Tree Release in Northern Hardwood Stands: A Review ». SUNNY College of Environmental Science and Forestry, NIAF, p. 111-115.
- HIGGS, B.J. 1995.** « 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, 140 p.
- HOYLE, M.C. 1982.** « Plantation birch: What works, What doesn't». J. For., 16-19.

- HUBERT, M. et R. COURRAUD. 1994.** « Élagage et taille de formation des arbres forestiers ». Institut pour le développement forestier, 2^e éd., p. 11-22, 88-113, 161-210.
- HUOT, M. et R. DOUCET. 1995.** « 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, MRNQ, Rap. interne N° 394, 17 p.
- LAFOND, R., C. CAUCHON et J.-P. DUCRUC. 1992.** « Pédologie forestière ». Modulo éditeur, p. 41-45.
- LAMSON, N.I. et C.H. SMITH.** « Precommercial Treatments of 15- to 40-years old Northern Hardwood Stands ». U.S. Forest Serv., p. 160-175.
- LANIER, L., 1994.** « Précis de sylviculture ». École Nationale du génie rural, des eaux et des forêts, 2^e éd., 477 p.
- LEAK, W., D.S. SOLOMON et S.M. FILIP. 1969.** « A Silvicultural Guide for Northern Hardwoods in the Northeast ». USDA. Forest Serv., Research Paper NE-143, p. 1-33.
- LEES, J.C. 1995.** « 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.
- LUSSIER, L.-J. et R. BOUTIN. 1995.** « 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, 84 p.
- MAJCEN, Z., Y. RICHARD. 1995.** « Coupe de jardinage dans six régions écologiques du Québec. Accroissement quinquennal en surface terrière ». Mémoire de recherche forestière N°120, Dir. de la recherche forestière, MRNQ, 22 p.
- MAJCEN, Z., Y. RICHARD et M. MÉNARD. 1985.** « Composition, structure et rendement des érablières dans cinq secteurs de la région de l'Outaouais ». Mémoire N°88, Service de la recherche appliquée, MER, 130 p.

- MAJCN, Z., Y. RICHARD, M. MÉNARD et Y. GRENIER. 1990.** « Choix des tiges à marquer pour le jardinage d'érablières inéquiennes ». Guide technique. Mémoire N°96, Service de la recherche appliquée, MER, 96 p.
- MCCAULEY, O.D. et D.A. MARQUIS. 1972.** « Investment in Precommercial Thinning of Northern Hardwoods ». USDA Forest Serv., Reseach Paper NE-245, p. 1-13.
- MÉRETTE, C. et J. MARTEL. 1989.** « Éclaircie précommerciale dans un jeune peuplement de feuillus tolérants (érablière à bouleau jaune de 6 ans) ». Service des traitements sylvicoles, 14 p.
- METZGER, F.T. et C.H. TUBBS. 1971.** « The influence of cutting method on regeneration of second-growth northern hardwoods ». J. For., p. 559-564.
- OUELLET, D. et R. ZARNOVICAN. 1988.** « La conduite des jeunes peuplements de bouleaux jaunes (*Betula alleghaniensis* Britton) : caractéristiques morphologiques ». Can. J. For. Res., (19) : 992-996.
- OUELLET, D. et R. ZARNOVICAN. 1988.** « Cultural treatment of young yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton) stands : tree classification and stand structure ». Canadian Forestry Serv., vol. 18, p. 1581-1586.
- PEARSON, E.S. et H.O. HARTLEY. 1951.** « Charts of the Power Function for Analysis of Variance Tests, Derived from the Non-central *F*-Distribution ». n.d. , vol. 38, p. 112-141.
- POTHIER, D. 1996.** « Accroissement d'une érablière à la suite de coupes d'éclaircie : résultats de 20 ans ». Can. J. For. Res. (26) : 543-549.
- ROBERGE, M.R. 1987.** « Managing Northern Hardwoods by Clearcutting 30 m wide strips : 10-year result ». For. Chron., p. 169-173.
- ROBERGE, M.R. 1988.** « Aménagement d'une bétulaie jaune à érables par la coupe par groupes : résultats de 15 ans ». Service Canadien des Forêts, Rap. d'information LAU-X-72B, 26 p.

- ROBERGE, M.R. 1988.** « Évolution d'une érablière à bouleau jaune soumise à différents traitements en 1966 ». Service Canadien des Forêts, Rap. d'information LAU-X-82B, 29 p.
- ROBERGE, M.R. 1988.** « 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, Rap. d'information LAU-X-84B, 95 p.
- ROBERGE, M.R. 1988.** « Vingt ans d'aménagement par groupes d'une bétulaie jaune à érables ». Service Canadien des Forêts, Rap. d'information LAU-X-81B, 28 p.
- ROBITAILLE, L., G. SHEEDY et Y. RICHARD. 1988.** « Effets du dégagement et de la fertilisation sur un gaulis de 10 ans à dominance de bouleau jaune ». p. 1-3, 12-14.
- ROBITAILLE, L., G. SHEEDY et Y. RICHARD. 1990.** « Effets de l'éclaircie précommerciale et de la fertilisation sur un gaulis de 10 ans à dominance de bouleau jaune ». For. Chron., p. 487-493.
- SCHÜTZ, J.-P. 1990.** « Sylviculture 1 : Principes d'éducation des forêts ». Collection gérer l'environnement, Presses polytechniques et universitaires romandes, p. 108-243.
- SKILLING, D.D. 1959.** « Response of Yellow Birch to Artificial Pruning ». J. For., 57 : 429-432.
- TRENCIA, Dr. J.** « Effet des traitements sylvicoles sur le développement racinaire et aérien des feuillus en période juvénile ». Étude CFL-41-02, p. 12-13 et 17.
- ZARNOVICAN, R. et C. LABERGE. 1994.** « Réaction des principales essences feuillues à l'éclaircie de mise en lumière dans une érablière à bouleau jaune en Estrie ». Ressources naturelles Canada, Rap. d'information LAU-X-109, 26 p.

ANNEXE 1. LOCALISATION DU DISPOSITIF

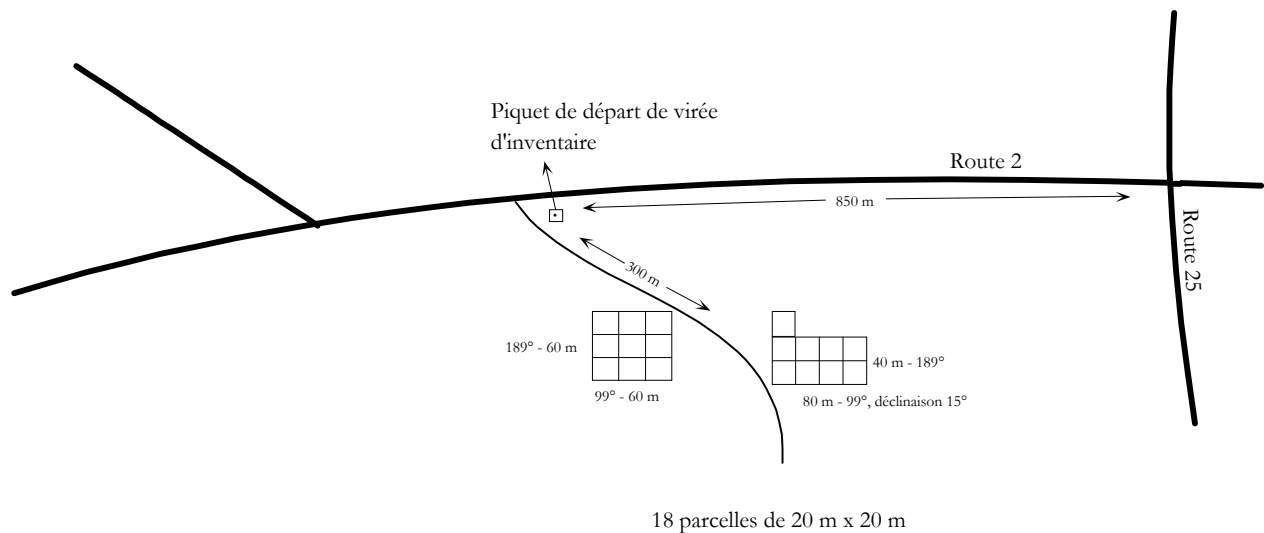
VOLET 2

Selon la carte de la réserve Papineau-Labelle, le site est accessible par la route □ en passant par l'accueil St-Denis de Val-des-Bois. Le dispositif du volet 2 se trouve au sud de la route □ 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 □.

Carte forestière 31 G/14 N.O.

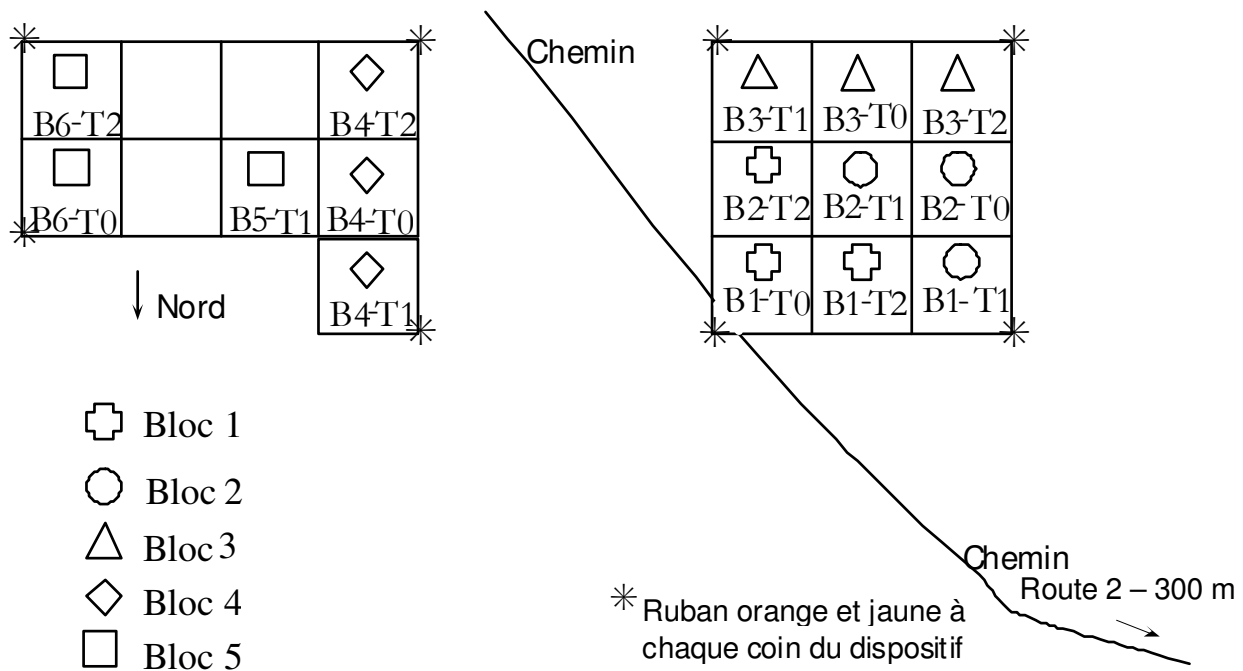
Photographie aérienne de 1990, numéro 31 G 46, Q90130, 107 et 108.

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



ANNEXE 2. DESCRIPTION DU DISPOSITIF

VOLET 2



18 unités expérimentales de 20 m x 20 m

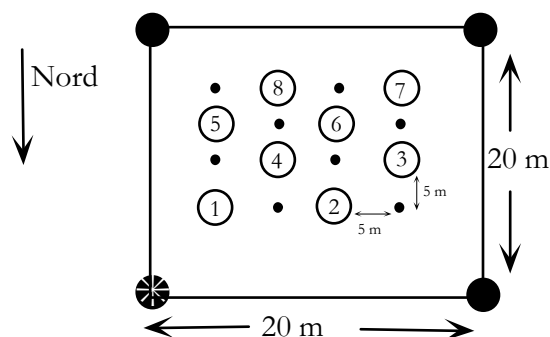
5 blocs

3 traitements

144 placettes

B bloc
 T traitement
 T0 témoin
 T1 puits de lumière
 T2 dégagement à l'euro péenne

VOLET 2 - EXEMPLE D'UNE UNITÉ EXPÉRIMENTALE / DISPOSITION DES PLACETTES



- I Les coins des unités expérimentales sont identifiés par des piquets peints en orange.
- S Chaque coin du dispositif est identifié d'un ruban jaune en plus d'un piquet orange.
- Les huit placettes de chaque unité expérimentale 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 placettes, une fiche métallique a été placée au pied d'un arbre d'avenir (du côté du centre de la placette) avec un ruban rose et une étiquette d'aluminium portant le même numéro que la placette 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 -> Placette 1
- A -> Arbre d'avenir

ANNEXE 3. PROTOCOLE D'INVENTAIRE

PROTOCOLE POUR L'INVENTAIRE DE SUIVI DU BOULEAU JAUNE (GAULIS 20 ANS – SUIVI APRÈS 13 ANS)

Dispositif

Le plan du dispositif sera fourni. Le dispositif occupe une superficie de 0,72 ha et contient 144 placettes et autant d'arbres étude. Les contours ainsi que les limites des différents blocs sont identifiés sur le terrain.

Prendre la localisation GPS des coins du dispositif.

Placettes

Les placettes à inventorier ont un rayon de 2,82 m (25 m²), le départ de l'inventaire à l'intérieur des placettes se fait au nord et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre. Les placettes sont identifiées au centre à l'aide d'une fiche métallique, d'un ruban bleu et d'une étiquette d'aluminium (ex. V2-B1-T0-P1).

Prendre la localisation GPS de la placette.

On y relève :

Essence

DHP

- Prendre le DHP circonférentiel en mm pour les tiges ayant un diamètre de 10,1 mm et plus.

Classe sylvicole

- Valeur sylvicole de la tige où l'environnement de la tige est considéré.

A : Avenir, **G** : Gênant, **H** : Hygiène, **R** : Remplissage

- Avenir : arbre de choix à cause de ses qualités et de ses possibilités
- Remplissage : arbre utile pour maintenir le climat forestier intérieur
- Gênant : arbre gênant qui nuit aux arbres de choix
- Hygiène : arbre malade ou en voie de dégradation

Étage

- **D** : Dominant, **C** : Codominant, **I** : Intermédiaire, **O** : Opprimé, **V** : Vétéran

MSCR

- Identifier la cote et si un défaut est observé, noter le code correspondant

Arbres étude

- Prendre l'arbre étude identifié dans la placette (ex. V2-B1-T0-P1-A). S'il est absent, prendre le plus beau sujet de bouleau jaune dans la placette.
- Indiquer à quel numéro de tige correspondent l'arbre étude.
- Prendre une carotte (minimum 15 derniers cernes annuels) à 1 m de hauteur (identifier par le numéro de la placette et le numéro de l'arbre étude).
- Indiquer la position de l'arbre étude dans le cadran sur le formulaire.
- Hauteur totale (25 cm près)
- Hauteur de la branche vivante la plus basse sur la tige (10 cm près)
- Largeur des cimes, selon 2 axes, en se référant à la projection de la cime au sol (10 cm près)
- Noter s'il y a présence d'un défaut (autres que ceux notés par le classement MSCR).
- La tige est-elle libre de croître (est-ce que la cime est opprimée ou est-ce que le sommet de l'arbre est surplombé par une autre tige?) Sinon, noter l'essence, la hauteur et la distance du compétiteur.

ANNEXE 4. CLASSE SYLVICOLE

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
- La tige peut également être gênante
- Si un bon pourcentage des tiges d'un peuplement est 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

ANNEXE 5. 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 équienné pour favoriser la compétition entre les tiges pour la croissance en hauteur et 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 équienné 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 on évite les oublis qui peuvent être fréquents. Contrairement à l'éclaircie précommerciale conventionnelle, cette technique ne prévoit pas l'élimination des tiges de remplissage; 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 débrousailluse 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 en raison de sa croissance exceptionnelle.

- T₁ Traitement 1 : puits de lumière
- T₃ Traitement 3 : dégagement de la cime (à l'européenne)

