

# PROGRAMME DE MISE EN VALEUR DES RESSOURCES DU MILIEU FORESTIER – VOLET 1 - 2008-2009

---

Rapport final

## SUIVI APRÈS 13 ANS DES TRAVAUX DE DÉGAGEMENT DE LA RÉGÉNÉRATION NATURELLE DE BOULEAU JAUNE DANS UN GAULIS DE 11 ANS SITUÉ DANS L'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 :



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

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

Philippe Bournival, ing.f., M.Sc.

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

Jean-François Dubé (étudiant)

---

Septembre 2009



# TABLE DES MATIÈRES

---

LISTE DES FIGURES .....	II
LISTE DES TABLEAUX .....	III
REMERCIEMENTS .....	IV
RÉSUMÉ.....	V
INTRODUCTION .....	1
<b>1. CONTEXTE .....</b>	<b>2</b>
1.1. PERTINENCE D'UNE APPROCHE ÉQUIENNE.....	3
1.2. L'ÉDUCATION DE PEUPEMENT : ÉTAPE CRUCIALE .....	4
<b>2. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES.....</b>	<b>7</b>
2.1. OBJECTIF GÉNÉRAL ET SPÉCIFIQUE .....	7
2.2. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE .....	7
<b>3. MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>9</b>
3.1. CARACTÉRISTIQUES DU DISPOSITIF.....	9
3.2. DESCRIPTION DU DISPOSITIF .....	10
3.3. DIMENSION DES PLACETTES ET VARIABLES MESURÉES .....	12
3.4. DESCRIPTION DES TRAITEMENTS .....	12
3.5. CARACTÉRISTIQUES DU BOULEAU JAUNE MOYEN EN 1995.....	14
3.6. ANALYSE STATISTIQUE.....	14
<b>4. RÉSULTATS .....</b>	<b>16</b>
4.1. CARACTÉRISTIQUES DU PEUPEMENT .....	16
4.1.1. <i>Densité</i> .....	16
4.1.2. <i>Diamètre moyen</i> .....	19
4.1.3. <i>Diamètre moyen des espèces désirées</i> .....	20
4.1.4. <i>Ratio de tiges observé à travers les différents étages</i> .....	22
4.1.5. <i>Surface terrière</i> .....	23
4.2. CARACTÉRISTIQUE DES ARBRES D'AVENIR .....	24
4.2.1. <i>Diamètre moyen des arbres d'avenir</i> .....	24
4.2.2. <i>Hauteur moyenne des arbres d'avenir</i> .....	27
4.2.3. <i>Largeur moyenne de cime</i> .....	30
4.2.4. <i>Hauteur moyenne du tronc sans branche</i> .....	32
4.3. LIBRE CROISSANCE DES ARBRES D'AVENIR .....	33
<b>5. DISCUSSION .....</b>	<b>36</b>
5.1. DENSITÉ ET SURFACE TERRIÈRE .....	36
5.2. DIAMÈTRES.....	38
5.3. HAUTEUR.....	40
5.4. LARGEUR DE CIME ET HAUTEUR DU TRONC SANS BRANCHE.....	41
5.5. LIBRE CROISSANCE DES ARBRES D'AVENIR .....	42
<b>6. RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>44</b>
CONCLUSION .....	45

<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>46</b>
<b>ANNEXE 1. LOCALISATION DU DISPOSITIF.....</b>	<b>50</b>
<b>ANNEXE 2. DESCRIPTION DU DISPOSITIF ORIGINAL .....</b>	<b>51</b>
<b>ANNEXE 3. PROTOCOLE D'INVENTAIRE.....</b>	<b>53</b>
<b>ANNEXE 4. PHOTOS DU DISPOSITIF .....</b>	<b>55</b>

## **LISTE DES FIGURES**

---

Figure 1. Réserve faunique Papineau-Labelle .....	10
Figure 2. Localisation des unités expérimentales à l'intérieur du dispositif.....	11
Figure 3. Densité moyenne de toutes les espèces en fonction du temps et des traitements .....	18
Figure 4. Densité moyenne du bouleau jaune en fonction du temps et des traitements.....	18
Figure 5. Diamètre moyen et intervalle de confiance en fonction des essences .....	21
Figure 6. Diamètre moyen et intervalle de confiance en fonction des traitements.....	22
Figure 7. Surface terrière moyenne et intervalle de confiance en fonction des blocs.....	23
Figure 8. Surface terrière moyenne et intervalle de confiance en fonction des traitements.....	24
Figure 9. Diamètre moyen et intervalle de confiance des arbres d'avenir en fonction des traitements et des essences .....	25
Figure 10. Diamètre moyen du bouleau jaune d'avenir en fonction des traitements du différentiel de hauteur avec la compétition .....	27
Figure 11. Hauteur moyenne et intervalle de confiance des arbres d'avenir en fonction des traitements et des essences .....	28
Figure 12. Hauteur moyenne du bouleau jaune d'avenir en fonction des traitements et du différentiel de hauteur avec la compétition.....	29
Figure 13. Largeur moyenne de cime et intervalle de confiance des arbres d'avenir en fonction des essences.....	31
Figure 14. Largeur moyenne de cime et intervalle de confiance des arbres d'avenir en fonction des traitements .....	31
Figure 15. Hauteur moyenne du tronc sans branche et intervalle de confiance des arbres d'avenir en fonction des traitements et des essences.....	33

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1. Portrait du bouleau jaune et de l'érable à sucre moyen en 1995 – moyenne et écart-type.....	14
Tableau 2. Densité moyenne par bloc (ti/ha) des principales espèces rencontrées dans le dispositif.....	16
Tableau 3. Densité moyenne par traitement (ti/ha) des principales espèces rencontrées dans le dispositif.....	17
Tableau 4. Proportion de bouleau jaune dans le peuplement en fonction des années de référence.....	19
Tableau 5. Diamètre moyen par bloc (mm) des espèces rencontrées dans le dispositif.....	19
Tableau 6. Diamètre moyen par traitement (mm) des espèces rencontrées dans le dispositif.....	20
Tableau 7. Caractéristiques et probabilités associées au modèle du diamètre moyen des tiges.....	20
Tableau 8. Proportion de tiges recensées par traitement à travers les différents étages.....	23
Tableau 9. Caractéristiques et probabilités associées au modèle du diamètre moyen des arbres d'avenir.....	25
Tableau 10. Caractéristiques et probabilités associées au modèle exprimant les effets de la compétition sur le diamètre moyen des arbres d'avenir.....	26
Tableau 11. Caractéristiques et probabilités associées au modèle de hauteur moyenne des arbres d'avenir.....	27
Tableau 12. Caractéristiques et probabilités associées au modèle exprimant les effets de la compétition sur la hauteur moyenne.....	29
Tableau 13. Caractéristiques et probabilités associées au modèle de largeur moyenne de cime.....	30
Tableau 14. Caractéristiques et probabilités associées au modèle de hauteur moyenne du tronc sans branche.....	32
Tableau 15. Effet du traitement sur la libre croissance des arbres d'avenir.....	34
Tableau 16. Effet du traitement et de la compétition interspécifique sur la libre croissance des arbres d'avenir.....	34
Tableau 17. Effet du traitement et de la compétition interspécifique excluant l'érable à sucre sur la libre croissance des arbres d'avenir.....	35

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

## RÉSUMÉ

---

Un dispositif expérimental comportant 6 blocs de 4 unités expérimentales chacun a été établi en 1995 dans un gaulis de 11 ans du secteur de la Réserve faunique de Papineau-Labelle. Le dispositif est situé dans le domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune. Chaque bloc est constitué d'une unité expérimentale témoin, d'une unité ayant fait l'objet d'un dégagement par puits de lumière, d'une unité ayant fait l'objet d'un dégagement de la cime avec une taille de formation et d'une unité ayant fait l'objet d'un dégagement de la cime sans taille de formation.

Concernant la densité, il a été observé que le bouleau jaune régresse significativement dans tous les traitements étudiés. Cependant, il n'y a pas de distinction à faire entre les traitements à l'exception que le traitement de dégagement de la cime avec taille de formation présente une densité de bouleau jaune deux fois plus basse. Concernant la surface terrière, il a été observé que le traitement de dégagement de la cime présentait une surface terrière légèrement plus élevée que celle des autres traitements, mais celle-ci n'est pas significativement différente des autres. Possiblement que ce sont les caractéristiques écologiques du site qui ne sont pas idéales pour le développement du bouleau jaune.

Au niveau du peuplement, il a été observé que les plus gros diamètres provenaient des arbres situés à l'intérieur du traitement de dégagement de la cime sans taille de formation. Cependant, ce traitement ne s'est pas significativement distingué du traitement par puits de lumière, mais il s'est distingué du traitement témoin et du traitement de dégagement de la cime avec taille de formation.

Au niveau des tiges d'avenir, le diamètre moyen, la hauteur moyenne, la largeur moyenne de cime et la hauteur du tronc sans branche n'ont pas été affectés par les traitements. Cela signifie qu'aucune distinction ne peut être effectuée sur la base des traitements. Pour la libre croissance, il a été démontré que le traitement de dégagement de la cime sans taille de formation présentait plus d'arbres libres de croître que les autres traitements. Somme toute, il a été démontré que l'effet des traitements sur les différents paramètres n'était pas l'effet prépondérant et que les dégagements ne se distinguaient pas autant par rapport au témoin. Un premier traitement réalisé en plus jeune âge et répété une deuxième fois pourrait possiblement avoir un effet plus important. De plus, la piètre performance du traitement de dégagement de la cime avec taille de formation laisse présager qu'il faudra effectuer différemment les travaux de taille de formation à l'avenir.

## INTRODUCTION

---

Le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britt) est une essence typique des forêts mélangées et feuillues du Québec méridional. Il se retrouve sur diverses stations préférant les sols profonds, riches et bien drainés. La présence de drainage oblique favorise grandement sa présence (Linteau, 1948). Il forme des peuplements mélangés en association avec un grand nombre d'essences dont les plus fréquentes sont : le sapin baumier (*Abies balsamea*, Mill.), la pruche de l'Est (*Tsuga canadensis*, L.), l'érable à sucre (*Acer saccharum*, Marsh.), l'érable rouge, (*Acer rubrum*, L.), le hêtre à grandes feuilles (*Fagus americana*, Ehrh.) et le bouleau à papier (*Betula papyrifera*, Marsh.). Il peut à l'occasion former des peuplements purs bien que ce soit rare. Son niveau intermédiaire de tolérance à l'ombre fait qu'on peut le retrouver à tous les stades évolutifs de la forêt (Erdmann, 1990).

Le bouleau jaune est une essence prisée par l'industrie de la transformation du bois. Son bois dur à grains serrés lui confère une bonne résistance au choc. Sa couleur ambrée et chaude est recherchée par les artisans du bois pour la confection de mobilier et de planchers. De plus, la fibre du bouleau jaune se prête bien au façonnage, ce qui le rend d'autant plus intéressant pour la transformation. Avec les tiges de grande qualité on fabrique des placages de grande valeur. Pour ces raisons, la demande de bois de qualité de cette essence est très forte. Comme la plupart des feuillus durs, le bouleau jaune est aussi apprécié comme bois de chauffe et son efficacité énergétique (26,3 MBTU/corde séchée, SPBE), bien que moindre que celles de l'érable à sucre et du hêtre à grandes feuilles, demeure très intéressante.

L'importance économique, sociale et culturelle du bouleau jaune lui a valu de devenir l'arbre emblème du Québec. Cet arbre a, depuis la colonie, constitué une ressource d'importance. Son exploitation intensive au fil du 20<sup>e</sup> siècle a cependant entraîné une détérioration généralisée de sa qualité.



# 1. CONTEXTE

---

L'exploitation continue des tiges de bouleau jaune sur l'ensemble du territoire a conduit à une dégradation généralisée de la qualité moyenne des tiges (FC, 2006a; Nyland, 1992). Les causes de la dégradation sont nombreuses, mais deux d'entre elles expliquent la majeure partie du phénomène. D'abord, la coupe à diamètre limite pratiquée jusqu'au tournant des années '80 a favorisé une récolte des tiges de feuillus nobles de fort diamètre et de qualité (FC, 2006a; Bédard et Majcen, 2001). Cette intervention favorise un fort rendement économique lors du premier passage puisque les tiges récoltées sont de fort diamètre et incidemment, plus propices à être de qualité (Blum et Filip, 1963; Hutnik, 1958). La qualité des tiges résiduelles varie cependant fortement d'un endroit à l'autre. Toutefois, de façon générale, leur diamètre étant inférieur, la qualité l'est aussi. De plus, la répartition de la régénération et la structure du peuplement sont grandement affectées par ce type de coupe (Angers *et al.*, 2005). La sévérité de la coupe peut aussi permettre à des essences non désirées tel le cerisier de Pennsylvanie (*Prunus pensylvanica*, L.), le bouleau blanc (*Betula papyrifera*, Marsh.) et des essences arbustives comme l'érable à épis (*Acer spicatum*, Lamb) et le framboisier (*Rubus idaeus* L.) d'envahir le parterre et donc de retarder, voir d'empêcher la régénération de s'établir adéquatement et de prospérer (Archambault *et al.*, 1998; Linteau, 1948; Robitaille et Boivin, 1987). De façon générale, la littérature reconnaît que le premier passage d'une coupe à diamètre limite diminue de façon marquée la valeur sur pied du peuplement résiduel (Blum and Filip, 1963; Hutnik, 1958; Kenefic *et al.*, 2005; Robitaille et Boivin, 1987).

Au cours des années '80 est apparue la coupe de jardinage qui remplace encore aujourd'hui la coupe à diamètre limite (FC, 2006a). Les modalités de son application reposent principalement sur la sélection individuelle des tiges à récolter. Plusieurs études dans des dispositifs relativement âgés (Bédard et Majcen, 2001; Crow *et al.*, 2002; Leak and Sendak, 2002; Neuendorff *et al.*, 2007), ont confirmé une diminution des espèces moyennement tolérantes dans des peuplements aménagés suivant cette méthode. Le problème principal est la superficie souvent insuffisante des ouvertures de la canopée qui ne permettent pas au bouleau jaune de se développer

pleinement. Les essences plus tolérantes comme le hêtre à grandes feuilles et l'érable à sucre se trouvent alors favorisées (Schuler, 2004). Il est donc à prévoir que l'application généralisée de ce traitement entraînera à long terme une diminution de l'importance du bouleau jaune dans le couvert forestier.

## 1.1. PERTINENCE D'UNE APPROCHE ÉQUIENNE

Le maintien d'une proportion de bouleau jaune économiquement viable par sa quantité et surtout par sa qualité dans le domaine de la forêt feuillue passe donc par le développement de nouvelles approches. Les peuplements qui ont déjà été traités par la coupe à diamètre limite représentent le plus grand défi. Les tiges de fort diamètre s'y retrouvant sont habituellement de faible qualité et de vigueur variable alors que la régénération y est imparfaite et souvent insuffisante pour permettre un retour à moyen terme des conditions de peuplement prévalant avant l'intervention (Hutnik, 1958; Kenefik *et al.*, 2005). La structure de ces peuplements tend à être étagée ou irrégulière (Angers *et al.*, 2005), ce qui ne permet pas l'application de la coupe de jardinage par pied d'arbre ou par trouée. De plus, la faible dimension des tiges récoltées et la qualité déficiente des plus grandes représentent autant de freins à la rentabilité économique de ce genre de traitement. Il faudrait être prêt à sacrifier une part importante de la possibilité forestière pendant la période de transition entre les structures de ces peuplements (étagées et irrégulières) vers une structure inéquienne se prêtant au jardinage (Nyland, 2003).

Dans cette perspective, l'implantation de scénarios sylvicoles permettant une coupe de régénération économiquement rentable dans ces peuplements représente une avenue à explorer. Bien que ce type d'approche sylvicole mène à un régime équienne s'éloignant du concept d'aménagement écosystémique, la nécessité de remettre ces stations dégradées en production est évidente dans le contexte actuel de réduction de la possibilité forestière. Elle présente aussi plusieurs avantages autres que financiers. L'établissement du bouleau jaune est en effet grandement favorisé par une ouverture importante du couvert et un brassage de l'humus et du substrat minéral sous-jacent (Linteau, 1948) qui sont facilement intégrables aux modalités d'intervention actuelles. Concernant le calcul de possibilité, la Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise constate que « la faible précision des données d'inventaire ne permet pas de justifier l'utilisation du module par taux de passage pour calculer la possibilité

ligneuse des forêts feuillues sous aménagement de type inéquienne ». L'aménagement équienne est quant à lui plus facilement modélisable surtout si le nombre d'essences à l'intérieur du peuplement est réduit.

Aussi, bien qu'il s'agisse d'une option coûteuse, l'implantation de plantation pourrait paraître envisageable. Cependant, Hoyle (1985) a démontré que le bouleau jaune était peu apte à croître en plantation, principalement à cause de sa faible dominance apicale. Selon lui, toute plantation de cette essence devrait être précédée de travaux à grande échelle de sélection génétique favorisant les individus dont la dominance apicale est maximale.

L'implantation de la coupe de jardinage comme traitement principal en forêt feuillue québécoise, valorisée par la vision écosystémique, a eu pour conséquence de limiter l'expérience des forestiers d'ici en matière de gestion équienne des peuplements feuillus. Il existe donc très peu de cas documentés portant sur ce sujet et l'information disponible provient essentiellement de l'extérieur de la province. Afin de pouvoir établir des scénarios sylvicoles solides selon une approche équienne, la réalisation de différents traitements et de leurs effets doit d'abord être documentée dans le contexte québécois.

## **1.2. L'ÉDUCATION DE PEUPEMENT : ÉTAPE CRUCIALE**

Une approche favorisant une structure équienne des peuplements de bouleau jaune présente plusieurs défis malgré les avantages déjà cités. En effet, une fois l'implantation d'une régénération abondante réussie, le développement en quantité et en qualité de tiges de cette essence n'est pas encore garanti. La compétition du bouleau jaune par des essences intolérantes plus agressives n'est qu'un des problèmes pouvant être rencontré.

Une ouverture du couvert trop brusque et sévère risque de retarder l'élégage des branches basses et donc d'affecter la qualité des tiges futures. Aussi, cette essence a la propriété de pouvoir développer des bourgeons adventifs en grande quantité. La formation de broussins ou de branches

adventives peut également mener à une diminution de la qualité des fûts (Erdmann *et al.*, 1981). Le sylviculteur doit donc être très prudent lors de son intervention.

Le bouleau jaune est considéré comme une essence modérément tolérante à l'ombre (Backer, 1949; Bellefleur et Laroque, 1983). Beaudet et Messier (1998) ont démontré que les réactions morphologiques du bouleau jaune lui permettraient de mieux réagir à une ouverture du couvert que l'érable à sucre et que le hêtre à grandes feuilles. Toutefois, ce même avantage devient un handicap par rapport à ces essences si l'accès à la lumière demeure limité pour une longue période. Ainsi, il semble que les individus en position hiérarchique inférieure peuvent rapidement être éliminés (Ouellet et Zarnovican, 1988). L'éducation des peuplements de feuillus par le dégagement du bouleau jaune devient alors nécessaire pour assurer une proportion intéressante de cette essence dans le couvert futur.

Les coupes de régénération, en ouvrant le couvert, favorisent l'implantation du bouleau jaune. Cependant, il arrive régulièrement qu'elles permettent l'implantation d'essences moins désirables (Lafèche *et al.*, 2000). Parmi celles-ci, le hêtre à grandes feuilles et l'érable rouge sont particulièrement menaçantes pour le bouleau jaune. Toutes deux ont une forte capacité à se reproduire de façon végétative (Walters and Yawney, 1990; Tubbs and Houston, 1990). Les drageons de hêtre et les rejets de souche d'érable rouge disposent alors d'une longueur d'avance sur les semis de bouleau jaune qui viennent, pour la majorité, d'une reproduction sexuée. Cet avantage est d'autant plus marqué si la litière n'a pas ou peu été perturbée lors de la coupe puisque la graine du bouleau jaune est peu apte à s'y installer dans ces conditions (Linteau, 1948). L'intervention humaine devient alors nécessaire afin de permettre aux candidats d'intérêt de pouvoir rejoindre ou dépasser cette compétition (Ouellet et Zarnovican, 1988).

Plusieurs études ont démontré que le bouleau jaune présentait une bonne réaction au dégagement. Ainsi, selon Erdmann *et al.* (1980) et Pham (1985), un gain important est noté principalement au niveau du diamètre et de la largeur de cime. De la même façon, un meilleur taux de survie des tiges dégagées a été observé. Un dispositif mis sur pied au tournant des années 1970 par la Direction de la recherche forestière (DRF) à Duchesnay dans des érablières à bouleau jaune d'une trentaine d'années confirme cette capacité de réaction du bouleau jaune. Les résultats, bien

que peu significatifs compte tenu de faiblesses dans l'établissement du dispositif, ont démontré que l'éclaircie, même à cet âge avancé, pouvait mener à un accroissement supérieur du diamètre et des cimes dans les parcelles traitées que dans les parcelles témoin (Huot *et al.*, 2001).

La littérature diffère toutefois sur les modalités à appliquer. Erdmann *et al.* (1980) prétendent que pour le meilleur compromis entre gain en diamètre et en qualité, 2,4 m sont nécessaires entre les tiges, 3,7 m si une taille de formation est effectuée. Crcha et Trottier (1995) proposent quant à eux de dégager 75 cm du pourtour de la cime pour une densité de 400 tiges/ha. Von Althen *et al.* (1994) favorisent un dégagement d'une largeur de 120 à 150 cm autour de la cime pour une densité de 200 à 250 tiges/ha.

Le moment de l'intervention ne fait pas non plus consensus. Alors que certains favorisent l'atteinte d'un fourré de 10 à 14 ans, d'autres auteurs préfèrent quant à eux utiliser un critère de hauteur qui est lui aussi variable (Crcha et Trottier, 1995; Beudet et Messier, 1998). Il reste donc un travail colossal d'acquisition de connaissances relatives à l'éducation de peuplement favorisant le bouleau jaune à faire dans la forêt feuillue du Sud du Québec. Conscient de ce manque, le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie (CERFO) a mis sur pied en 1995 un dispositif expérimental dans le domaine de l'érablière à bouleau jaune visant à comparer différents traitements de dégagement du bouleau jaune. Ce dispositif s'intègre dans un cadre plus grand qui vise à cerner les enjeux et à développer des méthodes d'intervention dans les jeunes peuplements de bouleau jaune. L'éducation de peuplement est en effet une partie importante de tout scénario sylvicole et de son application judicieuse dépendra la qualité future du peuplement.

Plus précisément, le dispositif étudié dans ce rapport vise à comparer trois différents traitements de dégagement du bouleau jaune effectués lorsque le peuplement est au stade de fourré. Les conclusions tirées pourront par la suite servir à orienter d'autres études et à fournir au sylviculteur une base sur laquelle travailler à l'élaboration de scénarios sylvicoles.

## 2. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

---

### 2.1. OBJECTIF GÉNÉRAL ET SPÉCIFIQUE

Le projet s'intéresse au développement d'outils pour les soins cultureux 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 totale, et la largeur et la hauteur de la cime des tiges dégagées seront également vérifiés.

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

### 2.2. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Les hypothèses de recherche retenues suivent les conclusions d'autres études de dégagement du bouleau jaune effectuées hors Québec. Les hypothèses qui seront vérifiées dans cette étude sont :

#### **Bouleau jaune *versus* autres essences**

1-La quantité de bouleau jaune régresse significativement dans l'ensemble du dispositif

2-La proportion de bouleau jaune régresse plus rapidement dans le témoin

3-La quantité de bouleau jaune est la plus basse dans le traitement de dégagement de la cime avec taille de formation (Trt2)

### **Conditions écologiques**

4-La quantité de bouleau jaune régresse plus rapidement en haut de pente qu'en bas de pente

### **Effet des traitements**

5-Le bouleau jaune a les plus gros diamètres dans le traitement de puits de lumière (Trt1)

6-Le bouleau jaune est le plus grand dans le traitement de dégagement de la cime (Trt3)

7-Le bouleau jaune a les plus grosses cimes dans le traitement de puits de lumière (Trt1)

8-Le bouleau jaune a la plus grande longueur de tronc utilisable dans le traitement de dégagement de la cime avec taille de formation (Trt2)

9-Le bouleau jaune est libre de croître dans le traitement de puits de lumière (Trt1)

Les réponses aux hypothèses sont abordées dans la section discussion.

### 3. MÉTHODOLOGIE

---

#### 3.1. CARACTÉRISTIQUES DU DISPOSITIF

Le site étudié a été coupé en 1984 selon les modalités de coupe par bande du MRNF. Il est situé sur une pente moyenne (15 à 30 %) à forte (30 à 40 %) composée de till mince bien drainé. Il est situé dans le domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune, sur le territoire de la Réserve faunique Papineau-Labelle. La régénération naturelle, composée principalement de bouleaux jaunes et d'érables à sucre, est assez homogène à l'exception de quelques affleurements rocheux dénudés. Quelques rémanents de 10 à 15 cm de diamètre au DHP se répartissent exceptionnellement sur l'ensemble du dispositif.

Voici les principales caractéristiques climatiques de la région où se trouve le dispositif (Robitaille et Saucier, 1998).

Température annuelle moyenne	de 2,5 à 5 °C
Degrés-jours de croissance	de 2 600 à 3 000 °C
Longueur de la saison de croissance	180 jours
Indice d'aridité	de 150 à 175
Précipitation annuelle moyenne	1 000 mm

À cheval sur deux régions administratives (Outaouais et Laurentides) se trouve la Réserve faunique Papineau-Labelle, située à environ 150 kilomètres au Nord-Ouest de Montréal. La figure 1 présente sa situation ainsi que les routes primaires et leur numéro d'identification. Le dispositif se retrouve sur la carte forestière 31G/14 NO et sur les photos aériennes de 1990, numéros 31 G 46, Q-90130, 106 et 107. L'annexe 1 indique plus précisément le chemin à suivre pour se rendre au dispositif.





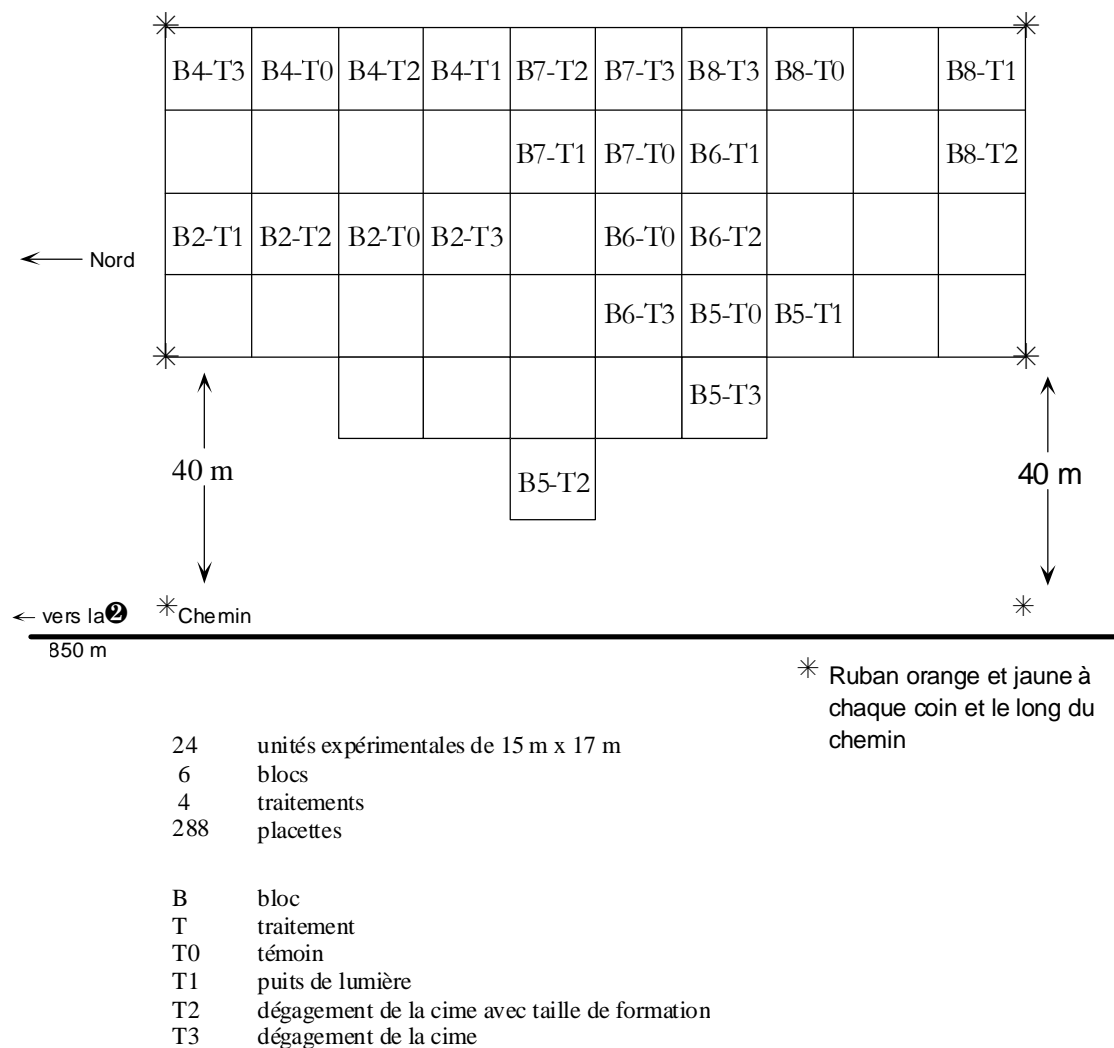
Figure 1. Réserve faunique Papineau-Labelle

(Source : <http://ca.geocities.com/larry.neily@rogers.com/paplabelle.htm>)

### 3.2. DESCRIPTION DU DISPOSITIF

Le dispositif expérimental original étudié couvrait une superficie de 8 160 m<sup>2</sup>. Il était constitué de 32 unités expérimentales de 15 m x 17 m qui ont été réparties en 8 blocs (annexe 2). Chacun des blocs a été divisé en 4 unités expérimentales dans lesquels trois traitements de dégagement et un témoin ont été implantés. Chacune de ces unités comprend 12 placettes dont le centre et l'arbre d'avenir ont été identifiés par une fiche métallique (annexe 2). L'objectif principal poursuivi, dans ce cas-ci, était de minimiser l'impact de la position sur la pente des différentes unités expérimentales. Les blocs ont donc été répartis de façon perpendiculaire à la pente, ce qui a permis que chacun des traitements soit appliqué à différentes positions sur celle-ci. La disposition des traitements à l'intérieur des blocs a quant à elle été faite de façon aléatoire.

Les blocs 1 et 3 ont été retirés des analyses en 1998 pour manque d'homogénéité. Des 32 unités expérimentales implantées, seulement 24 ont été retenues pour les analyses. La composition en essences et le nombre de tiges à l'hectare qu'on y retrouvait différaient statistiquement des autres blocs. La figure 2 présente le dispositif ayant servi pour effectuer les analyses statistiques du présent rapport.



**Figure 2. Localisation des unités expérimentales à l'intérieur du dispositif**

### **3.3. DIMENSION DES PLACETTES ET VARIABLES MESURÉES**

Deux grands types de données ont été mesurés dans chacune des unités expérimentales. D'abord, douze placettes de 9 m<sup>2</sup> ont été utilisées pour le dénombrement des tiges puisque, selon l'approche du MRNF, au moins un arbre d'avenir devrait être présent dans cette superficie, ce qui correspond à environ 1 100 tiges d'avenir par hectare (ha). Les tiges de plus de 1,30 m de hauteur y ont été dénombrées par essence et le diamètre mesuré en mm à l'aide d'un gallon circonférentiel pour celles ayant plus de 10,1 mm. La classe sylvicole, la classe MSCR et l'étage ont aussi été notés pour chacune des tiges.

Au niveau individuel, lorsque c'était possible, pour chacune des placettes, une tige a été retenue comme arbre d'avenir et a été identifiée et utilisée pour les mesures de diamètre à hauteur de poitrine (DHP), de hauteur totale, de hauteur de la plus basse branche vivante et de largeur de la cime. Les tiges ont été classées comme étant libres de croître ou non et dans ce cas, la distance, l'essence et la hauteur de la principale tige compétitrice ont aussi été notés.

### **3.4. DESCRIPTION DES TRAITEMENTS**

Les traitements appliqués au peuplement ont été décrits précédemment dans la section des objectifs mais sont rappelés ici :

#### **Traitement 0 : Témoin**

Aucune intervention n'a été pratiquée. Seuls les arbres d'avenir ont été martelés positivement dans le dispositif afin de servir d'arbres étude.

#### **Traitement 1 : Par puits de lumière**

Dans son application, il a été inspiré d'anciennes normes que le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) a déjà appliquées dans la région pour le dégagement de peuplements feuillus au stade fourré.

Une sélection positive d'arbres d'avenir est d'abord effectuée à tous les 3 m de distance (minimum de 2,5 m de distance entre 2 arbres). Le pourtour de la cime est ensuite dégagé sur 40 à 50 cm. Tout arbre nuisible dans cette zone est coupé à l'aide d'outils appropriés (scie à chaînes, sécateurs). L'objectif de cette intervention est de donner accès à l'arbre à un plus grand espace vital permettant une croissance supérieure à celle encourue sans intervention.

### **Traitement 2 : Dégagement de la cime avec taille de formation**

Il s'agit d'un traitement en tout point similaire au traitement 3 à l'exception près qu'une taille de formation est effectuée sur les sujets d'avenir qui ont été dégagés. L'objectif ici est de favoriser au maximum la production de bois de qualité. Les arbres nuisibles n'ont pas été martelés mais plutôt éliminés immédiatement lors d'un seul passage au moment de la taille de formation et ce, afin de minimiser la différence de coûts entre les deux types d'intervention.

### **Traitement 3 : Dégagement de la cime**

Ce traitement s'inspire de techniques européennes de dégagement de fourré. Une variante a été appliquée au Québec par Pierre Ricard, professeur au Cégep de Sainte-Foy dans d'anciennes coupes par bandes dans la forêt de Duchesnay. Elle consiste à éliminer les arbres nuisibles, qu'ils soient d'essences indésirables ou encore qu'ils exercent une trop forte oppression sur les sujets d'avenir. Un martelage négatif est appliqué à ceux-ci pour qu'ils soient coupés subséquentement. Le peuplement résiduel devrait comprendre de quatre à six mille tiges dégagées. Cette approche vise plusieurs objectifs :

- Maintenir une compétition à l'intérieur du peuplement afin de prévenir l'apparition de branches adventives, auxquelles le bouleau jaune est particulièrement sensible, par le maintien d'une pression latérale adéquate.
- Assainir le peuplement en retirant les sujets moribonds ou de faible qualité qui pourraient entraver le développement des cimes des arbres désirés.
- Amorcer une sélection sur la base de la future qualité potentielle.
- Atteindre une composition en essences désirées.
- Produire, à maturité, 200 tiges/ha de BOJ contenant chacune 4 billots de bois d'œuvre de 2,5 m de longueur.

### 3.5. CARACTÉRISTIQUES DU BOULEAU JAUNE MOYEN EN 1995

L'éducation dans un gaulis de 11 ans représente l'état des peuplements dans lesquels les éclaircies précommerciales sont pratiquées aujourd'hui. Le stade de gaulis 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 des 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 qui se prolongera jusqu'à la fin du stade perchis. Au moment de faire les travaux en 1995, le bouleau jaune et l'érable à sucre avaient les caractéristiques suivantes (tableau 1) :

**Tableau 1. Portrait du bouleau jaune et de l'érable à sucre moyen en 1995 – moyenne et écart-type**

<b>Variables étudiées 1995</b>	<b>BOJ</b>	<b>ERS</b>
DHP (mm)	26,9 10,1	22,0 6,9
Hauteur totale (m)	4,3 1	4,2 1
Hauteur de la cime (m)	2,9 0,9	2,9 0,9
Largeur de la cime (m)	1,6 0,5	1,1 0,4

### 3.6. ANALYSE STATISTIQUE

Ce travail vise à déterminer l'effet des traitements sur les quatre variables retenues, soit le diamètre, la hauteur des tiges, la largeur des cimes et la hauteur de bois d'œuvre 13 ans après intervention. Il est important de spécifier que l'étude porte principalement sur le bouleau jaune. Cependant, considérant l'importance d'autres essences commerciales désirables comme l'érable à sucre et l'érable rouge dans le dispositif, ces dernières ont été jointes aux analyses.

Pour chacun des modèles développés, le choix du meilleur s'est effectué sur la base de la valeur la plus basse du critère d'information de Akaike (AIC) et, à l'exception des variables d'intérêt majeur, seules les variables et les interactions significatives au seuil  $\alpha = 5\%$  ont été retenues. Les modèles mis au point dans le cadre de cette étude ont été réalisés à l'aide de la procédure « MIXED » afin de tenir compte des effets liés à l'échantillonnage pour les placettes et les arbres provenant d'une même station. Les effets des blocs et des unités expérimentales ont été intégrés dans les effets aléatoires et dans l'estimation du coefficient de détermination ( $R^2$ ). L'homogénéité de la variance a été vérifiée graphiquement et des transformations mathématiques logarithmiques en base 10 ( $\log_{10}$ ) ont été utilisées lorsque la situation l'exigeait. La différence des moindres carrés « LSD » a été utilisée pour déterminer s'il y avait des différences significatives d'accroissement entre les divers traitements utilisés.

Les modèles empiriques développés dans le cadre de cette étude sont spécifiques aux treize années suivant l'intervention de dégagement et sont valides seulement pour cette période. Ils ont été élaborés à l'intérieur de la base de données spécifique à cette étude. Ils servent à effectuer des comparaisons valides entre les traitements et non à prédire de façon précise l'évolution des variables dépendantes dans le temps. Par conséquent, il est impossible de garantir l'applicabilité de ces modèles au-delà des observations qui ont été utilisées pour leur développement.

## 4. RÉSULTATS

---

### 4.1. CARACTÉRISTIQUES DU PEUPEMENT

Les statistiques descriptives ont été utilisées pour décrire l'effet des blocs et des traitements sur la densité, le diamètre moyen et la surface terrière. De plus, elles ont été utilisées pour décrire la proportion de tiges recensées par traitement à travers les différents étages. Pour le diamètre moyen et la surface terrière, une analyse de variance (ANOVA) a été élaborée.

#### 4.1.1. Densité

Le tableau 2 présente la densité moyenne par bloc des essences rencontrées dans le dispositif. Il indique que les densités du bouleau jaune diffèrent d'un bloc à l'autre. Une densité de 302 ti/ha a été recensée dans le bloc 5 tandis qu'une densité de 2 206 ti/ha a été recensée dans le bloc 8. L'érable rouge et l'érable à sucre dominent le dispositif et représentent plus de la moitié des tiges dans chacun des blocs. La densité totale la plus élevée a été observée dans le bloc 7.

Tableau 2. Densité moyenne par bloc (ti/ha) des principales espèces rencontrées dans le dispositif

Essences	Blocs					
	2	4	5	6	7	8
BOJ	1 857	1 556	302	1 068	1 022	2 206
BOP	93	23	70	46	93	163
CET	0	279	46	46	232	348
EPN	0	23	0	23	0	0
ERP	0	813	23	232	371	348
ERR	2 043	3 599	2 020	1 393	2 833	2 136
ERS	3 251	2 113	3 297	1 718	4 458	2 995
HEG	93	186	93	46	511	186
OSV	0	0	0	0	0	0
PEG	0	0	23	0	23	23
PET	23	0	93	23	70	70
PRP	46	232	46	70	325	116
SAB	0	23	116	23	0	23
SAL	0	0	0	23	0	0
TIL	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>7 407</b>	<b>8 846</b>	<b>6 130</b>	<b>4 713</b>	<b>9 938</b>	<b>8 614</b>

Le tableau 3 présente la densité moyenne par traitement des principales essences rencontrées dans le dispositif. Il indique que les densités des différentes espèces se retrouvent dans des proportions similaires à travers les traitements. Malgré ces proportions similaires, les densités totales les plus faibles ont été recensées dans le témoin et dans le traitement 1 avec une moyenne de 7 105 ti/ha et de 7 260 ti/ha respectivement. La densité la plus élevée a été observée dans le traitement 2.

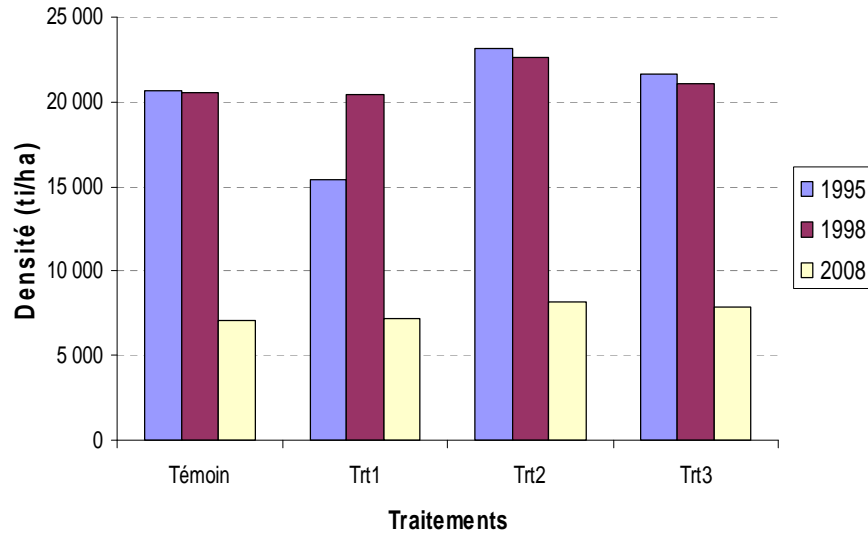
**Tableau 3. Densité moyenne par traitement (ti/ha) des principales espèces rencontrées dans le dispositif**

Essences	Traitements			
	Témoin	Trt1	Trt2	Trt3
BOJ	1 579	1 471	882	1 409
BOP	139	46	62	62
CET	124	124	325	62
EPN	15	15	0	0
ERP	433	356	310	93
ERR	2 337	2 446	2 492	2 074
ERS	2 229	2 291	3 514	3 854
HEG	124	201	248	170
PEG	15	0	31	0
PET	15	93	46	31
PRP	77	201	217	62
SAB	15	15	77	15
SAL	0	0	0	15
<b>Total</b>	<b>7 105</b>	<b>7 260</b>	<b>8 204</b>	<b>7 848</b>

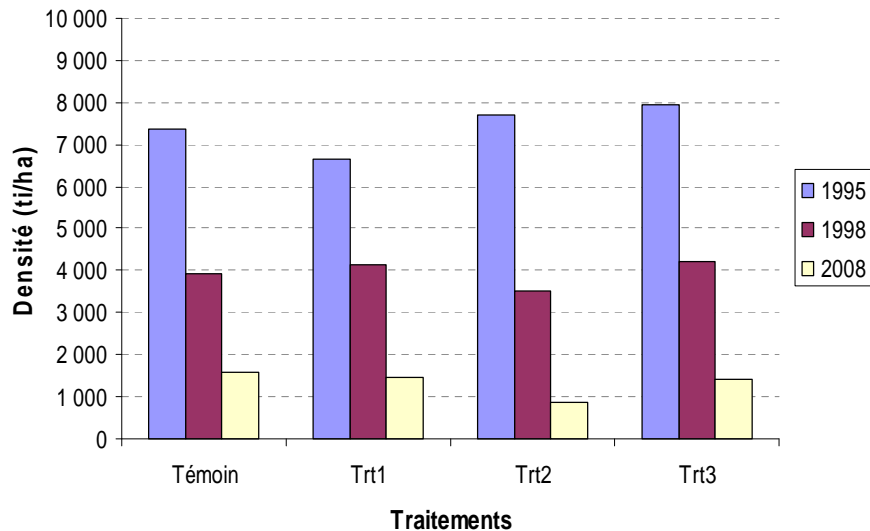
La figure 3 présente l'effet du traitement sur la densité totale en 1995, 1998 et 2008. Elle indique que la densité régresse en fonction du temps et décrit que la densité moyenne est légèrement plus basse dans le traitement témoin. Malgré cette observation, elle reste semblable aux autres traitements.

La figure 4 illustre l'effet du traitement sur la densité moyenne des bouleaux jaunes en fonction du temps. Elle indique que la densité est semblable à travers les différents traitements à l'exception du traitement 2 qui compte la moitié moins de tiges que les autres traitements. Un total de seulement 882 ti/ha de bouleaux jaunes a été recensé comparativement à une moyenne de 1 486 ti/ha dans les autres traitements. Tout comme la figure 3, elle indique que la densité de bouleau jaune régresse en fonction du temps.





**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**

Le tableau 4 présente les proportions de bouleau jaune dans le peuplement en fonction des années de référence. Il indique que le bouleau jaune a régressé dans tous les traitements étudiés entre 1995 et 1998. Les régressions observées varient entre 17 et 23 %. Entre 1998 et 2008, la proportion de bouleau s'est maintenue dans le traitement par puits de lumière, elle a baissé de 3 % dans le traitement de dégagement de la cime, elle a augmenté de 3 % dans le témoin et baissé de 5 % dans le traitement de dégagement de la cime avec taille de formation. En 2008, la proportion de bouleau jaune la plus basse a été observée dans le dégagement de la cime avec taille de formation.

**Tableau 4. Proportion de bouleau jaune dans le peuplement en fonction des années de référence**

Traitements	Années de référence		
	1995	1998	2008
Témoin	36 %	19 %	22 %
Trt1	43 %	20 %	20 %
Trt2	33 %	16 %	11 %
Trt3	37 %	20 %	17 %

#### 4.1.2. Diamètre moyen

Le tableau 5 présente le diamètre moyen des espèces rencontrées dans le dispositif en fonction des blocs et le tableau 6 le diamètre moyen des espèces en fonction des traitements.

Le tableau 5 indique que le diamètre moyen du bouleau jaune oscille entre 34 et 81 mm. Le bloc 7 présente le plus petit diamètre tandis que le bloc 5 présente le plus gros. L'érable rouge présente des diamètres moyens plus élevés que l'érable à sucre. Le cerisier tardif et le bouleau à papier présentent des diamètres moyens intéressants et se sont développés plus rapidement que les autres essences. Le cerisier de Pennsylvanie présente des potentiels de compétition importants et des diamètres moyens équivalents au bouleau à papier et au cerisier tardif.

**Tableau 5. Diamètre moyen par bloc (mm) des espèces rencontrées dans le dispositif**

Essences	Blocs					
	2	4	5	6	7	8
BOJ	52	40	81	48	34	43
BOP	103	104*	83	150	115	139
CET	0	107	100	174	126	104
EPN	0	11*	0	18*	0	0
ERP	0	29	33	31	26	22
ERR	55	40	68	68	46	42
ERS	38	44	42	52	33	31
HEG	24	46	18	30	32	21
PEG	0	0	68*	0	45*	76*
PET	124*	0	85	119*	54	102
PRP	128	76	86	101	78	93
SAB	0	11*	44	23	0	15*
SAL	0	0	0	60*	0	0

\* 1 seul représentant a été dénombré

**Tableau 6. Diamètre moyen par traitement (mm) des espèces rencontrées dans le dispositif**

Essences	Traitements			
	Témoin	Trt1	Trt2	Trt3
BOJ	40	47	46	50
BOP	137	160	102	74
CET	110	117	111	124
EPN	18	11*	0	0
ERP	34	23	24	27
ERR	50	48	43	64
ERS	39	37	40	38
HEG	27	23	36	35
PEG	76*	0	57	0
PET	171*	73	77	102
PRP	95	76	86	100
SAB	11*	78*	29	34*
SAL	0	0	0	60*

\* 1 seul représentant a été dénombré

#### 4.1.3. Diamètre moyen des espèces désirées

Le tableau 7 présente les caractéristiques et probabilités associées au modèle du diamètre moyen de tous les arbres recensés des espèces désirées dans les placettes. Il indique que le traitement est apparu significatif à un niveau de probabilité de 95 % alors que l'effet de l'essence s'est avéré significatif à un niveau de probabilité de 99 %. L'interaction traitement\*essence ne s'est pas avérée significative, ce qui indique que les essences réagissent toujours de la même façon au traitement. Le coefficient de détermination indique que la moitié de la variation a pu être expliquée par le modèle.

**Tableau 7. Caractéristiques et probabilités associées au modèle du diamètre moyen des tiges**

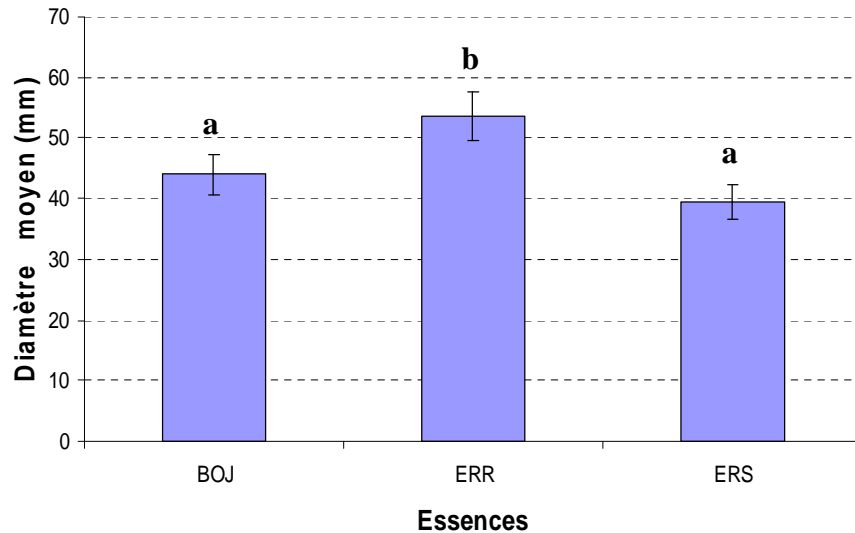
Caractéristiques statistiques du modèle	Diamètre moyen				
Nombre d'observations	72				
R <sup>2</sup> estimé	0,51				
Effets fixes du modèle	Num d.l.	Den d.l.	F <sub>calculé</sub>	PR > F	Diff. sign.
Traitement	3	55	3,67	0,0175	*
Essence	2	55	8,25	0,0007	**
Traitement*essence	6	55	0,91	0,4970	N.S.

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 %

La figure 5 met en lumière l'effet de l'essence sur le diamètre moyen. Elle indique que le diamètre moyen de l'éra­ble rouge est supérieur aux autres essences et que le bouleau jaune a un diamètre moyen équivalent à celui de l'éra­ble à sucre.



**Figure 5. Diamètre moyen et intervalle de confiance en fonction des essences**

La figure 6 illustre l'effet des traitements sur le diamètre moyen des essences. Le traitement 2 et le témoin ont les diamètres moyens les plus faibles. Ils se distinguent statistiquement du traitement 3, mais ils s'apparentent au traitement 1. Les traitements 1 et 3 sont ceux qui présentent les plus forts diamètres sans être significativement différents l'un de l'autre.



**Figure 6. Diamètre moyen et intervalle de confiance en fonction des traitements**

#### **4.1.4. Ratio de tiges observé à travers les différents étages**

Le tableau 8 indique que la proportion la plus élevée de tiges dominantes et codominantes de bouleau jaune a été observée dans le traitement de dégagement par puits de lumière. Les deux dégagements à l'européenne ont présenté 30 % de bouleaux jaunes dans les classes dominantes et codominantes et le témoin a présenté un total de 26 %. À l'égard du traitement, le tableau 8 indique que la proportion d'érables rouges dans les classes dominantes et codominantes est toujours supérieure aux autres essences, ce qui confirme son potentiel de compétition envers le bouleau jaune et l'érable à sucre.

Tableau 8. Proportion de tiges recensées par traitement à travers les différents étages

Traitements	Essences	Étages				
		Dominant	Codominant	Intermédiaire	Opprimé	Vétéran
Témoin	BOJ	4%	22%	30%	44%	0%
	ERS	4%	22%	26%	48%	0%
	ERR	9%	36%	24%	31%	0%
Trt1	BOJ	5%	34%	24%	36%	1%
	ERS	5%	19%	28%	48%	0%
	ERR	16%	34%	22%	27%	1%
Trt2	BOJ	0%	30%	26%	44%	0%
	ERS	3%	25%	30%	40%	2%
	ERR	8%	34%	25%	33%	0%
Trt3	BOJ	9%	21%	32%	38%	0%
	ERS	5%	18%	25%	51%	2%
	ERR	13%	49%	22%	13%	1%

#### 4.1.5. Surface terrière

La figure 7 présente la surface terrière moyenne en fonction des blocs. Elle indique que la surface terrière moyenne des blocs varie entre 18 et 21 m<sup>2</sup>/ha. Aucune différence significative entre les blocs n'a été observée.

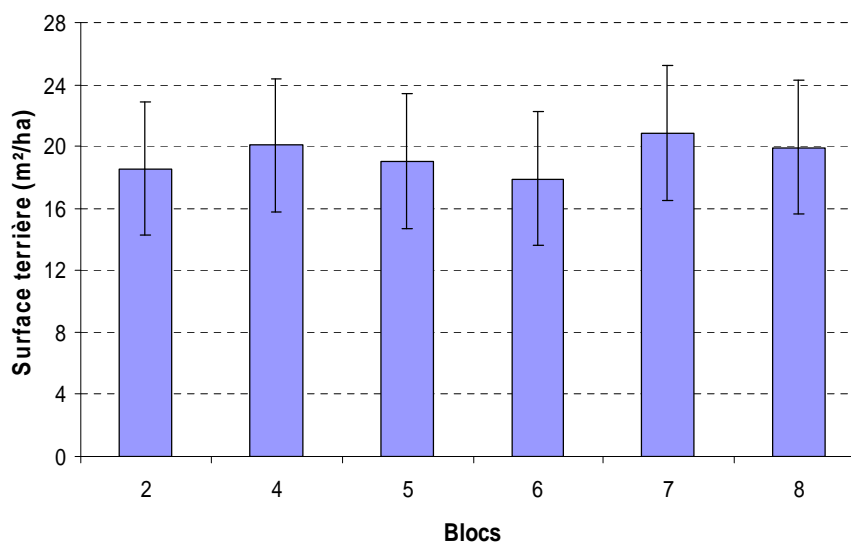


Figure 7. Surface terrière moyenne et intervalle de confiance en fonction des blocs

La figure 8 illustre l'effet du traitement sur la surface terrière. Elle met en lumière que le traitement de dégagement de la cime (Trt3) a une surface terrière légèrement plus élevée que celle des autres traitements. Cependant, la variabilité élevée entre les traitements ne permet pas de conclure à des différences significatives entre ceux-ci. Il faudra vérifier si cette tendance se maintient dans les prochains suivis.



Figure 8. Surface terrière moyenne et intervalle de confiance en fonction des traitements

## 4.2. CARACTÉRISTIQUE DES ARBRES D'AVENIR

### 4.2.1. Diamètre moyen des arbres d'avenir

#### 4.2.1.1. Effet des traitements sur le diamètre moyen

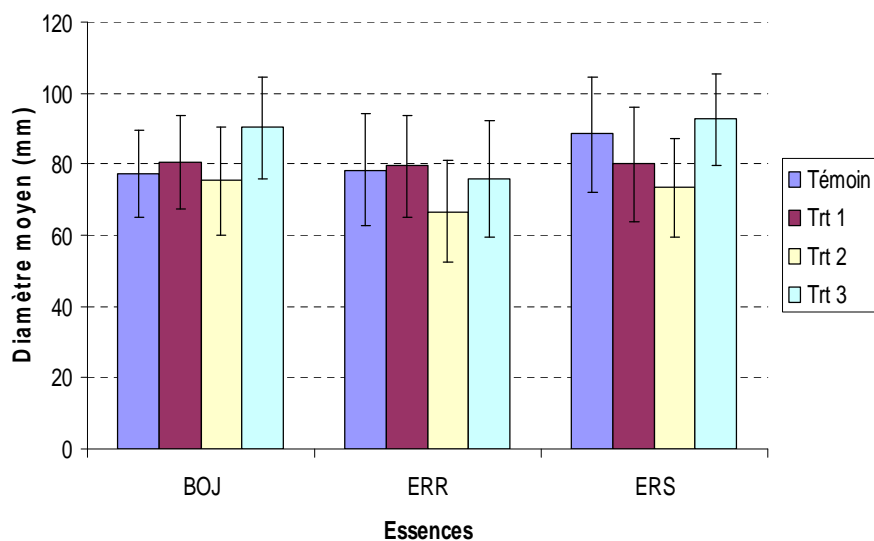
Le tableau 9 présente les caractéristiques et les probabilités associées au modèle du diamètre moyen des arbres d'avenir. Il indique que le traitement, l'essence et l'interaction traitement\*essence ne se sont pas avérés significatifs à un niveau de probabilité de 95 %. Le coefficient de détermination du modèle indique que seulement 15 % de la variation a pu être expliquée par le modèle.

**Tableau 9. Caractéristiques et probabilités associées au modèle du diamètre moyen des arbres d'avenir**

Caractéristiques statistiques du modèle		Diamètre moyen				
Nombre d'observations		143				
R <sup>2</sup> estimé		0,15				
Effets fixes du modèle	Num d.l.	Den d.l.	F <sub>calculé</sub>	PR > F	Diff. sign.	
Traitement	3	111	1,84	0,1441	N.S.	
Essence	2	111	1,42	0,2471	N.S.	
Traitement*essence	6	111	0,41	0,8720	N.S.	

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

La figure 9 présente l'effet du traitement et de l'essence sur le diamètre moyen. De légères variations sont observées entre les traitements, mais celles-ci ne sont pas statistiquement différentes. Le traitement de dégagement de la cime est celui qui présente le diamètre moyen le plus élevé et le dégagement de la cime avec taille de formation est celui qui présente le diamètre moyen le plus bas.



**Figure 9. Diamètre moyen et intervalle de confiance des arbres d'avenir en fonction des traitements et des essences**



#### 4.2.1.2. Effet de la compétition sur le diamètre moyen

Une analyse de variance a été effectuée pour déterminer les impacts des paramètres étudiés sur le diamètre moyen des arbres d'avenir. Elle indique que le différentiel de hauteur entre la tige compétitrice et la tige d'avenir est le seul paramètre qui a influencé le diamètre moyen des tiges d'avenir non libres de croître. Le différentiel de hauteur est la différence de hauteur qu'il y a entre un arbre d'avenir et son plus proche compétiteur. La distance de la compétition, le traitement et l'essence ne sont pas apparus comme étant des données permettant d'expliquer la variabilité des diamètres observée. Le tableau 10 présente les caractéristiques et probabilités associées au modèle retenu pour exprimer les variations du diamètre chez les arbres d'avenir non libres de croître.

**Tableau 10. Caractéristiques et probabilités associées au modèle exprimant les effets de la compétition sur le diamètre moyen des arbres d'avenir**

Caractéristiques statistiques du modèle	Effet de la compétition sur le diamètre moyen				
Nombre d'observations	88				
R <sup>2</sup> estimé	0,22				
Effets fixes du modèle	Num d.l.	Den d.l.	F <sub>calculé</sub>	PR > F	Diff. sign.
Traitement	3	60	2,22	0,0950	N.S.
Essence	2	60	1,45	0,2435	N.S.
Log <sub>10</sub> (Différentiel de hauteur)	1	60	8,20	0,0058	**
Distance de la compétition	1	60	0,02	0,8842	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 10 présente le diamètre moyen du bouleau jaune d'avenir en fonction des traitements et du différentiel de hauteur avec la compétition. Elle indique que plus le différentiel de hauteur est élevé, plus le diamètre est affecté négativement. La pente associée à l'évolution du diamètre moyen du bouleau jaune est plus négativement prononcée entre 0,1 et 1,5 m qu'entre 1,5 et 8 m. Ceci indique que l'impact négatif des compétiteurs sur le diamètre moyen s'est fait rapidement sentir lorsque ceux-ci ont dépassé la tige d'avenir. Ce qui signifie qu'il est important d'intervenir rapidement par éclaircie lorsque la cohorte de tiges utiles se fait surcimer par la compétition.

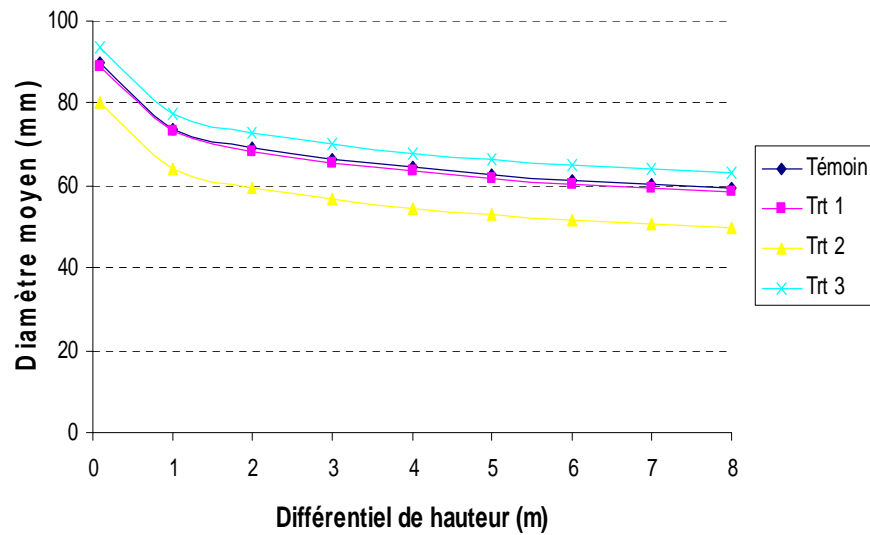


Figure 10. Diamètre moyen du bouleau jaune d'avenir en fonction des traitements du différentiel de hauteur avec la compétition

## 4.2.2. Hauteur moyenne des arbres d'avenir

### 4.2.2.1. Effet des traitements sur la hauteur moyenne

Le tableau 11 présente les caractéristiques et les probabilités associées au modèle de la hauteur moyenne des arbres d'avenir. 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 49 % de la variation de la hauteur moyenne a pu être exprimée par le modèle.

Tableau 11. Caractéristiques et probabilités associées au modèle de hauteur moyenne des arbres d'avenir

Caractéristiques statistiques du modèle		Hauteur moyenne				
Nombre d'observations		143				
R <sup>2</sup> estimé		0,49				
Effets fixes du modèle	Num d.l.	Den d.l.	F <sub>calculé</sub>	PR > F	Diff. sign.	
Traitement	3	111	0,91	0,4371	N.S.	
Essence	2	111	1,25	0,2897	N.S.	
Traitement*essence	6	111	0,33	0,9188	N.S.	

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

La figure 10 présente l'effet du traitement sur la hauteur moyenne des arbres d'avenir. Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements ou les essences. La hauteur moyenne des arbres d'avenir varie de 10,3 à 11,6 m.

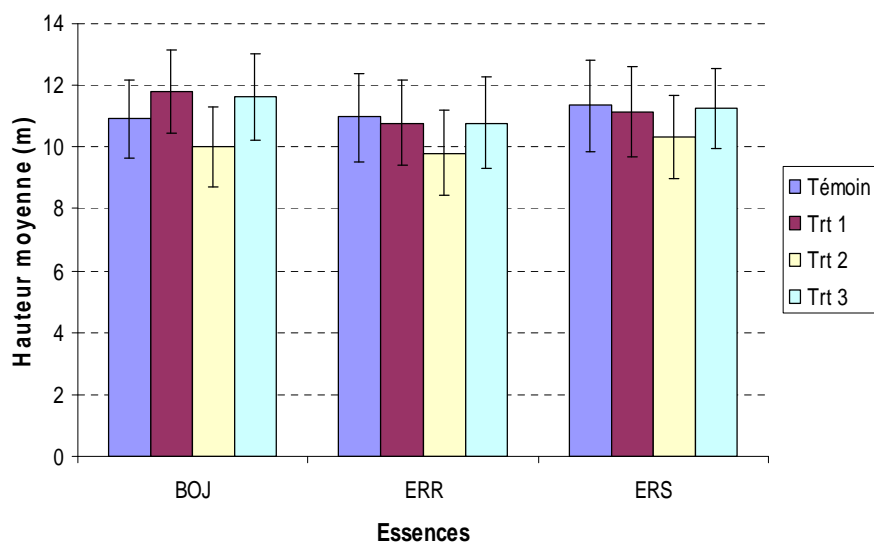


Figure 11. Hauteur moyenne et intervalle de confiance des arbres d'avenir en fonction des traitements et des essences

#### 4.2.2.2. Effet de la compétition sur la hauteur moyenne

Le tableau 12 présente les caractéristiques et les probabilités associées au modèle de l'effet de la compétition sur la hauteur moyenne des arbres d'avenir. Il indique que le différentiel de hauteur est apparu significatif à un niveau de probabilité de 99,9 % et que les autres paramètres étudiés ne se sont pas avérés significatifs. Le coefficient de détermination estimé indique que 57 % de la variation a pu être expliquée par le modèle.

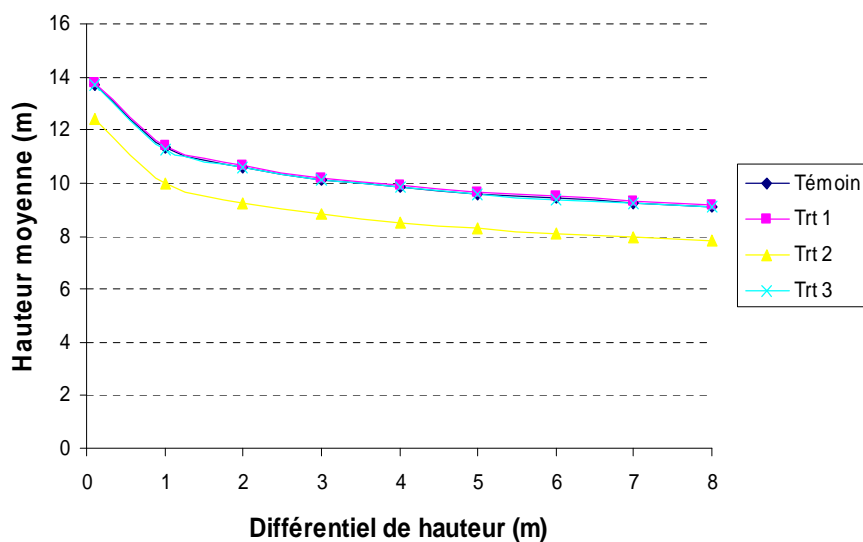
**Tableau 12. Caractéristiques et probabilités associées au modèle exprimant les effets de la compétition sur la hauteur moyenne**

Caractéristiques statistiques du modèle	Effet de la compétition sur la hauteur moyenne				
Nombre d'observations	88				
R <sup>2</sup> estimé	0,57				
Effets fixes du modèle	Num d.l.	Den d.l.	F <sub>calculé</sub>	PR > F	Diff. sign.
Traitement	3	60	1,75	0,1667	N.S.
Essence	2	60	1,45	0,8768	N.S.
Log <sub>10</sub> (Différentiel de hauteur)	1	60	21,11	< ,0001	***
Distance de la compétition	1	60	0,00	0,9820	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 12 présente la hauteur moyenne du bouleau jaune d'avenir en fonction des traitements et du différentiel de hauteur avec la compétition. Elle indique que plus le différentiel de hauteur est élevé, plus la hauteur moyenne du bouleau jaune est petite. Des pertes de plus de 3,5 m ont été observées lorsque le différentiel de hauteur dépassait la barre des 3 m. La pente associée à l'évolution de la hauteur moyenne du bouleau jaune est plus négativement prononcée entre 0,1 et 1,5 m qu'entre 1,5 et 8 m. Ceci indique que l'impact négatif des compétiteurs sur la hauteur moyenne se fait sentir rapidement lorsque ceux-ci dépassent la tige d'avenir.



**Figure 12. Hauteur moyenne du bouleau jaune d'avenir en fonction des traitements et du différentiel de hauteur avec la compétition**

### 4.2.3. Largeur moyenne de cime

Le tableau 13 présente les caractéristiques et probabilités associées au modèle de largeur de cime des arbres d'avenir. Il indique que le traitement et l'interaction entre le traitement et l'essence ne se sont pas avérés significatifs à un niveau de probabilité de 95 %. L'effet de l'essence s'est avéré significatif à un niveau de probabilité de 99 %. Le coefficient de détermination 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 largeur moyenne de cime. Il a été démontré qu'aucune des variables étudiées n'a eu d'impact sur la largeur moyenne de cime des tiges d'avenir non libres de croûte.

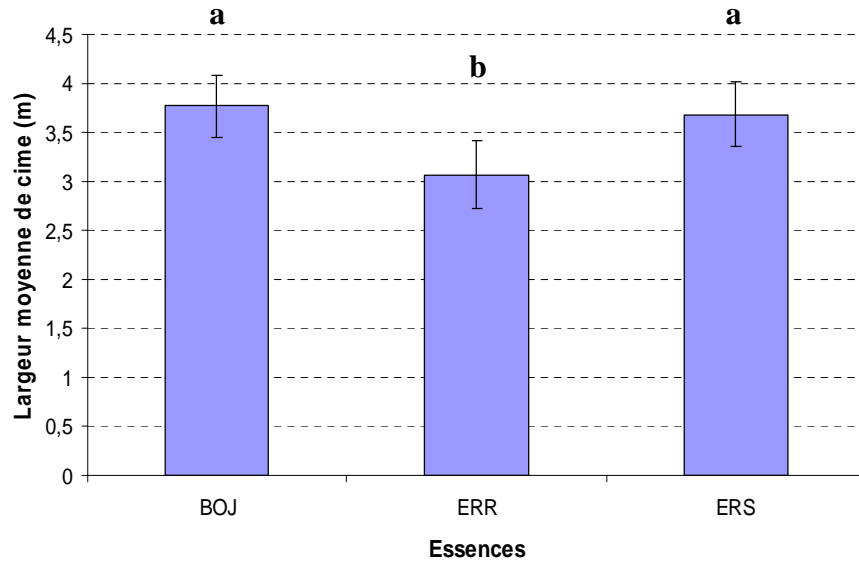
**Tableau 13. Caractéristiques et probabilités associées au modèle de largeur moyenne de cime**

Caractéristiques statistiques du modèle		Largeur moyenne de cime				
Nombre d'observations						141
R <sup>2</sup> estimé						0,28
Effets fixes du modèle	Num d.l.	Den d.l.	F <sub>calculé</sub>	PR > F	Diff. sign.	
Traitement	3	109	1,62	0,1878	N.S.	
Essence	2	109	5,78	0,0041	**	
Traitement*essence	6	109	0,85	0,5323	N.S.	

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

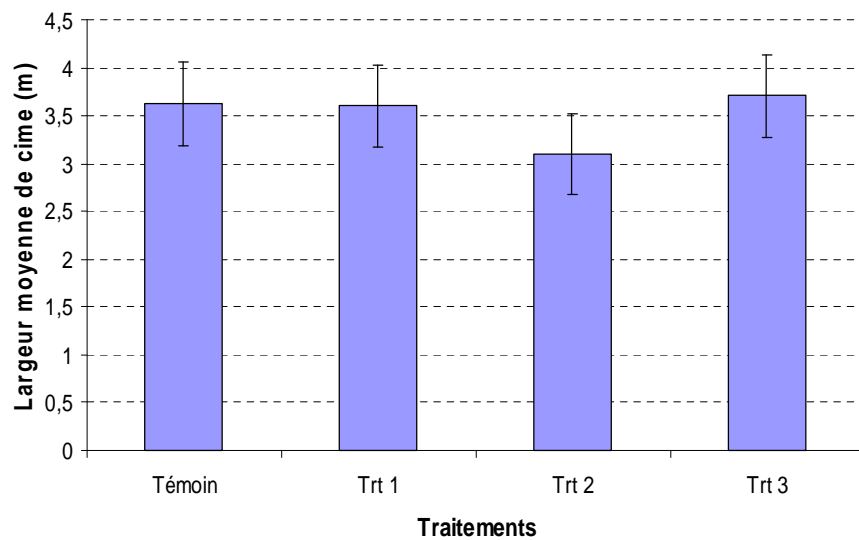
\*\* différence significative à un niveau de probabilité de 99 %

La figure 13 illustre l'effet des essences sur la largeur moyenne de cime. Elle indique que le bouleau jaune et l'érable à sucre présentent une largeur moyenne de cime équivalente et supérieure à celle de l'érable rouge. L'érable rouge présente des cimes moins bien développées que celles du bouleau jaune ou de l'érable à sucre. À ce stade-ci, les cimes d'érable à sucre ont en moyenne 3,6 m de large.



**Figure 13. Largeur moyenne de cime et intervalle de confiance des arbres d’avenir en fonction des essences**

La figure 14 présente la largeur moyenne de cime en fonction du traitement. Elle décrit que les largeurs moyennes de cime ne varient pas significativement en fonction des traitements. Les largeurs de cime varient entre 3,1 et 3,7 m où les cimes les moins larges ont été observées dans le traitement de dégagement de cime avec taille de formation.



**Figure 14. Largeur moyenne de cime et intervalle de confiance des arbres d’avenir en fonction des traitements**

#### 4.2.4. Hauteur moyenne du tronc sans branche

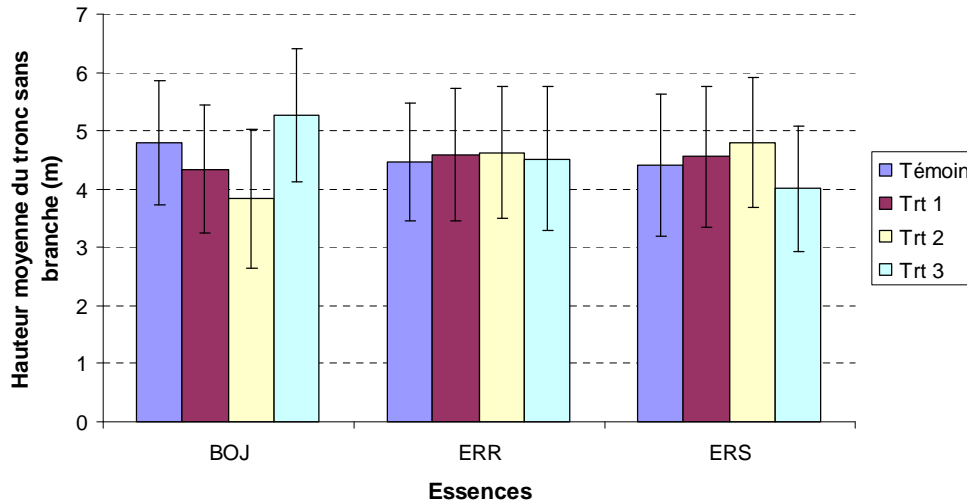
Le tableau 14 présente les caractéristiques et probabilités associées au modèle de hauteur moyenne du tronc sans branche. Il indique qu'aucun des paramètres étudiés ne permet d'expliquer adéquatement les variations observées dans la hauteur moyenne du tronc sans branche. Le coefficient de détermination estimé indique que 49 % 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 du tronc sans branche. Il a été démontré qu'aucune des variables étudiées n'a eu d'impact sur la hauteur moyenne du tronc sans branche des arbres d'avenir, même pas la taille de formation.

**Tableau 14. Caractéristiques et probabilités associées au modèle de hauteur moyenne du tronc sans branche**

<b>Caractéristiques statistiques du modèle</b>	<b>Hauteur moyenne du tronc sans branche</b>				
Nombre d'observations	141				
R <sup>2</sup> estimé	0,49				
<b>Effets fixes du modèle</b>	<b>Num d.l.</b>	<b>Den d.l.</b>	<b>F<sub>calculé</sub></b>	<b>PR &gt; F</b>	<b>Diff. sign.</b>
Traitement	3	111	0,04	0,9886	N.S.
Essence	2	111	0,15	0,8589	N.S.
Traitement*essence	6	111	1,37	0,2318	N.S.

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

La figure 15 présente la hauteur moyenne du tronc sans branche des arbres d'avenir en fonction des traitements et des essences. Elle indique que les hauteurs moyennes de cime varient entre 3,8 et 5,3 m. La hauteur la plus basse a été observée chez le bouleau jaune ayant bénéficié d'un dégagement de cime avec taille de formation et la hauteur la plus élevée, chez le bouleau jaune ayant bénéficié d'un dégagement de cime. Aucune des différences observées ne s'est avérée significative. Peu importe l'essence ou le traitement, la hauteur moyenne du tronc sans branche est toujours semblable.



**Figure 15. Hauteur moyenne du tronc sans branche et intervalle de confiance des arbres d'avenir en fonction des traitements et des essences**

### 4.3. LIBRE CROISSANCE DES ARBRES D'AVENIR

Les statistiques descriptives ont été utilisées pour déterminer la fréquence des arbres d'avenir libres de croître. Trois scénarios ont été élaborés. Le premier considère la compétition intra et interspécifique. Le deuxième considère seulement la compétition interspécifique et le troisième prend en considération la compétition interspécifique en excluant l'érable à sucre. Les tableaux 15, 16 et 17 décrivent les proportions des tiges étudiées qui sont libres et non libres de croître à travers les différents scénarios. Ces proportions sont accompagnées de la moyenne sur l'ensemble du dispositif.

Peu importe le traitement, le tableau 15 indique qu'il y a toujours moins de 45 % des tiges qui sont libres de croître. La proportion la plus basse a été observée dans le témoin où seulement 31 % des tiges sont libres de croître et la proportion la plus haute a été observée dans le dégagement de la cime où 44 % des tiges ont été jugées libres de croître. La moyenne sur l'ensemble du dispositif indique qu'il y a 38 % des arbres d'avenir étudiés qui sont libres de croître. Les traitements d'éclaircie ont permis de mettre en lumière seulement de 8 à 13 % de tiges de plus.



**Tableau 15. Effet du traitement sur la libre croissance des arbres d'avenir**

Traitements	Libre de croître	
	Oui (%)	Non (%)
<b>Témoin</b>	<b>31 %</b> (11/36)	<b>69 %</b> (25/36)
<b>Trt1</b> (puits de lumière)	<b>40 %</b> (14/35)	<b>60 %</b> (21/35)
<b>Trt2</b> (dégagement de la cime avec taille de formation)	<b>39 %</b> (14/36)	<b>61 %</b> (22/36)
<b>Trt3</b> (dégagement de la cime)	<b>44 %</b> (16/36)	<b>56 %</b> (20/36)
<b>Moyenne</b>	<b>38 %</b> (55/143)	<b>62 %</b> (88/143)

Le tableau 16 présente l'effet du traitement et de la compétition interspécifique sur la libre croissance des arbres d'avenir. Il indique que les proportions ont légèrement augmenté par rapport au tableau 15 et que l'augmentation la plus prononcée a été observée dans le traitement de dégagement de la cime sans taille de formation où 61 % des tiges sont libres de croître. Les proportions des autres traitements sont demeurées semblables et se rapprochent du témoin.

**Tableau 16. Effet du traitement et de la compétition interspécifique sur la libre croissance des arbres d'avenir**

Traitements	Libre de croître	
	Oui (%)	Non (%)
<b>Témoin</b>	<b>39 %</b> (14/36)	<b>61 %</b> (22/36)
<b>Trt1</b> (puits de lumière)	<b>46 %</b> (16/35)	<b>54 %</b> (19/35)
<b>Trt2</b> (dégagement de la cime avec taille de formation)	<b>42 %</b> (15/36)	<b>58 %</b> (21/36)
<b>Trt3</b> (dégagement de la cime)	<b>61 %</b> (22/36)	<b>39 %</b> (14/36)
<b>Moyenne</b>	<b>47 %</b> (76/143)	<b>53 %</b> (67/143)

Le tableau 17 présente l'effet du traitement et de la compétition interspécifique excluant l'érable à sucre sur la libre croissance des arbres d'avenir. Il indique que la proportion des tiges libres de croître a augmenté dans tous les traitements et que le traitement de dégagement de la cime se distingue encore des autres en présentant des proportions de tiges libres de croître supérieures de l'ordre de 78 %.

**Tableau 17. Effet du traitement et de la compétition interspécifique excluant l'érable à sucre sur la libre croissance des arbres d'avenir**

Traitements	Libre de croître	
	Oui (%)	Non (%)
<b>Témoin</b>	<b>64 %</b> (23/36)	<b>36 %</b> (13/36)
<b>Trt1</b> (puits de lumière)	<b>54 %</b> (19/35)	<b>46 %</b> (16/35)
<b>Trt2</b> (dégagement de la cime avec taille de formation)	<b>58 %</b> (21/36)	<b>42 %</b> (15/36)
<b>Trt3</b> (dégagement de la cime)	<b>78 %</b> (28/36)	<b>22 %</b> (8/36)
<b>Moyenne</b>	<b>64 %</b> (91/143)	<b>36 %</b> (52/143)

## 5. DISCUSSION

---

### 5.1. DENSITÉ ET SURFACE TERRIÈRE

Depuis 1995, la densité décroît rapidement dans tous les traitements étudiés. La densité totale observée est semblable à travers les différents traitements (figure 3). Elle varie de 7 000 à 8 000 ti/ha. Cependant, cette réflexion ne s'applique pas au bouleau jaune puisqu'une densité deux fois plus basse a été observée dans le traitement de dégagement de la cime avec une taille de formation (figure 4). Il s'avère que ce traitement n'a pas favorisé le développement du bouleau jaune.

Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour expliquer ce phénomène. Suite à la taille de formation, il est possible qu'un arbre infecté par un chancre ait pu contaminer les autres arbres à cause de l'utilisation successive de l'outil contaminé. Pour pallier à cette situation, il est recommandé de stériliser les outils de coupe lorsque la présence de maladies est détectée (Lupien, 2008). De plus, les conditions climatiques au moment de la taille de formation étaient peut-être favorables au développement du chancre qui a causé la mort des bouleaux jaunes. Il est également possible que la taille de formation ait été effectuée trop tôt dans la vie du peuplement, de sorte que les arbres taillés n'avaient pas les réserves nécessaires pour bien réagir à ce stress. À cet égard, Ressources naturelles Canada recommande d'effectuer la taille de formation quand il est possible d'identifier les tiges d'avenir dans le peuplement, soit lorsque les tiges ont environ 10 cm de diamètre à hauteur de poitrine. Ce qui n'était pas le cas dans ce dispositif puisque les tiges de bouleau jaune avaient en moyenne 2,7 cm lorsque la taille de formation a été effectuée.

Il est également possible que la taille de formation ait prélevé un pourcentage de cime vivante trop élevé. Il est recommandé de ne jamais prélever plus de 30 % de la surface foliaire ou plus du tiers de la hauteur de l'arbre (Lupien, 2008). De plus, il est possible que la taille de formation n'ait pas été effectuée au bon moment de l'année. À cet égard, il est recommandé d'effectuer l'élagage tôt après la saison de croissance pour donner le temps aux tiges de cicatriser adéquatement en vue de la montée de sève printanière importante. Somme toute, l'impact de la

taille de formation s'est vraiment fait ressentir dans toutes les sphères étudiées. Il a été démontré que les arbres ayant été assujettis à ce traitement ont subi des retards de croissance importants. Concernant la surface terrière, il a été observé que les traitements ne se distinguaient pas significativement entre eux, malgré une tendance à avoir une surface terrière légèrement plus élevée dans le traitement de dégagement de la cime (figure 8).

### **1-La quantité de bouleau jaune régresse significativement dans l'ensemble du dispositif**

Oui

Il a été observé que le bouleau jaune régresse significativement dans tous les traitements étudiés. Cependant, il n'y a pas de distinction à faire entre les traitements à l'exception que le traitement de dégagement de la cime avec taille de formation présente une quantité de bouleau jaune deux fois plus basse. De 1995 à 2008, en moyenne, le bouleau jaune est passé de 7 407 ti/ha à 1 307 ti/ha. Le peuplement est dans une phase d'élimination active qui se stabilisera à la fin du stade perchis.

### **2-La proportion de bouleau jaune régresse plus rapidement dans le témoin**

Non

Depuis 1998, il a été observé que la proportion de bouleau jaune avait légèrement augmenté dans le témoin et qu'elle s'était maintenue dans le traitement par puits de lumière. La proportion de bouleau jaune a légèrement régressé dans les traitements de dégagement de la cime.

### **3-La quantité de bouleau jaune est la plus basse dans le traitement de dégagement de la cime avec taille de formation (Trt2)**

Oui

Le traitement de dégagement de la cime avec taille de formation présente deux fois moins de tiges de bouleau jaune que dans les autres traitements.

#### **4-La quantité de bouleau jaune régresse plus rapidement en haut de pente qu'en bas de pente**

Cette hypothèse est difficile à évaluer puisque le blocage n'a pas parfaitement suivi la pente. Certaines unités expérimentales faisant partie d'un même bloc sont situées au milieu et en bas de pente. Deux blocs faisant partie du bas de la pente ont été éliminés puisqu'ils présentaient des compositions différentes. Il appert que la pente a un effet sur la composition, mais il est difficilement quantifiable dans ce dispositif. Les bas de pentes ne semblent pas favoriser le développement du bouleau jaune. La quantité de bouleau jaune régresse dans l'ensemble du dispositif et ce sont possiblement les caractéristiques générales du site qui ne sont pas idéales pour le développement du bouleau jaune.

## **5.2. DIAMÈTRES**

L'étude de l'évolution des diamètres s'est effectuée à deux niveaux. D'une part, elle a été effectuée à l'échelle du peuplement où toutes les tiges recensées dans les placettes ont servi pour calculer le diamètre moyen. D'autre part, elle a été effectuée en tenant compte des arbres d'avenir qui étaient considérés comme étant des arbres élite dans le peuplement. Les résultats obtenus dans les analyses de variance diffèrent quelque peu et il est important de préciser certaines nuances.

L'étude du diamètre moyen de toutes les tiges a révélé que le traitement de dégagement de la cime sans taille de formation (Trt3) est apparu comme étant celui qui comporte les diamètres moyens les plus élevés (figure 6). Le dégagement par puits de lumière (Trt1) a lui aussi permis un gain intéressant bien que non significatif en regard des autres traitements. Ceci concorde avec les résultats déjà obtenus dans des écosystèmes similaires par d'autres recherches (Erdmann *et al.*, 1980; Huot *et al.*, 2001 et Pham, 1985) et vient confirmer la capacité du bouleau jaune à profiter du dégagement pour développer son diamètre. Bien que les résultats ne soient pas significativement différents entre le dégagement par puits de lumière (Trt1) et de la cime (Trt3), ce dernier se distingue nettement du témoin. Il apparaît que la croissance en diamètre a été favorisée pour l'ensemble des essences. L'explication la plus réaliste est que cette intervention

cible mieux les principaux compétiteurs que le dégagement par puits de lumière (Trt1). En éliminant de façon systématique la compétition sur une largeur de 40 à 50 cm autour de la cime, le dégagement par puits de lumière limite l'éclaircie à une superficie très restreinte. Les compétiteurs qui se retrouvent hors de cette zone sont laissés sur pied et continuent alors d'oppresser le candidat retenu. Il est permis de penser qu'une proportion importante de tiges nuisibles se situe justement dans un périmètre dépassant les 50 cm. Le dégagement de la cime présente alors l'avantage de débarrasser la cime de la tige d'avenir de ses principaux compétiteurs pour laisser sur pied les tiges moins agressives, mais situées plus près. La méthode de dégagement de la cime (Trt3) nécessite toutefois une formation plus poussée des travailleurs sylvicoles pour être correctement appliquée.

L'étude du diamètre moyen des arbres d'avenir a révélé qu'il n'y avait pas gain en diamètre à faire des traitements d'éclaircie. Le bouleau jaune, l'érable à sucre et l'érable rouge présentent des diamètres moyens équivalents.

La croissance rapide de l'érable rouge représentait une problématique de compétition interspécifique qui avait été identifiée en 1998. Les résultats de 2008 démontrent que cette inquiétude était justifiée puisqu'il a présenté des diamètres moyens plus élevés que ceux des autres essences (figure 5). Cette réaction rapide s'explique très probablement par la forte reproduction végétative par rejets de souche caractéristique de cette espèce (Walters et Yawney, 1990). Les semis disposent alors de grandes réserves et d'un réseau racinaire préétabli qui leur confèrent un avantage certain sur les semis provenant de la reproduction sexuée. Toutefois, ce constat ne s'applique pas aux arbres d'avenir puisque le diamètre moyen des différentes essences est équivalent (figure 9).

### **5 - Le bouleau jaune a les plus gros diamètres dans le traitement de puits de lumière (Trt1)**

Non

Si toutes les tiges dans le peuplement sont considérées, les plus gros diamètres ont été observés dans le traitement de dégagement de la cime sans taille de formation. Cependant, ce traitement ne se distingue pas significativement du traitement par puits de lumière, mais il se différencie du traitement témoin et du traitement de dégagement de la cime avec taille de formation. Si on considère seulement les arbres d'avenir, aucune distinction ne peut être effectuée sur la base du traitement et des essences.

## **5.3. HAUTEUR**

Aucun des paramètres étudiés n'a permis d'expliquer les variations de la hauteur moyenne (figure 11). La hauteur moyenne de l'éérable rouge, de l'éérable à sucre et du bouleau jaune est équivalente à travers tous les traitements. Il est donc raisonnable de croire que cette situation va se maintenir dans le temps et que les arbres d'avenir identifiés feront partie du prochain peuplement. Les arbres se retrouvant dans une position hiérarchique supérieure devraient normalement avoir une croissance optimale (Ouellet et Zarnovican, 1989). La composition en essences du futur peuplement, sans être garantie, peut alors être orientée selon les objectifs de production.

### **6-Le bouleau jaune est le plus grand dans le traitement de dégagement de la cime (Trt3)**

Non

La hauteur moyenne du bouleau jaune dans le traitement de dégagement de la cime est équivalente aux autres traitements.

## 5.4. LARGEUR DE CIME ET HAUTEUR DU TRONC SANS BRANCHE

La production d'une cime bien fournie est un facteur important de vigueur chez les tiges de tous âges. En permettant aux tiges choisies de développer leurs couronnes, le sylviculteur accélère le développement des gaules. Le bouleau jaune et l'érable à sucre sont les deux essences qui ont le plus profité du dégagement pour développer leur cime (figure 13). Bien que l'application du dégagement ait favorisé ces deux essences, il est intéressant de confirmer qu'elles sont aptes à y

réagir tel que la littérature le laissait entendre (Erdmann *et al.*, 1980; Huot *et al.*, 2001 et Pham, 1985). Un effet mitigé aurait remis en cause la pertinence de ce type de traitement à ce stade de développement du peuplement.

Originellement considéré comme le traitement présentant le plus de potentiel pour produire un long fût sans branche, le dégagement de la cime accompagné d'une taille de formation (Trt2) n'a pas répondu aux attentes. Aucune conclusion n'a pu être tirée à ce niveau, tout comme dans les autres traitements, d'ailleurs (figure 15).

Il est toutefois important de rappeler l'infection systématique des tiges élaguées par un chancre dans le Trt2. La pertinence de cette intervention est à revoir puisque la vigueur des arbres a été affectée. Bien qu'Erdmann *et al.* (1980) affirment le contraire, il apparaît clair que l'élagage n'a pas favorisé le développement de tiges vigoureuses et de qualité à l'intérieur de ce dispositif expérimental. Les résultats auraient-ils été différents si les tiges étaient demeurées vigoureuses? Chose certaine, une caractérisation adéquate du risque préalable à tous travaux est nécessaire. À ce niveau, il faut aussi inclure les coûts d'exécution et le retour possible sur l'investissement. La répétition de ce traitement dans divers dispositifs expérimentaux à travers la province permettrait de mieux documenter ces éléments. Cette recherche devrait obligatoirement être exécutée avant de rejeter ce type d'intervention sur la seule base des résultats obtenus ici.



Malgré la forte régression du bouleau jaune dans le traitement du dégagement de la cime avec taille de formation, il est trop tôt encore pour déterminer lequel des traitements de dégagement par puits de lumière (Trt1) et de dégagement de la cime (Trt3) produit les plus longs fûts sans branche.

#### **7-Le bouleau jaune a les plus grosses cimes dans le traitement de puits de lumière (Trt1)**

Non

Il a été démontré que les cimes de bouleau jaune sont toujours de la même largeur à travers les différents traitements. À l'égard des traitements, il a été observé que les cimes les plus larges avaient été recensées chez les bouleaux jaunes et chez les érables à sucre.

#### **8-Le bouleau jaune a la plus grande longueur de tronc utilisable dans le traitement de dégagement de la cime avec taille de formation (Trt2)**

Non

Aucun effet n'est apparu significatif dans le modèle de hauteur moyenne des branches. Ceci signifie qu'aucun des paramètres étudiés n'a influencé la hauteur moyenne des branches.

### **5.5. LIBRE CROISSANCE DES ARBRES D'AVENIR**

Trois scénarios ont été élaborés pour caractériser la libre croissance des arbres d'avenir. Le premier tient compte de la compétition intra et interspécifique. Dans ce scénario, les traitements ont permis de mettre en lumière plus de tiges que le témoin (tableau 15). Le traitement qui a permis de mettre en lumière le plus de tiges est le traitement de dégagement de la cime. Cependant, malgré les interventions effectuées, il y a toujours en moyenne 59 % des tiges qui ne sont pas libres de croître.

Dans les autres scénarios, seule la compétition interspécifique a été considérée. Il a été démontré que le traitement de dégagement de la cime présentait une proportion plus élevée de tiges libres de croître. Cependant, ce constat ne s'applique pas au dégagement de la cime avec taille de formation. Une hypothèse avancée pour expliquer ce phénomène est que la taille de formation a causé un retard de croissance chez les arbres d'avenir, ce qui a permis aux compétiteurs de les rattraper.

### **9-Le bouleau jaune est libre de croître dans le traitement de puits de lumière (Trt1)**

Non

À ce stade de développement où l'objectif consistait à obtenir au moins 1 100 ti/ha de bouleau jaune dégagé, il a été démontré que seulement 40 % des tiges observées dans le traitement par puits de lumière étaient libres de croître.

Si le scénario qui exclut la compétition de bouleau jaune et d'érable à sucre est considéré, il a été démontré que 54 % des tiges étaient libres de croître. Le traitement de dégagement de la cime est celui qui présente le ratio de tiges libres de croître le plus élevé, où 78 % des arbres ont été jugés libres de croître.

## 6. RECOMMANDATIONS

---

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.

- 1) Lors des prochains suivis, porter une attention particulière à la qualité des fûts pour tenter de quantifier l'impact du dégagement de la cime sur celle-ci.
- 2) Lors des travaux de dégagement, il faut s'assurer que les efforts de dégagement aient permis aux arbres dégagés de se retrouver dans une position dominante sur le terrain. Les premiers travaux de dégagement devraient probablement être réalisés à un plus jeune âge et être répétés une deuxième fois afin d'avoir un effet optimal.
- 3) Si des travaux de taille de formation et d'élagage sont envisagés;
  - a. Il faut prendre des précautions particulières pour nettoyer les outils de coupe; cette précaution pourrait prévenir l'infection des arbres taillés;
  - b. Il faut s'assurer que la taille de formation est effectuée sur des arbres d'avenir dominants dans le peuplement et que pas plus de 30 % de la cime vivante est prélevée;
  - c. Il faut s'assurer que cette opération soit effectuée au bon moment de l'année afin de donner le maximum de chance à l'arbre de cicatriser en vue de la montée de sève printanière.

Avant de conclure que la taille de formation et l'élagage du bouleau jaune n'ont pas d'effet sur les caractéristiques des tiges d'avenir, l'installation de nouveaux dispositifs expérimentaux dans différentes régions de la province permettrait de mieux documenter ces éléments en tenant compte des recommandations émises dans le présent rapport et dans la littérature.

## CONCLUSION

---

Le développement de tiges vigoureuses en essences désirées est primordial à l'obtention, à terme, d'un peuplement économiquement intéressant de par sa composition en essences et la qualité des tiges qui le composent. Bien que les résultats n'aient pas permis de déterminer lequel des traitements était à privilégier pour l'éducation des fourrés en regard des variables retenues (diamètre, largeur de cime, hauteur sans branche et hauteur), il ressort tout de même qu'il demeure pertinent de dégager la cime des arbres d'avenir à ce stade afin de s'assurer qu'ils feront partie de l'étage dominant lors de leur passage du stade de gaules au stade de perches. Il est important de s'assurer qu'un maximum d'individus vigoureux et de qualité puissent atteindre l'étage des dominants. Ces derniers, grâce à leur position hiérarchique supérieure, jouissent alors de conditions de croissance optimales. Leur survie, bien que loin d'être assurée, est toutefois grandement favorisée, ce qui laisse entrevoir l'atteinte, par ces individus, du stade de futaie économiquement intéressante.

L'approche équiennne, si elle est convenablement appliquée, représente donc une avenue intéressante pour permettre une revitalisation des forêts dégradées. Dans ce cadre, l'éducation des peuplements de bouleau jaune issus de coupe de régénération représente une étape critique. Les résultats obtenus après 24 ans dans ce dispositif démontrent que le dégagement des fourrés présente des effets probants quant à la vigueur des tiges dégagées. Un suivi dans le temps sera toutefois nécessaire afin de faire la lumière sur l'amélioration de la qualité des tiges propre à chacun des traitements expérimentés et sur le taux de survie de celles-ci entre les différents stades évolutifs du peuplement. Finalement, concernant la taille de formation, il faudra porter une attention particulière à la désinfection des outils lorsqu'un chancre est détecté dans le peuplement. Il faudra également surveiller de près la taille des individus sur laquelle elle peut être effectuée et sur le moment pour procéder afin de limiter les possibilités d'infection causées par les chancres.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Althen, F.W. von, J.E. Wood, E.G. Mitchell and K. Hoback. 1994. Effects of different intensities of yellow birch and sugar maple crop tree release. Northern Forestry Program. MNR. 16 p.
- Angers, A.V., C. Messier, M. Beaudet and A. Leduc. 2005. Comparing composition and structure in old-growth and harvested (selection and diameter-limit cuts) northern hardwood stands in Quebec. *Forest Ecology and Management*. 217: 275-293.
- Archambault, L., J. Morissette and M. Bernier-Cardou. 1998. Forest succession over a 20-year period following clearcutting in balsam fir-yellow birch ecosystems of eastern Quebec, Canada. *Forest Ecology and Management*. 102: 61-74.
- Beaudet, M. and C. Messier. 1998. Growth and morphological responses of yellow birch, sugar maple, and beech seedlings growing under a natural light gradient. *Canadian Journal of Forest Research*. 28: 1007-1015.
- Bédard, S. and Z. Majcen. 2003. Growth following single-tree cutting in Quebec northern hardwoods. *The Forestry Chronicle*. 79 (5): 898-905.
- Bédard, S. and Z. Majcen. 2001. Ten years response of sugar maple-yellow-birch-beech stands to selection cutting in Quebec. *North. J. Appl. For.* 18 (4): 119-126.
- Bellefleur, P. et G. Laroque. 1983. Compétition pour le rayonnement solaire en début de succession secondaire dans une érablière à bouleau jaune et hêtre. *Canadian Journal of Forest Research*. 13: 514-521.
- Blum, B.M. and S.M. Filip. 1963. A demonstration of four intensities of management in Northern Hardwoods. *USDA For. Serv. Res. Pap. NE-4*. 16 p.

- Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise. 2004. Rapport (décembre 2004). Bibliothèque nationale du Québec.
- Crcha, J. et F. Trottier. 1991. Guide de traitements sylvicoles – Les feuillus tolérants. Service des techniques d'intervention forestière. Ministère des Forêts. 55 p.
- Crow. T.R., D.S. Buckley, E.A. Nauertz, and J.C. Zasada. 2002. Effects of management on the composition and structure of northern hardwood forests in Upper Michigan. *Forest Science*. 48 (1): 129-145.
- Erdmann, G.G. 1990. *Betula alleghaniensis* Britton - Yellow Birch. *In*: Burns, R.M. and B.H. Honkala, *Silvics of North America*. Volume 2. Hardwoods. USDA For. Serv. 133-147.
- Erdmann, G.G., R.M. Peterson Jr., and R.M. Godman. 1981. Cleaning yellow birch seedling stands to increase survival, growth, and crown development. *Can. J. For. Res.* 11 : 62-68.
- Forestier en chef. 2006a. Portrait des forêts feuillues et mixtes à feuillus durs du Québec. Fiche thématique [en ligne]. Disponible à [http://www.forestierenchef.gouv.qc.ca/fichiers/documents/contenu/Fiche\\_Feuillus1\\_Portrait.pdf](http://www.forestierenchef.gouv.qc.ca/fichiers/documents/contenu/Fiche_Feuillus1_Portrait.pdf) [Cité le 20 novembre 2008].
- Hoyle, M.C. 1985. Plantation birch: What works, what doesn't. *J. For.* 82 (1): 46-49.
- Huot, M. et F. Savard. 2001. Résultats de 15 ans de l'éclaircie précommerciale dans l'érablière à bouleau jaune à Duchesnay, Québec. Note de recherche forestière n° 113, Direction de la recherche forestière. 17 p.
- Hutnik, R.J. 1958. Diameter-limit cuttings in West Virginia Hardwoods - A 5-years report. USDA For. Serv. Sta. Pap. 106. 13 p.
- Kenefic, L.S., P.E Dendak and J.C. Brissette. 2005. Comparison of fixed diameter-limit and selection cutting in northern conifers. *North. J. Appl. For.* 22 (2): 77-84.

- Laflèche, V., J-C. Ruel et L. Archambault. 2000. Évaluation de la coupe avec protection de la régénération et des sols comme méthode de régénération de peuplements mélangés du domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'Est du Québec, Canada. *The Forestry Chronicle*. 76 (4) : 653- 663.
- Leak, W.B. and P.E. Sendak. 2002. Changes in species, grade and structure over 48 years in a managed New England northern hardwood stand. *North. J. Appl. For.* 19 (1): 25-27.
- Linteau, A. 1948. Factors affecting germination and early survival of yellow birch in Quebec. *The Forestry Chronicle*. 24: 27-86.
- Lupien, P. 2008. Conduites sylvicoles dans les zones feuillues et mixtes du Québec : Guide d'accompagnement. Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie (SPBM). Trois-Rivières. 364 p.
- MRNF, Pamphlet bouleau jaune, Arbre emblème du Québec, Publication Québec. 5 p.
- Neuendorff, J.K, L.M. Nagel, C.R. Webster, and M.K. Janowiak. 2007. Stand structure and composition in a northern hardwood forest after 40 years of single-tree selection. *North. J. Appl. For.* 24 (3): 197-202.
- Nyland, R.D. 2003. Even- to uneven-aged: the challenges of conversion. *Forest Ecology and Management*. 172: 291-300.
- Nyland, R.D. 1992. Exploitation and Greed in Eastern Hardwood Forests. *J. For.* 90 (1): 33-37.
- Ouellet, D. and R. Zarnovican. 1988. Cultural treatment of young yellow birch (*Betula allghaniensis* Britton) stands: tree classification and stand structure. *Can. J. For. Res.* 18: 1581-1586.

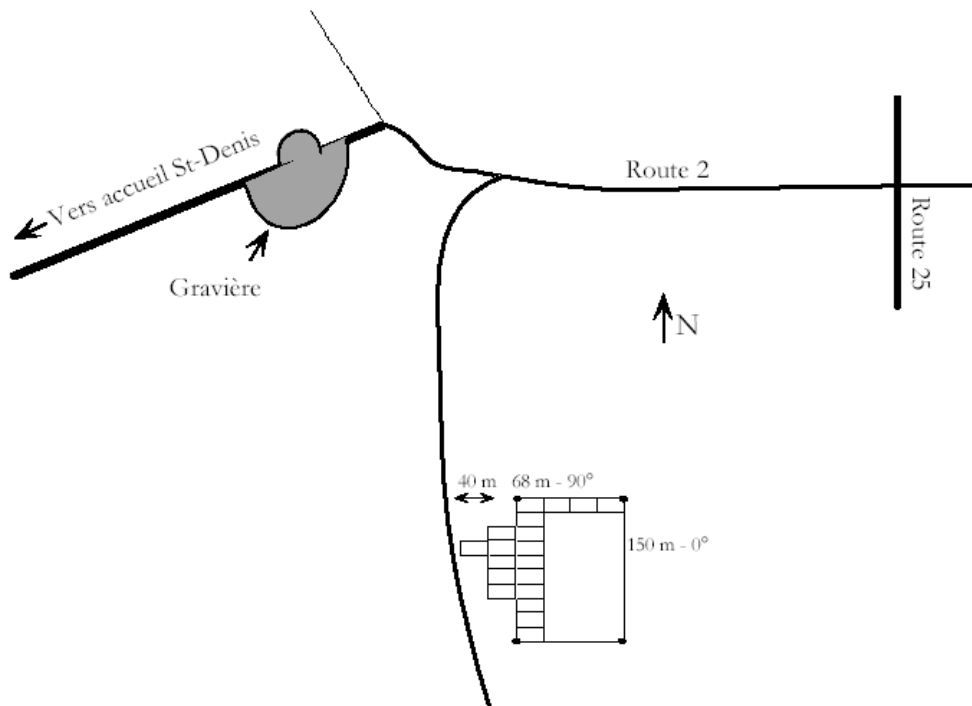
- Ouellet, D. et R. Zarnovican. 1989. La conduite des jeunes peuplements de bouleaux jaunes (*Betula alleghaniensis* Britton) : caractéristiques morphologiques. Can. J. For. Res. 19 : 992-996.
- Pham, C.H. 1985. Thinning of young Hardwood regeneration in southeastern West Virginia [En ligne]. <http://www.ncrs.fs.fed.us/pubs/ch/ch05/CHvolume05page025.pdf> (Page consultée le 7 mai 2009).
- Robitaille, L. et J.-L. Boivin. 1987. Résultat, après 10 ans, d'une coupe à diamètre minimum d'exploitation dans un peuplement feuillu. The Forestry Chronicle. 63 (1) : 15-19.
- Saucier, J-P. et A. Robitaille. 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. Publication du Québec. 70 p.
- Schuler, T.M. 2004. Fifty years of partial harvesting in a mixed mesophytic forest: composition and productivity. Can. J. For. Res. 34: 985-997.
- Syndicat des Producteurs de Bois de l'Estrie. Ce qu'il est important de savoir sur le bois de chauffage [En ligne]. [http://www.spbestrie.qc.ca/fr/public/archives/BOIS\\_CHAUFF.pdf](http://www.spbestrie.qc.ca/fr/public/archives/BOIS_CHAUFF.pdf) (Page consultée le 12 avril 2009).
- Tubbs, C.H. and D.R. Houston. 1990. *Fagus grandifolia* Ehrh. – American Beech. In: Burns, R.M. and B.H. Honkala, *Silvics of North America. Volume 2. Hardwoods*. USDA For. Serv. 653-667.
- Walters, R.S. and H.W. Yawney. 1990. *Acer rubrum* L. – Red Maple. In: Burns, R.M. and B.H. Honkala, *Silvics of North America. Volume 2. Hardwoods*. USDA For. Serv. 164-179.



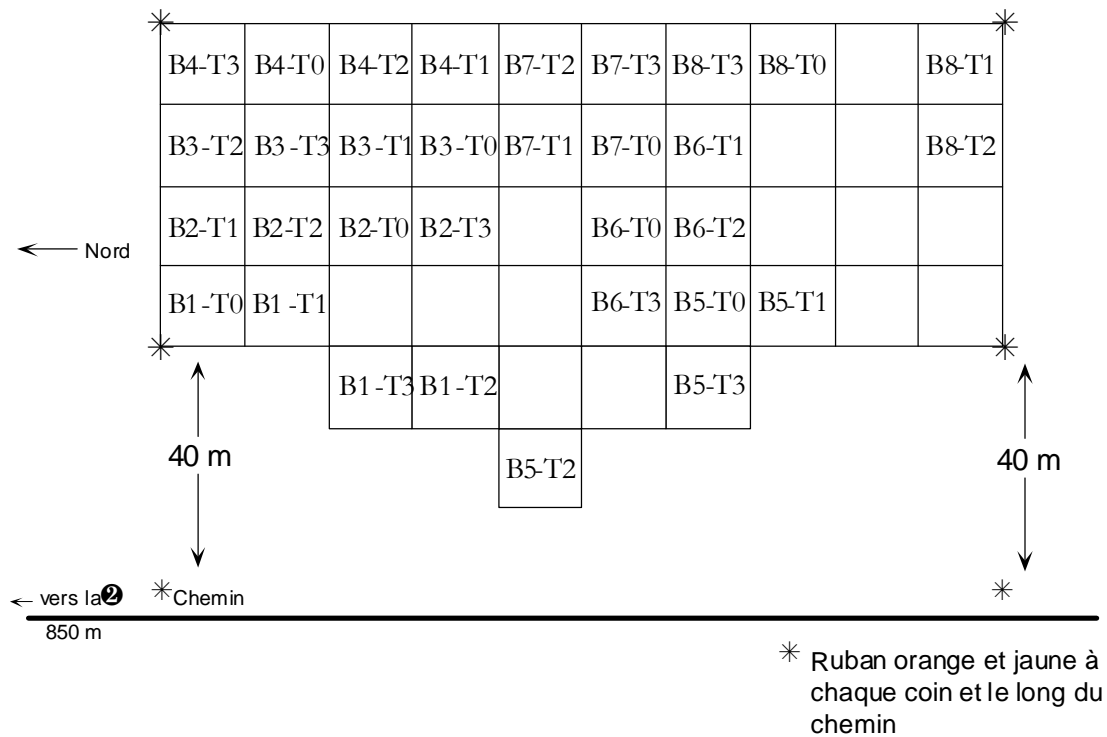
## ANNEXE 1. LOCALISATION DU DISPOSITIF

---

Le dispositif est accessible par la route 2 en passant par l'accueil Saint-Denis de Val-des-Bois. Il 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 coupes par bandes, il faut emprunter le premier chemin à droite après la gravière. Le dispositif est situé à 40 mètres ; à l'est du chemin d'accès.



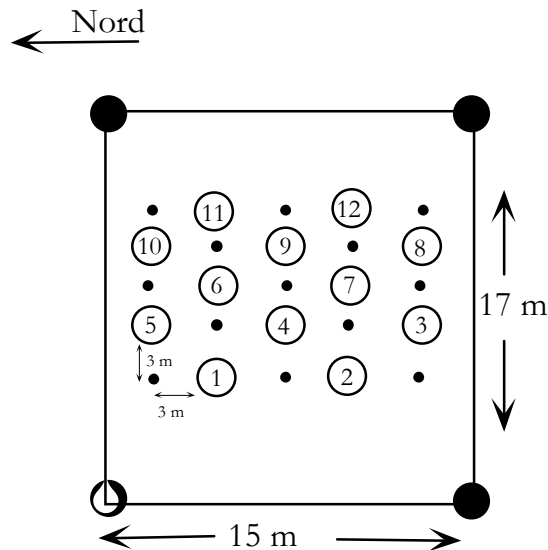
## ANNEXE 2. DESCRIPTION DU DISPOSITIF ORIGINAL



32 placettes de 15 m x 17 m  
 8 blocs  
 4 traitements  
 384 placettes

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 UNITÉ EXPÉRIMENTALE / DISPOSITION DES PLACETTES



- Les coins des unités expérimentales sont identifiés par des piquets peints orange.
- \* Chaque coin du dispositif est identifié d'un ruban jaune en plus d'un piquet orange.
- ① Les douze placettes de chaque unité expérimentale 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 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 : V1-B1-T0-P1-A.

La numérotation signifie :

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

## **ANNEXE 3. PROTOCOLE D'INVENTAIRE**

---

### **Dispositif**

Le plan du dispositif sera fourni. Le dispositif occupe une superficie de 0,816 ha et contient 384 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 1,69 m (9 m<sup>2</sup>), 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. V1-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

Gênant : arbre gênant qui nuit aux arbres de choix

Hygiène : arbre malade ou en voie de dégradation

Remplissage : arbre utile pour maintenir le climat forestier intérieur

## **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 d'avenir**

Prendre l'arbre étude identifié dans la placette (ex. V1-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 correspond 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)

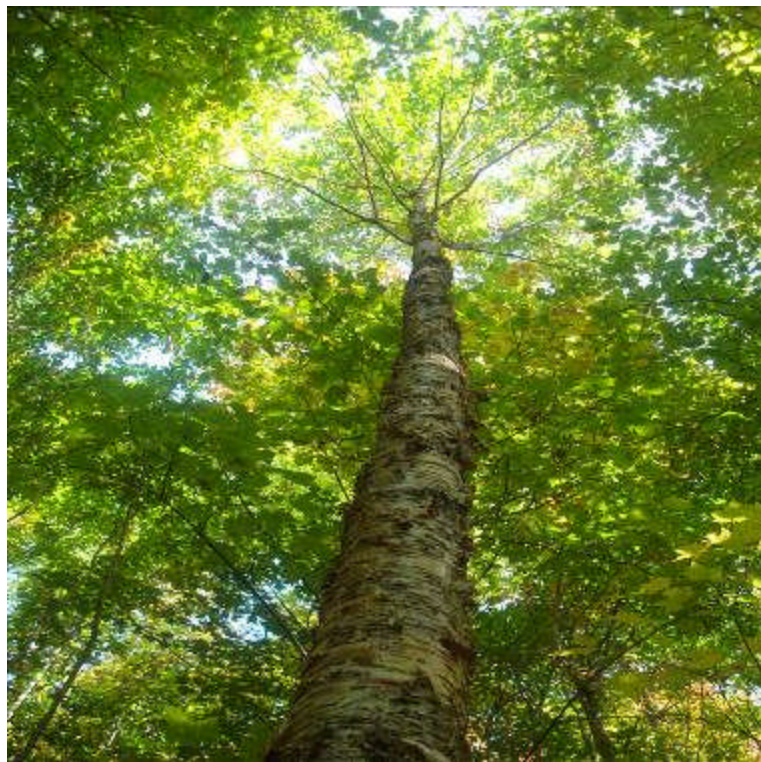
Largeur des cimes, selon 2 axes, en se référant à la projection de la cime au sol (10 cm près)

Noter s'il y a présence d'un défaut (autres que ceux relevés par le classement MSCR)

La tige est-elle libre de croître (est-ce que la cime est oppressée ou est-ce que le sommet de l'arbre est surplombé par une autre tige) ? Si non, noter l'essence, la hauteur et la distance du compétiteur.

## ANNEXE 4. PHOTOS DU DISPOSITIF

---



Exemple d'un arbre d'avenir ayant bénéficié d'un dégagement de la cime



Exemple d'un bouleau jaune affecté par un chancre ayant subi une taille de formation





**Exemple d'une station pure en bouleau jaune**



**Exemple d'une station dans laquelle une proportion notable d'érable rouge a été recensée**