

**ÉTABLISSEMENT, CROISSANCE ET SURVIE DU BOULEAU BLANC ET DE
L'ÉPINETTE BLANCHE APRES L'APPLICATION DE TRAITEMENTS DE
SCARIFIAGE PAR POQUETS**

Rapport d'étape
préparé pour

Denis Renaud



et



**Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Direction régionale de la Mauricie**

Mars 2008



**Institut québécois d'Aménagement
de la Forêt feuillue**

Équipe de réalisation de l'IQAFF*

Coordonnateur scientifique

Sylvain Delagrange, Ph.D.
Philippe Nolet, M.Sc.

Équipe de rédaction :

Sylvain Delagrange, Ph.D.
Philippe Nolet, M.Sc.
Daniel Bouffard, M.Sc.

Équipe technique :

Éric Forget, Ing.F., M.Sc.
Pascal Rochon, M.Sc.
Régis Pouliot

*IQAFF : Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue
58 Principale, Ripon, Québec, J0V 1V0
Tél : 819-983-6589 ; Fax : 819-983-6588
Courriel : iqaff@iqaff.qc.ca
Site internet : www.iqaff.qc.ca

Pour citation :

Delagrange S, Nolet P et Bouffard D. 2008. Établissement, croissance et survie du bouleau blanc et de l'épinette blanche après l'application de traitements de scarifiage par poquets. Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue, Ripon, Québec. Rapport technique, 24 p.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier spécialement Monsieur Stéphane Nolet (Les industries John Lewis Ltée.) pour son aide technique, logistique et professionnel apporté en cours de projet. Nous tenons également à souligner le travail efficace et consciencieux de Régis Pouliot, Pascal Rochon et Éric Forget lors de la réalisation des travaux d'inventaire. Enfin, la concrétisation de ce projet de recherche a été rendue possible grâce à l'appui financier du Programme de mise en valeur du milieu forestier (Volet I) du ministère des Ressources naturelles et de la Faune.

Table des matières

REMERCIEMENTS	ii
TABLE DES MATIERES	iii
I. INTRODUCTION	1
II. METHODOLOGIE	3
II.1. ZONE D'ETUDE.....	3
II.2. SELECTION DES SITES A INVENTORIER	4
II.3. SELECTION DES POQUETS ET DES INDIVIDUS	5
II.4. PARAMETRES MESURES	5
II.5. ANALYSES DES PHOTOS HEMISPHERIQUES	6
II.6. ANALYSES STATISTIQUES	7
III. RESULTATS PRELIMINAIRES ET DISCUSSION	8
III.1. STOCKING EN BOP ET EPB SUR LES DEUX SITES D'ETUDE	8
III.2. PERFORMANCE DU BOP	9
<i>III.2.1. Installation, croissance du BOP</i>	9
<i>III.2.2 Compétition et environnement lumineux du BOP</i>	12
III.3. PERFORMANCE DE L'EPB	15
<i>III.3.1. Installation, croissance de l'EPB</i>	15
<i>III.3.2 Compétition et environnement lumineux du EPB</i>	17
IV. CONCLUSIONS	19
REFERENCES	22
ANNEXES	23

I. Introduction

Dans la zone de la sapinière à bouleau blanc, certaines essences à intérêts économiques importants telles que le bouleau blanc (BOP) et l'épinette blanche (EPB) nécessitent des conditions très particulières pour leur régénération. En effet, des facteurs tels que la disponibilité en semencier, le lit de germination et le type de végétation concurrente sont reconnus comme primordiaux pour l'établissement et la croissance initiale de ces espèces peu tolérantes à l'ombre (Nienstaedt & Zasada 1990; Doyon et al. 2001). Ainsi, à la fin des années 1990, une nouvelle technique (le scarifiage par poquet) a été mise en place pour favoriser l'établissement de telles espèces. Le scarifiage du sol est reconnu pour être un traitement très efficace pour l'établissement d'espèces peu tolérantes à l'ombre et à petites graines (Erdmann 1990; Perala & Alm 1990; Bouffard & Nolet 2003). En effet, l'un des principaux effets de l'application de ce traitement est la création de lits de germination à base minéral (Nolet & Poirier 2001), lits qui sont généralement nécessaires à l'établissement de ces espèces. De plus, ce traitement permet également le retrait de la compétition préétablie qui est reconnue pour intercepter une grande proportion de la lumière disponible pour la régénération (Aubin et al. 2000). Cependant, il a déjà été montré chez le bouleau jaune que la croissance des individus établis dans le poquet était inférieure à celle des individus établis en bordure du poquet (Morin et al. 2003). Cela s'expliquerait par une plus faible compétition intra- et inter-spécifique autour du poquet comparativement à l'intérieur du poquet.

D'après des observations préliminaires du MRNF, la technique de scarifiage par poquet dans la région de la sapinière à bouleau blanc semble tout à fait appropriée pour l'amélioration de l'établissement (germination et survie initiale) des deux espèces. Pour la croissance juvénile et la survie de la régénération installée, les constats sont moins clairs. Pour le BOP, la croissance dans les premières années semble favorisée par l'absence de compétition autour des semis. Toutefois, lorsque la compétition autour du poquet est dominée par le peuplier, on se demande si les semis de bouleau nécessiteront ou non un traitement d'éclaircie précommerciale (Doyon et al. 2001). Pour ce qui est de l'EPB, la croissance des semis semble très lente dans les premières années de telle sorte que l'on

ignore si ceux-ci pourront survivre à la compétition présente dans les poquets. Il n'est donc pas exclu qu'il pourrait être nécessaire de coupler l'installation de poquets à un enrichissement en EPB pour assurer une régénération de cette espèce.

L'objectif principal de cette étude est donc d'évaluer, dans la zone de la sapinière à bouleau blanc, l'effet de la création de poquets sur la régénération en BOP et en EPB à moyen terme tout en offrant la possibilité d'un suivi à plus long terme. Plus précisément, les objectifs sont :

- i) d'évaluer l'efficacité de la technique de scarifiage par poquet sur l'établissement du BOP et de l'EPB en dressant un portrait du stocking (établissement) des deux espèces à l'échelle du parterre de coupe.
- ii) de suivre l'évolution de l'environnement de compétition et de la vigueur des semis de BOP et d'EPB (à l'échelle de l'individu) en évaluant la survie et des indices de vigueur pendant la durée de l'étude tout en caractérisant, en parallèle, l'évolution de l'environnement de compétition.
- iii) de relier la croissance et la survie des deux espèces avec l'environnement (lumineux et compétitif) créé par le traitement de scarifiage par poquet, étape qui sera réalisé sur un sous échantillon d'individus où la compétition et le profile vertical de lumière seront comparés à la croissance mesurée.

Les livrables de la phase I sont i) la mise en place du dispositif expérimental proprement dit, ii) l'évaluation du stocking en EPB et BOP des deux sites sélectionnés et iii) l'identification et le suivi de la croissance et de l'environnement de compétition de 80 semis de chaque espèce (EPB et BOP). Le présent rapport comprend donc une méthodologie descriptive où l'on expose les caractéristiques du territoire à l'étude, le type de design expérimental utilisé et la procédure d'implantation de celui-ci sur le terrain ainsi que la nature des composantes mesurées terrain et leurs interprétations préliminaires.

II. Méthodologie

II.1. Zone d'étude

La présente étude a été réalisée dans l'aire commune 042-02 appartenant à l'unité d'aménagement forestier 042-51 de la région administrative de la Mauricie (Figure 1). Les deux peuplements sélectionnés, localisés respectivement à 170 et 260 km à vol d'oiseau au nord de Québec et Montréal, se retrouvent dans l'unité de paysage régionale « Lac Blanc », laquelle correspond à la portion médiane du bassin versant de la rivière Saint-Maurice (Robitaille & Saucier 1998). Cette unité de paysage, comprise dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune, est caractérisée au niveau du dépôt par la présence abondante d'un till indifférencié épais associé au relief, ainsi que par un till plus mince sur les versants à pentes modérées à fortes et par des affleurements rocheux et des épandages fluvioglaciaires respectivement sur les sommets et dans les larges vallées.

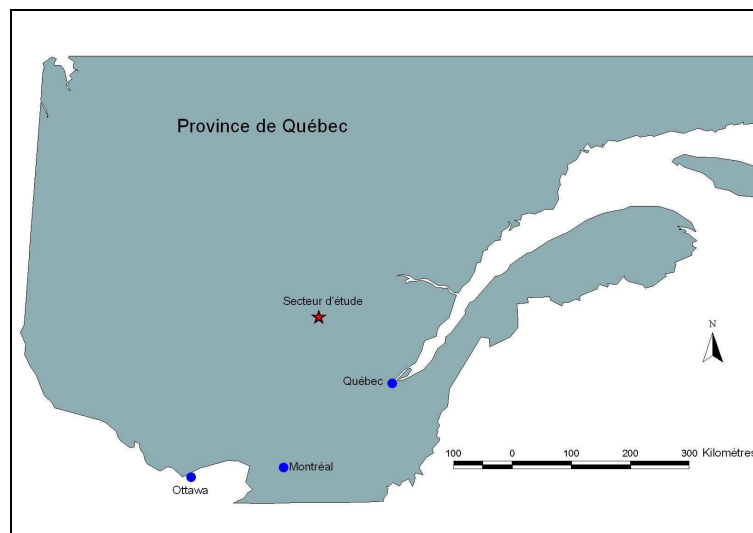


Figure 1. Localisation au Québec du dispositif expérimental.

Le relief, légèrement accidenté avec une altitude moyenne de 367 m, est formé de collines aux versants en pente faible et modérée où le substrat rocheux est de nature cristalline (Robitaille & Saucier 1998). La température et les précipitations annuelles moyennes

observées dans cette unité de paysage sont respectivement de 2.5 °C et 900 à 1000 mm (avec 25 % sous forme de neige), alors que la longueur de la saison de croissance se situe entre 160 et 170 jours. Selon Robitaille & Saucier (1998), la végétation potentielle des sites mésiques est la bétulaie jaune à sapin, bien que la sapinière à bouleau blanc et érable à épis soit la plus présente en ces lieux. Enfin, la pessière noire à mousse occupe les sites bien drainés, tandis que la sapinière à érable rouge et la sapinière à épinette noire colonisent les endroits moins bien drainés.

II.2. Sélection des sites à inventorier

Au début de l'été 2007, différents parterres de coupe ayant été traités avec un scarifiage du sol par poquet ont été visités au nord de La Tuque (Figure 1). Parmi ceux-ci, deux ont été sélectionnés en fonction de leurs caractéristiques avant coupe (Tableau 1). En effet, le choix de ces deux sites repose sur leur similitude vis-à-vis de leurs caractéristiques topographiques, mais également sur leurs différences de structure et de composition (Tableau 1). Ainsi il va être possible d'étudier le stocking et l'évolution de la croissance et de la compétition en fonction de deux systèmes distincts ; l'un provenant d'un peuplement jeune avec une forte proportion de feuillus (Site 1) et l'autre provenant d'un peuplement plus âgé comportant une proportion importante de conifères (Site 2). On notera que la réalisation des poquets a été faite en 2002-03 pour le Site 1 et 2003-04 pour le Site 2.

Tableau 1. Caractéristiques avant coupe des deux sites sélectionnés.

Site	Caractéristiques avant coupe										Topographie		
	Groupe d'essences	Âge	Densité	Hauteur	Ep*	Sab*	Bop*	Peu*	Boj*	Err*	Pib*	Pente	Dépôt
1	M BbPeS	50	C	3	21	28	22	14	11	4	0	C	1AY
2	M RFi	90	D	2	31	10	13	0	0	0	10	C	1AY

* : Proportion (%) calculée à partir du volume mesuré sur le terrain

II.3. Sélection des poquets et des individus

Dans un premier temps, à l'intérieur de chaque site, les poquets ont été visités en suivant une série de transects perpendiculaires. Dans le Site 1, 45 poquets ont été retenus pour suivre 40 individus de BOP et 40 individus d'EPB. Dans le second site, 41 poquets ont été sélectionnés pour suivre le même nombre de BOP et d'EPB. A l'intérieur des poquets, l'individu suivi pour chacune des 2 essences a été choisi comme celui présentant la meilleure vigueur parmi ceux de leur espèce. La position (distance et azimuth) de ces individus a été relevée par rapport au centre du poquet (identifié par une tige métallique) afin de faciliter leur remesure dans les années à venir.

II.4. Paramètres mesurés

La hauteur et le diamètre à 10 cm des plants ainsi que la longueur et la largeur (moyenne du diamètre le plus large ainsi que du diamètre perpendiculaire) de la cime vivante ont été évaluées sur chaque individu des deux espèces. A l'aide des signatures cicatricielles, une évaluation de la croissance en hauteur passée a été faite sur les individus de BOP pour les 3 dernières années. A partir de cette mesure, les taux de croissance relatif annuel [en cm.cm^{-1} : $(\text{Hauteur}_{\text{Année } n} - \text{Hauteur}_{\text{Année } n-1}) / \text{Hauteur}_{\text{Année } n-1}$] ont été calculés pour chacun des individus suivis. De plus, cette mesure rétroactive de la croissance en hauteur et les taux relatifs de croissance ont aussi été évalués chez la tige compétitrice la plus haute se retrouvant dans la surface délimitée par un rayon de 1 m autour de chaque tige de BOP sélectionnée. L'essence de cette tige compétitrice a été relevée. La compétition en périphérie des individus suivis a été définie à l'aide d'une estimation du pourcentage de recouvrement dans un rayon de 1 m pour le BOP et de 30 cm pour l'EPB. Cette mesure a été prise chez le BOP à une hauteur correspondant aux deux tiers de la hauteur de sa tige. Elle a également été effectuée au niveau du bourgeon terminal. Pour l'EPB, la taille plus modeste des plants a eu pour conséquence de ne prendre cette mesure qu'à la hauteur du bourgeon terminal.



Figure 2. Séquence de traitement des photographies hémisphériques. A. image originale, B. image en noir et blanc contrastée et C. image traitée dans GLA (gap light analyser Frazer et al. (1999)) pour le calcul de la lumière transmise.

Ensuite, une mesure de lumière (photo hémisphérique) a été prise dans l'axe vertical de la tige des individus de BOP et d'EPB sélectionnés aux mêmes hauteurs pour lesquelles la mesure de la compétition avait été faite, soit aux deux tiers et au sommet des BOP et seulement au sommet des EPB.

II.5. Analyses des photos hémisphériques

L'analyse des photographies hémisphériques a été faite en deux temps. Premièrement les photos ont été traitées à l'aide d'un logiciel de traitement d'image (Photoshop 7.0, Adobe) pour transformer les images en couleur en image en noir et blanc. Dans ces images, le noir correspond aux obstacles à la lumière (feuilles, tiges, branches) et le blanc correspond aux zones de ciel d'où provient la lumière directe et diffuse (Figure 2). Dans un second temps, les images en noir et blanc ont été traitées dans un logiciel de calcul de transmission des radiations (Gap Light Analyser, GLA, Frazer et al. (1999)). Grâce à ce logiciel, il a été possible de calculer la fraction de lumière directe et diffuse reçue par les individus suivis et cela pour chaque section du ciel divisé comme indiqué dans la figure 2C. Ce calcul se base sur le fait que chaque section se trouve dans une zone de lumière diffuse ou de lumière directe (Figure 3). La sommation de chaque secteur du ciel permet

ensuite d'obtenir le pourcentage de lumière (directe + diffuse) transmise comparativement à une image théorique qui n'aurait aucun obstacle pour la lumière diffuse et la lumière directe.

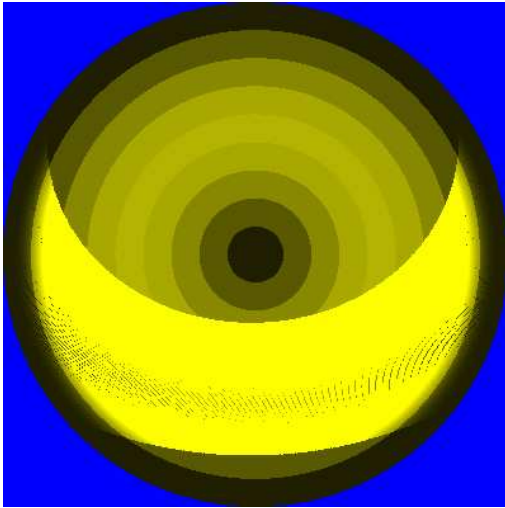


Figure 3. Définition des zones de pour la transmission de la lumière diffuse (anneaux concentriques) et des zones de lumière directe (course du passage du soleil – bande jaune clair).

II.6. Analyses statistiques

L'ensemble des analyses statistiques préliminaires ont été réalisé à l'aide du logiciel NCSS (Hintze 2004). Les deux essences ont été analysées séparément. Les comparaisons entre les deux sites pour les paramètres de croissance, de vigueur ou de compétition, ont été exclusivement faites par analyse de variance (ANOVA) à un facteur principal (le Site). Le niveau de la signification statistique des différences a été établi à 5% ($\alpha = 0.05$). Dans le cas des analyses de croissance rétroactive (absolue et relative) et donc d'établissement chez le BOP, la comparaison entre les sites a été effectuée après avoir corrigé le décalage existant entre les deux sites dans l'année d'application du traitement de scarifiage par poquet.

Il est important de noter que les individus suivis de BOP et d'EPB dans les analyses présentées ci-après, sont les plus grands individus de leur espèce trouvés dans chaque poquet visité (excepté pour les analyses de stocking où aucune distinction n'a été faite sur la taille des individus).

III. Résultats préliminaires et discussion

III.1. Stocking en BOP et EPB sur les deux sites d'étude

Le stocking des deux essences suivies s'est avéré très bon sur les deux sites d'étude (Table 2). D'ailleurs, pour le BOP, 100% des poquets visités étaient stockés en cette espèce et cela sur les deux sites. Pour ce qui est de l'EPB, le stocking du Site 1 était inférieur de 10% à celui du Site 2. Ceci s'explique assurément par le fait que cette espèce était plus présente dans le peuplement original du Site 2 (cf. Table 1), augmentant donc la proportion de semencier. De plus, au regard de la dominance des conifères dans le peuplement original du Site 2, il n'est pas exclu que ce site soit plus favorable à l'installation des conifères comparativement au Site 1 et cela devra être vérifié au cours des prochaines campagnes de mesures. Cependant, les valeurs de stocking de l'EPB demeurent tout à fait acceptables et cela pour les deux sites.

Table 2. Stocking des deux essences suivies en fonction du site d'étude.

Numéro de Site	Nombre de poquets visités	Espèce	Stocking
1	45	BOP	100 %
		EPB	88 %
2	41	BOP	100 %
		EPB	98 %

Il est important de rappeler que les individus suivis de BOP et d'EPB dans les analyses qui suivent sont les plus grands individus de leur espèce trouvés dans chaque poquet.

III.2. Performance du BOP

III.2.1. Installation, croissance du BOP

Sur le Site 1, 100% des individus suivis se sont installés dans la 2^{ème} saison de croissance après l'application du scarifiage par poquet alors que pour le Site 2, 87.5% l'ont fait à la 2^{ème} saison et 12.5% l'ont fait à la troisième. Cet établissement assez rapide après la perturbation correspond bien à ce qui a déjà été observé dans la littérature même si cette espèce peut également s'établir dès la 1^{ère} saison de croissance (Fajvan et al. 2008). De même, 92.5% des individus sélectionnés dans le Site 1 se retrouvaient en bordure du poquet, alors que 7.5% des individus se sont installés à l'intérieur du poquet. Dans le Site 2, seuls 60% des individus suivis étaient localisés en bordure du poquet alors que 30% se sont établis à l'intérieur. Ces différences dans les patrons d'installation en fonction des deux sites devront être gardées en mémoire dans les années subséquentes pour s'assurer d'une bonne interprétation des résultats.

Table 3. Hauteur et diamètre moyens du BOP dans les deux sites d'étude.

Numéro de Site	Nombre d'individus	Hauteur (cm)	Diamètre (cm)
1	40	217 (\pm 43)	1.8 (\pm 0.5)
2	40	150 (\pm 42)	1.2 (\pm 0.6)

En ce qui concerne la croissance, du fait que le scarifiage du Site 1 a eu lieu 1 an avant le Site 2, la hauteur et le diamètre absolus des BOP suivis étaient significativement plus élevés dans le Site 1 (Table 3).

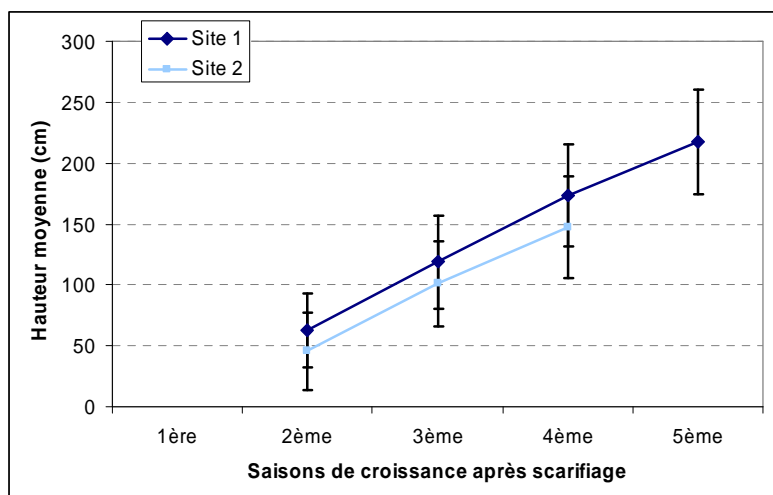


Figure 4. Hauteur moyenne annuelle (cm) des BOP après l'application du traitement de scarifiage. Les résultats sont présentés pour le Site 1 (bleu foncé) et le Site 2 (bleu clair).

En replaçant, pour chacun des sites, la croissance en hauteur observée relativement au nombre de saisons de croissance après application des poquets, on peut remarquer, qu'en moyenne, la taille moyenne des BOP sur le Site 2 est toujours inférieure à celle du Site 1 (Figure 4). Cependant, malgré la signification statistique de ces différences ($p < 0.01$ pour les trois périodes testées), il est difficile, dans ce type d'analyse décalée dans le temps (la 2ème saison de croissance correspond à 2004 pour le Site 1 et 2005 pour le Site 2), d'interpréter hors de tout doute une différence entre les deux sites. En effet, ces différences pourraient simplement provenir de différences climatiques entre les années. Néanmoins, pour améliorer la confiance dans ces analyses, les données climatiques des saisons de croissance concernées (2004, 2005, 2006 et 2007) ont été comparées en Annexe 1, et il s'avère que finalement très peu de différences sont apparues pour la température moyenne et les précipitations totales durant les périodes estivales de ces 4 années. Au niveau mensuel, aucune limitation particulière n'a pu être mise en évidence lors des deux années d'installation des individus mesurés (soit 2004 et 2005).

En réalisant le même exercice avec les taux de croissance relatifs (Figure 5), on observe : (i) que la variabilité des taux de croissance est très élevée l'année suivant l'établissement (surtout dans le Site 2), et (ii) que le taux de croissance initial (3^{ème} saison de croissance

après scarifiage donc pour des individus de 2 ans) était légèrement plus élevé sur le Site 2, mais pas de façon significative. De plus, 2 saisons après l'établissement des individus, les taux relatifs de croissance étaient cette fois-ci identiques entre les deux sites (Figure 5).

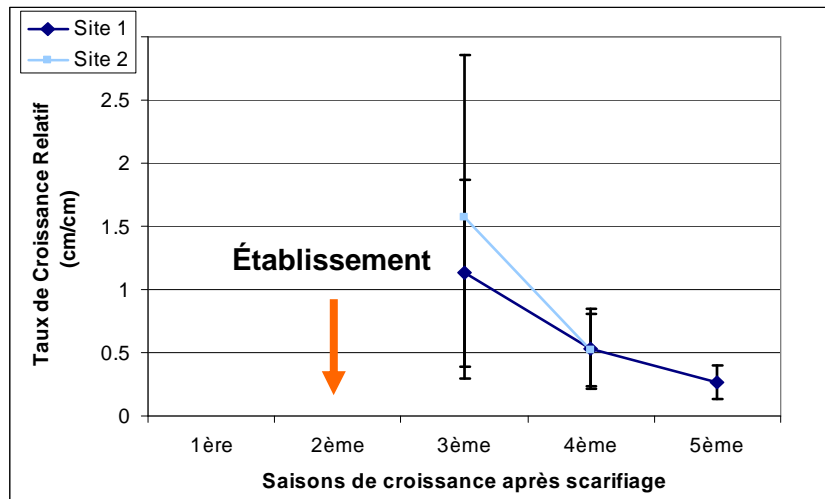


Figure 5. Taux de croissance relatif annuel [en cm.cm^{-1} : $(\text{HauteurAnnée } n - \text{HauteurAnnée } n-1) / \text{HauteurAnnée } n-1$] des BOP après l'application du traitement de scarifiage. Les résultats sont présentés pour le Site 1 (bleu foncé) et le Site 2 (bleu clair).

Là encore, une précaution est à prendre quant à la comparaison des sites puisque les saisons de croissance après scarifiage ne correspondent pas aux mêmes années pour chacun des sites. Cependant, la grande similitude des températures moyennes (estivales ou mensuelles) et des précipitations estivales totales (cf. Annexe 1) suggère que la comparaison entre les sites n'est pas inadéquate.

Pour ce qui est de la vigueur des individus, celle-ci semble a priori meilleure pour les individus de BOP du Site 1 comparativement au Site 2. En effet, les individus du Site 1 sont moins étiolés (la croissance en hauteur est plus équilibrée avec la croissance en diamètre) que sur le Site 2 (Figure 6A). De même, le développement vertical de la cime des individus du Site 1 était légèrement meilleur que chez les individus du Site 2. Cependant, il est important de noter que malgré ces différences significatives, les valeurs

observées pour les ratios de développement de l'individu et de la cime correspondent à des valeurs tout à fait acceptables.

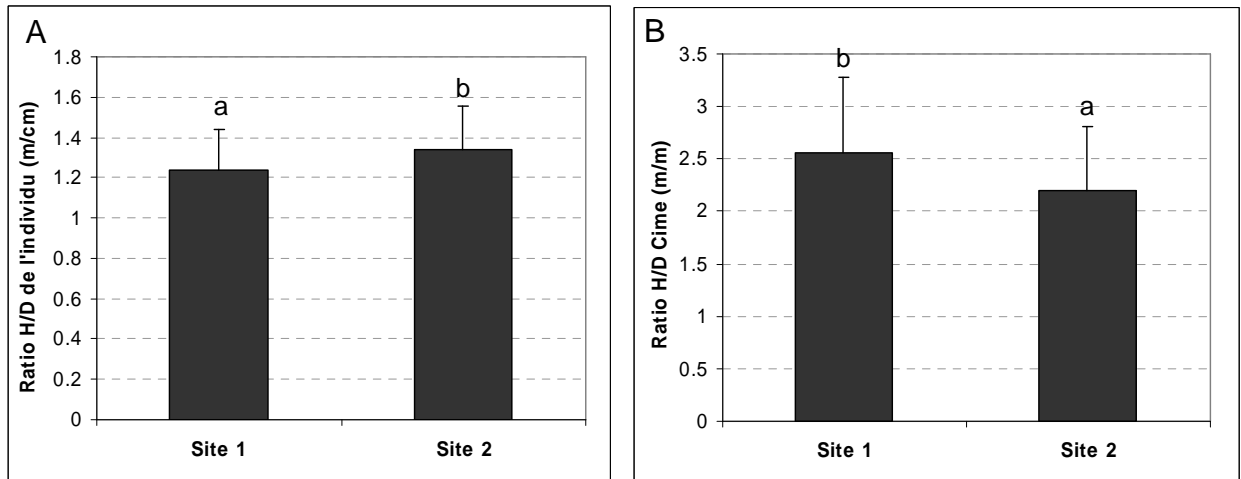


Figure 6. (A) Ratio de la hauteur sur le diamètre de l'arbre (index d'étiollement) et (B) ratio de la hauteur sur le diamètre de la cime pour les individus de BOP pour le Site 1 (gaules de 4 ans) et le Site 2 (gaules de 3 ans).

III.2.2 Compétition et environnement lumineux du BOP

Au regard de la compétition, l'intensité de compétition évaluée aux deux tiers de la hauteur des individus de BOP dominants était identique sur les deux sites (environ 20%) alors que l'intensité de compétition au sommet des individus était significativement plus faible sur le Site 1 (12%) que sur le Site 2 (17%) (Figure 7).

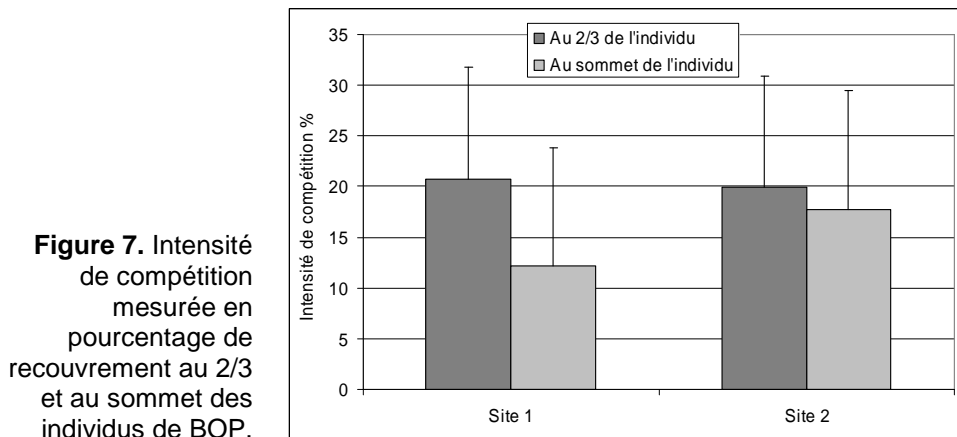


Figure 7. Intensité de compétition mesurée en pourcentage de recouvrement au 2/3 et au sommet des individus de BOP.

Autre différence marquée, les essences compétitives des BOP suivis n'étaient pas identiques entre les deux sites. Sur le Site 1, le cerisier de Pennsylvanie (CEP) est l'essence la plus présente comme compétiteur de cela aux deux tiers de la hauteur comme au sommet des individus suivis. Ensuite, une compétition intra spécifique est retrouvée dans plus de 20% des cas aux deux tiers de la hauteur des individus alors qu'au sommet, près de 40% des individus n'ont plus de compétiteurs (Table 4).

Table 4. Proportion du type (espèce) de compétition rencontrée par les individus de BOP suivis au deux tiers de leur hauteur et à leur sommet en fonction des 2 sites échantillonnés.

Niveau	Compétition		
	Essence	Proportion (%)	
		<i>Site 1</i>	<i>Site 2</i>
au sommet	CEP	57.5	35
	PET	02.5	50
	BOP	02.5	2.5
	RIEN	37.5	12.5
au 2/3	CEP	55.0	37.5
	PET	07.5	42.5
	BOP	22.5	7.5
	AUT	15.0	12.5

En revanche, sur le Site 2, le compétiteur le plus fréquent est le peuplier faux tremble (PET) et cela aux deux tiers de la hauteur comme au sommet. Ensuite, une compétition avec le CEP est également présente (environ 35%) alors que la compétition intra spécifique est quasiment absente (Table 4). Finalement, sur le Site 2, seul 12.5% des individus suivis n'avaient pas de compétition rapprochée au niveau de leur sommet, démontrant que sur ce site, très peu d'individus étaient libres de croître bien qu'ils aient été sélectionnés comme étant les dominants de leur espèce.

Sur les deux sites, la compétition générée par le BOP s'exerce donc plutôt à un niveau égal ou inférieur au BOP suivi, alors que la compétition du CEP est présente à un niveau égal ou supérieur au BOP suivi. Finalement, la compétition du PET est toujours présente à un niveau supérieur au BOP suivi.

Pour ce qui est de la disponibilité en lumière, sur le Site 1, elle s'est avérée très élevée au sommet des individus de BOP puisque 9 fois sur 10 celle-ci était supérieure à 60% et qu'elle était majoritairement comprise entre 80 et 100% (Figure 8). Sur le Site 2, les valeurs de lumière ont été un peu plus faibles et plus diverses. En effet, sur ce site, la majorité des individus de BOP recevait entre 60 et 80% de lumière, 25% en recevait moins de 60% et près de 15% en recevait plus de 80% (Figure 8).

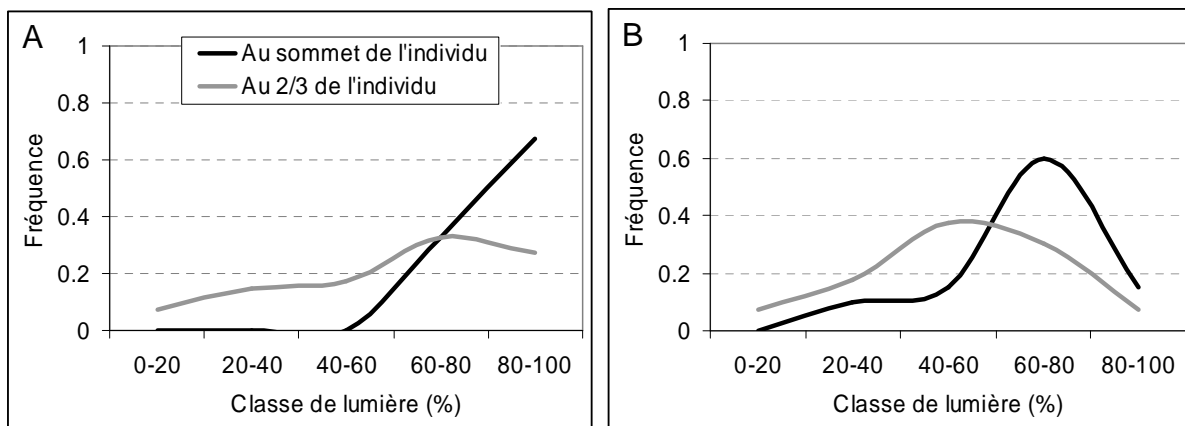


Figure 8. Fréquence des disponibilités en lumière (regroupées par classe de pourcentages) au sommet (ligne noire) et au 2/3 (ligne grise) de la hauteur des individus de BOP sélectionnés pour le Site 1 (A) et le Site 2 (B).

Pour les deux sites, le patron des fréquences de disponibilité en lumière observé au 2/3 de la hauteur des individus est à la fois plus aplani et décalé vers des valeurs plus faibles comparativement au patron des disponibilités en lumière au sommet des individus (Figure 8). Le décalage vers des valeurs plus faibles est attendu puisque, en descendant le long de la tige cible, l'interception de lumière par la compétition augmente et donc la disponibilité en lumière diminue. Cependant, l'aplanissement important de la courbe de disponibilité en lumière, surtout dans le Site 1 (Figure 8A), souligne bien que même si un

grand nombre d'individus reçoivent la même lumière à leur sommet, la disponibilité de lumière au 2/3 de leur hauteur peut être très variable. Cette variabilité induite dans la disponibilité en lumière est assurément associée à la variabilité d'intensité et de type (espèce) de la compétition avoisinante.

III.3. Performance de l'EPB

III.3.1. Installation, croissance de l'EPB

L'installation des individus suivis d'EPB s'est majoritairement faite à l'intérieur des poquets (85.0% dans le Site 1 et 77.5% dans le Site 2). Aucune information rétroactive n'a été relevée sur la croissance des individus d'EPB suivis, ce qui n'a pas permis de retrouver l'information quand à l'année d'installation des différents individus suivis pour cette espèce. Compte tenu de l'absence de différence de hauteur et de diamètre observé entre les deux sites (Table 5), ceci laisse supposer que les individus sélectionnés pourraient, en moyenne, avoir le même âge. Ceci pourrait s'expliquer (malgré le décalage d'un an entre le scarifiage des deux sites) par le fait que l'installation de cette espèce (i) est faible et (ii) se fait en continu (Nienstaedt & Zasada 1990). Cependant, il est plus probable que cette absence de différence de hauteur provienne de différences, entre les deux sites, dans la qualité de l'environnement de croissance des individus d'EPB. En effet, en considérant le fait que le stocking de l'EPB est inférieur sur le Site 1 comparativement au Site 2 (cf. Table 2), il n'est pas exclu que le Site 1 soit un site moins favorable à l'établissement de cette espèce et/ou que le Site 2 soit à l'inverse un site plus favorable à l'EPB, rattrapant ainsi le décalage. De plus, il est possible que la croissance de l'EPB (non identifiée dans cette première phase du projet) soit aussi meilleure sur le Site 2, effaçant le retard d'établissement d'un an. Pour conclure sur cet aspect, il sera nécessaire d'approfondir les investigations concernant ces questions dans les prochaines années.

Au niveau de la hauteur et du diamètre des plants, les observations faites sur les deux sites concordent avec les valeurs connues de cette espèce en milieu naturel pour des semis d'âge inférieur à 4 ans (Nienstaedt & Zasada 1990).

Table 5. Hauteur et diamètre moyen du EPB dans les deux sites d'étude.

Numéro de Site	Nombre d'individus	Hauteur (cm)	Diamètre (cm)
1	40	24 (\pm 12)	0.3 (\pm 0.1)
2	40	22 (\pm 9)	0.3 (\pm 0.1)

Pour ce qui est de la vigueur des semis d'EPB, il apparaît clairement des différences entre le Site 1 et le Site 2. En effet, les semis du Site 1 ont montré un étiolement plus important de leur tige (c'est-à-dire un sacrifice d'une partie de leur croissance en diamètre pour conserver une hauteur plus compétitive), ce qui suggère généralement que les plants subissent une compétition pour la lumière (Figure 9A). De plus, les semis d'EPB du Site 1 ont montré un pourcentage de cime vivante significativement plus faible que ceux du Site 2 (Figure 9B) et plusieurs auteurs ont déjà mis en évidence le lien fort entre ce paramètre de cime et la vigueur générale des conifères (Claveau et al. 2002). Bien que les valeurs absolues observées pour ces ratios de vigueur soient tout de même acceptables sur les deux sites, il va être important de suivre cette tendance forte de moins bonne vigueur chez les semis du Site 1.

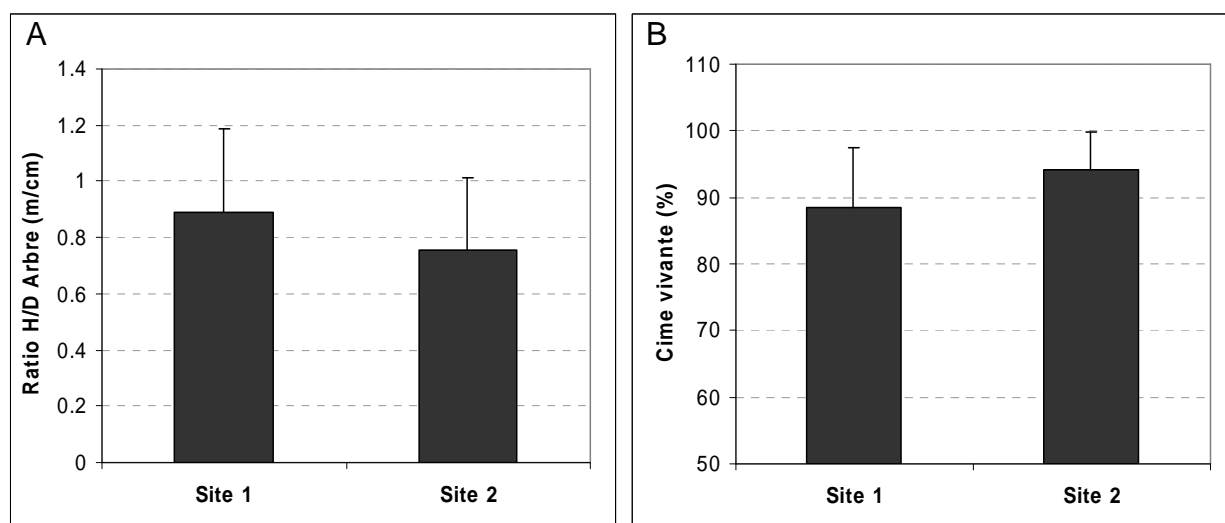


Figure 9. (A) Ratio de la hauteur sur le diamètre de l'arbre (index d'étiolement) et (B) du pourcentage de cime vivante chez les individus d'EPB pour les deux sites étudié.

III.3.2 Compétition et environnement lumineux de l'EPB

Au regard de la compétition, l'intensité de compétition subie par les individus d'EPB équivalait à l'occupation de plus d'un tiers de leur espace proche par la compétition avoisinante et cette valeur était similaire entre les deux sites (Table 6). Ensuite, le type de compétition a été évalué à deux niveaux au dessus des individus d'EPB ; dans un premier temps au contact du sommet des individus (compétition sommet) et dans un deuxième temps de façon globale au dessus des individus (compétition globale). Les résultats montrent qu'au niveau du sommet de l'EPB, la fréquence de compétition avec le CEP et les autres compétiteurs (AUT) est respectivement faible (10-14%) et élevée (43-57%) mais que leur proportion respective est similaire entre les deux sites (Table 6). De plus, un patron déjà observé pour la compétition du BOP s'est répété par le fait que le PET, rare sur le Site 1, était présent pour ¼ des semis du Site 2 et que le BOP, rare sur le Site 2, était présent pour 30% des semis du Site 1 (Table 6).

Tableau 6. Intensité de compétition (% de recouvrement évalué visuellement) et fréquence d'occurrence du type d'espèce compétitrice rencontrée par les individus d'EPB suivis en fonction de 2 positions (sommet et au dessus du sommet [globale]) et des 2 sites échantillonnés.

Site	Intensité (%)	Compétition							
		Espèce (fréquence d'occurrence, %)							
		au sommet				globale			
		CEP	PET	BOP	AUT	CEP	PET	BOP	AUT
1	33 (± 26)	14	13	30	43	59	8	25	8
2	31 (± 22)	10	23	10	57	37	55	3	5

Ensuite, pour ce qui est de la compétition globale (plus éloigné du sommet), le même patron révélant une dominance de la compétition par le CEP puis du BOP sur le Site 1 et une dominance de la compétition par le PET puis le CEP sur le Site 2 est observé (Table 6). Par conséquent, l'environnement compétitif des EPB se matérialise par un contact plutôt rapproché avec des compétiteurs à croissance moins rapide (principalement le saule, les érables et le framboisier) puis de façon plus indirecte avec le CEP sur le Site 1 et un mélange de PET et de CEP sur le Site 2.

En ce qui concerne la disponibilité en lumière, sur le Site 1, elle s'est avérée en moyenne plus élevée (45% \pm 19) que sur le Site 2 (38% \pm 16). De plus, la disponibilité en lumière s'est révélée également répartie parmi les classes de lumière sur le Site 1 que sur le Site 2 (Figure 10). Ceci sous-entend donc qu'il est difficile de prévoir l'environnement lumineux sur le Site 1, bien qu'il soit dominé par une combinaison de CEP (Globale) et AUT (Sommet). A l'inverse, il semble que la combinaison majoritaire sur le Site 2 de PET (Globale) et AUT (Sommet) amène un environnement lumineux principalement compris entre 20 et 40% de lumière disponible (Figure 10).

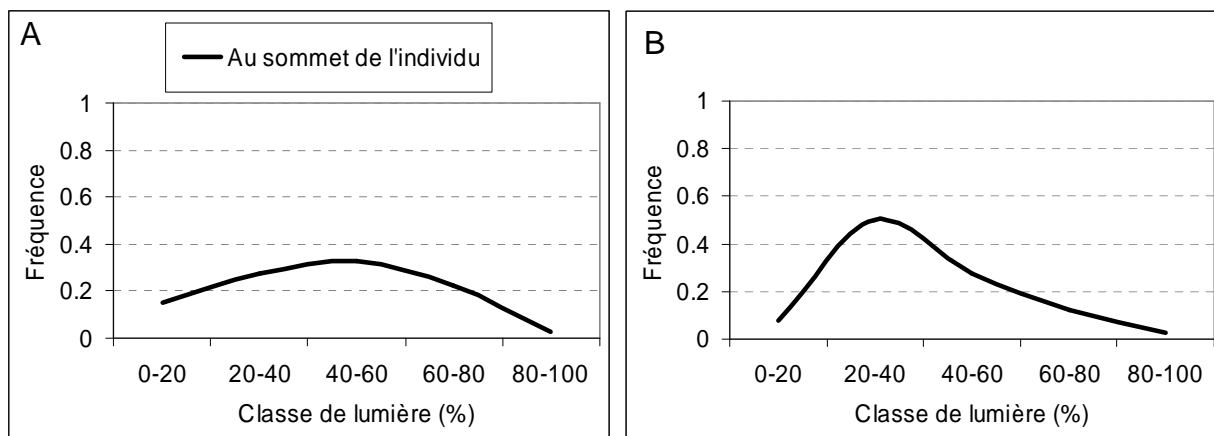


Figure 10. Fréquence des disponibilités en lumière (regroupées par classe de pourcentages) au sommet de la hauteur des individus d'EPB sélectionnés pour le Site 1 (A) et le Site 2 (B).

IV. Conclusions

La première phase du projet de recherche intitulé "Établissement, croissance et survie du bouleau blanc et de l'épinette blanche après l'application de traitements de scarifiage par poquets" a été menée à bien. La sélection des sites et l'installation du dispositif de suivi se sont bien déroulées et les campagnes de remesure peuvent maintenant être planifiées pour les deux prochaines années afin de suivre l'évolution de la survie et de la croissance des individus identifiés.

Cependant, quelques résultats intéressants ont déjà été observés lors de cette première phase du projet. Notamment, il s'avère que le stocking en BOP et en EPB est tout à fait acceptable quelques années (4 – 5 ans) après la réalisation des poquets. De plus, quelques tendances ressortent des premières mesures faites sur les individus avec le plus fort potentiel de leur espèce, surtout si l'on compare les deux sites :

- **L'établissement** : il a été observé que quelques années après l'application des poquets, les individus les plus grands de leur espèce se sont installés en bordure des poquets pour les BOP et à l'intérieur des poquets pour l'EPB. Cependant, le stocking en EPB semble avoir été légèrement meilleur sur le Site 2, suggérant que l'établissement ou la survie juvénile de cette espèce pourrait être favorisé par des facteurs de sites qu'il faudra maintenant identifier. De même, bien que le stocking soit de 100% sur les deux sites, les individus de BOP dans le Site 2 étaient plus rares et semblaient moins vigoureux.
- **La compétition & l'environnement lumineux** : l'une des principales caractéristiques discriminant les deux sites sous étude est sans doute l'environnement compétitif qu'y règne. En effet, pour le BOP, la compétition dans le Site 1 était majoritairement établie par le CEP et le BOP, alors que sur le Site 2, celle-ci était dominée par le PET et le CEP. Dans tous les cas, les individus de BOP ont maintenant traversés la basse régénération et sont en compétition avec des essences arborescentes à croissance rapide. Au niveau de l'EPB, la même tendance (CEP-BOP sur le Site 1 et PET-CEP sur le Site 2) se maintenait avec l'ajout de compétiteurs à croissance moins rapide (framboisier, saules, érables) compte tenu de la petite taille des individus d'EPB à ce

stade de la régénération. Pour les deux essences, cette différence de compétition entre les deux sites amène à des conséquences importantes au niveau de la disponibilité en lumière. En effet, pour le BOP, celui-ci est généralement dominant parmi la compétition sur le Site 1 alors que le PET le surplombe souvent sur le Site 2, diminuant la disponibilité en lumière. Pour l'EPB, une disponibilité plus faible de lumière est aussi visible sur le Site 2 mais une notion supplémentaire à approfondir est apparue. En effet, sur le Site 2 où le PET est très présent, l'environnement lumineux au niveau des EPB était très stable d'un poquet à l'autre (autour de 30% de la lumière totale).

- **La croissance & la vigueur** : la croissance du BOP a été bonne sur les deux sites, mais elle s'est avérée inférieure sur le Site 2 où la disponibilité en lumière pour cette espèce était plus faible compte tenu de la présence du PET. Autre fait intéressant, sur le Site 2, la croissance initiale du BOP a été plus forte que sur le Site 1. Ceci pourrait être attribuable à la présence du PET qui, en augmentant la compétition pour la lumière, aurait obligé les individus de BOP à s'étioler et à avoir une cime moins développée. Du fait que la lumière est tout de même peu limitante dans ce milieu très ouvert, il est possible que la compétition imposée par le PET agisse également sur d'autres aspects que l'interception de lumière (c'est-à-dire l'espace physique, la disponibilité en eau...) qu'il faudra éclaircir. Pour ce qui est de l'EPB, l'impact de la présence du PET pourrait être inverse, c'est-à-dire positive. En effet, sur le Site 2, pourtant scarifié un an plus tôt, les caractéristiques du site ainsi que la présence hâtive du PET pourrait avoir créé des conditions environnementales favorables (protection des extrêmes de température et de l'assèchement rapide de la surface du sol) pour l'observation : (i) d'une meilleure installation, (ii) d'une meilleure vigueur et (iii) d'une meilleure croissance de l'EPB. La encore, ces résultats sont à confirmer dans les prochaines années de mesures.

Il est donc particulièrement intéressant de réaliser cette étude sur les 2 sites sélectionnés du fait qu'ils représentent clairement deux systèmes bien distincts qui malgré leur proximité géographique et l'application de traitement similaire pourraient générer des couverts forestiers bien différents. De plus, du fait du décalage (1 an) dans l'année d'application du scarifiage par poquets entre les deux sites, certaines

précautions dans l'analyse de la survie, de la croissance et de la vigueur initiales des individus doivent être prises (comparaison des données climatiques). Cependant, le biais amené par cette différence d'année disparaîtra avec le temps et le développement en âge de la régénération.

Références

- Aubin, I., Beaudet, M., and Messier, C. 2000. Light extinction coefficients specific to the understory vegetation of the southern boreal forest, Quebec. *Can. J. For. Res.* 30: 168-177.
- Bouffard, D. and Nolet, P. 2003. Étude de l'établissement de la régénération en bouleau jaune deux ans après un essai opérationnel de diverses méthodes de scarifiage intégré aux opérations de récolte dans les trouées.
- Claveau, Y., Messier, C., Comeau, P.G., and Coates, K.D. 2002. Growth and crown morphological responses of boreal conifer seedlings and saplings with contrasting shade tolerance to a gradient of light and height. *Can. J. For. Res.* 32: 458-468.
- Doyon, F., Nolet, P., and Lorenzetti, F. 2001. Suivi de la régénération du bouleau blanc cinq ans après coupe progressive d'ensemencement avec et sans scarifiage. Rep. Rapport Technique.
- Erdmann, G.G. 1990. *Betula alleghaniensis* Britton, Yellow Birch. *In* *Silvics of North America*, Volume 2 : Hardwoods. E.U. Forest service, Washington. pp. 133-147.
- Fajvan, M.A., Plotkin, A.B., and Foster, D.R. 2008. Modelling tree regeneration height growth after an experimental hurricane. *Can. J. For. Res.* 36: 2003-2014.
- Frazer G.W., Canham C.D., and Lertzman K.P. Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. 1999. Copyright © 1999 Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York.C.
Ref Type: Computer Program
- Hintze, J.L. NCSS and Pass. Number Cruncher Statistical Systems. Kaysville, Utah.
www.ncss.com. 2004.
Ref Type: Serial (Book, Monograph)
- Morin, A., Beaudet, M., Delagrangé, S., Swift, L., Greene, D., Messier, C., and Kneeshaw, D.D. 2003. Revue de littérature; Principales causes de mortalité et principes de modélisation de la régénération chez les semis de bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*).
- Nienstaedt, H. and Zasada, J.C. 1990. *Picea glauca* (Moench) Voss, White Spruce. *In* *Silvics of North America*, Volume 1 : Conifers. E.U. Forest service, Washington. pp.
http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/Volume_1/picea/glauca.htm.
- Nolet, P. and Poirier, J. Essai opérationnel de diverses méthodes de scarifiage intégré aux opérations dans les trouées et mise en place d'un dispositif de suivi. 25 p. 2001. Ripon, Qc, Canada, Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt Feuillue.
Ref Type: Serial (Book, Monograph)
- Perala, D.A. and Alm, A.A. 1990. Regeneration silviculture of birch: A review. *For. Ecol. Manage.* 32: 39-77.
- Robitaille, A. and Saucier, J.-P. 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. Les Publications du Québec. 213 p., Québec, QC, Canada.

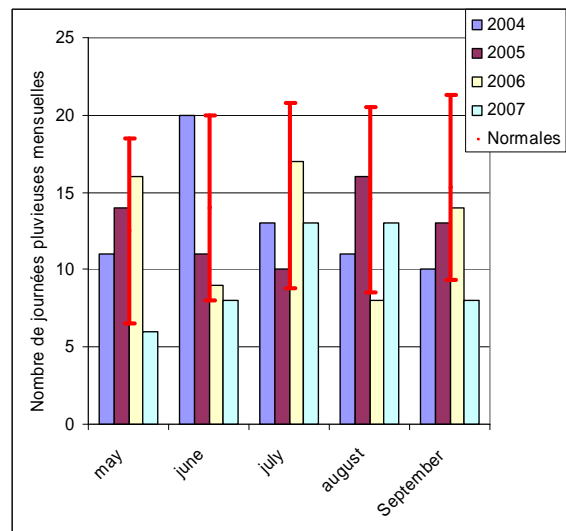
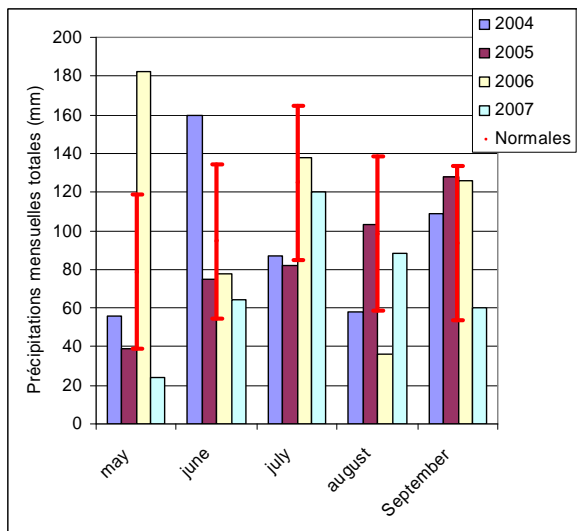
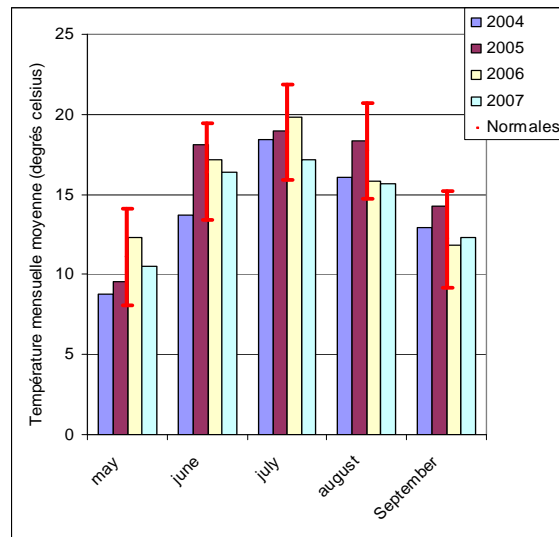
Annexes

Annexe 1 : Résumé des données climatiques de 2004-2007 pour la station météorologique de La Tuque

Année	Temp. Moyenne °C	Précip totales mm
2004	13.98 (±3)	470 (±40)
2005	15.86 (±3)	426.7 (±40)
2006	15.38 (±3)	559.7 (±40)
2007	14.42 (±3)	356.1 (±40)

Moyenne estival (mai-septembre) de températures et précipitation estivale (mai-septembre) totale. Entre parenthèse sont indiqués les écart types calculés sur les valeurs normales de ces paramètres pour la période estivale (mai-septembre). La seule différence notable est une année particulièrement pluvieuse en 2006. Aucune limitation n'est donc visible pour ces 4 années.

La température moyenne mensuelle n'a pas grandement variée entre les années et ne s'écarte pas des valeurs normales (fenêtre de valeurs symbolisée par le segment rouge).



Plus d'écarts sont visibles du côté des précipitations mensuelles. 2006 est une année qui a été plus pluvieuse. Au niveau de possible limitation, seuls les mois de mai 2007 et août 2006 ont montré des valeurs extérieures à la fenêtre de valeurs des normales (symbolisée par les segments rouges). Cependant, 2006 ayant été autrement une année où les précipitations n'ont pas été limitantes et 2007 n'étant pas une année d'installation des individus mesurés, l'impact de ces événements l'impact peut assurément être négligé.