

Institut de recherche
en biologie végétale

IRBV

**JARDIN BOTANIQUE
DE MONTRÉAL**

Université 
de Montréal

Analyse des activités d'enrichissement sur le succès de la régénération en pins blancs et en feuillus de haute valeur en Montérégie



Rapport final préparé par

Mélanie Lapointe, Léa Bouttier, Stéphane daigle, André-Jean Lalanne et Alain Cogliastro

Présenté au
Ministère des Ressources naturelles et
de la Faune du Québec
Programme de mise en valeur
des ressources du milieu forestier – Volet II

Projet 16-2007-06

Mai 2008

Équipe de travail

Institut de recherche en biologie végétale

L'Institut de recherche en biologie végétale (IRBV) est un centre de formation supérieure dont la mission porte sur la biologie des plantes dans tous ses aspects : fonctionnement, développement, évolution, écologie, etc. Issu d'un partenariat entre l'Université de Montréal et la Ville de Montréal, l'IRBV occupe des locaux modernes sur le site du Jardin botanique de Montréal. Il regroupe une quinzaine de chercheurs autonomes (chercheurs à la Division de la recherche et du développement scientifique du Jardin botanique de Montréal ou professeurs au Département de sciences biologiques de l'Université de Montréal) sans compter les nombreux assistants et professionnels de recherche, étudiants à la maîtrise et au doctorat et chercheurs post-doctoraux. Les recherches sont de nature fondamentale et appliquée. Les chercheurs ont à leur disposition des laboratoires et des équipements scientifiques de pointe, en plus de serres expérimentales, de chambres de croissance, d'équipement de microscopie électronique et d'analyse d'image, de l'herbier Marie-Victorin (950 000 spécimens) et de 2 bibliothèques spécialisées en botanique.

MÉLANIE LAPOINTE (M.Sc. Écologie)	Institut de recherche en biologie végétale (IRBV) Université de Montréal, Département des Sciences biologiques
LÉA BOUTTIER (B.Sc. Écologie)	Institut de recherche en biologie végétale (IRBV)
ALAIN COGLIASTRO (Ph.D. Écologie)	IRBV, Jardin Botanique de Montréal Université de Montréal, Département des Sciences biologiques
STÉPHANE DAIGLE, STATISTICIEN	Institut de recherche en biologie végétale (IRBV)

Pour fin de citation :

Lapointe, M., L. Bouttier, S. Daigle, André-Jean Lalanne, et A. Cogliastro. 2008. **Analyse des activités d'enrichissement sur le succès de la régénération en pins blancs et en feuillus de haute valeur en Montérégie.** Rapport final préparé pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier Volet II, projet 16-2007-06. Institut de recherche en biologie végétale, Montréal. 42 pages.

Photo de la page couverture : André-Jean Lalanne et Léa Bouttier.

Table des matières

ÉQUIPE DE TRAVAIL	I
TABLE DES MATIÈRES	II
LISTE DES FIGURES	IV
LISTE DES TABLEAUX	V
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1	3
MISE EN CONTEXTE	3
MÉTHODOLOGIE	3
ÉCHANTILLONNAGE ET PRISES DE DONNÉES	4
DONNÉES SUR LES ARBRES PLANTÉS	5
ANALYSES DE SURVIE	6
ANALYSES DE CROISSANCE	6
CLASSIFICATION HIÉRARCHIQUE DES SITES	7
RÉSULTATS ET DISCUSSION	10
1. CARACTÉRISTIQUES DES SITES.	10
2. BILAN DE SURVIE DES ARBRES PLANTÉS EN ENRICHISSEMENT.	11
3. BILAN DE CROISSANCE DES ARBRES PLANTÉS EN ENRICHISSEMENT	14
4. BILAN DE SUCCÈS DES SITES.	20
CHAPITRE 2	24
MISE EN CONTEXTE	24

MÉTHODOLOGIE	24
RÉSULTATS ET DISCUSSION	27
1) LA LUMIÈRE	27
2) LA SURVIE	28
3) LA CROISSANCE	29
4) L'HERBIVORIE	31
DISCUSSION CONCLUSIVE	33
REMERCIEMENTS	36
RÉFÉRENCES	37
ANNEXE 1	40
ANNEXE 2	41
ANNEXE 3	42

Liste des figures

Figure 1 : Pourcentage de survie estimé pour chaque site (barres grises) et en moyenne par année de plantation (barres noires).	13
Figure 2 : Analyses de redondance de la survie en fonction des différentes variables environnementales.	14
Figure 3 : Analyses de redondance des variables de croissance en fonction des variables environnementales pour l'ensemble des feuillus retenus et pour les pins blancs.	16
Figure 4 : Analyses de redondance des variables de croissance en fonction des variables environnementales pour chaque espèce de feuillus retenus.	18
Figure 7. Pourcentage de lumière disponible sur les sites d'études au cours des trois saisons de croissance étudiées.	28
Figure 8 : Hauteur moyenne initiale et finale des cinq espèces d'arbres plantés par site à la fin de chacune des saisons de croissance.	29
Figure 9 : Accroissement en hauteur des cinq espèces étudiées pour chacune des saisons de croissance et pour la période de trois ans depuis la plantation.	30
Figure 10 : Accroissement en hauteur en fonction des classes de lumière pour les saisons de croissance 2006 et 2007 sur le site Grenier.	31

Liste des tableaux

Tableau 1 : Description des sites.....	8
Tableau 2 : Surface terrière, diamètre moyen des arbres du sous-bois, ouverture de canopée et végétation compétitrice basse des sites étudiés.....	9
Tableau 3 : Indice et composition de la compétition périphérique, taux de broutage et taux de survie estimés pour chaque site.	12
Tableau 4 : Résultats des variables d'accroissement annuel moyen et de croissance pour l'année 2007 et des variables environnementales de broutage, d'ouverture de la canopée et de compétitions périphériques pour chaque espèce de feuillus, l'ensemble des feuillus et les pins blancs.	15
Tableau 5 : Résultats des variables d'accroissement annuel moyen et de croissance pour l'année 2007 et des variables environnementales de broutage, d'ouverture de la canopée et de compétitions périphériques pour les feuillus (F) et les pins blancs (P) de chaque site.	23
Tableau 6. Résumé des caractéristiques des différents sites choisis.....	25
Tableau 7. Répartition des plants par sites d'études.	26
Tableau 8: Survie des arbres plantés à la fin de la troisième année.....	28
Tableau 9: Proportion d'arbres endommagés par le cerf de Virginie et le lapin à queue blanche au cours de la saison de croissance 2007.....	32
Tableau 10 : Résultats de plusieurs variables de croissance, pourcentage d'ouverture de la canopée et indice de compétition pour chaque espèce de feuillus sur chaque site étudié.	40
Tableau 11 : Résultats de plusieurs variables de croissance, pourcentage d'ouverture de la canopée et indice de compétition pour les pins blancs sur chaque site étudié.....	41
Tableau 12 : Information supplémentaire sur les propriétaires des sites étudiés.....	42

Introduction

Les communautés de transition et les forêts perturbées suite aux activités humaines sont au premier plan des préoccupations environnementales et économiques (Abazid et Coomes 2004, Lee et Sayer 2004). Ces milieux connaissent en effet des difficultés parfois importantes de régénération arborescente (Harmer et al. 1997, Tappeneir et al. 1997) ce qui compromet l'approvisionnement en ressources forestières nécessaires au développement économique des régions (Kozlowski 2002). L'état de dégradation de la forêt feuillue du Québec fut souligné dans les travaux de la Commission Coulombe en 2004. Cette commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise recommande la réhabilitation de la forêt québécoise par différentes stratégies, dont l'aménagement écosystémique selon des approches sylvicoles scientifiquement valides, le reboisement des friches agricoles en feuillus et des projets de sylviculture intensive (Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise 2004).

À l'échelle de la région de la Montérégie, des activités d'enrichissement de la forêt et de coupe de succession sont notamment proposées pour garantir une succession forestière de qualité compte tenu des problématiques régionales décrites dans le **Plan de protection et de mise en valeur** (PPMV) soit : les travaux forestiers réalisés n'utilisent pas le plein potentiel des boisés; la forêt est jeune et essentiellement constituée de peuplements feuillus et mélangés; le volume à l'hectare est faible malgré le potentiel forestier; la qualité des tiges feuillues est faible. Avec des résultats de recherche à l'appui et quelques projets pilotes initiés en 1998, le programme d'aide à la mise en valeur forestière de la Montérégie a rendu accessible le financement de l'activité « d'enrichissement » en 2003. Cette technique d'enrichissement par la plantation d'arbres feuillus ou de pins blancs sous le couvert de peuplements de faible valeur fut étudiée par quelques chercheurs québécois (Truax et al. 2000, Paquette et al. 2006a). Plusieurs résultats de la littérature internationale en soulignent les avantages (voir Paquette et al. 2006b). Les résultats expérimentaux de l'introduction de jeunes arbres feuillus d'espèces intéressantes dans des forêts dégradées ont été assez positifs et ont permis de mieux détailler l'approche (Gordon et al. 1995, Smidt et Puettmann 1998, Paquette et al. 2006a). Celle-ci a suscité beaucoup d'intérêts, notamment parce que les résultats mitigés de la plantation de feuillus en champ en décourageaient plusieurs et parce qu'elle altérerait peu le paysage forestier en comparaison à la coupe totale. De plus, le peuplement en place, bien qu'il soit dégradé, est utile pour protéger la nouvelle régénération artificielle contre le gel et les températures extrêmes (Langvall et Orlander 2001) et contre les herbivores (Gordon et al. 1995, Buckley et al. 1998, Paquette et al. 2006a). Ainsi, on peut offrir une alternative au déboisement total, à la mise en andain des résidus affectant les sols et à la plantation de conifères qui étaient souvent pratiqués sur ces peuplements sans valeur commerciale. Également, la technique correspond aux les nouvelles tendances mondiales en matière de foresterie qui sont alimentées par les concepts d'aménagement écosystémique et de foresterie à couvert continu et qui intègrent des pratiques telles que la plantation sous couvert (Mitchell et al. 2004, Pommerening et Murphy 2004, Balandier et al. 2006, Paquette et al. 2006b).

Depuis l'inclusion de l'activité d'enrichissement au programme, c'est 132 hectares qui ont été abordés de cette façon. Selon l'évaluation préliminaire des responsables de l'Agence forestière, les résultats ne sont pas consistants et apparaissent varier de bons à mauvais. Malgré tout, l'intérêt demeure assez grand au sein des responsables. Le présent projet propose de réaliser une analyse des conditions d'application et des résultats de croissance et de survie obtenus pour les activités

d'enrichissement par la plantation sous couvert en Montérégie¹.

La fréquence d'utilisation de la technique d'enrichissement nous offre à ce jour l'occasion d'analyser plusieurs contextes d'application, plusieurs types de peuplements et plusieurs espèces plantées. Cette diversité devrait nous permettre de dégager des conclusions et des recommandations plus facilement généralisables afin d'optimiser le rendement de la technique et de maîtriser davantage les éléments de succès. Une telle analyse constitue une étape essentielle avant de promouvoir plus vigoureusement la technique à l'aide d'un matériel de transfert technologique abordant les principaux enjeux qui ont trait *i*) au degré de dominance de la compétition de sous étage en fonction de la position sociale des plants et *ii*) à l'ouverture de la canopée qui a évidemment des impacts sur le premier enjeu. D'autres facteurs tels que le choix des espèces et le broutage par le chevreuil peuvent également influencer le succès ou l'échec de cette activité d'enrichissement.

Le document présente premièrement une analyse de la survie et de la croissance des diverses espèces en régénération artificielle en fonction des variables du milieu, de manière à identifier les facteurs qui expliquent le mieux la variabilité des résultats. Puis, à l'aide de résultats obtenus de plantations expérimentales, nous déterminerons les effets de la lumière disponible et de la compétition sur la croissance durant la phase initiale d'établissement des arbres plantés sous couvert. Ainsi nous cherchons à répondre aux interrogations concernant le niveau de disponibilité des ressources associé au succès de l'activité afin de préciser la nécessité et la nature d'éventuelles interventions de dégagement et/ou d'ouverture des milieux. L'objectif ultime étant d'identifier d'éventuelles améliorations aux prescriptions associées à la technique de l'enrichissement sous couvert.

¹ Avec les mêmes principaux objectifs d'amélioration de la régénération que la technique de l'enrichissement, la coupe de succession est une autre activité proposée pour les forêts dégradées de la Montérégie. La présente étude comptait réaliser l'évaluation du succès de cette technique sur la qualité de la régénération naturelle. Cependant, à l'examen des dossiers, nous avons constaté que la coupe de succession n'avait été appliquée que dans des cas de régénération en peupliers. Nous avons fait le choix de ne pas étudier ces cas de coupe de succession et avons plutôt accordé toute notre attention aux cas d'enrichissement par la plantation sous couvert, ceci afin de maintenir l'objectif principal qui était d'étudier la régénération de feuillus nobles et de pins blancs.

Chapitre 1

Mise en contexte

À l'été 2007, une étude de la survie et de la croissance des arbres plantés sous couvert a été réalisée sur 17 sites en Montérégie. Les sites choisis, répartis sur tout le territoire de la Montérégie, représentaient une diversité de conditions environnementales et une diversité d'espèces plantés. Cette analyse globale des activités d'enrichissement par la plantation sous couvert nous permettra d'identifier les facteurs qui influencent le succès ou l'échec de ce type d'intervention.

Méthodologie

Des 132 hectares de forêt montréalaise (représentant 55 dossiers) ayant reçu une intervention d'enrichissement par la plantation sous couvert, 17 sites furent étudiés pendant l'été 2007 afin de réaliser une analyse des conditions environnementales et des résultats obtenus pour cette intervention. Deux sites de plantations par bandes (sites Berthiaume et Courtemanche) sont inclus parmi les sites choisis afin d'intégrer cette approche. La répartition des sites étudiés sur l'ensemble de la Montérégie couvre une diversité de conditions biophysiques (14 municipalités, voir Tableau 1, réparties sur plusieurs Municipalités Régionales et Cantonales : MRC Le Haut-Saint-Laurent, MRC Lajemmerais, MRC La Vallée-du-Richelieu, MRC Les Maskoutains, MRC de La Haute-Yamaska, MRC Brome-Missisquoi, MRC d'Acton).

Les 17 sites, différenciés par le nom des propriétaires (exemple : site Loïselle et site Pitt; voir Annexe 3), ont été choisis parmi ceux traités par les quatre principaux intervenants forestiers ayant réalisé ce type d'intervention en Montérégie: René Dulude Incorporation, le Groupe Chabot, Pomerleau & Associés, le Groupe Desfor et le Groupement Forestier du Haut-Yamaska (Tableau 1), et selon l'accord des propriétaires. La sélection des sites a été faite aussi pour regrouper des sites de différentes superficies (variant de 0,6 ha pour le site Bolduc à 16,8 ha pour le site Allard) et de différentes années de plantation (2001 à 2005). La plupart des sites ont reçu une coupe préparatoire (Tableau 1) avant la plantation des arbres lorsque le taux d'ouverture de la canopée était jugé insuffisant. La coupe préparatoire a été effectuée de façon à accroître l'ouverture de la canopée par le retrait de 30% à 40% des tiges (cahier d'instruction de l'AFM).

Les espèces plantées sont principalement le pin blanc (PIB) et les feuillus nobles comme l'érable à sucre (ERS), le cerisier tardif (CET), le bouleau jaune (BOJ), le chêne rouge (CHR), le chêne à gros fruit (CHG) et les frênes d'Amérique et de Pennsylvanie (regroupés en un seul genre, FRsp) (Tableau 1). D'autres espèces plantées ont été répertoriées comme l'épinette blanche, le mélèze, le bouleau à papier et le noyer noir, mais elles n'ont pas été prises en compte pour le bilan de croissance. En revanche, leur présence est incluse dans le bilan de survie.

La survie a été estimée à partir des densités de plantation (densités d'origine). Le nombre d'arbres total plantés sur la superficie ayant reçue l'enrichissement (Tableau 1) a été obtenu des rapports d'exécution qui nous ont été rendus disponibles par l'Agence Forestière de la Montérégie (AFM). Dans le cas du site Allard, où la plantation d'enrichissement a été réalisée au cours de deux

années consécutives et selon des densités différentes, mais assez proches (1150 et 1300 tiges/ha) sur la même zone, nous avons utilisé une moyenne des deux densités, car il nous était impossible de différencier les arbres selon l'année de plantation. Aussi, la survie par espèce n'a pas pu être calculée car les densités de plantation d'origine étaient difficiles à déterminer puisque les individus de chaque espèce n'étaient pas forcément plantés uniformément sur tout le site, mais plutôt concentrés dans certaines zones. Pour certains sites, nous avons constaté que l'espacement entre les arbres ne correspondait pas à la densité mentionnée au rapport d'exécution. Nous avons alors utilisé les espacements de plantation constatés sur le terrain ou ceux mentionnés dans la base de données de l'AFM, pour définir la densité de départ. Par exemple, pour le site Flamand, nous avons utilisé une densité de 1110 tiges/ha, ce qui correspond à un espacement de plantation de 3 m par 3 m (selon la base de données de l'AFM), alors que la densité de plantation donnée au rapport d'exécution était de 600 tiges/ha. Pour le site Loisselle ayant subi plusieurs interventions d'enrichissement à des années différentes de 2002 à 2005, trois sous parcelles ont été créées, soient Loisselle02, Loisselle03 et Loisselle05. Les densités de plantations diffèrent pour les trois parcelles. Ainsi, un espacement de 3,2 m par 3,2 m pour Loisselle02 et Loisselle03, donnent une densité de 977 tiges à l'hectare, et un espacement de 2,3 m par 2,3 m pour Loisselle05 donnent une densité de 1890 tiges à l'hectare (Base de données AFM). Un regarni en épinette blanche fut réalisé en 2003 sur le site Loisselle, probablement sur la parcelle Loisselle02. De ce fait, les arbres regarnis ont été inclus dans l'estimation de la survie de la parcelle puisqu'il n'a pas été possible de séparer les arbres de 2002 et 2003. Pour le site Courtemanche, aucune donnée de densité n'étant disponible, nous avons défini un espacement de plantation de 2,3 m par 2,3 m (entre 2 et 2,5 m constaté sur le terrain), ce qui donne une densité d'origine de 1890 tiges/ha. Certains sites ont reçu des travaux post-plantation (Tableau 1), comme un dégagement des plants par suppression de la végétation avoisinante de un mètre de hauteur et moins (par exemple, DEG06 correspond à un dégagement en 2006), ou encore l'application de répulsif (DeerAway ®) pour la protection des plants contre les chevreuils.

Échantillonnage et prises de données

Transects

L'échantillonnage des sites a été réalisé le long de transects, répartis systématiquement sur le site. La largeur du transect était de 6 m et son positionnement visait à inclure deux rangées d'arbres. La longueur du transect était généralement de 25 m (sauf pour le site Thibodeau, où les transects mesuraient 50 m, et pour le site Bolduc où 2 transects étaient de 15 m et 2 transects de 25 m). Ces transects ont été orientés de façon à avoir le 0m à l'Est et le 25 m à l'Ouest, sauf dans les cas des plantations par bandes où certains transects sont orientés du Sud vers le Nord, puisque les bandes étaient elles-mêmes orientées ainsi. Le nombre de transect échantillonné dépendait principalement de la superficie du site. Un minimum de quatre transects et un maximum de 12 transects ont été échantillonnés sur les différents sites.

Caractéristiques générales des sites

Trois placettes circulaires d'échantillonnage de 2 m de rayon ont été disposées sur le transect à 6 m, 12,5 m (centre du transect) et 19 m. Pour les transects de 50 m du site Thibodeau, on avait cinq placettes à 5 m, 15 m, 25 m, 35 m, et 45 m; pour le site Bolduc, les trois placettes étaient à 4 m, 7,5 m, et 11 m sur les transects de 15 m. Dans chacune de ces placettes les coordonnées GPS ont été notées.

Les coordonnées géographiques du transect situé au centre du site d'étude sont inscrites dans le Tableau 1. Les caractéristiques édaphiques, la végétation de sous bois et l'ouverture de la canopée ont également été prélevées sur ces placettes circulaires dont voici les détails :

- Composition de la strate du sous bois.

Le recouvrement (%) de la végétation herbacée et arbustive formant la strate du sous bois a été estimé à l'intérieur des trois placettes circulaires disposées sur chaque transect. (Cinq placettes circulaires par transect ont été échantillonnées sur le site Thibodeau). Un recouvrement moyen par site est présenté au Tableau 2. La classe de la végétation (herbacée (H), ronce (R), fougères (F) ou ligneux (L)) dominant la strate du sous bois a été notée pour chaque placette, ainsi que sa hauteur (cm) et sa proportion (%) sur la placette. Le pourcentage de placettes dominées par les différentes classes de végétation ainsi que la hauteur moyenne de la végétation a été estimé pour chaque site (Tableau 2).

- Ouverture de la canopée

Le pourcentage d'ouverture de la canopée fut déterminé dans chaque placette circulaire grâce à un densiomètre (miroir sphérique concave). À chaque point de mesure, deux mesures au densiomètre ont été prises, une au Nord et l'autre au Sud et la moyenne des deux a été réalisée. Dans le cas des plantations par bandes, la moyenne est issue de mesures prises aux quatre points cardinaux. Une estimation du pourcentage d'ouverture de la canopée au dessus de chaque arbre mesuré a été réalisée en pondérant la distance de l'arbre par rapport aux points de mesure d'ouverture de la canopée. Une moyenne du pourcentage d'ouverture par transect a été calculée. La moyenne par site est présentée au Tableau 2. Le pourcentage de lumière disponible a été estimé en utilisant une équation de régression ($\% \text{ lumière} = 0,0174 + (1,047 * \text{ouverture})$; $r^2 = 0,82$) qui permet de convertir des données d'ouverture de canopée prises au densiomètre en pourcentage de lumière disponible.

- Surface terrière.

Sur une largeur de 2 m au Sud du centre longitudinal du transect (ou à l'Est, dans le cas des plantations par bandes), le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) des différentes espèces d'arbres, d'arbustes et de gaulis rencontrées fut noté par classe. Les classes de DHP sont : 1-5 cm; 5-10 cm; 10-15 cm, 15-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm et 40-50 cm. Lorsque le DHP était supérieur à 50 cm, le diamètre exact a été noté. Le centre de classe a été utilisé pour le calcul de la surface terrière. La surface terrière totale (toutes espèces confondues) par site a été calculée en m^2/ha ainsi que la proportion de la surface terrière occupée par les deux principales espèces composant le couvert forestier. Aussi, le diamètre moyen des arbres a été calculé (Tableau 2).

Données sur les arbres plantés

Les arbres plantés et occupant deux rangées contigües ont été dénombrés le long des transects sur une largeur totale de 6 m. L'espèce et sa position le long du transect ont été notées.

- Mesures de croissance.

Pour chaque arbre rencontré, la hauteur totale, la croissance pour la saison 2007 (mesures prises entre juin et septembre), la hauteur à laquelle débute la couronne (hauteur de cime) ainsi que la largeur de la cime ont été notés en cm. La hauteur de la couronne (*hauteur totale - hauteur de cime*) et les rapports *croissance 2007/hauteur totale* et *hauteur de couronne/hauteur totale* ainsi qu'un indice de l'accroissement annuel moyen de chaque arbre (*hauteur/ nb années en plantation*) ont été calculés.

L'accroissement annuel est une variable de croissance correspondant à la hauteur totale divisée par l'âge des arbres plantés. Cette variable intègre la hauteur initiale des arbres au moment de la plantation.

- **Compétition périphérique.**

Le niveau de compétition qu'exerce la strate de sous bois sur chaque arbre planté a été estimée sur une surface de 1 m², ayant pour centre ce même arbre. Cette surface fut divisée en quatre quadrants. Dans chacun des quadrants la classe de végétation dominante a été notée selon qu'elle soit herbacée (H), ligneuse (L), de fougères (F), ou de ronces (R). Les compétiteurs n'atteignant pas la moitié de la hauteur de couronne du plant ou qui dépassaient de plus de 50 cm la cime de l'arbre n'ont pas été considérés. Un indice de compétition pour chaque arbre a été calculé en répertoriant le nombre de quadrants occupés (de 0 à 4). La composition (%) des quadrants en herbacées, ligneux, ronces et fougères de cette compétition directe a été définie pour chaque arbre répertorié. Un indice de compétition moyen ainsi que la proportion de chaque type de compétition (ligneux, herbacées, ronces et fougères) ont aussi été calculé pour chaque site (Tableau 3).

- **Broutage**

La présence (1) ou l'absence (0) de broutage a été notée pour tous les arbres répertoriés. Le pourcentage d'arbres broutés par le chevreuil a aussi été déterminé pour chaque transect et site (Tableau 3).

Analyses de survie

Toutes les espèces d'arbres plantés rencontrés sur un transect ont été incluses dans l'estimation de la survie des sites enrichis par bandes ou par plantation sous couvert. La densité d'arbres plantés observée sur chaque site, a été calculée en rapportant le nombre d'arbres répertoriés sur la surface échantillonnée. Un pourcentage de survie fut créé en rapportant la densité observée sur la densité plantée à l'origine (Tableau 3). Afin d'observer l'impact des différentes variables environnementales (ouverture de canopée, broutage, indice de compétition, proportion des types de compétition ligneux, herbacé, ronce ou encore fougère) sur le taux de survie estimé, une analyse de redondance a été réalisée (Figure 2).

Analyses de croissance

Sept espèces d'arbres ont été retenues pour les analyses de croissance. Il s'agit du pin blanc, du cerisier tardif, du chêne rouge, du chêne à gros fruits, de l'érable à sucre, du bouleau jaune et les frênes d'Amérique et de Pennsylvanie, regroupés en un seul groupe du genre « frêne », car les deux espèces ne sont pas toujours faciles à distinguer au jeune âge et elles ont été parfois plantées sur le même transect. Les résultats de croissance obtenus ont été analysés en fonction des différentes variables environnementales (ouverture de canopée, broutage, indice de compétition, compétitions de type ligneux, herbacé, ronce ou encore fougère) pour chaque espèce de feuillus, pour l'ensemble des feuillus regroupés et pour les pins blancs (Tableau 4). La relation entre ces variables environnementales et les différentes variables de croissance (l'accroissement annuel moyen, l'accroissement en hauteur et la croissance relative pour l'année 2007, ainsi que l'expansion en hauteur et en largeur de la couronne) a été analysée à partir des analyses de redondance effectuées pour chaque espèce et pour l'ensemble des feuillus regroupés (Figures 3 et 4).

Classification hiérarchique des sites

Une comparaison des sites sur la base des résultats de croissance des pins blancs et de ceux de l'ensemble des feuillus a été réalisée à partir de la classification hiérarchique par la méthode de Ward (Figure 5). À partir de cette classification, des groupes de sites présentant différents niveaux de succès sont définis et analysés à l'aide d'analyses qui précisent les facteurs de croissance qui discriminent les groupes de sites (Figure 6).

Tableau 1 : Description des sites.

[Tableau récapitulatif de la localisation (noms des municipalités) et de la position des sites étudiés (coordonnées GPS), le type de plantation effectué ainsi que le conseiller forestier responsable et l'année d'exécution. Les espèces introduites (PIB=pin blanc, CHR= chêne rouge, CHG= chêne à gros fruits, CET=cerisier tardif, ERS= érable à sucre, FRA= frêne d'Amérique, FRP=frêne de Pennsylvanie, BOJ= Bouleau jaune, NON= noyer noir, MEL =mélèze et EPB= épinette blanche) ainsi que la densité de plantation et les possibles traitements pré et post plantation sont aussi répertoriés : DeerAway ® signifie que les arbres plantés ont reçu un traitement contre la prédation (DeerAway ®) après la plantation; DEG 2006 signifie que la plantation a reçu un traitement de dégagement de la strate de sous-bois (végétation de 1m et moins) au cours de l'année 2006]

Sites	Municipalité	Coordonnées GPS		Conseiller forestier	Type de plantation	Traitements pré-plantation	Année de plantation	Traitements post-plantation	Espèces plantées	Densité de plantation (tiges/ha)
		Latitude	Longitude							
Berthiaume	Saint-Théodore d'Acton	45 40.204	72 37.457	Le Groupe Desfor	Par bandes (5 mètres)	Coupe préparatoire	2002	DEG04	PIB, CHR	2200
							2005	/	CHG, PIB	2200
Courtemanche	Saint-Théodore d'Acton	45 40.494	72 28.804	Le Groupe Desfor	Par bandes (2,5 mètres)	Coupe préparatoire	2002	DEG04	EPB, PIB	1890
Lefebvre	Hinchinbrooke	45 00 592	74 08 078	René Dulude, ing. f.	Sous couvert	/	2001	/	PIB	1333
Guevremont	Sutton	45 04.156	72 38.339	Chabot, Pomerleau & Associés	Sous couvert	/	2002	DeerAway®	CET, ERS, PIB, CHR, MEL, EPB	1333
Giomi	Havelock	45 01,025	73 50,244	René Dulude, ing. f.	Sous couvert	/	2003	/	CHR	1000
Guay	Saint-Armand Ouest	45 01 860	72 55 800	Groupement Forestier du Haut-Yamaska Inc.	Sous couvert	/	2003	/	CET, NON, PIB, CHR**	2000
Leblanc	Godmanchester	45 04 845	74 17 242	René Dulude, ing. f.	Sous couvert	/	2003	DeerAway®	BOJ, ERS, CET	1900
Thibodeau	Saint-Valentin	45 08,443	73 20,572	René Dulude, ing. f.	Sous couvert	Coupe préparatoire	2003	/	CHG, PIB, CHR, NON	700
Tremblay	Godmanchester	45 04 713	74 15 193	René Dulude, ing. f.	Sous couvert	Coupe préparatoire	2003	DeerAway®	CET, CHR, BOP, PIB	600
Allard	Saint-Valérien de Milton	45 36.149	72 37.259	Chabot, Pomerleau & Associés	Sous couvert	Coupe préparatoire	2003 2004	DeerAway®	ERS*, CHR, FRP, FRA et BOJ	1225
9034	Roxton Pond	45 30 848	72 35 406	Chabot, Pomerleau & Associés	Enrichissement sous couvert	Coupe préparatoire	2004	/	PIB, CHR, FRA, FRP	1200
Bolduc	Roxton Falls	45 33 398	72 29 639	Groupement Forestier du Haut-Yamaska Inc.	Sous couvert	Coupe préparatoire	2004	DeerAway® 2 applications	CHR, ERS, PIB, BOB*	850
Flamand	Béthanie	45 30 564	72 25 854	Groupement Forestier du Haut-Yamaska Inc.	Sous couvert	Coupe préparatoire	2004	/	CHR, CHG	1110
Messier	Saint-Joachim-de-Shefford	45 26.787	72 34.782	Chabot, Pomerleau & Associés	Sous couvert	Coupe préparatoire	2004	/	CHR, PIB, FRP, BOJ, BOB*, FRA*	1200
Hetu	Saint-Théodore d'Acton	45 40 947	72 33 949	Le Groupe Desfor	Sous couvert	/	2004 2005	/	BOJ, PIB	1000
Pitt	La présentation	45 42.870	73 04.599	Le Groupe Desfor	Sous couvert	Coupe préparatoire	2005	/	CHG, PIB	800
Loiselle 02	Verchère	45 41.906	73 16.075	Le Groupe Desfor	Sous couvert	Coupe préparatoire	2002	DEG05	CHG, CHR, EPB, PIB	977
Loiselle 03							2003			977
Loiselle 05							2005			/

*espèces non répertoriées

Tableau 2 : Surface terrière, diamètre moyen des arbres du sous-bois, ouverture de canopée et végétation compétitrice basse des sites étudiés.

SITES	Surface terrière totale (m ² /ha)	Principales espèces présentes (%)	Diamètre moyen des arbres (cm)	VÉGÉTATION COMPÉTITRICE BASSE			Ouverture de la canopée (%)
				Recouvrement (%)	Hauteur moyenne (cm)	Composition	
Berthiaume (02 et 05)	2.6	Érable rouge 86%, Peuplier à grande dents 5%	5.1	91.3	85.7	Fougères (57%) Ligneux (27%) Herbacées (17%)	37.8
Courtemanche	4.8	Peuplier à grande dents 30%, Peuplier faux-tremble 19%	4.2	72.7	60.6	Ronces (52%) Ligneux (27%) Fougères (18%)	35.5
Lefebvre	10.2	Frêne noir 68%, Malus sp. 8%	6.1	99.2	98.4	Herbacées (58%) Ligneux (25%) Fougères (17%)	34.1
Guevremont	11.7	Érable rouge 29%, Peuplier faux-tremble 23%	10.6	90.0	80.1	Fougères (37%) Herbacées (30%) Ligneux (27%)	18.9
Giomi	16.5	Érable rouge 83%, Cerisier tardif 14%	8.9	67.2	39.5	Ligneux (50%) Fougères (44%)	4.7
Guay	22.1	Pin blanc 47%, Pruche du Canada 34%	16.8	70.3	76.7	Herbacées (50%) Fougères (39%) Ronces (11%)	7.3
Leblanc	13.6	Tilleul d'Amérique 19%, Chêne à gros fruits 19%	8.8	59.3	54.8	Ligneux (93%) Herbacées (7%)	5.7
Thibodeau	18.8	Érable rouge 69%, Bouleau gris 15%	12.1	53.3	34.6	Fougères (36%) Herbacées (33%) Ronces (22%)	8.2
Tremblay	16.4	Thuja occidental 49%, Frêne d'Amérique 33%	8.8	77.5	54.2	Ligneux (67%) Herbacées (17%)	18.6
Allard	19.7	Érable rouge 99%	13.6	77.4	62.0	Fougères (64%) Ronces (28%)	7.7
9034	15.4	Érable rouge 69%, Érable à sucre 15%	10.7	50.5	39.7	Fougères (79%) Herbacées (15%)	10.2
Bolduc	9.1	Bouleau gris 46%, Peuplier faux-tremble 42%	8.4	71.3	56.0	Herbacées (83%) Ronces (17%)	20.4
Flamand	13.2	Peuplier faux-tremble 70%, Bouleau gris 18%	12.0	97.0	88.9	Herbacées (67%) Ligneux (13%) Ronces (13%)	37.0
Messier	10.8	Bouleau gris 40%, Charme de Caroline 13%	4.8	81.6	70.4	Ligneux (45%) Fougères (32%) Herbacées (23%)	17.3
Hetu	11.4	Érable rouge 73%, Peuplier faux-tremble 18%	7.4	86.5	71.6	Ligneux (47%) Fougères (33%) Herbacées (20%)	19.1
Pitt	14.8	Érable rouge 58%, Bouleau gris 17%	8.6	84.1	51.3	Ligneux (52%) Herbacées (48%)	15.3
Loiselle (02 03 et 05)	11.4	Érable rouge 92%, Bouleau gris 8%	10.3	78.9	47.1	Ronces (52%) Ligneux (30%)	9.9
TOUS	13.2		9.2	76.9	63.0		19.9

Résultats et discussion

1. Caractéristiques des sites.

a) Caractéristiques des couverts forestiers

Plus de la moitié des peuplements étudiés sont composés à plus de 50% d'érable rouge. Le site Allard peut être considéré monospécifique puisque le peuplement est composé à 99% de cette espèce (Tableau 2). L'érable rouge tolère bien les milieux perturbés et peut croître dans une variété de conditions édaphiques (Walters et Yawney 1990). Les autres sites sont des peuplements mixtes, composés le plus souvent de bouleaux gris et de peupliers faux-tremble (Tableau 2), comme pour les sites Bolduc (respectivement 46% et 42%) et Flamand (respectivement 18% et 70%). Le bouleau gris pousse souvent sur des sols plus sablonneux alors que le peuplier faux tremble occupe une grande variété de types de sol. Le peuplier à grandes dents, une espèce évoluant dans des sols humides et fertiles, se trouvait sur les deux sites d'enrichissement par bandes, Berthiaume et Courtemanche (Tableau 2). La surface terrière totale pour les 15 sites enrichis sous couvert, variait de 9,1 m²/ha pour le site Bolduc, à 22,1 m²/ha pour le site Guay, et le diamètre moyen des arbres du couvert variait de 4,8 cm pour le site Messier à 16,8 cm pour le site Guay. Les deux sites d'enrichissement par bandes (Berthiaume et Courtemanche) possédaient les surfaces terrières les plus faibles de l'étude (respectivement 2,6 et 4,8 m²/ha). Les arbres résiduels à l'intérieur des bandes avaient des tiges de faibles diamètres, soient 4,2 cm pour Courtemanche et 4,8 cm pour Berthiaume (Tableau 2).

b) Ouverture de la canopée du couvert forestier.

Les sites ayant reçu une plantation sous couvert ont été préalablement préparés dans neuf cas sur 15; les deux sites traités par bandes ont évidemment été ouverts par bande (Tableau 1). Une coupe préparatoire a été effectuée de façon à accroître l'ouverture de la canopée par le retrait de 30% à 40% des tiges (cahier d'instruction de l'AFM). Lorsque les conditions lumineuses étaient jugées adéquates, la coupe préparatoire était omise, comme sur les sites Lefebvre, Guevremont, Giomi, Guay, Leblanc et Thibodeau (Tableau 1). Parmi ces derniers, le site Lefebvre est demeuré ouvert avec un pourcentage d'ouverture de canopée de 34,1% après six années de croissance, tout comme le site Guevremont où ce pourcentage atteint une valeur intermédiaire de 18,5% (Tableau 2). Les pourcentages d'ouverture de la canopée pour les quatre autres sites sans coupe préparatoire sont inférieurs à 10%. Parmi les sites enrichis sous couvert et ayant reçu une coupe préparatoire, les conditions varient de 7,7% (site Allard) à 37% (site Flamand) d'ouverture de canopée, la médiane se situant à 15,3% (Tableau 2). Les pourcentages d'ouverture de la canopée pour les deux sites aménagés par bandes, Berthiaume et Courtemanche, sont parmi les plus élevés avec respectivement 37,8 et 35,5% (Tableau 2).

c) Caractéristiques de la végétation de la strate de sous-bois.

Le pourcentage de recouvrement de la strate de sous-bois est d'au minimum 50% pour l'ensemble des sites (Tableau 2). Aussi, on remarque que les sites les plus lumineux comme Lefebvre ou encore Flamand, ont aussi les pourcentages de recouvrement par la végétation de sous-bois les plus importants (respectivement 99,2% et 97%, voir Tableau 2). Les hauteurs moyennes de cette végétation pour ces sites sont aussi parmi les plus importantes, soient respectivement 98,4cm et 88,9cm (Tableau

2). Les sites 9034 et Thibodeau ont les pourcentages de recouvrement par la végétation de la strate de sous-bois les plus faibles (respectivement 50,5% et 53,3%) et la hauteur moyenne de cette végétation basse pour les deux sites est réduite (respectivement 39,7cm et 34,6cm, voir Tableau 2). Aussi, la végétation de la strate de sous-bois pour ces deux sites est principalement composée de fougères, indiquant un milieu plutôt humide, alors que pour Lefebvre et Flamand (sites très éclairés), les herbacées dominent (Tableau 2). Pour les deux sites aménagés par bandes, le recouvrement de la végétation de la strate de sous-bois est plus important pour le site Berthiaume (02 et 05), que pour le site Courtemanche (02) (respectivement 91,3% et 72,7%) alors que les deux sites ont subi un traitement de dégagement des plants en 2004 (Tableau 1). Aussi, le sous-bois du site Berthiaume (02 et 05) est essentiellement envahi par les fougères (57%), alors que, sur le site Courtemanche (02), les ronces dominent la strate herbacée et arbustive (52%, voir Tableau 2).

d) Compétition à la périphérie des arbres plantés.

Le Tableau 3 présente l'indice de compétition directe (de 0 à 4, voir méthodologie) pour l'ensemble des arbres répertoriés sur chaque site. L'indice moyen pour tous les sites confondus présente une valeur relativement élevée de 2.6 et varie de 1,24 pour le site Loisselle, à 3,8 pour le site Flamand. La faible valeur de compétition directe pour le site Loisselle est probablement due au traitement de dégagement que les plants ont reçu en 2005. L'indice de compétition (Tableau 3) pour les plantations par bandes est parmi les plus élevés (2,97 pour Berthiaume02 et 3,06 pour le site Courtemanche) bien que les deux sites aient subi un dégagement des arbres plantés en 2004 (Tableau 1). La pénétration de la lumière dans les bandes dégagées (Tableau 3) favorise fortement le développement de la végétation compétitrice basse. La composition en ligneux, herbacées, fougères ou ronces de cette compétition varie beaucoup selon les sites. Un fort pourcentage d'ouverture de canopée tend à augmenter la proportion d'espèces herbacées (site Flamand) ainsi que celle des fougères (Berthiaume02 et 05, Courtemanche et Lefebvre, voir Tableau 3), alors que sur les sites plus sombres, la proportion des herbacées diminue (sites Giomi, Leblanc) et celle des fougères se maintient (sites Giomi et Allard, voir Tableau 3). La proportion de la compétition provenant des ronces et des espèces ligneuses est assez variée selon les sites.

e) Broutage des arbres plantés en enrichissement.

Pour l'ensemble des arbres répertoriés sur tous les sites, le taux moyen de plants broutés est de 46,6% (Tableau 3). Ces données demeurent conservatrices puisque le broutage passé peut ne pas avoir été remarqué. L'intensité des dommages causés par les cerfs de Virginie varie beaucoup entre les sites. Le site Loisselle, par exemple, présente un taux très faible de 8,7% et le site Messier est le plus affecté par les cerfs, avec un pourcentage de 97% de plants touchés en 2007 (Tableau 3).

2. Bilan de survie des arbres plantés en enrichissement.

a) Bilan par site.

Les estimations de survie pour chaque site intègrent tous les arbres répertoriés, y compris les arbres appartenant à des espèces qui ne sont pas traitées dans les analyses de la croissance, comme l'épinette ou les feuillus d'espèces peu représentées (voir méthodologie). Il a été impossible de produire une estimation de la survie pour chaque espèce, la proportion de chaque espèce plantée dans

les transects échantillonnés ne pouvant être évaluée que de manière grossière. Pour l'ensemble des sites étudiés le taux de survie estimé (voir méthodologie) est de 63,6% et varie de 21% pour le site Messier à plus de 100% pour le site Loïsele 02 (Tableau 3). La parcelle Loïsele02 présente un résultat probablement biaisé par un regarni possible au cours de l'année 2003 (voir méthodologie), ce qui expliquerait le taux de survie obtenu qui s'est avéré supérieur à 100%. On admet cependant que le taux de survie est supérieur sur ce site. Aussi, la Figure 1 révèle une grande disparité de réussite entre les sites enrichis la même année. L'évolution des moyennes de survie au cours du temps ne démontrent pas de lien clair entre l'année de plantation et le taux de survie estimé. Nous nous attendions à ce que les plus vieux sites présentent des taux de survie inférieurs.

Tableau 3 : Indice et composition de la compétition périphérique, taux de broutage et taux de survie estimés pour chaque site.

SITES	COMPÉTITION PÉRIPHÉRIQUE					Broutage (%)	Taux de survie (%)
	indice	%Ligneux	%Herbacées	%Ronces	% Fougères		
Berthiaume02	2.97	37.40	14.17	0.79	21.75	32.5	91.4
Berthiaume05							24.1
Courtemanche	3.06	18.0	3.6	25.2	29.6	97.7	33.4
Lefebvre	3.61	18.1	40.7	6.0	25.5	44.4	67.5
Guevremont	3.43	35.2	12.1	20.7	17.6	23.0	52.5
Giomi	2.26	24.3	7.4	0.7	24.3	50.0	37.8
Guay	2.75	4.6	25.7	18.0	20.4	72.7	39.5
Leblanc	2.38	50.9	7.1	0.9	0.6	59.1	61.7
Thibodeau	1.21	4.3	6.4	14.9	4.8	78.0	24.9
Tremblay	2.79	39.7	11.2	17.2	1.7	47.8	80.6
Allard	2.11	4.5	3.3	13.6	31.5	71.4	47.6
9034	1.96	4.9	3.3	1.0	38.8	38.2	39.4
Bolduc	2.35	39.9	12.8	5.4	0.7	51.4	96.1
Flamand	3.77	19.1	53.1	10.6	11.3	45.3	76.9
Messier	3.82	4.4	27.2	28.7	35.3	97.0	21.0
Hetu	3.47	34.7	5.5	1.3	45.1	75.2	75.3
Pitt	2.44	48.2	11.6	1.4	0.0	27.8	64.3
Loïsele 02	1.24	18.5	1.7	0.7	10.2	9.6	100*
Loïsele 03							78.5
Loïsele 05							83.8
TOUS	2.60	25.1	12.0	7.8	20.1	48.0	63.6

*résultat anormal (136,4%) rapporté à 100%.

Le fait d'avoir réalisé une coupe préparatoire avant la plantation influence les résultats de survie obtenus (Tableaux 1 et 3). Parmi les sites n'ayant pas reçu de coupe préparatoire à l'installation des plants, seul un site, Lefebvre, a un taux de survie (67,5%) supérieur à la moyenne générale de 63,6%. Tous les autres sites non-préparés (cinq sites) présentent des taux de survie inférieurs à cette moyenne générale. Parmi les sites enrichis sous couvert et ayant reçu une coupe préparatoire (neuf sites, voir Tableau 1), le taux de survie varie de 21% pour le site Messier à 96,1% pour le site Bolduc (100% pour Loïsele02, voir Tableau 3) et cinq des neufs sites présentent un taux de survie supérieur à 64%.

Pour les plantations par bandes, les résultats de survie diffèrent fortement entre les sites avec respectivement 91,4% et 24,1% pour Berthiaume02 et Berthiaume05 et 33,4 % pour Courtemanche (Tableau 3). Les sites Berthiaume02 et Courtemanche, bien qu'enrichis la même année et ayant tous deux subi un dégagement des plants en 2004 (Tableau 1), présentent des taux de survie parmi les plus contrastés. Le site Berthiaume02 est un grand succès sur le plan de la survie des plants, ce qui peut probablement s'expliquer par un impact modéré du broutage (31,5%), une dominance de compétiteurs ligneux et une largeur de bande plus large (Tableau 3). Au contraire, le taux de broutage par les cerfs est très marqué chez Courtemanche (87.5%), où la compétition par les ronces et les fougères domine et où la largeur de bande est plus faible.

Enfin, sur les quatre sites (Tremblay, Leblanc, Guevremont, Bolduc et Allard) ayant reçu un traitement de répulsion des chevreuils après la plantation, deux sites présentent un taux de survie estimé supérieur à la moyenne générale. Il s'agit des sites Tremblay, avec 80,6%, et Bolduc à 96,1% (ce dernier a reçu deux applications de DeerAway® selon la base de données de l'AFM).

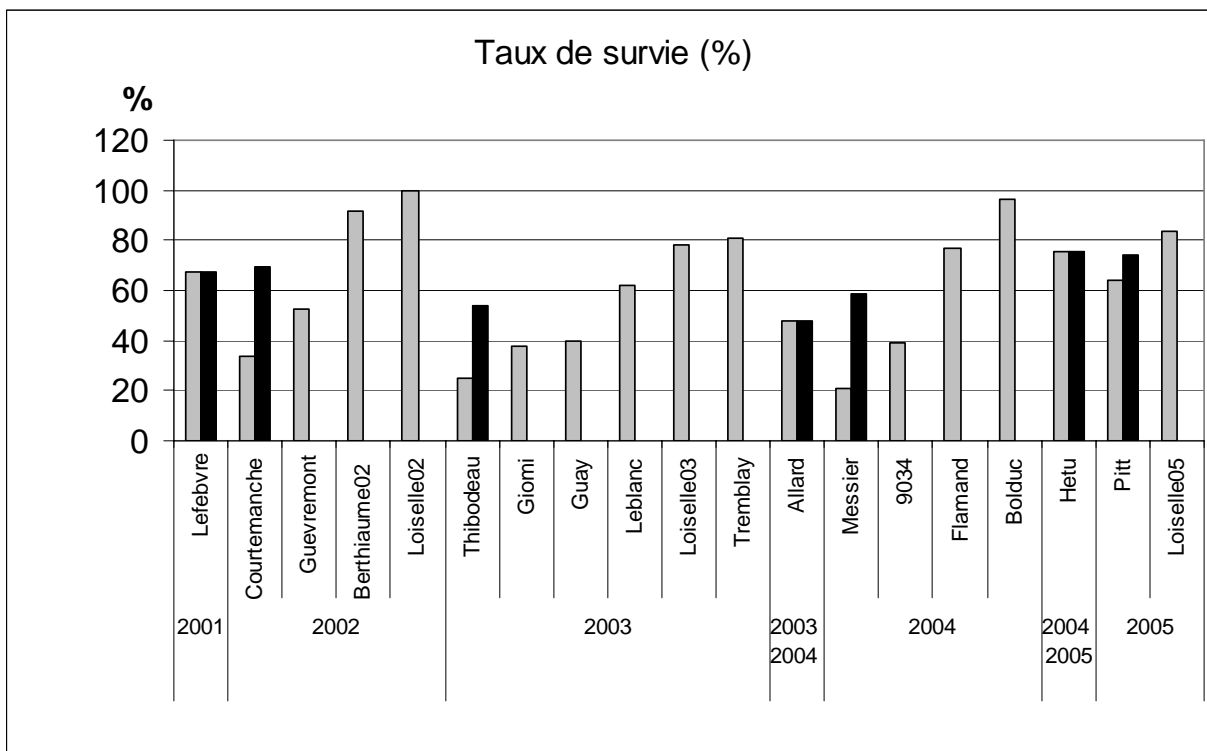


Figure 1 : Pourcentage de survie estimé pour chaque site (barres grises) et en moyenne par année de plantation (barres noires).

b) La survie en fonction des facteurs environnementaux

La bonne survie des arbres plantés sous couvert ou par bandes, est fortement liée à la présence de compétiteurs de type ligneux et à l'absence d'une végétation compétitrice composée de fougères, de plantes herbacées et de ronces (Figure 2). À titre d'exemple, le site Messier, où la proportion de

fougères, d'herbacées et de ronces est plus importante (respectivement 35,3%, 27,2% et 28,7%) que celle des ligneux (4,4%), possède le plus bas des taux de survie, soit 21% (Tableau 3). À l'inverse, sur le site Bolduc, où le taux de survie estimé atteint 96,1%, la proportion de fougères, d'herbacées et de ronces est beaucoup plus faible (respectivement 0,7% 12,8% et 5,4%) que celle des ligneux qui atteint les 40%. Cette association entre la dominance d'une végétation de sous-bois ligneuse à la périphérie des plants et la bonne survie des arbres intègre un ensemble de facteurs qui créent des conditions de survie favorables, dont une faible compétition par les plantes herbacées et les ronces, un taux d'herbivorie réduit, de meilleures conditions de drainage et des conditions de lumière intermédiaires. Le taux de survie élevé de la parcelle Loisselle02, pourrait être le résultat du dégagement de végétation effectué en 2005 qui a permis de maîtriser les compétiteurs. L'intensité du broutage influence négativement le taux de survie des arbres plantés (Figure 2). Enfin, une plus grande ouverture de la canopée améliore modérément les chances de survie des arbres plantés en enrichissement.

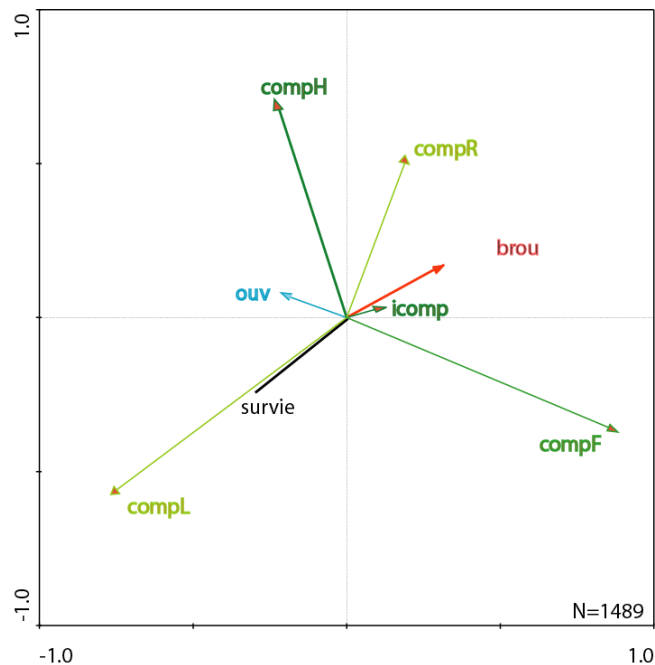


Figure 2 : Analyses de redondance de la survie en fonction des différentes variables environnementales.

[Le vecteur de la survie est en noir. Les vecteurs des variables environnementales sont fléchés et colorés (ouv=ouverture de canopée, brou=broutage, icomp=indice de compétition, compl, compH, compF et compR=compétitions de type ligneux, herbacé, fougère et ronce)].

3. Bilan de croissance des arbres plantés en enrichissement

Les analyses effectuées pour ce bilan de croissance furent réalisées à partir des données recueillis sur les pins blancs et les feuillus sélectionnés, soit les érables à sucre, les cerisiers tardifs, les chênes rouges et les chênes à gros fruits, les bouleaux jaunes et les frênes (les frênes regroupent deux

espèces : les frênes d'Amérique et les frênes de Pennsylvanie, voir méthodologie).

a) Tableau par espèces

Les résultats de certaines variables de croissance (accroissement annuel moyen et croissance 2007) ainsi que les résultats pour les variables environnementales (ouverture de canopée, broutage et compétitions) apparaissent au Tableau 4. On remarque ainsi que les feuillus sont préférés aux pins blancs par les cerfs de Virginie. Aussi, les pins blancs présentent les meilleurs résultats d'accroissement annuel moyen et de croissance pour l'année 2007 parmi toutes les espèces, mais cette espèce est aussi celle qui a bénéficié des taux d'ouverture de la canopée les plus importants. Chez les feuillus, ce sont les chênes à gros fruits et les chênes rouges qui démontrent un accroissement annuel moyen et une pousse annuelle plus élevés. Les deux espèces de chêne sont aussi associées à une ouverture de la canopée plus importante.

Tableau 4 : Résultats des variables d'accroissement annuel moyen et de croissance pour l'année 2007 et des variables environnementales de broutage, d'ouverture de la canopée et de compétitions périphériques pour chaque espèces de feuillus, l'ensemble des feuillus et les pins blancs.

Espèce	Effectif	Croissance 2007 (cm)	Accroissement annuel moyen (cm/an)	Ouverture de canopée (%)	COMPÉTITION PÉRIPHÉRIQUE				Broutage (%)	
					compétition (1à4)	%Ligneux	%Herbacées	%Ronces		%Fougères
BOJ	63	10,4	15,0	8,8	2,6	38,49	6,75	6,35	14,29	65,1
CET	65	10,0	12,7	7,4	2,6	30,38	16,54	10,00	7,31	56,9
CHG	102	11,2	22,1	25,1	3,0	33,58	25,74	5,15	10,54	45,1
CHR	287	15,0	16,6	18,3	2,6	21,78	17,42	9,06	17,68	57,8
ERS	83	4,8	10,0	12,9	2,8	39,46	14,16	9,64	6,93	55,4
FRsp	90	3,4	13,2	6,5	1,8	2,22	0,83	6,11	35,27	54,29
Feuillus	690	10,8	15,7	15,2	2,6	25,43	15,04	8,01	16,34	55,8
PIB	704	24,7	29,6	23,7	2,7	24,79	9,82	7,34	24,61	40,5

* BOJ= bouleau jaune, ERS= érable à sucre, CET= cerisier tardif, CHR= chêne rouge, CHG= chêne à gros fruit, FRsp=frêne d'Amérique et de Pennsylvanie, PIB= pin blanc

b) La croissance en fonction des facteurs environnementaux

Effets de l'ouverture de la canopée sur les autres variables environnementales

Pour l'ensemble des feuillus et des pins blancs, une ouverture de la canopée est généralement associée à une diminution de la compétition de type fougères (Figure 3). Cette relation est également présente dans les résultats d'analyse du chêne rouge, qui compte pour 41% de la totalité des feuillus plantés, et du cerisier tardif (Figure 4). À l'opposé, chez le chêne à gros fruits et le bouleau jaune, une plus grande ouverture de la canopée est liée à une augmentation de la compétition de type fougère (Figure 4). La présence de fougères est souvent associée à un sol humide, où certaines espèces ligneuses ont du mal à s'implanter. Il est courant de planter ces deux espèces dans les zones plus humides des sites à enrichir, car elles sont considérées plus tolérantes à ces conditions.

De plus, pour l'ensemble des feuillus, l'ouverture de canopée tend à augmenter la compétition par les espèces herbacées (Figure 3). Cette relation est appuyée par l'étude des conditions de croissance

de chaque espèce étudiée, mais moins fortement chez l'érable à sucre et le bouleau jaune (Figure 4). Dans le cas des conditions de croissance des pins blancs, l'augmentation de l'ouverture de la canopée est plutôt associée à une augmentation de la compétition de type ronce (Figure 3).

L'intensité du broutage par les cerfs de Virginie est diminuée lorsque l'ouverture de la canopée augmente chez les chênes rouges et les bouleaux jaunes (Figure 4). Ce résultat est également présent dans l'analyse de l'ensemble des espèces de feuillus (Figure 3). Ainsi, une ouverture de canopée plus importante, qui rend probablement les cerfs plus visibles, aurait tendance à les dissuader et à diminuer l'intensité du broutage. Dans le cas des frênes et des cerisiers tardifs étudiés, cette relation entre l'ouverture de la canopée et l'intensité du broutage s'est plutôt avérée positive (Figure 4). Cependant, chez ces espèces, les conditions moyennes d'ouverture de la canopée sont généralement faibles (7%), les cas de plus grandes ouvertures représenteraient donc des conditions relativement fermées. Le broutage du chêne à gros fruits est peu expliqué par les autres variables environnementales (Figure 4). Pour l'érable à sucre et le pin blanc, l'ouverture de la canopée n'a pas été associée à un impact significatif sur l'intensité du broutage (Figure 3 et 4). Ces deux espèces ont été broutées dans l'ensemble des conditions lumineuses étudiées. Notons que le pin blanc a été moins brouté par les chevreuils que la moyenne des feuillus mais il demeure apprécié par le cerf (40,5% de broutage contre 55,8% en moyenne pour l'ensemble des feuillus, voir Tableau 4).

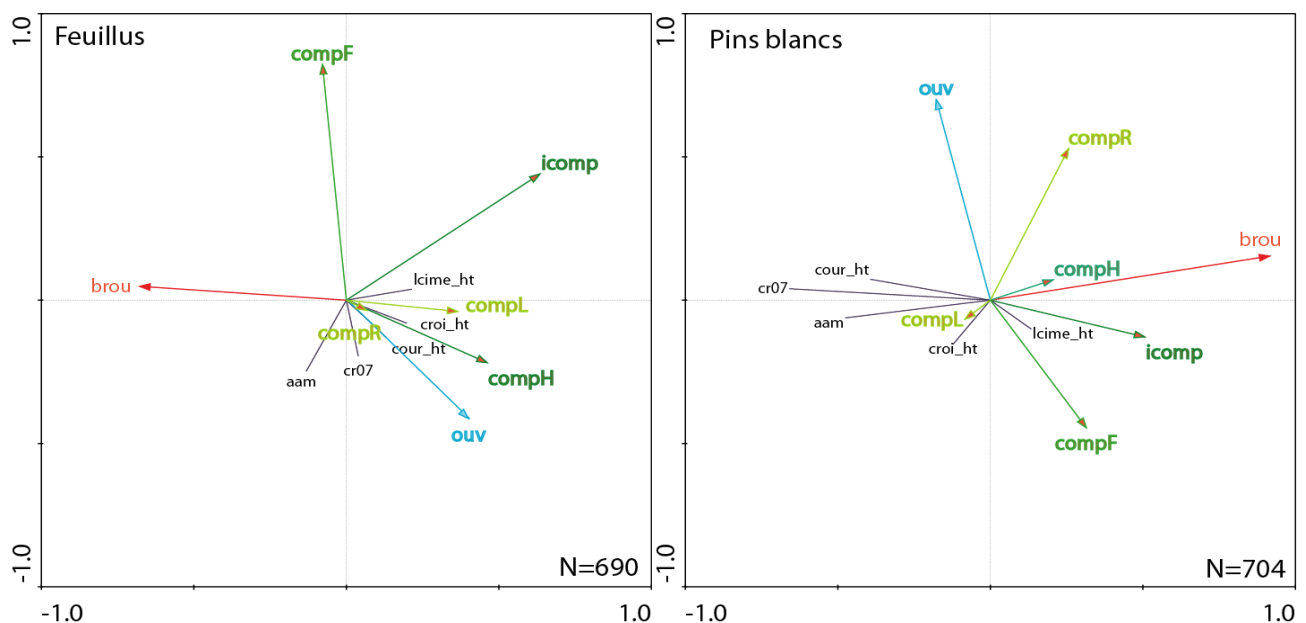


Figure 3 : Analyses de redondance des variables de croissance en fonction des variables environnementales pour l'ensemble des feuillus retenus et pour les pins blancs.

[Les vecteurs des variables de croissance sont en noir (aam=accroissement annuel moyen, cr07=croissance pour l'année 2007, cour_ht=rappor hauteur de couronne sur hauteur totale, croi_ht=rappor croissance 2007 sur hauteur totale et lcime_ht=rappor de la largeur de cime sur la hauteur totale). Les vecteurs des variables environnementales sont fléchés et colorés (ouv=ouverture de canopée, brou=broutage, icomp=indice de compétition, compl, compH, compF et compR=compétitions de type ligneux, herbacé, fougère et ronce)].

Effets des variables environnementales sur l'accroissement annuel moyen et la croissance pour l'année 2007.

Les Figures 3 et 4 nous montrent les relations entre les variables de croissance et les conditions environnementales liées à la compétition (indice et types de compétition), à l'ouverture de canopée et au broutage. On remarque que les résultats sont variés entre les espèces (Figure 4), mais en règle générale, l'accroissement annuel moyen et la croissance pour l'année 2007 sont les deux variables de croissance les mieux expliquées par les variables environnementales (Figures 3 et 4). Aussi, le vecteur de l'accroissement annuel moyen, qui intègre plusieurs années de croissance, est souvent plus long (sauf chez le pin blanc) que celui de la croissance pour l'année 2007. Les variables relatives, celles construites à partir des ratios entre d'une part la hauteur totale et d'autre part la croissance annuelle ou la largeur de cime ou la hauteur de la couronne feuillée, sont moins bien expliquées par les variables environnementales mesurées.

L'ouverture de la canopée, l'intensité du broutage, la compétition de type fougère et l'indice de compétition générale expliquent une proportion importante de la variation des variables de croissance de toutes les espèces de feuillus et des pins blancs. Cependant, leur impact et leur importance sur les différentes variables de croissance varient fortement d'une espèce à l'autre (Figure 4).

Compétition périphérique

Pour l'ensemble des feuillus, et notamment les chênes rouges et les chênes à gros fruits, ainsi que pour les pins blancs, la présence de compétition (indice de compétition) autour des arbres plantés a un effet négatif sur l'accroissement annuel moyen et la croissance pour l'année 2007 (Figures 3 et 4). À l'opposé, la relation négative entre les variables de croissance verticale et la présence de compétition est inexistante pour les érables à sucre et les cerisiers tardifs, car le vecteur de l'indice de compétition est très court (Figure 4). Le bouleau jaune est la seule espèce qui semble avantagée par la présence de compétiteurs périphériques pour sa croissance en hauteur puisque la relation entre les vecteurs d'indice de compétition et ceux d'accroissement annuel moyen et de croissance pour l'année 2007 est positive (Figure 4).

Les fougères sont le type de végétation de compétition ayant le plus d'impact sur les variables de croissance en hauteur de l'ensemble des feuillus et des pins blancs qui sont également influencé par la compétition de type ronces (Figure 3). La présence de fougères diminue fortement l'accroissement annuel moyen et la croissance 2007 des feuillus et des pins blancs. Cet effet négatif est présent dans les analyses individuelles des feuillus (Figure 4). L'analyse particulière des bouleaux jaunes et des cerisiers tardifs révèlent cependant un impact négatif moindre des fougères sur la croissance en hauteur de ces espèces. Pour les bouleaux jaunes la présence de fougères favoriserait l'accroissement annuel moyen alors que l'impact sur la croissance pour l'année 2007 est nul. Chez le cerisier tardif, les fougères semblent avoir peu d'influence sur l'accroissement annuel moyen et la croissance de l'année 2007. L'effet négatif général des fougères est probablement associé à celui des mauvaises conditions de drainage qui prévalent lorsque les fougères sont présentes. L'osmonde cannelle, l'osmonde de Clayton et l'onoclée sensible étaient les espèces de fougère les plus fréquentes. Elles sont caractéristiques des bois humides.

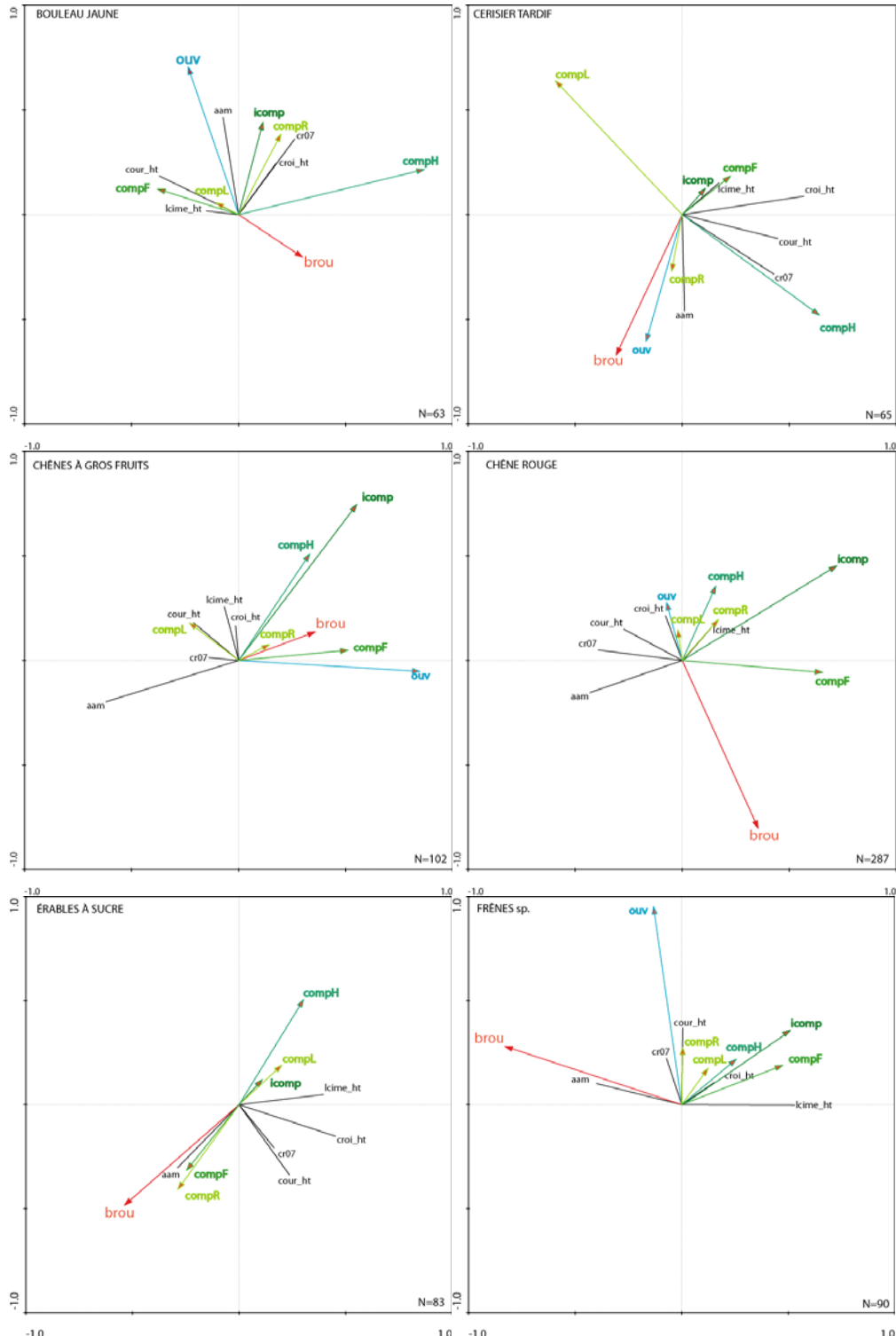


Figure 4 : Analyses de redondance des variables de croissance en fonction des variables environnementales pour chaque espèce de feuillus retenus.

[Les vecteurs des variables de croissance sont en noir (aam=accroissement annuel moyen, cr07=croissance pour l'année 2007, cour_ht=rappor hauteur de couronne sur hauteur totale, croi_ht=rappor croissance 2007 sur hauteur totale et lcime_ht=rappor de la largeur de cime sur la hauteur totale). Les vecteurs des variables environnementales sont fléchés et colorés (ouv=ouverture de canopée, brou=brouillage, icomp=indice de compétition, compl, compH, compF et compR=compétitions de type ligneux, herbacé, fougère et ronce)].

Ouverture de la canopée

Une plus grande ouverture de la canopée a un effet positif sur l'accroissement annuel moyen et sur la croissance en hauteur de l'année 2007 des feuillus, mais cette relation est moins marquée chez les pins blancs (Figure 3). Ces derniers ont été généralement plantés dans des conditions d'ouverture de canopée relativement élevées (23,7%, Tableau 4). Pour les érables à sucre et les frênes, l'impact positif de l'ouverture sur la croissance de l'année 2007 est très marqué alors qu'aucun impact n'a été décelé sur l'accroissement annuel moyen (Figure 4). Les résultats pour les bouleaux jaunes et les cerisiers tardifs montrent que l'ouverture de la canopée a un effet très positif sur l'accroissement annuel moyen, mais nul sur la croissance de l'année 2007 (Figure 4). Pour les chênes rouges, nous avons mesuré une faible importance relative de l'ouverture de la canopée sur les variables de croissance verticale de l'espèce (Figure 4). Comme nous l'avons souligné précédemment, la croissance élevée du chêne rouge a été davantage expliquée par un faible niveau de compétition périphérique et une faible abondance de fougères. Pour les chênes à gros fruits, l'ouverture de la canopée a plutôt tendance à diminuer l'accroissement annuel moyen et la croissance de l'année 2007 (Figure 4). Il faut souligner que l'espèce a bénéficié des plus hauts pourcentages d'ouverture de la canopée (moyenne de 25,1%) répertoriés et qu'elle possède l'accroissement annuel moyen le plus important parmi les feuillus (22,1 cm/an) ainsi qu'une croissance pour l'année 2007 au dessus de la moyenne générale (11,2 cm, voir Tableau 4). Compte tenu de la disponibilité de la ressource lumineuse, les chênes à gros fruits ont été exposés à davantage de compétition. D'ailleurs, l'indice de compétition a révélé un impact négatif important sur l'accroissement annuel moyen et la croissance de l'année 2007 de l'espèce (Figure 4). Par conséquent, il semblerait que les conditions d'ouverture de canopée pour le chêne à gros fruits étaient à ce point élevées que les conditions les plus sombres ont conduit à un accroissement annuel moyen élevé. À l'opposé, les conditions les plus lumineuses ont engendré une augmentation de la compétition générale à la périphérie du plant (indice de compétition) et une réduction de l'accroissement annuel moyen et de la croissance de l'année 2007 du chêne à gros fruits. On remarque que l'indice moyen de compétition pour le chêne à gros fruits est le plus élevé de toutes les espèces étudiées (Tableau 4).

Intensité du broutage

La relation entre le broutage et l'accroissement annuel moyen ainsi que la croissance de l'année 2007 diffère passablement entre les différentes espèces d'arbres plantés. Pour les cerisiers tardifs, les frênes et les érables à sucre, la relation entre l'intensité du broutage et l'accroissement annuel moyen est nettement positive (Figure 4). Une interprétation plausible de ce résultat serait que les arbres avec les accroissements annuels moyens les plus élevés, et donc les arbres les plus hauts, deviennent plus visibles pour les chevreuils ce qui augmenterait leurs chances d'être broutés. Aussi, un broutage effectué plus fréquemment sur les branches latérales n'explique pas la relation positive entre l'intensité du broutage et l'accroissement annuel moyen, mais peut expliquer l'absence d'effets négatifs du broutage sur la croissance en hauteur de ces arbres. En effet, on remarque que l'effet de l'intensité du broutage sur la croissance de l'année 2007 de ces trois espèces (cerisiers tardifs, frênes et érables à sucre) est soit positif soit nul (Figure 4), ce qui correspond à l'hypothèse d'un broutage effectué seulement sur les branches latérales. On peut également supposer que la reprise de croissance après broutage demeure élevée chez ces espèces. En revanche, pour les chênes à gros fruits, les bouleaux jaunes et les pins blancs, la relation entre l'accroissement annuel moyen et l'intensité du broutage est négative (Figures 3 et 4). Dans ce cas, les arbres les plus petits souffriraient davantage des dommages causés par le cerf et les plants broutés resteraient petits. De plus, l'impact du broutage est soit négatif

ou soit nul sur la croissance de l'année 2007 pour ces trois espèces (Figures 3 et 4). Le broutage de l'apex aurait alors un impact direct sur la croissance verticale des arbres plantés.

Effets des variables environnementales sur la morphologie des arbres plantés

Les variables de morphologie des cimes (expansion en hauteur et en largeur de la couronne) et de croissance relative pour l'année 2007 sont négativement liées au broutage pour l'ensemble des feuillus (Figure 3). Cette relation est très marquée dans le cas du chêne rouge et du bouleau jaune (Figure 4). En effet, les dommages causés par les cervidés induisent une diminution de l'envergure de la cime des arbres. Dans une moindre mesure, ces variables de morphologie sont influencées positivement par l'ouverture de la canopée, par la végétation compétitrice herbacée et ligneuse, et très faiblement par les ronces (Figure 3). Nous avons retrouvé ces relations principalement chez les chênes rouges, les bouleaux jaunes, les érables à sucre et les frênes (Figure 4). Dans le cas du pin blanc, sa hauteur de couronne est proportionnelle à sa hauteur totale (Figure 3). Les variables de croissance relative (*croi_ht*) et d'expansion latérale de la couronne (*lcime_ht*) du pin blanc ne sont pas influencées par les variables environnementales. Évidemment les conifères ont une architecture plus régulière que les feuillus.

4. Bilan de succès des sites.

Les analyses de classification hiérarchique par la méthode de Ward (Figure 5) permettent de différencier trois groupes de sites à partir du succès de croissance des feuillus d'une part et des pins blancs d'autre part. Les différences entre les groupes sont expliquées par les analyses discriminantes qui précisent les principales variables de croissance qui diffèrent d'un groupe à l'autre (Figure 6). Les taux de survie des sites n'ont pas été considérés dans l'analyse. Ainsi, le groupe 1 se différencie grâce à des valeurs d'accroissement annuel moyen et de croissance 2007 élevées. Les sites appartenant au groupe 2 se distinguent plutôt par une hauteur de couronne relative à la hauteur du plant plus importante et par un fort accroissement 2007 relatif à la hauteur totale du plant. Enfin, les sites appartenant au groupe 3 sont définis par des résultats de croissance variés et généralement plus faibles (Figure 6).

Le site Loisselle, appartenant au premier groupe, est un succès (particulièrement Loisselle05), à la fois pour les pins blancs et les feuillus. En effet, les valeurs d'accroissement annuel moyen et de croissance 2007 pour les feuillus et les pins blancs sont très élevées sur ce site (Tableau 5). De plus, les taux de survie estimés pour toutes les parcelles du site (Loisselle02, Loisselle03 et Loisselle05) sont parmi les plus élevés, soit respectivement près de 100%, 78,5% et 83,8% (Tableau 3). Sur les autres sites, les résultats sont différents pour les feuillus et les pins blancs à l'intérieur d'un même site (Figures 5). Par exemple, le site Guay appartient au groupe 1 pour les feuillus et au groupe 3 pour les pins blancs. Les résultats sont également très variés entre les deux sites aménagés par bandes. En effet, sur le site Courtemanche (groupe 3) les pins blancs montrent des signes de déficience, alors que sur le site Berthiaume (02 et 05) (groupe 1) ils sont vigoureux. En revanche, les résultats pour les feuillus du site Berthiaume sont plus modestes (groupe 3, voir Figure 5) Les valeurs de survie estimées pour les deux sites (91,4% pour Berthiaume02 et 33,4% pour Courtemanche) confirment aussi cette différence de succès. Le site Berthiaume présente donc des conditions environnementales favorables à la croissance des arbres plantés en enrichissement, mais le très faible taux de survie obtenus pour la plantation de

2005 a probablement pu être induit par une modification de la technique employée ou par des changements de paramètres environnementaux (lumière, compétition, condition hydrique du sol) qui ont influencé les conditions de plantation, mais qui n'ont pas eu d'impacts sur la survie des arbres établis en 2002. D'ailleurs, les arbres plantés en 2005 se trouvent dans un milieu plus lumineux, où l'indice de compétition est élevé et contrairement aux arbres plantés en 2002, ils n'ont pas subi de dégagement deux ans après la plantation.

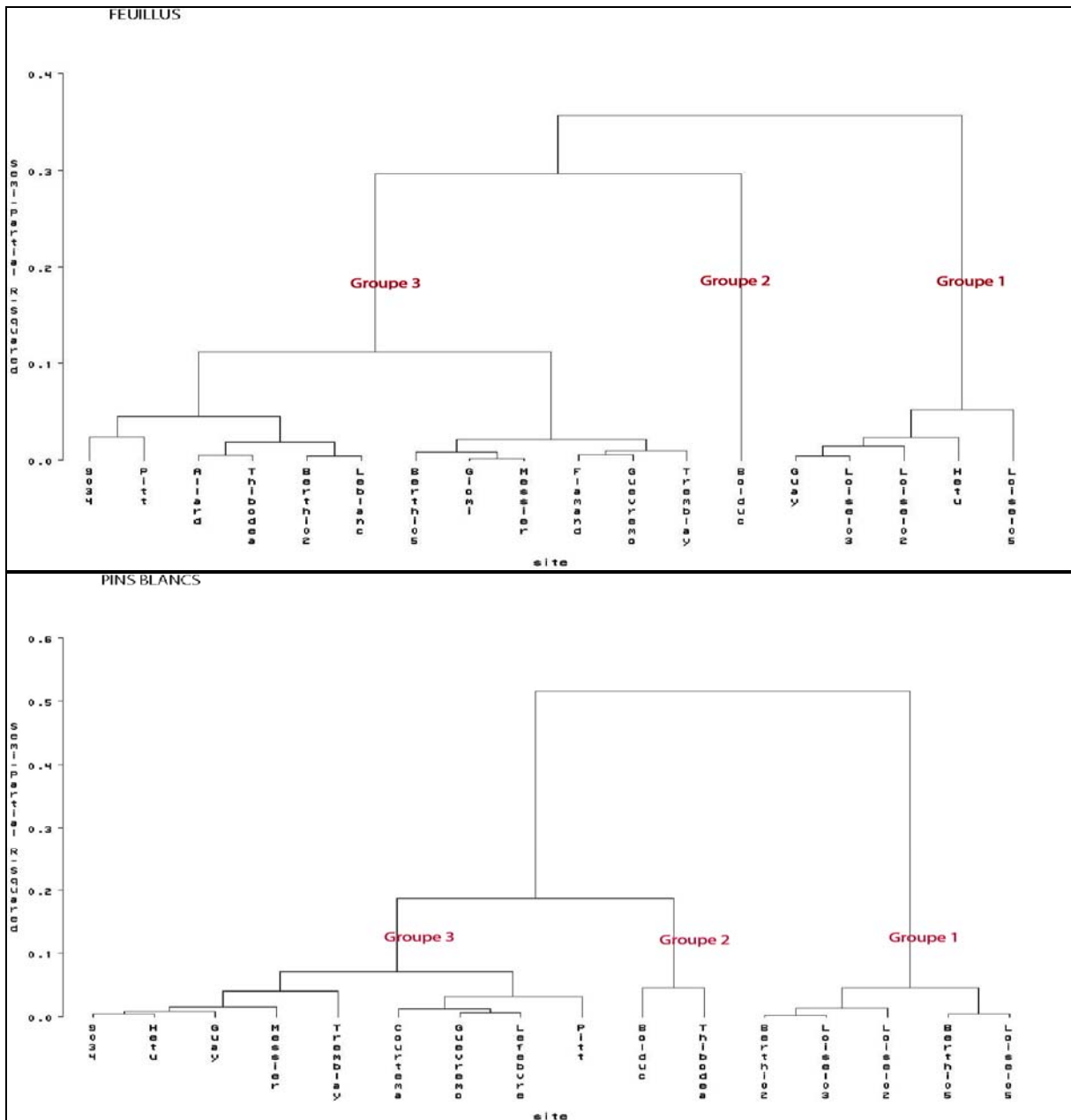


Figure 5 : Analyses de classification hiérarchiques des sites pour l'ensemble des feuillus et les pins blancs. Le groupe 1 représente des valeurs d'accroissement annuel moyen et de croissance 2007 élevées. Le groupe 2 présente une hauteur de couronne relative à la hauteur du plant plus importante et un fort accroissement 2007 relatif à la hauteur totale du plant. Le groupe 3 représente des résultats de croissance variés et généralement plus faibles.

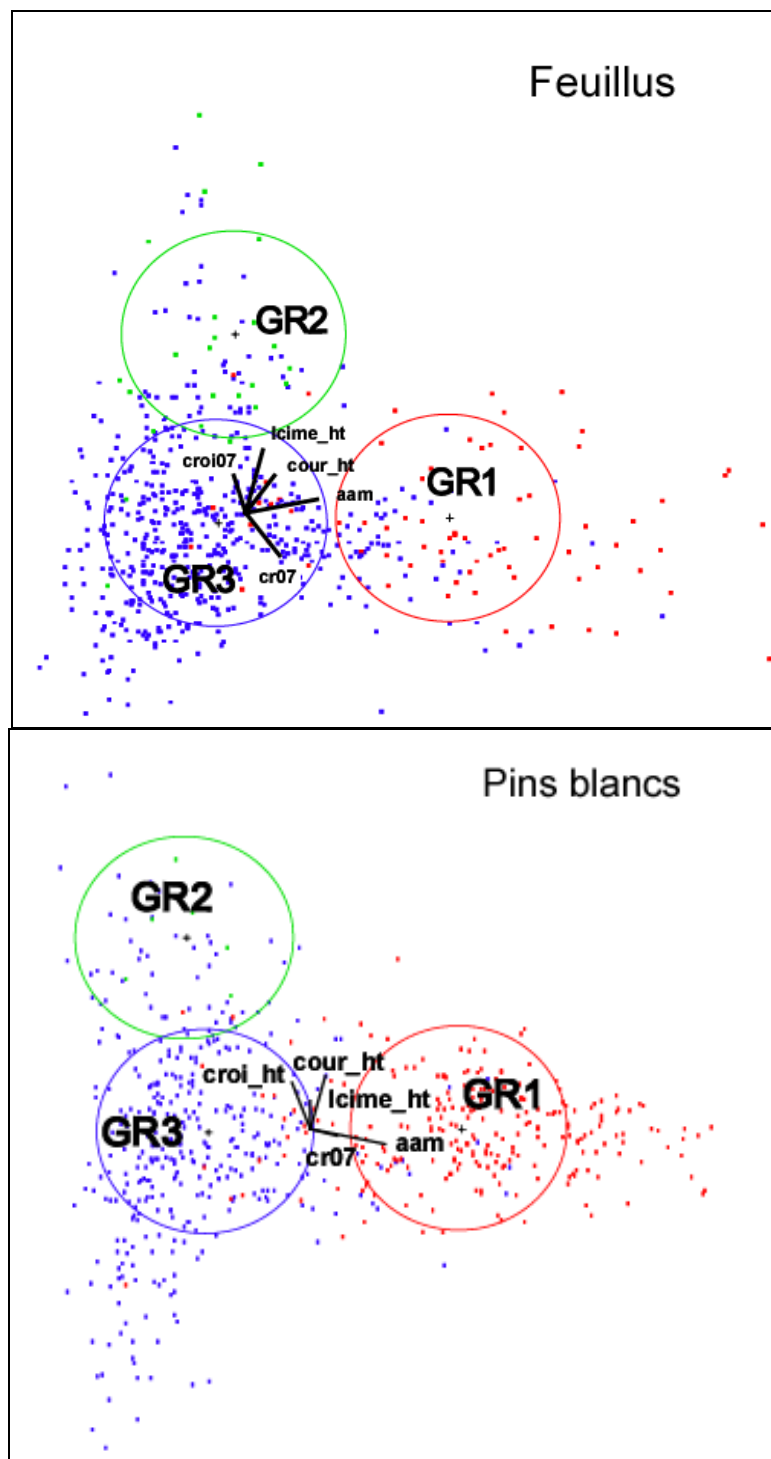


Figure 6 : Analyses discriminantes réalisées à partir des variables de croissance pour les pins blancs et l'ensemble des feuillus. [Les vecteurs des variables de croissance sont en noir, et aam=accroissement annuel moyen, cr07=croissance pour l'année 2007, cour_ht=rappor hauteur de couronne sur hauteur totale, croi_ht=rappor croissance 2007 sur hauteur totale et lcime_ht=rappor de la largeur de cime sur la hauteur totale]. Le groupe 1 représente des valeurs d'accroissement annuel moyen et de croissance 2007 élevées. Le groupe 2 présente une hauteur de couronne relative à la hauteur du plant plus importante et un fort accroissement 2007 relatif à la hauteur totale du plant. Le groupe 3 représente des résultats de croissance variés et généralement plus faibles.

Tableau 5 : Résultats des variables d'accroissement annuel moyen et de croissance pour l'année 2007 et des variables environnementales de broutage, d'ouverture de la canopée et de compétitions périphériques pour les feuillus (F) et les pins blancs (P) de chaque site.

Site	Type d'arbre	Croissance 2007 (cm)	Accroissement annuel moyen (cm/an)	Ouverture de canopée (%)	Indice de compétition directe	Broutage (%)
9034	P	13.5	14.4	17.0	1.9	64.5
	F	2.2	9.6	5.4	2.0	20.0
Hetu	P	14.6	19.9	19.3	3.5	77.3
	F	15.6	23.2	17.5	3.1	62.5
Guay	P	12.6	17.3	6.5	2.7	67.3
	F	21.3	27.9	10.3	2.7	92.9
Messier	P	7.2	13.8	23.0	4.0	90.0
	F	8.6	13.2	14.5	3.7	100.0
Tremblay	P	4.0	7.1	12.7	2.0	100.0
	F	14.2	12.9	11.6	3.1	29.4
Courtemanche	P	10.2	11.3	35.5	3.2	97.7
	F	/	/	/	/	/
Guevremont	P	24.6	20.4	15.5	3.7	3.2
	F	16.2	13.1	12.7	3.4	33.9
Lefebvre	P	22.4	18.0	34.1	3.6	44.4
	F	/	/	/	/	/
Allard	P	/	/	/	/	/
	F	5.6	14.0	7.7	2.1	71.4
Flamand	P	/	/	/	/	/
	F	10.1	14.4	37.0	3.8	45.3
Giomi	P	/	/	/	/	/
	F	9.9	13.9	4.7	2.3	50.0
Pitt	P	9.2	18.5	15.4	2.7	34.2
	F	6.0	29.9	14.8	1.6	7.7
Bolduc	P	17.3	12.1	26.8	1.8	25.0
	F	8.2	9.9	19.6	2.4	54.6
Thibodeau	P	16.3	15.4	4.7	4.0	0.0
	F	11.0	21.2	8.5	1.1	82.1
Berthiaume02	P	44.8	42.5	38.6	2.0	8.1
	F	11.6	12.4	33.6	3.8	75.6
Berthiaume05	P	31.8	62.1	42.3	3.7	10.9
	F	10.7	23.9	33.4	3.9	57.1
Loiselle02	P	33.6	31.4	10.1	0.9	5.7
	F	37.9	31.0	11.1	0.4	24.0
Loiselle03	P	44.4	44.2	11.4	0.5	0.0
	F	29.5	29.9	12.3	0.0	46.2
Loiselle05	P	38.3	56.5	9.1	1.8	0.0
	F	18.2	41.6	10.3	2.6	25.0
Leblanc	P	/	/	/	/	/
	F	5.5	10.7	5.7	2.4	59.1
All	P	24.7	29.6	23.7	2.7	40.5
	F	10.8	15.7	15.2	2.6	55.8

Chapitre 2

Mise en contexte

L'objectif de cette partie de l'étude était d'analyser la phase initiale d'établissement des plants en fonction de la variation de disponibilité de la lumière et de l'intensité de la compétition de sous bois, sous le couvert d'un peuplement de feuillus intolérants. Les arbres plantés sous couvert évoluent dans un environnement où la ressource lumineuse est atténuée à des degrés divers. De plus, les arbres nouvellement plantés ont un système racinaire encore déficient qui limite l'accès aux ressources du sol, ce qui peut être amplifié par la compétition souterraine de la végétation de sous-bois. Nous cherchions à analyser l'effet de ces facteurs alors que les arbres sont au stade de l'établissement suite au choc de transplantation. Au cours des deux premières années d'établissement, le développement des plants de cinq espèces de feuillus a été étudié. Puis, une analyse supplémentaire de la croissance après trois ans a été réalisée.

Méthodologie

Cinq plantations expérimentales ont été mises sur pied au printemps 2005 pour étudier les effets des gradients de lumière et de compétition des peuplements de feuillus intolérants sur la croissance de cinq espèces de feuillus plantés sous couvert. Les sites sont tous situés dans le domaine bioclimatique de l'érablière à caryer dans le sud-ouest du Québec, au nord de l'État de New York et au sud du fleuve St-Laurent. Les sites Grenier 1 et 2 se trouvent dans la Municipalité Régionale de Comté (MRC) d'Acton alors que les autres sites sont tous situés dans la MRC du Haut-St-Laurent. Deux sites ont subi des travaux d'éclaircies l'hiver précédant la plantation et le début de l'échantillonnage. Il s'agit des sites Bourdeau et Laplante qui avaient déjà reçu des travaux d'enrichissement en 1998 et ont subi une éclaircie à l'hiver 2004-2005 pour favoriser la croissance de cette régénération artificielle.

Les cinq peuplements de feuillus intolérants choisis se distinguent par des communautés végétales différentes (Tableau 6) issues de conditions environnementales et historiques propres à chacun des sites. Ils représentent une diversité de peuplements de feuillus intolérants présents en Montérégie. La régénération naturelle en espèces tolérantes et semi-tolérantes d'intérêt économique n'est pas présente en quantité suffisante sur tous les sites choisis.

La plantation a eu lieu au printemps 2005 sur les cinq sites choisis. Environ 700 plants de chênes à gros fruits, de cerisiers tardifs, d'érables à sucre et de noyers noirs et 175 plants de chênes rouges ont été plantés sur les cinq sites, totalisant 2335 plants (Tableau 7). Le chêne rouge a été planté en plus petite proportion parce qu'il était peu disponible au printemps 2005 suite à une faible production de glands en 2004. Tous les plants provenaient de la pépinière de Berthier (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec). Il s'agissait de plants à racines nues de deux ans pour les érables et les chênes (2+0) et d'un an pour les cerisiers et les noyers (1+0). Les arbres ont été plantés en rangées parallèles distantes de trois mètres selon un espacement de trois mètres entre les plants, en évitant les sites de plantation inadéquats, ce qui équivaut à une densité d'environ 900 plants à l'hectare.

Les espèces ont été installées par triplets (trois arbres successifs de chaque espèce sur le rang) distribués aléatoirement. Tous les plants ont reçu au moins trois applications de répulsif au cours des deux premières saisons de croissance (PlantSkydd, Tree World, Sechelt, BC, Canada en 2005 et Deer-Away, IntAgra Inc., Minneapolis, MN, USA en 2006). En 2007, seuls les plants de chez Grenier ont reçu une application de répulsif.

Tableau 6. Résumé des caractéristiques des différents sites choisis

	Grenier	Grenier 2	McNair	Bourdeau	Laplante
Dimension (ha)	1	0,5	0,5	0,25	0,25
Âge	20	26	50	45	45
Surface terrière (m²/ha) *	18,9	16,8	28,3	18,4	14,8
Densité (tiges/ha) *	7456	5075	6375	4250	3300
Hauteur moyenne du peuplement (m)	9,6	12,5	15,7	13,1	13,5
Composition de la strate arborescente	<i>Betula populifolia</i>	<i>Populus tremuloides</i> , <i>Betula populifolia</i>	<i>Populus grandidentata</i> , <i>Acer saccharum</i> , <i>Fraxinus americana</i>	<i>Ostrya virginiana</i> , <i>Betula populifolia</i> , <i>Acer rubrum</i>	<i>Carpinus caroliniana</i> , <i>Ostrya virginiana</i>
Composition de la strate herbacée et arbustive	<i>Spirea latifolia</i> , <i>Onoclea sensibilis</i> , <i>Solidago rugosa</i>	<i>Onoclea sensibilis</i> , <i>Rubus idaeus</i> , <i>Solidago</i> sp.	<i>Zanthoxylum americanum</i> , <i>Cornus alternifolia</i> , <i>Vitis riparia</i>	<i>Rubus idaeus</i> , <i>Rubus alleghaniensis</i> , <i>Fragaria</i> sp.	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> , <i>Vitis riparia</i> , <i>Rubus idaeus</i>
Lumière disponible à 1 m (écart-type)	13% (4,9%)	14% (7,8%)	7% (5,0%)	13% (7,0%)	11% (5,7%)
Type de sol	Loam sableux	Loam sableux	Loam sableux	Loam sableux	Loam sableux
Drainage	Imparfait	Imparfait	Bon	Modéré	Modéré
pH du sol	4,59-5,22	4,62-4,95	7,00-7,36	4,97-5,12	5,32-6,50

* Tous les arbres et arbustes ayant un DHP de plus de 1cm

En juillet 2005, la proportion de lumière à 1 m, à 2 m et à la cime des plants a été mesurée pour un plant par triplet (30% des arbres plantés). Nous avons obtenu une évaluation directe de la lumière diffuse (% rayonnement photosynthétique actif, %RPA) à l'aide de la sonde à fractionnement lumineux BF2 Sunshine Sensor (Δ -T, Burwell, Cambridge, U.K.) branchée à un ordinateur portable (PSION Workabout, Singapore). Une autre sonde, installée dans un endroit ouvert à proximité, a servi de référence. Le pourcentage de lumière disponible a été calculé en divisant la quantité de lumière diffuse perçue par l'appareil sous le peuplement par la quantité de lumière diffuse mesurée à la référence. Paquette et al. (2007) ont démontré que cette technique représente une bonne estimation du pourcentage de densité de flux de lumière photosynthétique moyen journalier. La quantité de lumière disponible a été mesurée à nouveau à 50 cm, à 1 m, et à la cime pour un arbre par triplet en suivant la méthodologie décrite précédemment au cours de la deuxième et la troisième saison de croissance.

Tableau 7. Répartition des plants par sites d'études.

	<i>Prunus serotina</i>	<i>Quercus macrocarpa</i>	<i>Quercus rubra</i>	<i>Acer saccharum</i>	<i>Juglans nigra</i>	Total
Grenier1	239	243	53	240	235	1010
Grenier2	97	100	23	98	95	413
Bourdeau	47	47	15	41	46	196
Laplante	41	47	15	43	50	196
McNair	123	123	30	125	119	520
Total	547	560	136	547	545	2335

La végétation à la périphérie d'un plant par triplet a également été échantillonnée. Sur les mêmes plants sélectionnés pour les mesures de lumière, nous avons effectué une évaluation de la compétition herbacée et arbustive à l'aide de quadrat de 1 m² centré sur un plant. Le recouvrement des herbacées et arbustes, la hauteur moyenne ainsi que le recouvrement et la hauteur des espèces dominantes, ont été ainsi évalués. Selon Wagner et Radosevich (1998), le recouvrement total des herbacées et des arbustes est un bon indice de la compétition influençant la croissance des plants.

Sur le site Grenier, un traitement de répression de la compétition herbacée et arbustive à la périphérie du plant fut intégré au projet dès le début de l'été 2006, c'est-à-dire au début de la deuxième saison de croissance. Des blocs de six arbres (formés de deux triplets) de la même espèce évoluant en conditions de lumière identique ont été délimités à l'intérieur de chacun des six secteurs du site d'étude. Les blocs étaient caractérisés par un niveau de lumière appartenant à l'une des trois classes suivantes selon les mesures obtenues à l'été 2005: entre 5 à 10% de lumière disponible (8,4% ± 1,4%), entre 10 et 15% de lumière disponible (12,7% ± 2,1%) et entre 15 et 25 % de lumière disponible (18,4% ± 3,1%). Les blocs se distinguent donc en termes de lumière et nous assumons que les autres paramètres ou « conditions » sont identiques. Un des deux triplets de chaque bloc, choisi aléatoirement, a reçu un traitement de répression de la végétation compétitrice, l'autre a servi de témoin. Nous avons utilisé une solution (1:5) de glyphosate (Roundup, Monsanto Inc., Montréal, Qc., Canada) pour maîtriser la végétation compétitrice à la périphérie du plant. L'application a été faite directement sur le feuillage à l'aide d'un applicateur-éponge. Une première application de glyphosate a eu lieu au début juin puis une seconde application a été réalisée au début juillet.

Immédiatement après la plantation, le diamètre au sol et la hauteur totale de tous les arbres plantés ont été mesurés. À la fin de chacune des deux saisons de croissance étudiées, ces mesures ont été répétées et la survie des plants a été évaluée. Le diamètre au sol fut toujours mesuré dans l'axe parallèle au rang afin d'assurer une prise de mesure homogène. Des accroissements en hauteur et en diamètre ont été calculés pour chacune des saisons de croissance et pour les deux années de l'étude. Le dommage fait par les cerfs de Virginie a été quantifié à la fin de chaque saison de croissance, pour chaque plant, en utilisant l'échelle semi-quantitative suivante : aucun broutage (0), faible broutage sur les branches latérales (1) et broutage fort sur la pousse terminale et les branches latérales (2). De plus, le recul, induit par le lapin à queue blanche au cours de l'hiver 2005-2006, a été estimé tôt au printemps 2006 en mesurant la longueur de tige perdue (cm).

Avec les données recueillies, des taux de survie par espèces et par sites d'études ainsi que l'accroissement en hauteur pour chaque saison de croissance et pour l'ensemble des trois années d'étude ont été calculés. De plus, la proportion de plants endommagés par le cerf de Virginie et le lapin

à queue blanche a été estimée pour chacun des sites et chacune des espèces étudiées. Des analyses de variance (ANOVA) ont été effectuées pour détecter les effets de la lumière et de la compétition sur les variables de croissance de chacune des cinq espèces d'arbre étudiées sur le site Grenier. Les cinq espèces ont été analysées séparément afin de faciliter l'interprétation de leurs résultats respectifs. Seuls les plants qui n'avaient pas été broutés par le cerf au cours de la deuxième saison de croissance ont été inclus dans ces analyses. Le modèle d'ANOVA comportait les facteurs bloc, lumière (classes 5-10%, 10-15% et 15-25% de lumière disponible à 1 m du sol) et traitement (avec ou sans compétition) ainsi que les interactions entre ces facteurs. Les valeurs de p associées aux facteurs étaient considérées significatives quand elles se trouvaient sous le seuil $\alpha = 0,05$. Les valeurs de p situées entre 0,1 et 0,05 ont aussi été considérées pour l'interprétation des résultats. Le test de comparaison multiple des moyennes de Tukey a été appliqué pour déterminer où se trouvaient les différences significatives. Des transformations par rang ont été effectuées pour les variables qui ne répondaient pas au critère de normalité et d'homogénéité de la variance.

Résultats et discussion

1) La lumière

La quantité de lumière disponible varie d'un site à l'autre et forme des patrons de lumière particuliers sur chacun des sites (Figure 7). Sur la plupart des sites, nous avons mesuré une baisse de l'intensité lumineuse depuis le début des travaux d'enrichissement en 2005. Les sites étant jeunes, les peuplements se densifient avec le vieillissement de la communauté. Le site le moins lumineux est McNair où plus de 75% des arbres plantés reçoivent moins de 10% de lumière disponible à la cime. Il présente une strate arbustive dense de frênes épineux et d'aubépines qui laissent passer peu de lumière à la strate inférieure. Ce peuplement est également le plus âgé de tous les sites étudiés et la lumière disponible a peu varié depuis la plantation. Les autres sites présentent des moyennes de lumière disponible similaires. Avec son couvert composé en quasi-totalité de bouleaux gris, le site Grenier présente des conditions lumineuses homogènes avec peu de stratifications verticales. Le site Bourdeau qui a subi des travaux d'éclaircie à l'hiver précédent la plantation offre des conditions plus lumineuses que les sites Grenier et Laplante. La quantité de lumière disponible est beaucoup plus élevée à deux mètres et à quatre mètres du sol et 20% des arbres plantés reçoivent entre 20 et 33% de lumière à leur cime. Le site Laplante, qui a été éclairci avant la mise en terre des plants, présente des conditions lumineuses semblables au site Grenier².

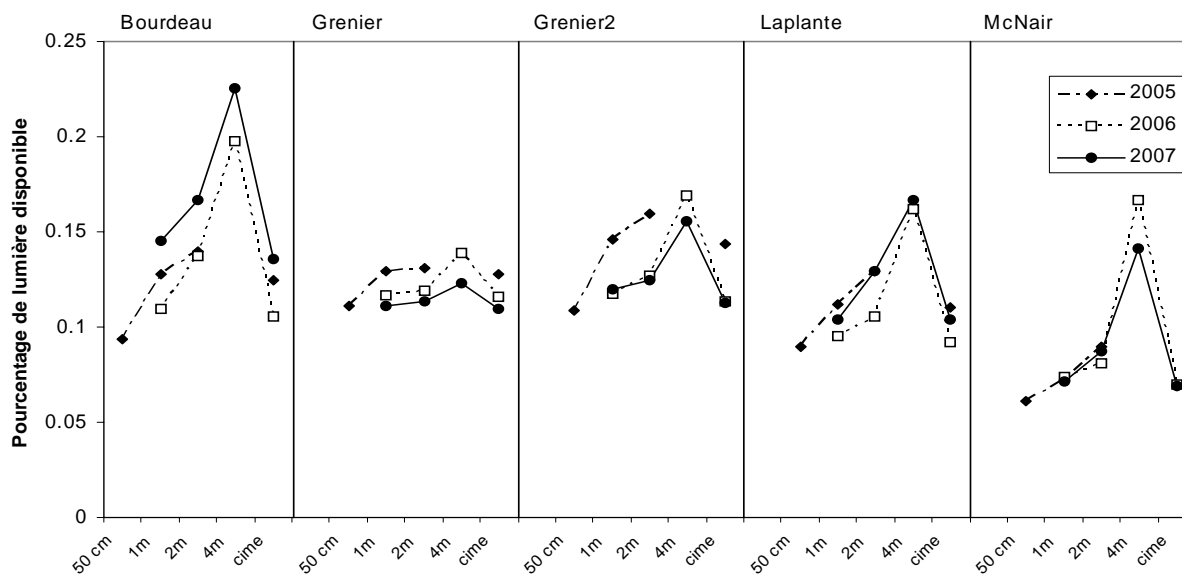


Figure 7. Pourcentage de lumière disponible sur les sites d'études au cours des trois saisons de croissance étudiées.

2) La survie

Après trois saisons de croissance, le taux de survie moyen des plants était de 94,0% (Tableau 8). La survie varie en fonction du site d'étude, avec un taux de survie moyen plus faible (85,4%) chez McNair, le site qui présentait les pourcentages de lumière disponible les plus faibles. Les arbres plantés sur ce site ont également été affectés par une infestation de cochenilles qui a probablement influencé négativement leur survie. Le meilleur taux de survie a été calculé pour les arbres plantés sur le site Laplante, un site qui a reçu des travaux d'éclaircie l'hiver précédent la plantation. Bien qu'ils évoluent dans des conditions lumineuses similaires au site Laplante, les arbres plantés sur le site Grenier2 ont un taux de survie légèrement inférieur à la moyenne. Les conditions édaphiques particulières du site Grenier2 (faible pH, drainage imparfait) ainsi que l'intensité de l'herbivorie par le cerf de Virginie sont peut-être à l'origine de cette différence en termes de survie. La survie varie aussi en fonction de l'espèce plantée. Les taux de survie les plus faibles ont été attribués à l'érable à sucre et au noyer noir alors que les trois autres espèces présentent des taux de survie supérieurs à la moyenne.

Tableau 8: Survie des arbres plantés à la fin de la troisième année.

	Cerisier tardif	Chêne à gros fruits	Chêne rouge	Érable à sucre	Noyer noir	Moyenne
Bourdeau	97,9	95,7	93,3	100	95,7	96,9
Grenier	100	99,6	100	92,5	95,3	97,0
Grenier2	98,7	99	91,3	91,8	85,3	93,7
Laplante	97,6	100	100	97,7	100	99,0
McNair	89,4	87,8	90	84,8	78,2	85,4
Moyenne	97,0	96,6	95,6	91,6	90,3	94,0

3) La croissance

Après trois saisons de croissance, la hauteur finale moyenne des arbres plantés n'est pas toujours supérieure à la hauteur initiale moyenne des plants (Figure 8) présentant un accroissement en hauteur moyen négatif (Figure 9). La hauteur finale et l'accroissement en hauteur des plants varient en fonction de l'espèce plantée et du site de plantation. Le cerisier est la seule espèce qui démontre un accroissement en hauteur positif et une hauteur finale supérieure à la hauteur initiale moyenne sur tous les sites d'étude à l'exception du site McNair où le faible pourcentage de lumière disponible et une infestation de cochenille à l'été 2006 ont affecté négativement la croissance de tous les arbres plantés. Sur les sols acides au drainage imparfait des sites Grenier et Grenier2 où l'herbivorie est un problème important, le cerisier demeure la seule espèce à démontrer des accroissements en hauteur moyens positifs jusqu'en 2007. Le site Grenier présente des résultats intéressants en termes de croissance pour les cinq espèces étudiées pour l'année 2006. Par contre, les dommages répétés causés par les herbivores et la diminution de l'intensité de la protection contre ceux-ci (une application de répulsif en 2007 versus trois applications au cours des années précédentes) ainsi que le maintien de conditions lumineuses relativement faibles ont probablement influencé négativement la croissance observée au cours de la troisième saison de croissance. Les résultats des sites ayant subi des éclaircies avant la plantation sont plus encourageants. Sur le site Laplante, les plants des cinq espèces étudiés montrent des accroissements en hauteur moyens positifs sauf pour l'année 2005. Sur le site Bourdeau, les résultats sont similaires sauf pour le noyer noir, dont les accroissements moyens sont négatifs ou très faibles pour les trois saisons de croissance étudiées.

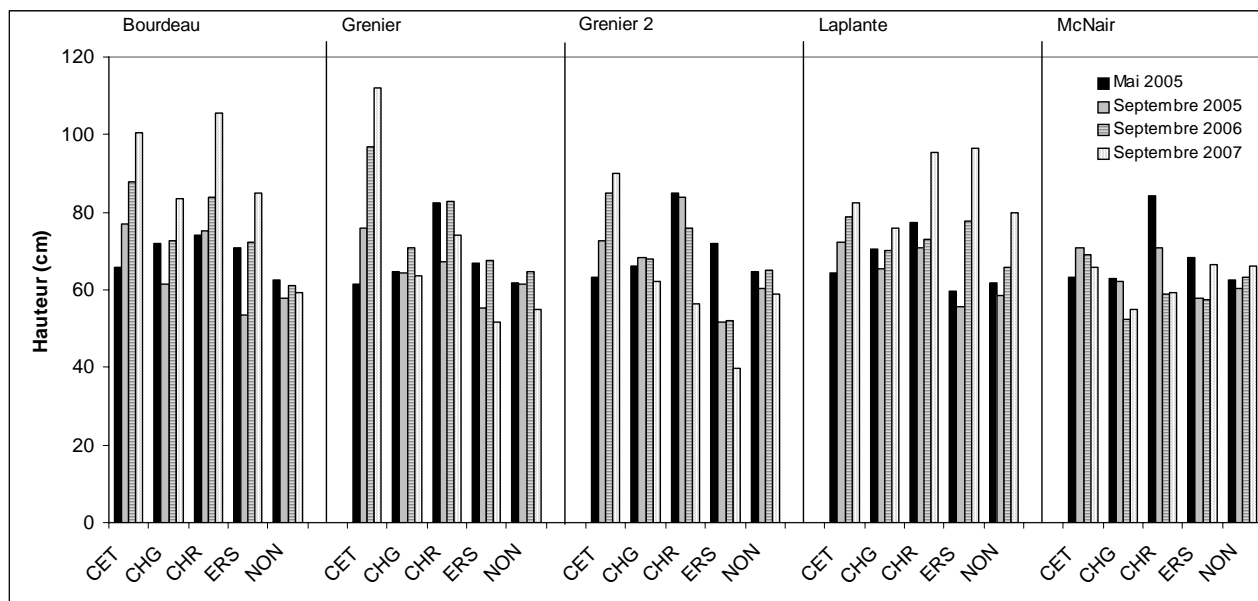


Figure 8 : Hauteur moyenne initiale et finale des cinq espèces d'arbres plantés par site à la fin de chacune des saisons de croissance.

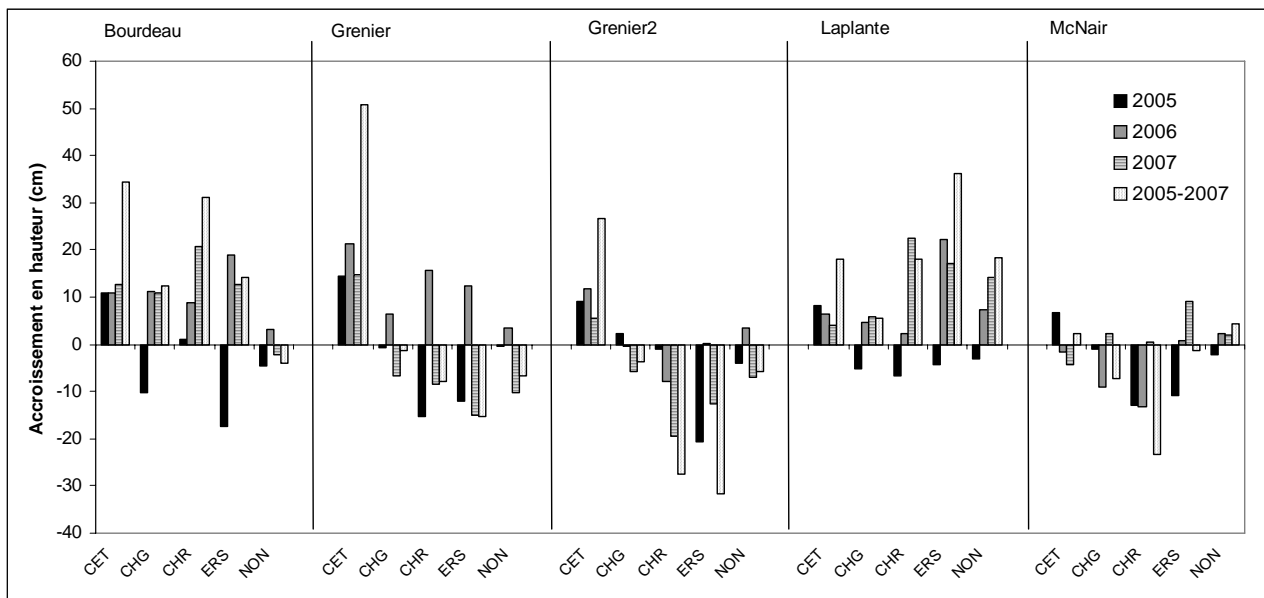


Figure 9 : Accroissement en hauteur des cinq espèces étudiées pour chacune des saisons de croissance et pour la période de trois ans depuis la plantation.

Une étude plus spécifique des conditions de lumière naturelles sur le site Grenier au cours des deux premières saisons de croissance avait signalé que les chênes rouges et les érables à sucre évoluant dans un environnement lumineux (15 à 25% de lumière disponible) montraient une hauteur finale ou un accroissement en hauteur moyen plus importants à la fin de la deuxième saison de croissance que les plants croissant en zones plus sombres (Figure 10). Il est reconnu que chez les plantes et les semis, une augmentation de l'intensité lumineuse entraîne des taux de photosynthèse plus importants et donc, de meilleurs gains en carbone et une croissance plus importante (Bazzaz 1979, Canham 1988, Ellsworth et Reich 1992), mais la croissance en hauteur des arbres nouvellement plantés est souvent faible et limitée parce que les plants ne sont pas adaptés aux conditions environnementales du site de plantation et parce que leur croissance en hauteur dépend préalablement d'une bonne croissance du système racinaire pour capter efficacement les ressources du sol auxquelles ils ont un accès limité (Burdett 1990, Brand 1991, Grossnickle 2005, Watson 2005). Parmi les facteurs qui indiquent qu'un plant s'est remis du choc de transplantation, on reconnaît le retour à un taux de croissance comparable à celui d'un arbre non-transplanté (Gilman et Beeson 1996) et une modification du développement des plants suite à une variation dans les conditions environnementales du site (Rietveld 1989). Chez le chêne rouge et l'érable à sucre, on note que, dès la deuxième saison de croissance, les plants sont bien établis puisque les parties aériennes réagissent aux conditions environnementales du site, plus particulièrement à une augmentation de l'intensité lumineuse.

Cette relation entre la quantité de lumière disponible et la croissance n'a pas été observée pour les accroissements en hauteur moyens de la saison 2007 sur le site Grenier (Figure 10). L'impact répété de l'herbivorie, la diminution de la fréquence d'application de répulsif contre les herbivores ou le maintien de conditions lumineuses sous-optimales ont probablement eu pour effet de limiter la croissance en hauteur des arbres plantés au cours de la dernière saison de croissance. D'ailleurs, les accroissements moyens de quatre des cinq espèces étudiées se sont avérés négatifs pour la saison 2007.

Chez les trois autres espèces étudiées sur le site Grenier, nous aurions pu nous attendre à

observer des différences marquées en accroissement en fonction de l'augmentation de l'intensité lumineuse, notamment avec le cerisier tardif et le noyer noir, deux espèces intolérantes à l'ombre. Il est probable que la quantité de lumière disponible dans la classe la plus élevée (18% en moyenne) ne soit pas suffisante pour maximiser leurs gains en carbone et croître de façon plus importante au stade d'établissement. Dans une étude sur les effets de l'intensité lumineuse sur la croissance de plusieurs espèces de feuillus, Gottschalk (1985) avait observé que la croissance des semis de cerisier était plus importante lorsque la quantité de lumière disponible était supérieure à 20%. Une faible réponse du cerisier à une augmentation de la ressource lumineuse dans une plantation sous couvert de six ans a aussi été observée par Paquette et al. (2006a). Dans une plantation en arbustaie, le noyer noir a obtenu de meilleurs accroissements en hauteur lors d'un dégagement complet de la végétation qui a eu pour effet d'augmenter la quantité de lumière disponible à la cime du plant à 70% (Fournier et al. 2007). Il est donc probable que l'accroissement en hauteur du noyer ait aussi été limité par la faiblesse de l'intensité lumineuse sous le couvert du site d'étude. Le chêne à gros fruits, quant à lui, atteint sa capacité photosynthétique maximale à $400 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Hamerlynck et Knapp 1994) ce qui correspond à environ 25% de lumière dans notre région ($1600 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) (Routhier et Lapointe 2002). Même dans les zones les plus lumineuses de notre site, le chêne à gros fruits n'a probablement pas pu atteindre sa capacité photosynthétique maximale ce qui a limité ses gains en carbone et son accroissement en hauteur. Il est également possible que les résultats de croissance peu différenciés de l'espèce soit liés à sa stratégie d'établissement particulière: le chêne à gros fruits investirait une importante partie de ses ressources en carbone dans le développement d'un système racinaire étendu et profond (Bragg et al. 1993).

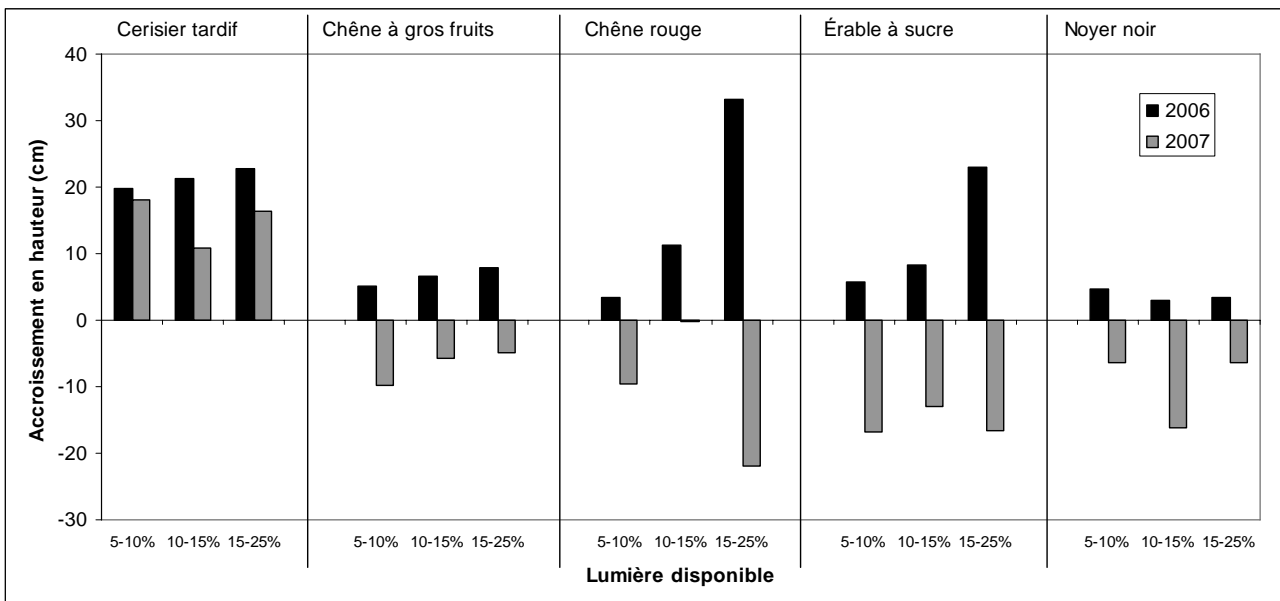


Figure 10 : Accroissement en hauteur en fonction des classes de lumière pour les saisons de croissance 2006 et 2007 sur le site Grenier.

4) L'herbivorie

Depuis la plantation en 2005, nous avons observé des signes de dommages causés par l'herbivorie sur les arbres plantés à chaque saison de croissance. L'herbivorie est un facteur reconnu

pour réduire les succès d'établissement d'une plantation (Gordon et al. 1995, Gillespie et al. 1996). L'intensité des dommages infligés à la régénération naturelle et artificielle varie en fonction de la densité des herbivores, des espèces d'arbre présentes et de l'existence d'autres sources de nourriture (Harmer et Gill 2000, Côté et al. 2004). Les patrons de dommages observés en 2007 sont similaires à ceux observés au cours des deux saisons de croissance précédentes (Tableau 9). Par contre, l'application de répulsif à trois reprises au cours de chacune des deux premières saisons de croissance avaient réussi à limiter la proportion d'arbres endommagés par le cerf de Virginie, mais n'avaient pas empêché l'herbivorie par le lapin à queue blanche. Sur tous les sites, le noyer noir semble très peu affecté par l'herbivorie. Le cerisier tardif, le chêne rouge, le chêne à gros fruits et l'érable à sucre ont tous subi d'importants dommages causés par le cerf de Virginie. Le pourcentage d'arbres touchés varie d'un site à l'autre, avec les deux sites de la MRC d'Acton, Grenier et Grenier2, obtenant les plus fortes proportions d'arbres endommagés par les deux types d'herbivores. Le lapin à queue blanche cause des dommages importants à trois espèces en particulier, le chêne à gros fruits, le chêne rouge et l'érable à sucre. Sur les sites Grenier, ces trois espèces ont perdu en moyenne, plus de 30 cm de tige au cours de l'hiver et du printemps 2007. Sur les autres sites, la proportion d'arbres touchés et la longueur moyenne de tige perdue sont moindres. Le cerisier tardif et le noyer noir sont peu affectés par le lapin à queue blanche.

Tableau 9: Proportion d'arbres endommagés par le cerf de Virginie et le lapin à queue blanche au cours de la saison de croissance 2007.

	Cerisier tardif	Chêne à gros fruits	Chêne rouge	Érable à sucre	Noyer noir
<i>Cerf de Virginie</i>					
Bourdeau	0,11	0,07	0,43	0,29	0,00
Grenier	0,46	0,34	0,43	0,48	0,00
Grenier2	0,55	0,28	0,26	0,17	0,00
Laplante	0,10	0,19	0,13	0,37	0,02
McNair	0,01	0,03	0,00	0,03	0,00
<i>Lapin à queue blanche</i>					
Bourdeau	0,02	0,22 (19)	0,57 (36)	0,37 (27)	0,16
Grenier	0,07	0,61 (33)	0,49 (49)	0,56 (37)	0,04
Grenier2	0,14	0,73 (30)	0,68 (48)	0,63 (32)	0,07
Laplante	0,03	0,38 (17)	0,53 (18)	0,21 (17)	0,12
McNair	0,05	0,31 (14)	0,33 (24)	0,24 (17)	0,04

Pour les espèces fortement endommagées par le lapin à queue blanche, le chiffre entre parenthèses présente la longueur moyenne de tige perdue au cours de la saison de croissance 2007.

Discussion conclusive

L'analyse globale des 17 plantations sous couvert ou par bande installées à travers la Montérégie présente le succès mitigé de la technique d'enrichissement telle que mise en place actuellement. Les bilans de survie et de croissance des arbres plantés sous le couvert de jeunes peuplements forestiers ou par bandes ont permis de définir les sites où la plantation a été un succès ou, au contraire, un échec. En général, les plantations de pins blancs ont obtenu de meilleurs succès en termes de survie et de croissance que les plantations de feuillus. Tant pour les feuillus que pour les pins, les plants ont obtenus une croissance plus importante sur les sites présentant près de 20% d'ouverture au moment où les mesures ont été prises ou possédant un pourcentage d'ouverture plus faible (moins de 10%), mais ayant subi des coupes préparatoires au moment de la plantation. Alors que les conditions de compétition affectent différemment la croissance des espèces de feuillus étudiées, la croissance des pins semblent être favorisée par une faible compétition à la périphérie des plants. Il est important de noter qu'une croissance élevée sur un site n'est pas nécessairement reliée à un taux de survie estimé élevé. Sur plusieurs sites présentant de faibles taux de survie, les plants résiduels démontrent une croissance supérieure à la moyenne. Les sites abordés présentent des conditions de croissance hétérogènes et chaque microsite de plantations offrent des conditions environnementales spécifiques qui influencent le développement des plants.

À l'aide des résultats obtenus, nous pouvons formuler des suggestions qui permettront d'améliorer la technique d'enrichissement en Montérégie. Ainsi, avant la plantation des arbres sous couvert ou par bandes, une étude des caractéristiques générales des sites à enrichir est indispensable puisque les conditions du milieu (lumière, végétation compétitrice et caractéristiques édaphiques) influencent largement le succès des plantations, tant au niveau de la survie des arbres plantés, qu'à celui de leurs performances en termes de croissance.

Le degré d'ouverture de la canopée et la quantité de lumière disponible en sous-bois demeurent des facteurs importants qui influencent la croissance et la survie des espèces plantées. Toutefois, les meilleurs taux de survie et les croissances les plus intéressantes ne correspondent pas forcément aux sites les plus éclairés. Lorsque les conditions d'ouverture de canopée étaient jugées suffisantes sur les sites, aucun aménagement n'a été effectué. Les sites plus ombragés ont, quant à eux, subi une coupe préparatoire qui a certainement favorisé une augmentation de la ressource lumineuse au moment de la plantation, mais qui n'est plus toujours visible actuellement. L'augmentation de la lumière disponible en sous-bois créée par des travaux préparatoires ou des éclaircies tend à disparaître rapidement avec la fermeture de la canopée dans les jeunes peuplements forestiers (Paquette et al. 2006a).

Le bilan global des sites ne nous permet pas de conclure qu'une coupe préparatoire seule garantit nécessairement le succès d'une plantation d'enrichissement en termes de survie ou de croissance. Bien que la plupart des sites non préparés avant la plantation présentent des taux d'ouverture de canopée actuels et des taux de survie estimés plutôt faibles, les résultats de croissance demeurent intéressants sur certains sites. Sur les sites ayant reçu une coupe préparatoire, les résultats d'ouverture de canopée actuels, de survie et de croissance sont très variés.

Les travaux de préparation des plantations par bandes créent des ouvertures importantes dans la canopée qui se maintiennent pendant plusieurs années. Toutefois, seulement une des deux plantations

de ce type présente des résultats intéressants. La largeur et l'orientation des bandes, la compétition et l'herbivorie par le cerf de Virginie pourraient expliquer les différences observées entre les deux sites en termes de survie et de croissance.

Lorsque les conditions lumineuses initiales d'un peuplement sont connues, la croissance en hauteur des plants est favorisée par un pourcentage de lumière disponible plus élevé dès la deuxième saison de croissance pour le chêne rouge et l'érable à sucre. Un pourcentage de lumière plus élevé est associé à une croissance racinaire plus importante chez plusieurs espèces de feuillus, même chez les espèces, dont la croissance des parties aériennes n'est pas influencée par les conditions de lumière du peuplement. La croissance du système racinaire influence directement la survie et la croissance des arbres nouvellement plantés (Grossnickle 2005).

Pour toutes les espèces étudiées, l'ouverture de la canopée n'est pas le seul facteur environnemental garantissant la survie et le bon développement des arbres plantés en enrichissement. En effet, la végétation compétitrice à la périphérie des plants influencent la survie et la croissance des plants. L'analyse globale montre que la présence de fougères diminue les chances de survie et la croissance de plusieurs des espèces plantées. Un recouvrement important de fougères, notamment les osmondes et les onoclées associée à des sols humides possédant un drainage imparfait, pourrait expliquer les résultats de survie et de croissance faibles sur certains sites, comme les sites Messier et 9034.

De plus, l'augmentation du taux d'ouverture de la canopée entraîne aussi une augmentation de l'abondance de la compétition périphérique, dont la présence de ronce sur les plantations de pins blancs et d'herbacées dans le cas des feuillus. Ces différents types de compétition ont des effets négatifs sur la survie et le développement des arbres plantés. Pour les deux sites aménagés par bandes, et malgré la suppression de la strate de sous-bois en 2004, le recouvrement de la végétation et les indices de compétition restent important. D'ailleurs, le développement d'une strate dense de ronces causé par les importantes ouvertures de la canopée du site Courtemanche limiterait possiblement la survie et la croissance des pins blancs sur ce site. Quand les arbres plantés ont une hauteur supérieure à celle de la végétation compétitrice basse les effets négatifs de la compétition sur la croissance et la survie sont moins importants. Ainsi, quand les pourcentages de lumière disponible sont élevés, un dégagement de la végétation compétitrice basse pourrait s'avérer utile au cours des premières saisons de croissance pour garantir une bonne survie et un bon développement des plants. Ce dégagement pourrait cependant faire l'objet d'analyse. Un dégagement qui permettrait de libérer la cime du plant pourrait être préférable à un dégagement total. Plusieurs travaux montrent que le gainage latéral des plants par la végétation périphérique peut être favorable (Balandier et al. 2006).

Les dommages causés par les cerfs de Virginie entraînent eux aussi une diminution des taux de survie et limitent la croissance des pins et des feuillus. L'impact du broutage sur la croissance varie en fonction de l'espèce considérée. Le broutage répété de l'apex des plants a un impact direct sur la survie et le développement des arbres plantés. Ainsi, une protection des plants contre les dommages créés par les cerfs pourrait s'avérer très utile après la plantation pour assurer la survie et le développement des arbres. Cependant, une application unique de DeerAway® n'a pas mené à des résultats satisfaisants sur les sites concernés. Une application régulière de répulsif ou une protection physique contre les cerfs semblent alors nécessaires, du moins jusqu'à ce que les arbres atteignent une certaine hauteur.

Les taux de survie pour chaque espèce auraient été un outil utile pour pouvoir comparer le succès en termes de survie des différentes espèces, cependant ces taux n'ont pas pu être calculés. Les différents résultats en termes de croissance permettent tout de même de constater que le pin blanc est l'espèce qui s'est, en général, la mieux développée et qui a aussi bénéficié des taux d'ouverture de canopée les plus importants. Le chêne rouge est l'espèce de feuillu qui obtient les meilleurs résultats de croissance sur les sites étudiés. En Montérégie, l'espèce a été plantée majoritairement dans des zones lumineuses, ce qui semble lui avoir été profitable. Le chêne à gros fruits, quant à lui, est souvent planté dans les zones les plus humides des sites. Une attention particulière à la compétition périphérique de cette espèce, notamment celles de type herbacé et fougère, devrait conduire à de meilleurs résultats de croissance. Les cerisiers tardifs, intolérants à l'ombre, et les bouleaux jaunes, de tolérance intermédiaire à l'ombre, ne bénéficient pas actuellement de taux d'ouverture importants. Les deux espèces possèdent également des taux de broutage supérieurs à la moyenne. Un pourcentage de lumière disponible plus important ainsi qu'une protection contre les cerfs devrait améliorer les résultats de croissance de ces deux espèces de feuillus. Les frênes plantés en Montérégie évoluent présentement dans des zones très sombres et présentent des résultats de croissance verticale plutôt faibles. Des conditions de sous-bois plus lumineuses semblent nécessaires à la croissance des frênes. Dans le cas des érables à sucre, les résultats des variables de croissance verticale sont parmi les plus faibles. L'espèce est reconnue pour être très tolérante à l'ombre et, en conditions de faible luminosité, elle favorise un étalement latéral de sa couronne (Canham 1988, Messier et Nikinmaa 2000) Les résultats (non rapportés ici) de la proportion de la largeur de cime sur la hauteur totale des plants, montrent que l'érable possède l'expansion latérale la plus importante de toutes les espèces étudiées. Cependant, de meilleures conditions de lumière sont nécessaires à la bonne croissance verticale des érables à sucre.

Malgré le succès mitigé, il est nécessaire de poursuivre nos études sur l'enrichissement par la plantation sous couvert. La technique est prometteuse puisqu'elle permet de réhabiliter des peuplements dégradés par la plantation d'espèces natives ayant une valeur commerciale importante sans avoir trop d'impacts sur le paysage forestier de la région. Une meilleure connaissance de l'écophysiologie des espèces plantées nous permettra de mieux choisir les espèces à planter en fonction des conditions environnementales du site. Les impacts importants de l'herbivorie sur la croissance et la survie à long terme des plants devraient nous inciter à développer et adopter des systèmes de protection efficace contre cet herbivore. Il importe également de s'interroger sur la manière la plus efficace de limiter les effets négatifs de la végétation compétitrice de sous-bois en périphérie des plants en fonction des ouvertures créées afin d'améliorer le bilan de survie et de croissance des arbres plantés sous couvert ou par bandes. Libérer la cime d'arbres protégés de l'herbivorie, évoluant dans un environnement de 25-50% d'ouverture de canopée et sur un sol au drainage modéré, nous apparaît être parmi les solutions importantes pour élever et stabiliser le succès de l'enrichissement sous couvert.

Remerciements

Nous tenons à remercier les propriétaires de tous les sites d'étude qui nous ont accordé l'accès aux plantations. Merci également à Mme Claudine Lajeunesse et M. Jean-François Pépin de l'Agence forestière de la Montérégie qui ont contribué à rendre disponible les informations de base et qui ont participé activement aux discussions de démarrage du projet. Le projet n'aurait pu être réalisé sans l'appui du Programme de Mise en valeur des ressources du milieu forestier – Volet II de la Montérégie et nous remercions M. Marc-André Rhéaume pour le suivi qu'il a accordé au bon déroulement de l'activité.

Références

- Abazid, C., et O. T. Coomes. 2004. Use and forest following dynamics in seasonally dry tropical forests of the southern Yucatán Peninsula, Mexico. *Land Use Policy* **21**:71-74.
- Balandier, P., C. Collet, J. H. Miller, P. E. Reynolds, et S. M. Zedaker. 2006. Designing forest vegetation management strategies based on the mechanisms and dynamics of crop tree competition by neighbouring vegetation. *Forestry* **79**(1):3-27.
- Bazzaz, F. A. 1979. The physiological ecology of plant succession. *Annual Review of Ecological Systematics* **10**:351-371.
- Bragg, W. K., A. K. Knapp, et J. M. Briggs. 1993. Comparative water relations of seedling and adult *Quercus* species during gallery forest expansion in tallgrass prairie. *Forest Ecology & Management* **56**(1-4):29-41.
- Brand, D. G. 1991. The establishment of boreal and sub-boreal conifer plantations - an integrated analysis of environmental-conditions and seedling growth. *Forest Science* **37**(1):68-100.
- Buckley, D. S., T. L. Sharik, et J. G. Isebrands. 1998. Regeneration of northern red oak: positive and negative effects of competitor removal. *Ecology* **79**(1):65-78.
- Burdett, A. N. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Canadian Journal of Forest Research* **20**(4):415-427.
- Canham, C. D. 1988. Growth and canopy architecture of shade tolerant trees: response to canopy gaps. *Ecology* **69**(3):786-795.
- Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise. 2004. Rapport : Commission d'étude scientifique, technique, publique et indépendante, chargée d'examiner la gestion des forêts du domaine de l'État. Québec.307 pages.
- Côté, S. D., T. P. Rooney, J. P. Tremblay, C. Dussault, et D. M. Waller. 2004. Ecological impacts of deer overabundance. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* **35**:113-147.
- Ellsworth, D. S., et P. B. Reich. 1992. Leaf mass per area, nitrogen-content and photosynthetic carbon gain in *Acer saccharum* seedlings in contrasting forest light environments. *Functional Ecology* **6**(4):423-435.
- Fournier, A., A. Bouchard, et A. Cogliastro. 2007. Artificial regeneration of hardwoods in early successional shrub communities using two clearing intensities and herbicide application. *Northern Journal of Applied Forestry* **24**(3):184-191.
- Gillespie, A. R., R. Rathfon, et R. K. Myers. 1996. Rehabilitating a young northern red oak planting with tree shelters. *Northern Journal of Applied Forestry* **13**:24-29.
- Gilman, E. F., et R. C. Beeson. 1996. Nursery production method affects root growth. *Journal of Environmental Horticulture* **14**:88-91.
- Gordon, A. M., J. A. Simpson, et P. A. Williams. 1995. Six-year response of red oak seedlings planted under a shelterwood in central Ontario. *Canadian Journal of Forest Research* **25**:603-613.
- Gottschalk, K. W. 1985. Effects of shading on growth and development of red oak, black oak, black cherry, and red maple seedlings. 1. Height, diameter, and root/shoot ratio. Pages 189-195 in J. O. Dawson et K. A. Majerus, editors. Proceedings of the 5th Central Hardwood Forest Conference.
- Grossnickle, S. C. 2005. Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forests* **30**(2-3):273-294.
- Hamerlynck, E., et A. K. Knapp. 1994. Stomatal responses to variable sunlight in bur oak (*Quercus macrocarpa* Michx.) leaves with different photosynthetic capacities. *International Journal of*

Plant Sciences **155**(5):583-587.

- Harmer, R., et R. Gill. 2000. Natural regeneration in broadleaved woodlands: deer browsing and the establishment of advance regeneration. Forestry Commission, Edinburgh. 1-6 pages.
- Harmer, R., G. Kerr, et R. Boswell. 1997. Characteristics of lowland broadleaved woodland being restocked by natural regeneration. *For.* **70**(3):199-210.
- Kozlowski, T. T. 2002. Physiological ecology of natural regeneration of harvested and disturbed forest stands: implications for forest management. *Can. J. For. Res.* **158**(1-3):195-221.
- Langvall, O., et G. Orlander. 2001. Effects of pine shelterwoods on microclimate and frost damage to Norway spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* **31**(1):155-164.
- Lee, D. K., et J. Sayer. 2004. Preface : Restoration and Research on Degraded Forest Ecosystems. *For. Ecol. Manag.* **201**(1):1.
- Messier, C., et E. Nikinmaa. 2000. Effects of light availability and sapling size on the growth, biomass allocation, and crown morphology of understory sugar maple, yellow birch, and beech. *Ecoscience* **7**(3):345-356.
- Mitchell, A. K., B. G. Dunsworth, J. T. Arnott, R. Koppelaar, R. Benton, G. Goodmanson, T. Bown, et J. Sandford. 2004. Growth limitation of planted conifers regenerating under Montane Alternative Silviculture Systems (MASS): Seven-year results. *The Forestry Chronicle* **80**(2):241-250.
- Paquette, A., A. Bouchard, et A. Cogliastro. 2006a. Successful under-planting of red oak and black cherry in early successional deciduous shelterwoods of North America. *Annals of Forest Science* **63**(8):823-831.
- Paquette, A., A. Bouchard, et A. Cogliastro. 2006b. Survival and growth of under-planted trees: A meta-analysis across four biomes. *Ecological Applications* **16**:1575-1589.
- Paquette, A., A. Bouchard, et A. Cogliastro. 2007. A less restrictive technique for the estimation of understory light under variable weather conditions. *Forest Ecology and Management* **242**(2-3):800-804.
- Pommerening, A., et S. T. Murphy. 2004. A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry* **77**(1):27-44.
- Rietveld, W. J. 1989. Transplanting stress in bareroot conifer seedlings: its development and progression to establishment. *Northern Journal of Applied Forestry* **6**:99-107.
- Routhier, M. C., et L. Lapointe. 2002. Impact of tree leaf phenology on growth rates and reproduction in the spring flowering species *Trillium erectum* (Liliaceae). *American Journal of Botany* **89**(2):500-505.
- Smidt, M. F., et K. J. Puettmann. 1998. Overstory and understory competition affect underplanted eastern white pine. *Forest Ecology and Management* **105**(1-3):137-150.
- Tappeneir, J. C., D. Lavender, J. Walstad, R. O. Curtis, et D. S. DeBell. 1997. Silvicultural Systems and Regeneration Methods: Current Practices and New Alternatives. in K. A. Kohm et J. F. Franklin, editors. *Creating Forestry for the 21st Century, The Science of Ecosystem Management*. Island Press, Washington, DC.
- Truax, B., F. Lambert, et D. Gagnon. 2000. Herbicide-free plantations of oaks and ashes along a gradient of open to forested mesic environments. *Forest Ecology and Management* **137**:155-159.
- Wagner, R. G., et S. R. Radosevich. 1998. Neighborhood approach for quantifying interspecific competition in coastal Oregon forests. *Ecological Applications* **8**(3):779-794.
- Walters, R. S., et H. W. Yawney. 1990. *Acer rubrum* L. Red maple. Pages 60-69 in R. M. Burns et B.

- H. Honkala, editors. *Silvics of North America*. US Dept. of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.60-69.
- Watson, W. T. 2005. Influence of tree size on transplant establishment and growth. *Hortechology* **15**(1):118-122.

ANNEXE 1

Tableau 10 : Résultats de plusieurs variables de croissance, pourcentage d'ouverture de la canopée et indice de compétition pour chaque espèce de feuillus sur chaque site étudié.

Haut=hauteur totale, cr07=croissance de l'année 2007, hcour=hauteur de la couronne, lcime=largeur de la couronne, cour/haut=proportion en hauteur occupée par la couronne, lcime/haut=proportion en largeur occupée par la couronne, aam=accroissement annuel moyen, ouv=%ouverture de canopée et icomp=indice de compétition. Parmi les différentes espèces (esp) : CHR=chêne rouge, CHG=chêne à gros fruits, CET=cerisier tardif, ERS= érable à sucre, BOJ= Bouleau jaune, FRA= frêne d'Amérique, FRP=frêne de Pennsylvanie et FR?=frêne non identifié.

site	esp	haut	cr07	hcour	lcime	cr07/haut	cour/haut	lcime/haut	aam	ouv	icomp
9034	CHR	18,90	3,15	6,40	14,50	18,06	30,93	86,67	6,30	7,39	3,20
	FR?	28,00	0,75	3,00	19,00	4,17	11,90	73,81	9,33	6,84	0,00
	FRA	31,27	2,12	6,43	21,90	8,52	18,75	78,70	10,42	4,56	1,77
	FRP	37,00	0,83	9,67	23,67	2,27	28,33	61,04	12,33	6,55	2,00
	All	28,76	2,20	6,49	20,24	10,03	21,79	79,08	9,59	5,42	2,02
Allard	BOJ	45,08	8,28	25,53	22,15	21,45	57,09	51,13	12,88	5,02	2,00
	CET	39,00	1,80	21,00	18,20	5,22	54,99	46,62	11,14	12,41	3,80
	CHR	46,69	7,13	13,08	30,42	19,44	26,67	80,02	13,34	9,61	2,54
	FR?	63,00	7,00	7,00	4,30	11,11	11,11	6,83	18,00	6,16	0,00
	FRA	50,00	4,48	14,11	28,50	10,65	26,80	58,78	14,29	8,21	2,11
	FRP	55,04	3,98	11,00	25,24	7,16	21,20	47,47	15,73	6,50	1,52
All	49,04	5,64	15,55	26,27	13,80	32,40	58,82	14,01	7,72	2,11	
Berthi02	CHG	60,38	9,46	25,67	36,71	15,61	40,33	65,76	12,08	30,47	3,88
	CHR	62,98	12,43	28,62	39,76	19,26	43,36	68,85	12,60	34,89	3,76
	All	62,22	11,56	27,76	38,87	18,19	42,47	67,95	12,44	33,60	3,79
Berthi05	CHG	49,50	6,75	14,00	36,25	12,52	26,01	75,22	24,75	38,17	3,75
	CHR	45,67	16,00	28,67	41,00	34,64	62,39	92,44	22,83	26,98	4,00
	All	47,86	10,71	20,29	38,29	22,00	41,60	82,60	23,93	33,37	3,86
Bolduc	CHR	40,87	9,80	24,20	40,40	29,40	61,09	105,92	13,62	12,94	2,67
	ERS	20,39	6,86	11,56	24,06	38,62	58,79	143,61	6,80	25,09	2,22
	All	29,70	8,20	17,30	31,48	34,43	59,84	126,48	9,90	19,57	2,42
Flamand	CHG	45,35	9,94	18,47	30,44	22,56	41,52	74,15	15,12	35,56	3,71
	CHR	40,63	10,33	18,43	27,23	29,73	48,09	77,48	13,54	38,65	3,83
	All	43,14	10,13	18,45	28,94	25,92	44,60	75,71	14,38	37,01	3,77
Giomi	CHR	55,50	9,88	22,65	42,74	16,43	39,05	82,33	13,88	4,66	2,26
	All	55,50	9,88	22,65	42,74	16,43	39,05	82,33	13,88	4,66	2,26
Guay	CET	106,08	22,25	62,17	66,25	23,18	59,10	63,69	26,52	10,39	2,67
	CHR	144,00	15,50	57,00	57,50	10,77	40,02	39,45	36,00	9,88	3,00
	All	111,50	21,29	61,43	65,00	21,41	56,37	60,23	27,88	10,31	2,71
Guevremo	CET	41,67	11,00	26,42	33,08	34,92	66,40	80,99	8,33	4,76	2,83
	CHR	93,79	25,46	54,04	58,00	31,38	55,26	66,49	18,76	15,99	3,61
	ERS	33,88	3,78	14,80	20,63	15,01	38,94	82,37	6,78	12,77	3,50
	All	65,50	16,17	37,31	41,98	27,46	53,24	74,13	13,10	12,66	3,41
Hetu	BOJ	58,06	15,63	36,81	28,50	27,70	63,17	52,30	23,23	17,49	3,06
	All	58,06	15,63	36,81	28,50	27,70	63,17	52,30	23,23	17,49	3,06
Leblanc	BOJ	43,27	6,23	19,55	21,64	16,66	44,40	53,07	10,82	6,43	2,59
	CET	38,16	6,21	17,13	26,55	15,72	43,14	70,73	9,54	5,32	2,10
	ERS	46,89	4,39	15,71	35,06	10,29	30,49	82,00	11,72	5,48	2,49
	All	42,91	5,49	17,17	28,70	13,80	38,42	70,80	10,73	5,66	2,38
Loisel02	CHR	155,08	37,92	102,84	90,76	24,88	65,22	60,12	31,02	11,05	0,40
	All	155,08	37,92	102,84	90,76	24,88	65,22	60,12	31,02	11,05	0,40
Loisel03	CHR	119,38	29,46	69,77	71,85	25,20	57,06	63,39	29,85	12,27	0,00
	All	119,38	29,46	69,77	71,85	25,20	57,06	63,39	29,85	12,27	0,00
Loisel05	CHG	83,19	18,19	48,56	63,38	22,16	55,92	79,87	41,59	10,26	2,56
	All	83,19	18,19	48,56	63,38	22,16	55,92	79,87	41,59	10,26	2,56
Messier	BOJ	47,70	20,90	20,50	16,20	35,37	46,69	42,97	15,90	6,09	4,00
	CHR	28,33	7,67	10,00	27,00	28,68	32,25	92,57	9,44	21,08	4,00
	ERS	39,89	4,46	15,75	29,79	12,54	37,17	90,50	13,30	16,05	3,57
	FRP	28,00	7,00	12,00	17,00	25,00	42,86	60,71	9,33	15,60	4,00
	All	39,57	8,57	15,87	25,91	20,15	38,84	79,15	13,19	14,52	3,74
Pitt	CHG	59,77	6,00	15,46	42,15	9,76	26,29	70,41	29,88	14,76	1,62
	All	59,77	6,00	15,46	42,15	9,76	26,29	70,41	29,88	14,76	1,62
Thibodea	CHG	109,32	16,50	44,50	55,45	16,33	39,46	50,38	27,33	10,21	0,91
	CHR	75,36	8,85	29,29	42,75	12,01	35,60	60,21	18,84	7,86	1,18
	All	84,94	11,01	33,58	46,33	13,23	36,69	57,44	21,23	8,52	1,10
Tremblay	CET	45,20	10,20	29,80	40,80	24,32	65,15	87,91	11,30	13,83	3,40
	CHR	54,33	15,83	22,58	42,50	27,02	40,53	86,97	13,58	10,73	2,92
	All	51,65	14,18	24,71	42,00	26,23	47,77	87,24	12,91	11,64	3,06

ANNEXE 2

Tableau 11 : Résultats de plusieurs variables de croissance, pourcentage d'ouverture de la canopée et indice de compétition pour les pins blancs sur chaque site étudié.

Haut=hauteur totale, cr07=croissance de l'année 2007, hcour=hauteur de la couronne, lcime=largeur de la couronne, cour/haut=proportion en hauteur occupée par la couronne, lcime/haut=proportion en largeur occupée par la couronne, aam=accroissement annuel moyen, ouv=%ouverture de canopée et icomp=indice de compétition.

site	haut	cr07	hcour	lcime	cr07/haut	cour/haut	lcime/haut	aam	ouv	icomp
9034	43,23	13,45	32,48	31,58	30,88	71,28	74,63	14,41	17,04	1,87
Berthiaume02	212,41	44,76	166,79	124,83	21,29	77,39	59,44	42,48	38,59	1,97
Berthiaume05	124,22	31,78	103,13	57,09	29,43	78,64	55,59	62,11	42,29	3,65
Bolduc	36,25	17,25	30,25	36,00	47,36	82,10	98,40	12,08	26,79	1,75
Courtemanche	56,33	10,19	37,17	30,06	19,17	62,54	57,36	11,27	35,51	3,21
Guay	69,12	12,64	44,60	46,92	18,41	62,23	71,25	17,28	6,53	2,69
Guevremont	101,97	24,56	76,71	61,00	23,21	69,53	59,94	20,39	15,47	3,68
Hetu	49,67	14,57	31,52	35,87	29,14	62,55	72,54	19,87	19,31	3,54
Lefebvre	107,72	22,41	67,02	53,80	20,21	59,08	53,90	17,95	34,07	3,61
Loiselle02	157,06	33,60	125,66	90,14	22,33	79,27	57,93	31,41	10,09	0,89
Loiselle03	176,84	44,37	144,95	94,47	27,61	80,55	58,97	44,21	11,43	0,53
Loiselle05	113,09	38,25	91,54	63,71	33,55	80,27	57,49	56,54	9,09	1,84
Messier	41,36	7,20	33,45	33,90	16,88	76,34	75,71	13,79	22,99	4,00
Pitt	37,02	9,22	17,51	21,93	22,92	42,65	59,81	18,51	15,42	2,71
Thibodeau	61,50	16,25	61,50	48,00	26,43	100,00	78,17	15,38	4,68	4,00
Tremblay	28,50	4,00	15,50	24,67	13,30	52,35	85,56	7,13	12,74	2,00
All	103,64	24,69	77,51	60,18	24,58	68,82	62,32	29,58	23,70	2,67

ANNEXE 3

Tableau 12 : Information supplémentaire sur les propriétaires des sites étudiés.

NOM des PROPRIÉTAIRES	N° de PROPRIÉTAIRE	N° de PRESCRIPTION	Notes
FLAMAND François	12016	1661550031443	
LOISELLE Jean-Guy	LOIJ34634596	166338705-0923	(Prescription de Dégagement des enrichissements 10/08/2005)
GUAY Huguette	9684	1661550021395	
GUEVREMONT Daniel-Pierre	2614	16615490100430205-3	Rapport d'exécution 2002
LEBLANC Daniel	LEBD53632099	16632 24 02 1441	
LEFEBVRE Denis	LEFD50634143	16632-2401-1063	
BOLDUC LUC et RAJOTTE Lise	11396	1661550031442	
ALLARD René	4075	166154902-0016 04051	Rapport d'exécution 2004
..	..	166 154 902 001 603 000	Rapport d'exécution 2003
PITT Jean-Paul	PITJ35632865	166338704-0843	
THIBODEAU Philippe	THIP62635014	1663324031213	
9034-8822 QUÉBEC INC.	QUEB96634469	1661549030035	
BERTHIAUME Roger	BERR33630741	166338704-0808	Prescription du Dégagement des Enrichissements 18/08/2004
COURTEMANCHE Léon	COUL33630561	166338704-0809	Prescription du Dégagement des Enrichissements 18/08/2004
HÊTU Georges	HETG38631968	1663387030750	
MESSIER Fleurant	MESF40634998	166154904-0006	2004
..	..	166338704-0842	2005
GRENIER, Gilbert	18851	1642112061027	
McNAIR			Absent de la base de données
BOURDEAU, Jacques	BOUJ64633617		
LAPLANTE. Pierre	LAPP48633904		