

Institut de recherche  
en biologie végétale

**IRBV**

**JARDIN BOTANIQUE  
DE MONTRÉAL**

Université   
de Montréal

**Réseau de sites de démonstration en  
plantations de feuillus : sylviculture intensive,  
enrichissement sous couvert, double rotation,  
populiculture.**



**Rapport final préparé par  
Léa Bouttier,  
Stéphane Daigle 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

Projets  
16-2009-05 & -36

**Mars 2010**

**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 chargés de recherche, étudiants à la maîtrise et au doctorat et chercheurs post-doctoraux. Les recherches sont de natures 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 (700 000 spécimens) et de deux bibliothèques spécialisées en botanique.

**Équipe de travail**

LÉA BOUTTIER

Institut de recherche en biologie végétale

Assist. de recherche, Bacc. Sc. biologie

STÉPHANE DAIGLE

Institut de recherche en biologie végétale

Statisticien, Bacc. Statistique

ALAIN COGLIASTRO

Jardin botanique de Montréal

Ph.D. Écologie forestière

Institut de recherche en biologie végétale

**Pour fin de citation :**

Léa Bouttier, Stéphane Daigle, Alain Cogliastro. 2010. Réseau de sites de démonstration en plantations de feuillus : sylviculture intensive, enrichissement sous couvert, double rotation, populiculture. Présenté au Ministère des Ressources naturelles du Québec, Programme de Mise en valeur des Ressources du milieu forestier - Volet II, Projet 16-2009-05&36. Institut de recherche en biologie végétale. 80p.

# Réseau de sites de démonstration en plantations de feuillus : sylviculture intensive, enrichissement sous couvert, double rotation, populiculture.

Rapport final préparé par  
Léa Bouttier,  
Stéphane Daigle et Alain Cogliastro

Présenté au :  
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec  
Programme de Mise en valeur du milieu forestier - Volet II

Projets

*16-2009-05 & -36*

Institut de recherche en biologie végétale &  
Jardin botanique de Montréal  
4101 rue Sherbrooke est, Montréal H1X 2B2

## TABLE DES MATIÈRES

<b><u>ÉQUIPE DE TRAVAIL</u></b>	<b>2</b>
<b><u>TABLE DES MATIÈRES</u></b>	<b>4</b>
<b><u>Liste des figures</u></b>	<b>6</b>
<b><u>Liste des tableaux</u></b>	<b>8</b>
<b><u>INTRODUCTION</u></b>	<b>11</b>
<b><u>I-DÉPRESSAGE</u></b>	<b>12</b>
<b>DÉPRESSAGE DE 4 PLANTATIONS DE FEUILLUS NOBLES INITIÉES EN 1988</b>	<b>13</b>
DESCRIPTION DU PROJET	13
RÉSULTATS	14
CONCLUSION	17
<b>DÉPRESSAGE D'UNE PLANTATION DE FEUILLUS NOBLES INITIÉE EN 1989</b>	<b>19</b>
DESCRIPTION DU PROJET	19
RÉSULTATS	20
CONCLUSION	22
<b>DÉPRESSAGE DE 4 PLANTATIONS DE FEUILLUS NOBLES INITIÉES EN 1991</b>	<b>23</b>
DESCRIPTION DU PROJET	23
RÉSULTATS	24
CONCLUSION	24
<b>EFFET DE L'INTENSITÉ DE LA PRÉPARATION DES SOLS LORSQUE COMBINÉE À DES MODES DE RÉPRESSION DES HERBACÉES POST-PLANTATION : LE CAS DU CHÊNE À GROS FRUITS</b>	<b>26</b>
DESCRIPTION DU PROJET	26
RÉSULTATS	27
CONCLUSION	29
<b><u>II-PLANTATIONS DE FEUILLUS NOBLES ACCOMPAGNÉS D'ESPÈCES À CROISSANCE RAPIDE</u></b>	<b>30</b>
<b>PLANTATIONS MÉLANGÉES DE FEUILLUS NOBLES AVEC MÉLÈZES ET ROBINIERS PSEUDOACACIA</b>	<b>31</b>
DESCRIPTION DES PROJETS	31
RÉSULTATS	33
CONCLUSION	35

<b>LA POPULICULTURE EN PRODUCTION DOUBLE AVEC DES FEUILLUS NOBLES ET SYSTÈME DE CULTURE INTERCALAIRE</b>	<b>38</b>
DESCRIPTION DU PROJET	38
RÉSULTATS	39
CONCLUSION	43
<b>LA POPULICULTURE EN PRODUCTION DOUBLE AVEC DES FEUILLUS NOBLES</b>	<b>47</b>
DESCRIPTION DU PROJET	47
RÉSULTATS	47
CONCLUSION	49
<b><u>III- PLANTATIONS D'ENRICHISSEMENT SOUS COUVERT FORESTIER</u></b>	<b><u>51</u></b>
<b>PLANTATIONS SOUS COUVERT PAR BANDES : PROTECTIONS ET DIMENSIONS DES PLANTS À L'ESSAI</b>	<b>52</b>
DESCRIPTION DES PROJETS	52
RÉSULTATS	53
CONCLUSION	59
<b>PLANTATION D'ENRICHISSEMENT SOUS COUVERT FORESTIER : 5 ANS DE CROISSANCE</b>	<b>61</b>
DESCRIPTION DU PROJET	61
RÉSULTATS	62
CONCLUSION	63
<b>L'ENRICHISSEMENT PAR LA PLANTATION SOUS COUVERT FORESTIER : 12 ANS DE CROISSANCE</b>	<b>64</b>
DESCRIPTION DU PROJET	64
RÉSULTATS	64
CONCLUSION	67
<b><u>IV- ESSAI DE NOYERS HYBRIDES</u></b>	<b><u>69</u></b>
<b>PLANTATIONS DE NOYERS HYBRIDES : ÉVALUATION DU POTENTIEL AU QUÉBEC</b>	<b>70</b>
DESCRIPTION DU PROJET	70
RÉSULTATS	71
CONCLUSION	73

## LISTE DES FIGURES

- FIGURE 1 : MOYENNES DES HAUTEURS DU FRÊNE D'AMÉRIQUE (A), TAUX D'AZOTE FOLIAIRE ET ALLOCATION DE BIOMASSE (B) SELON LE TYPE DE RÉPRESSION DE LA VÉGÉTATION AU SOL APRÈS 3 ANNÉES DE CROISSANCE SUR 4 SITES AUX PROPRIÉTÉS ÉDAPHIQUES DIFFÉRENTES. .... 14
- FIGURE 2 : ÉVOLUTION DU DIAMÈTRE AU SOL PUIS DU DIAMÈTRE À HAUTEUR DE POITRINE (DHP) ENTRE 1991 ET 2009 DES CHÊNES ROUGES ET DES FRÊNES ROUGES DONT LA COMPÉTITION AU SOL EST RÉPRIMÉE (PAILLIS OU HERBICIDE) OU NON (TÉMOIN) ET AYANT SUBI UN DÉPRESSAGE EN 2000 (HERBICIDE) OU NON (PAILLIS ET TÉMOIN). LES MOYENNES DU DIAMÈTRE À HAUTEUR DE POITRINE (DHP) DES ARBRES RÉSIDUELS APRÈS DÉPRESSAGE EN 2009 SONT AFFICHÉES.... 20
- FIGURE 3 : ÉVOLUTION DU DIAMÈTRE À HAUTEUR DE POITRINE (DHP) DE 2004 À 2009 DES DIFFÉRENTS PEUPLIERS HYBRIDES EN FONCTION DU TRAITEMENT. .... 41
- FIGURE 4 : TAUX D'ACCROISSEMENT ANNUEL MOYEN (AAM) DE 2005 À 2009 DES DIFFÉRENTS PEUPLIERS HYBRIDES EN FONCTION DU TRAITEMENT. .... 42
- FIGURE 5 : ÉVOLUTION DU VOLUME\* (M<sup>3</sup>/HA) DE BOIS PRODUIT DE 2005 À 2009 PAR LES DIFFÉRENTS PEUPLIERS HYBRIDES EN FONCTION DU TRAITEMENT. .... 44
- FIGURE 6 : ÉVOLUTION DU VOLUME\* (M<sup>3</sup>/HA) DE BOIS PRODUIT DE 2005 À 2009 (COURBES PLEINES) PAR LES DIFFÉRENTS PEUPLIERS HYBRIDES EN FONCTION DU TRAITEMENT ET ESTIMATION DES VOLUMES POTENTIELS JUSQU'EN 2016 (COURBES HACHURÉES). \*BILLES DE BOIS DE 6,4 À 8 CM DE DIAMÈTRE AU FIN BOUT SELON MERTENS (1997). L'ESTIMATION DES VOLUMES À PARTIR DE 2010 EST CALCULÉE PAR LE PROLONGEMENT MATHÉMATIQUE DES COURBES DE 2005 À 2009.. 45
- FIGURE 7. A) PROTECTEUR DE TYPE FREEGRO À LARGES MAILLES (5MM X 5MM); B) PROTECTEUR DE TYPE CLIMATIC À MAILLES DE 2MM X 2MM; C) PROTECTEUR FABRIQUÉ DE TYPE GRILLAGE À LARGES MAILLES.. 53
- FIGURE 8 : HISTOGRAMME REPRÉSENTANT LA RÉPARTITION, PAR BLOC EXPÉRIMENTAL, DE LA LUMIÈRE MESURÉE EN 2008 ET 2009 À 1,5M DU SOL POUR 2 PLANTATIONS PAR BANDES INITIÉES EN 2008. .... 54

FIGURE 9 : ÉVOLUTION DU TAUX DE LUMIÈRE (%PPFD) DISPONIBLE À 2M  
DU SOL DE 2000 (ANNÉE 3) À 2009 (ANNÉE 12) SUR LES SITES  
BOURDEAU ET LAPLANTE SELON LE TYPE DE TRAITEMENT  
(ÉCLAIRCIE 2000 OU TÉMOIN)..... 65

FIGURE 10 : ÉVOLUTION DE LA HAUTEUR MOYENNE DES CERISIERS  
TARDIFS ET DES CHÊNES ROUGES DE 1999 (ANNÉE 2) À 2009 (ANNÉE 12)  
SUR LES SITES BOURDEAU ET LAPLANTE SELON LE TYPE DE  
TRAITEMENT (ÉCLAIRCIE 2000 OU TÉMOIN). ..... 66

**FIGURE 11 : DENSITÉ DE CERISIER TARDIF (CET) ET DE CHÊNE ROUGE  
(CHR) EN FONCTION DE LA HAUTEUR DES PLANTS ET DU TYPE DE  
TRAITEMENT (ÉCLAIRCIE 2005 OU ÉCLAIRCIE 2000 ET 2005) SUR LES  
SITES BOURDEAU (A) ET LAPLANTE (B). ..... 67**

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : DENSITÉ, MOYENNE DE DIAMÈTRE À HAUTEUR DE POITRINE (DHP) ET SURFACE TERRIÈRE (ST) AVANT ET APRÈS DÉPRESSAGE EN 2009 DE 4 PLANTATIONS INITIÉES EN 1988.....	15
TABLEAU 2 : DHP EN 2009 SELON LE TYPE DE RÉPRESSION DE LA VÉGÉTATION HERBACÉE DE 4 PLANTATIONS INITIÉES EN 1988. ....	17
TABLEAU 3 : MOYENNES DES HAUTEURS DE 1991 À 2007. ....	21
TABLEAU 4 : DENSITÉ, MOYENNE DE DIAMÈTRE À HAUTEUR DE POITRINE (DHP) ET SURFACE TERRIÈRE (ST) AVANT ET APRÈS DÉPRESSAGE EN 2009 D'UNE PLANTATION INITIÉE EN 1989.....	22
TABLEAU 5 : DENSITÉ, MOYENNE DE DIAMÈTRE À HAUTEUR DE POITRINE (DHP) ET SURFACE TERRIÈRE (ST) AVANT ET APRÈS DÉPRESSAGE EN 2009 DE 4 PLANTATIONS INITIÉES EN 1991.....	25
TABLEAU 6 : DENSITÉ, TAUX DE SURVIE, MOYENNES DES DIAMÈTRES À HAUTEUR DE POITRINE (DHP), MOYENNES DES HAUTEURS ET SURFACE TERRIÈRE (ST) AVANT ET APRÈS DÉPRESSAGE EN 2009 SUR UNE PLANTATION DE CHÊNES À GROS FRUITS INITIÉE EN 1990. ....	28
TABLEAU 7 : ACCROISSEMENT MOYEN EN HAUTEUR POUR DEUX SAISONS DE CROISSANCE, 2008 ET 2009, HAUTEUR FINALE ET SURVIE EN 2009 .	33

TABLEAU 8 : ACCROISSEMENT MOYEN EN HAUTEUR EN 2009, ET HAUTEUR FINALE EN 2009 .....	34
TABLEAU 9 : TAUX D'ABROUTISSEMENT (%) ET NOMBRE D'INDIVIDU ATTEINT PAR LE BROUTAGE (-) EN 2009 POUR LES SITES ALLARD, LANDRAU ET MOREAU .....	37
TABLEAU 10 : DENSITÉ EN 2009 DES DIFFÉRENTS HYBRIDES DE PEUPLIERS. ....	39
TABLEAU 11 : NOMBRE ET POURCENTAGE (-%) D'INDIVIDUS PRÉSENTANT DES SIGNES DE DÉPÉRISSEMENT DÛ AU CHANCRE SEPTORIEN ( <i>SEPTORIA MUSIVA</i> ) EN FONCTION DE CLASSES DE POURCENTAGE.....	40
TABLEAU 12 : DIAMÈTRE À HAUTEUR DE POITRINE (DHP) EN 2009 DES DIFFÉRENTS PEUPLIERS HYBRIDES EN FONCTION DU TRAITEMENT. ...	40
TABLEAU 13 : DENSITÉ, ACCROISSEMENT EN DIAMÈTRE DE 2007 À 2009, DIAMÈTRE À HAUTEUR DE POITRINE (DHP) ET HAUTEUR EN 2009, DES NOYERS NOIRS (NON) ET DES FRÊNES D'AMÉRIQUE (FRA). ....	43
TABLEAU 14 : CUBAGE (M <sup>3</sup> /HA) DES DIFFÉRENTS PEUPLIERS HYBRIDES SELON LE TRAITEMENT (HERSAGE OU SOYA). ....	43
TABLEAU 15 : SURVIE 2009, MOYENNE D'ACCROISSEMENT EN HAUTEUR, DU DHS (DIAMÈTRE AU SOL) ET DU DHP (DIAMÈTRE À HAUTEUR DE POITRINE) DE 2007 À 2009 ET MOYENNE DE DHP, DHS ET DE HAUTEUR EN 2009 DES PEUPLIERS HYBRIDES SELON LE CLONE ET LE TYPE DE PLANT .....	48

TABLEAU 16 : SURVIE ET HAUTEUR MOYENNE DES FEUILLUS NOBLES EN 2009.....	49
TABLEAU 17 : PROPORTION (%) DE FEUILLUS NOBLES AVEC PRÉSENCE D’APEX MORT, DE CHENILLE, D’INDIVIDUS PRÉSENTANT UN REcul IMPORTANT DE LA TIGE PRINCIPALE ET TAUX D’ABROUTISSEMENT.	49
TABLEAU 18 : TAUX DE LUMIÈRE DISPONIBLE À LA CIME DES ARBRES EN 2008 ET 2009 POUR 2 PLANTATIONS PAR BANDES INITIÉES EN 2008.....	55
TABLEAU 19 : ACCROISSEMENT EN HAUTEUR 2008 ET 2009, HAUTEUR MOYENNE, LONGUEUR MOYENNE DE POUSSE ANNUELLE ET TAUX DE SURVIE EN 2009, SELON LE TYPE DE PLANT (2 OU 4 ANS À LA PLANTATION) ET LE TYPE DE PROTECTEUR POUR 2 PLANTATIONS PAR BANDE INITIÉES EN 2008.....	58
TABLEAU 20 : HAUTEUR MOYENNE (CM) ET TAUX DE SURVIE (%) EN 2009.	62
TABLEAU 21 : TAUX (%) D’INDIVIDUS PRÉSENTANT DES SIGNES D’ABROUTISSEMENT PAR LE CERF ET LE LIÈVRE ET TAUX D’INDIVIDUS (%) AVEC MORT DE L’APEX ET REcul DE LA TIGE PRINCIPALE EN 2009.....	62
TABLEAU 22 : DENSITÉ, TAUX DE SURVIE, MOYENNE DES DIAMÈTRES À HAUTEUR DE POITRINE (DHP), MOYENNE DES HAUTEURS ET SURFACE TERRIÈRE (ST) EN 2009 POUR DEUX PLANTATIONS DE NOYERS HYBRIDES (NG23 ET NG 38) ET DE NOYERS NOIRS (ESTRIE ET MONTRÉAL).....	72
TABLEAU 23 : PROPORTION DE NOYERS HYBRIDES MJ209 PRÉSENTANT OU NON DES REJETS DE BASE. MOYENNES DE HAUTEUR ET DE DIAMÈTRE À HAUTEUR DE POITRINE (DHP).....	72

## Introduction

Plusieurs activités de mise en valeur forestière novatrices, impliquant la plantation d'arbres, ont été initiées au cours des deux dernières décennies en reconnaissant que les sites ainsi créés pourraient représenter de futurs sites de démonstration. Nos façons de faire en matière forestière ayant été considérablement remises en question ces dernières années, le besoin de résultats de référence concernant les nouvelles pratiques, notamment dans le cas de la sylviculture de plantation de feuillus, est essentiel pour progresser. Pour que certains sites de plantation puissent être considérés comme de véritables sites de démonstration, où on peut apprécier le résultat des interventions qui visent à accroître nos succès, l'appui financier régional est nécessaire et ce, indépendamment des capacités financières des propriétaires. Ces sites, sélectionnés pour la valeur des approches et des résultats, vont demeurer intéressants dans la mesure où ils reçoivent les interventions qui permettent de réaliser le plein potentiel du site et des espèces en place. Pour ces cas exceptionnels, nous devons devancer les propriétaires pour s'assurer de disposer d'exemples sylvicoles qui se démarquent. Soulignons notamment que plusieurs des plantations de feuillus, dont certains ont près de 20 ans aujourd'hui, ont été installées à très haute densité (1500-2500/ha) alors que plusieurs conclusions de travaux fixent le potentiel de production de bois feuillus de haute valeur en plantation à un maximum de 200 arbres feuillus/ha à la récolte. L'éclaircie en plantations est fréquemment appliquée trop tardivement ou n'est même pas réalisée. Il nous faut présenter des plantations de démonstration où, non seulement les éclaircies, mais l'ensemble des interventions sylvicoles ont été appliquées de façon dynamique en vue d'une production rapide de bois de haute valeur.

Le présent rapport fait état de l'application de diverses interventions, choisies selon l'état des lieux, qui assurent une évolution optimale de la croissance des arbres sur un réseau de sites reconnus pour la qualité de leur contenu (approche et résultats). Les interventions réalisées ont été principalement : éclaircie, taille de formation et d'élagage, dégagement, protection cerfs, mesures des arbres, de la lumière. Les sites proposés représentent des plantations de feuillus en milieux ouverts, sous le couvert de jeunes peuplements et des plantations mélangées comprenant des espèces à croissance rapide. Les sites du réseau initié comprennent toujours différents éléments de comparaison, soit divers traitements (compétition, éclaircie) ou soit différentes espèces ou conditions de sol. Le potentiel d'enseignement de ces sites est très grand. Avec la présentation des interventions conduites sur les sites, les résultats de croissance mesurés en 2009 sont aussi présentés. L'éventail des plantations permet de présenter des résultats de plantations de différents âges, de un à 22 ans

## **I-DÉPRESSAGE**

## **DÉPRESSAGE DE 4 PLANTATIONS DE FEUILLUS NOBLES INITIÉES EN 1988**

### DESCRIPTION DU PROJET

Les 4 plantations, initiées en 1988 sont situées en Montérégie (municipalité de Saint-Anicet) et sont identifiées par le nom du propriétaire (Higgins, Caza, Maufette, Saucier). Chaque site est caractérisé par ses propriétés édaphiques. Le site Saucier se situe sur une plaine argileuse (sol de type marin). Le site Caza repose sur un bourrelet morainique. Le site Higgins occupe un chenail de fusion glaciaire et le site Maufette est situé sur des dépôts littoraux sableux (Cogliastro *et al.*, 1993).

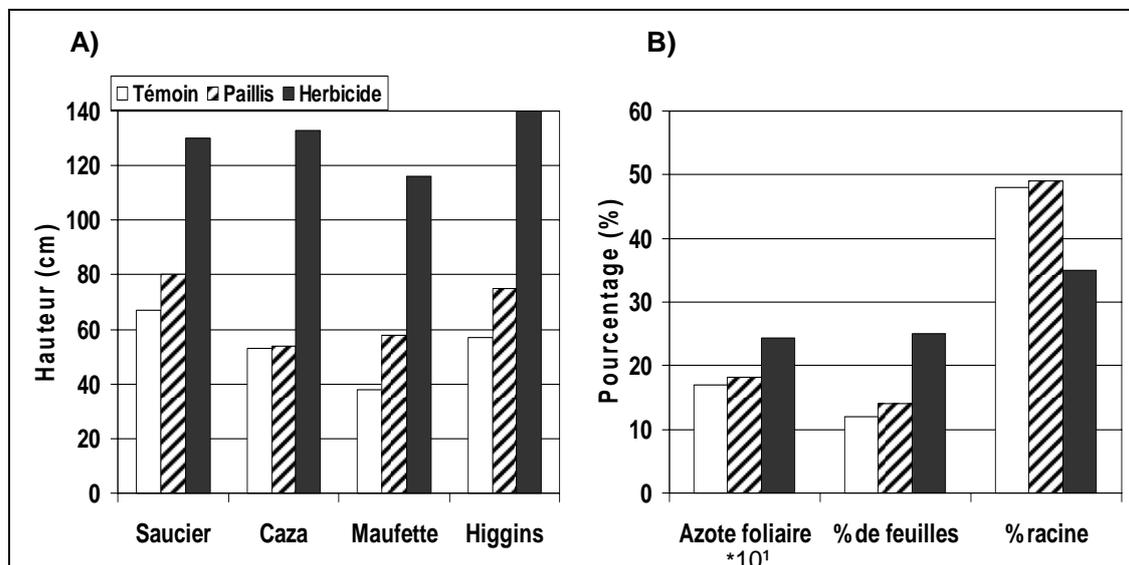
Après labour et hersage, chaque plantation a reçu l'équivalent de 2500 tiges/ha de chêne rouge (CHR), chêne à gros fruit (CHG), frêne d'Amérique (FRA), et noyer cendré (NOC). Les arbres sont plantés en rangées espacées de 2m, et l'intervalle sur le rang est aussi de 2m.

Durant les premières années de croissance, l'effet de la répression de la compétition herbacée par l'utilisation de paillis organique (bois raméal fragmenté, BRF) ou d'herbicide (glyphosate) est analysé et comparé à un témoin.

En 2009, soit après 22 ans de croissance, un dépressage est planifié et une sélection positive est réalisée sur environ 29% des individus présents. Les NOC étant atteints par un champignon (*Sirococcus clavigignenti-juglandacearum*), aucun arbre est sélectionné. La sélection se base sur la vigueur, la dimension, l'état phytosanitaire, la rectitude et la branchaison des feuillus nobles. Une bonne distribution spatiale est aussi considérée. Les arbres non sélectionnés sont abattus alors que les arbres sélectionnés sont élagués à une hauteur minimale de 3m. Suivant la présence ou non de branches de gros diamètre, la hauteur d'élagage est augmentée de façon à atteindre un maximum de 5m en conservant un minimum de 50% de l'arbre en partie feuillée.

## RÉSULTATS

La végétation herbacée à proximité des plants engendre une compétition pour les ressources du sol. Après 3 années de croissance, le traitement avec herbicide a produit le plus important effet positif sur la hauteur des 4 espèces en comparaison au BRF et au Témoin (figure 1A, exemple du FRA). Aussi, l'application d'herbicide a favorisé la production de biomasse foliaire par rapport à la biomasse racinaire ; le taux d'azote présent dans les feuilles a aussi augmenté, comparativement aux traitements témoins et BRF (Figure 1B)).



**Figure 1 : Moyennes des hauteurs du frêne d'Amérique (A), taux d'azote foliaire et allocation de biomasse (B) selon le type de répression de la végétation au sol après 3 années de croissance sur 4 sites aux propriétés édaphiques différentes.**

Après 22 ans de croissance, la densité d'arbre a diminué « naturellement » de 30 à 45% selon les sites. Par exemple, des 2500 tiges/ha plantées à l'origine, il reste une moyenne de 1370 tiges/ha sur le site Caza et 1755 tiges/ha sur le site Maufette (Tableau 1). Aussi, les densités sur les traitements témoin sont toujours les plus faibles quelque soit le site et l'espèce (Tableau 1). La répression de la végétation au sol par paillis organique ou par applications d'herbicide a donc eu un impact positif sur la survie des plants puisque

**Tableau 1 : Densité, moyenne de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) et surface terrière (ST) avant et après dépressage en 2009 de 4 plantations initiées en 1988.** FRA= frêne d'Amérique, NOC= noyer cendré, CHG= chêne à gros fruit et CHR=chêne rouge.

Site	Espèces	Avant dépressage en 2009						Après dépressage en 2009		
		Nb/ha d'arbres			Moyenne	Moyenne de		Nb/ha d'arbres	Moyenne de	
		Témoïn	Bois raméal	Herbicide		DHP (cm)	ST (m <sup>2</sup> /ha)		DHP (cm)	ST (m <sup>2</sup> /ha)
Caza	FRA	1125	1563	1938	1370	10,5	16,1	417	14,6	7,3
	NOC	625	1375	2063		16,0	29,6	NON ÉCLAIRCI*		
	CHG	750	1875	1688		11,8	17,6	458	14,2	7,6
	CHR	750	1063	1625		12,8	18,1	375	17,2	9,4
	Moyenne	813	1469	1828		12,7	20,3	417	15,3	8,1
Higgins	FRA	1813	2250	1250	1568	5,8	6,7	396	9,0	2,9
	NOC	563	813	1500		13,3	15,0	NON ÉCLAIRCI*		
	CHG	1875	2250	2313		9,1	16,9	708	11,6	8,4
	CHR	813	1563	1813		13,0	23,3	500	17,8	13,3
	Moyenne	1266	1719	1719		9,7	15,5	535	12,8	8,2
Maufette	FRA	1375	2063	2500	1755	8,6	15,7	333	12,4	4,8
	NOC	313	375	2000		15,8	18,9	NON ÉCLAIRCI*		
	CHG	1188	2500	2375		9,8	16,7	417	11,9	5,1
	CHR	1438	2125	2500		12,4	30,5	438	17,2	11,1
	Moyenne	1079	1766	2344		11,0	20,4	396	13,9	7,0
Saucier	FRA	1875	2500	2313	1682	12,0	31,6	563	17,2	13,0
	NOC	625	1313	1188		13,0	15,0	NON ÉCLAIRCI*		
	CHG	1938	2500	1938		10,0	19,0	521	12,6	6,9
	CHR	875	1063	1438		14,2	19,9	417	16,8	9,6
	Moyenne	1328	1844	1719		11,9	21,4	500	15,5	9,8
<b>Moyenne</b>		1121	1699	1903	1594	11,3	19,4	462	14,4	8,3

\*Les NOC étant atteints par un champignon (*Sirococcus clavignenti-juglandacearum*), aucun n'est sélectionné

pour l'ensemble des sites, la densité moyenne des plants est respectivement 51,6% et 70% plus importante avec BRF et herbicide que dans les parcelles témoins (Tableau 1). Les résultats de survie varient entre les sites et selon les espèces. Par exemple, sur le site Saucier, le traitement avec BRF obtient un taux de survie un peu plus élevé que pour le traitement herbicide (respectivement 1844 et 1719 tiges/ha, Tableau 1). Aussi, le CHG avec BRF a une survie supérieure au traitement herbicide sur trois des quatre sites sauf Higgins où la survie est équivalente entre les deux traitements (Tableau 1).

Avant le dépressage, les NOC et les CHR, tout traitement confondu, avaient les DHP moyens les plus grands en 2009 sur tous les sites et ils étaient toujours supérieurs à 12cm (Tableau 1). Malheureusement, les NOC sont victimes d'un champignon (*Sirococcus clavignenti-juglandacearum*). Dans tous les cas, les moyennes de DHP 2009 des CHR sous traitement herbicide sont supérieures à celles des plants témoins et celles des plants avec BRF (sauf sur le site Higgins, Tableau 2). Pour les 3 traitements, les CHG et les FRA avaient des DHP moyens inférieurs à 10cm sur 2 des 4 sites (Higgins et Maufette, voir Tableau 1). Cependant, le tableau 2 montre le plus grand succès de croissance des plants (CHG et FRA) avec herbicide puisque seuls les FRA du site Higgins ont un DHP inférieur à 10cm, les moyennes pour les autres sites étant supérieures à 11cm.

Après dépressage en 2009, les densités varient de 417 à 535 tiges/ha toutes espèces confondues et selon les sites (Tableau 1), ce qui correspond à une moyenne de 29% d'arbres conservés.

Le DHP moyen de tous les arbres présents en 2009 avant le dépressage variait de 9,7cm pour le site Higgins à 12,7cm pour le site Caza. Celui des arbres sélectionnés est plus important puisque les valeurs varient maintenant de 12,8cm pour le site Higgins à 15,3cm pour le site Caza (Tableau 1).

**Tableau 2 : DHP en 2009 selon le type de répression de la végétation herbacée de 4 plantations initiées en 1988.** FRA= frêne d'Amérique, NOC= noyer cendré, CHG= chêne à gros fruit et CHR=chêne rouge. Les moyennes de chaque ligne avec des lettres différentes sont différentes à  $p \leq 0,05$  (test de Tukey).

Site	Espèces	DHP 2009 (cm)		
		Herbicide	Bois raméal	Témoin
Caza	FRA	13,9a	8,3b	7,5b
	NOC	18,5a	14,9b	10,3b
	CHG	14,2a	10,2b	10,2b
	CHR	16a	10,7b	8,9b
	Moyenne	15,7a	10,9b	9b
Higgins	FRA	7,6a	6,1ab	4,2b
	NOC	15,4a	11,7ab	10,1b
	CHG	12,7a	7,5b	6,5b
	CHR	18,1a	9,3b	8,9b
	Moyenne	13,8a	7,9b	6,5c
Maufette	FRA	11,1a	8ab	4,4b
	NOC	17,5a	10,7b	10,5b
	CHG	11,2a	9,6ab	7,2b
	CHR	15,8a	11,7b	7,3c
	Moyenne	13,7a	9,8b	6,6c
Saucier	FRA	15a	11,7b	8,8c
	NOC	15,4a	12,2b	10c
	CHG	11,8a	9,4b	9,2c
	CHR	14,8a	15,2b	12,1c
	Moyenne	14,1a	11,5b	9,6c
Moyenne		14,3a	10,1b	7,9c

## CONCLUSION

L'application d'herbicide pendant la période d'établissement a été favorable à la survie et la croissance des plants puisqu'après 22 ans de croissance, ces arbres présentent le plus grand nombre de tiges/ha et un DHP moyen en 2009 supérieur. Le paillis de bois raméal fragmenté donne aussi des résultats de croissance supérieurs à ceux des parcelles témoins. Ces résultats confirment donc ceux obtenus après les 3 premières années de croissance. La répression des herbacées pendant les cinq premières années aura doublé le diamètre obtenu après 22 ans de croissance.

Les CHR produisent les DHP les plus importants quelque soit le site ou le traitement utilisé (les NOC n'étant pas considérés). Les CHG et les FRA présentent des résultats de croissances plus variées suivant les sites et donc les conditions de sol avec de meilleurs

résultats sous traitement herbicide.

Le dépressage des plantations devrait favoriser ultérieurement la croissance des individus résiduels ainsi que la qualité des bois produits. Cependant, plusieurs individus d'intérêt présentaient déjà une partie feuillée réduite, ce qui indique qu'un dépressage réalisé plus tôt aurait été souhaitable.

## **DÉPRESSAGE D'UNE PLANTATION DE FEUILLUS NOBLES INITIÉE EN 1989**

### DESCRIPTION DU PROJET

La plantation, initiée en 1989, est située en Montérégie (municipalité de Saint-Anicet). L'équivalent de 2500 tiges/ha de chênes rouges (CHR) et de frênes de Pennsylvanie (FRP) est planté à 2m d'intervalle sur des rangées espacées elles-mêmes de 2m.

Durant les premières années de croissance l'effet de la répression de la compétition herbacée par l'utilisation de paillis de plastique ou d'herbicide (glyphosate) est analysé et comparé (Marineau, 1992 et Paquette, 2000).

En 2000, soit après 12 ans de croissance, un premier dépressage est effectué sur une portion du dispositif, soit sur les parcelles avec traitement herbicide. Les traitements avec herbicide et avec paillis de plastique ayant donné des résultats de croissance comparables et supérieurs au traitement témoin, le choix du dépressage sur les parcelles-traitements herbicide a été tiré au hasard.

En 2009, soit après 21 ans de croissance, une sélection positive est réalisée de manière à obtenir une densité finale moyenne de 450 arbres/ha. La sélection se base sur la vigueur, la dimension, l'état phytosanitaire, la rectitude et la branchaison des feuillus nobles. Une bonne distribution spatiale est aussi considérée. Les arbres non sélectionnés sont abattus alors que les arbres sélectionnés sont élagués à une hauteur minimale de 3m. Suivant la présence ou non de branches de gros diamètre, la hauteur d'élagage est augmentée de façon à atteindre un maximum de 5m en conservant un minimum de 50% de l'arbre en partie feuillée.

## RÉSULTATS

La végétation herbacée à proximité des plants engendre une compétition pour les ressources du sol. Les traitements de répression de la végétation herbacée (herbicide et paillis de plastique) montrent un effet positif et équivalent sur la croissance en hauteur des arbres (CHR et FRP) puisque de 1991 à 2007, les plants témoins ont toujours les valeurs moyennes de DHP (Figure 2) et de hauteur les plus faibles (Tableau 3).

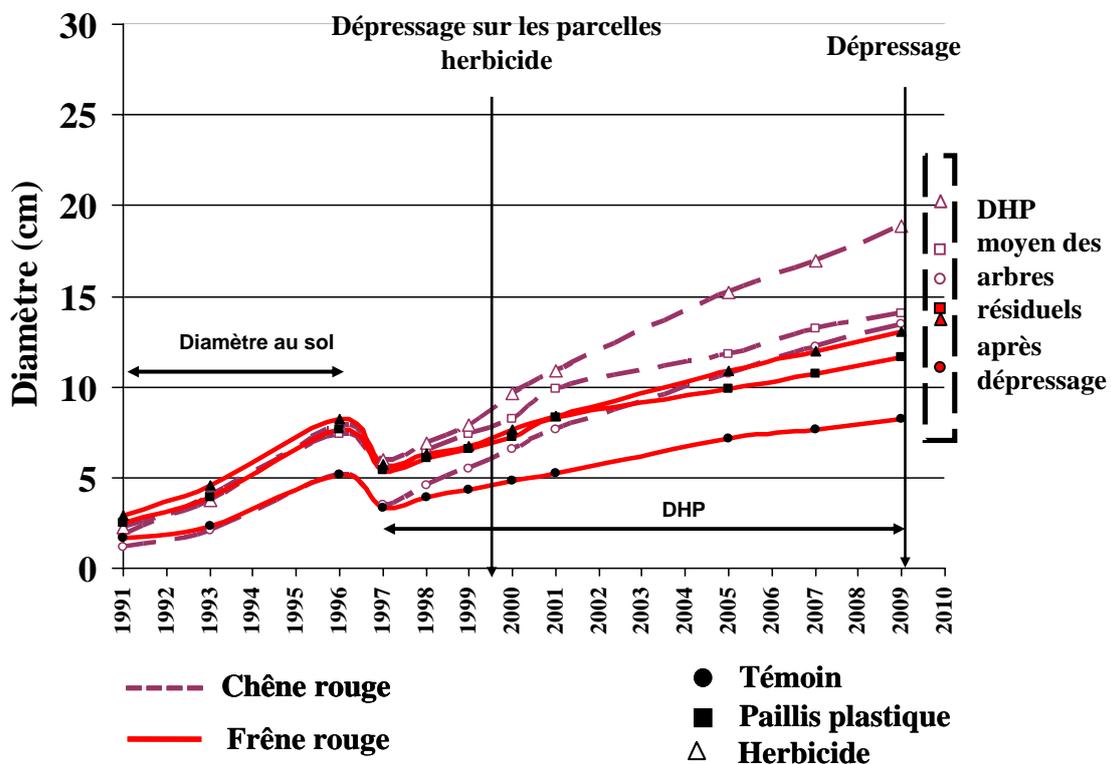


Figure 2 : Évolution du diamètre au sol puis du diamètre à hauteur de poitrine (DHP) entre 1991 et 2009 des chênes rouges et des frênes rouges dont la compétition au sol est réprimée (paillis ou herbicide) ou non (témoin) et ayant subi un dépressage en 2000 (herbicide) ou non (paillis et témoin). Les moyennes du diamètre à hauteur de poitrine (DHP) des arbres résiduels après dépressage en 2009 sont affichées.

Après 21 ans sans éclaircie, le taux de survie des FRP est près de la perfection en 2009, avec 96% pour les plants témoin et 99% dans les parcelles avec paillis de plastique. Le

CHR a moins bien survécu puisqu'il reste 48% sur les parcelles témoins et 71% sur les parcelles avec paillis de plastique.

**Tableau 3 : Moyennes des hauteurs de 1991 à 2007.** CHR= chêne rouge et FRP= frêne de Pennsylvanie.

Espèces	Traitements			Moyennes des hauteurs (m)							
	Maîtrise des herbacées	Éclaircie 2000	Éclaircie 2009	1991	1993	1996	1998	2000	2004	2007	2009
CHR	Témoin	non	oui	0,81	1,23	2,93	4,57	6,32	9,84	12,57	ND
	Paillis	non	oui	1,34	2,47	4,43	6,30	8,68	12,00	13,91	ND
	Herbicide	oui	oui	1,48	2,32	4,68	6,59	8,70	12,50	14,67	ND
FRP	Témoin	non	oui	1,26	1,54	3,15	4,29	5,41	8,70	9,28	ND
	Paillis	non	oui	1,82	2,63	4,69	5,97	7,13	10,06	11,66	ND
	Herbicide	oui	oui	1,96	2,95	4,92	6,17	7,75	10,28	11,83	ND

Le dépressage effectué en 2000 avait pour objectif de réduire la densité d'origine de 2500 tiges/ha à environ 1000 tiges/ha. Le dépressage des FRP sur les parcelles à traitement herbicide a été moins important (il restait 1105 tiges/ha en 2009) que pour les CHR (867 tiges/ha, en 2009), leurs diamètres étant en général plus faibles que celui des CHR (Tableau 4). La courbe des DHP (Figure 2) montre l'effet positif de ce dépressage pour les deux espèces dont les DHP moyens en 2009 sont environ 34% (CHR) et 13% (FRP) supérieurs à ceux sans dépressage (parcelles paillis de plastique) (Tableau 4).

Après dépressage en 2009, la densité diminue à 439 tiges/ha en moyenne pour les deux espèces. La densité des CHR varie de 374 tiges/ha dans les parcelles avec traitement herbicide, à 425 tiges/ha dans les parcelles avec paillis de plastique. Dans le cas des FRP, la densité est comprise entre 408 tiges/ha (herbicides) et 595 tiges/ha (paillis) (Tableau 4).

Le DHP moyen des arbres présents avant coupe en 2009 variait de 8,3cm pour le FRP témoin, à 18,8 pour le CHR herbicide (Tableau 4, Figure 2). Après dépressage en 2009, le DHP moyen est plus important puisque les valeurs varient respectivement de 11,1cm à 20,7cm (Figure 2 et Tableau 4).

Le dépressage de la plantation devrait favoriser ultérieurement la croissance des individus résiduels ainsi que la qualité des bois produits.

**Tableau 4 : Densité, moyenne de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) et surface terrière (ST) avant et après dépressage en 2009 d'une plantation initiée en 1989.** CHR= chêne rouge et FRP= frêne de Pennsylvanie. Les moyennes de chaque colonne et pour chaque espèce avec des lettres différentes sont différentes à  $p < 0,05$  (test de Tukey).

Espèces	Traitements			Avant dépressage en 2009			Après dépressage en 2009		
	Maîtrise des herbacées	Éclaircie 2000	Éclaircie 2009	Nb/ha d'arbres *	Moyenne de DHP (cm)	ST (m <sup>2</sup> /ha)	Nb/ha d'arbres	Moyenne de DHP (cm)	ST (m <sup>2</sup> /ha)
CHR	Témoin	non	oui	1190	13,4a	18,4	408	16,4a	8,7
	Paillis	non	oui	1785	14,0a	24,2	425	17,7a	10,7
	Herbicide	oui	oui	867	18,8b	22,2	374	20,7b	12,2
FRP	Témoin	non	oui	2414	8,3a	14,7	425	11,1a	4,2
	Paillis	non	oui	2482	11,6ab	28,4	595	14,7b	10,4
	Herbicide	oui	oui	1105	13,1b	12,4	408	14,6b	6,8

\* résultats incluant 20 chênes rouge récoltés en 2008 pour des analyses de qualité du bois

## CONCLUSION

L'utilisation d'un paillis de plastique ou l'application d'herbicide durant les premières années d'établissement des plants ont un effet équivalent et positif sur la survie du chêne rouge et la croissance en hauteur des deux espèces.

Le dépressage réalisé en 2000 (parcelles herbicides) a eu les effets escomptés puisque le DHP moyen des CHR et FRP a sensiblement augmenté après l'intervention. L'effet est beaucoup plus marqué dans le cas du chêne rouge. Ceci nous indique que soit le dépressage du FRP pratiqué en 2000 aurait pu être réalisé plus intensivement ou être répété une nouvelle fois, soit un autre facteur limite sa croissance sur ce site.

Le dépressage des plantations en 2009 devrait favoriser ultérieurement la croissance des individus résiduels ainsi que la qualité des bois produits. Le dispositif offre la comparaison d'un dépressage pratiqué en deux étapes (12 ans et 21 ans) avec celui appliqué en une seule opération (21 ans), le tout combiné à la présence ou non d'une répression des herbacées en phase d'établissement.

## DÉPRESSAGE DE 4 PLANTATIONS DE FEUILLUS NOBLES INITIÉES EN 1991

### DESCRIPTION DU PROJET

En 1991, 8 plantations sont initiées en Montérégie sur des terres agricoles abandonnées représentant 5 sols différents sur le plan du drainage, de la texture et du pH (Cogliastro *et al.* 1997).

Chaque plantation mesure 0.3 ha et a reçu l'équivalent de 2500 tiges/ha de chênes à gros fruits et rouges (CHG et CHR), frênes d'Amérique et de Pennsylvanie (FRA et FRP), bouleaux jaunes (BOJ), érables à sucre et argentés (ERS et ERA), caryers cordiformes (CAC), noyers cendrés et noirs (NOC et NON). Les arbres sont espacés de 2m sur et entre les rangs.

Après la plantation, la compétition au sol est réprimée par l'application régulière (2 fois/année) d'herbicide (glyphosate) et un paillis organique (Cellufib®) installé en 3<sup>ème</sup> année.

En 2009, soit après 19 ans de croissance, une sélection positive est réalisée sur une portion des individus présents pour 4 des 8 sites. Les NOC étant atteints par un champignon (*Sirococcus clavigignenti-juglandacearum*), et les ERA présentant de mauvaises formes, aucune de ces espèces ne sera éclaircie. La sélection se base sur la vigueur, la dimension, l'état phytosanitaire, la rectitude et la branchaison des feuillus nobles. Une bonne distribution spatiale est aussi considérée. Les arbres non sélectionnés sont abattus alors que les arbres sélectionnés sont élagués à une hauteur minimale de 3m. Suivant la présence ou non de branches de gros diamètre, la hauteur d'élagage est augmentée de façon à atteindre un maximum de 5m, tout en conservant un minimum de 50% de l'arbre en partie feuillée.

## RÉSULTATS

Initialement, ce projet proposait d'initier une grille de sélection des espèces de feuillus selon les conditions de sol des terres abandonnées (Cogliastro *et al.* 1997, Cogliastro *et al.* 2003).

Après 19 ans de croissance et avant le dépressage (2009), la densité moyenne sur les 4 sites variait de 1311 tiges/ha pour le site Leblanc (2) à 1700 tiges/ha pour les sites Maufette (2) (Tableau 5).

Après dépressage (2009), 23% à 36% des individus sont conservés selon les sites, variant de 368 tiges/ha d'arbres résiduels sur le site Maufette (1) à 517 tiges/ha sur le site Ireland (Tableau 5).

Le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) moyen de tous les arbres présents en 2009 avant dépressage variait de 6,4cm pour le site Leblanc (2) à 9,9cm pour le site Maufette (1). Le chêne rouge obtient les meilleurs résultats sur trois des quatre sites et la survie du bouleau jaune est la plus faible partout (faible densité et ST) (Tableau 5). Sur le site aux plus faibles résultats de croissance (Leblanc 2), le FRA et l'ERS produisent les plus forts diamètres moyens (Tableau 5).

Le DHP des arbres sélectionnés est plus important puisque les valeurs varient maintenant de 7,1cm à 12,3cm pour les mêmes sites (Tableau 5).

## CONCLUSION

Avant le dépressage, le CHR présente les meilleurs résultats de croissance sur la majorité des sites. Le BOJ, en revanche a les taux de survie les plus faibles quelque soit le site.

Le dépressage des plantations devrait favoriser ultérieurement la croissance des individus résiduels ainsi que la qualité des bois produits. Cependant, plusieurs individus d'intérêt présentaient déjà une partie feuillée réduite, ce qui indique qu'un dépressage réalisé plus tôt aurait été souhaitable

**Tableau 5 : Densité, moyenne de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) et surface terrière (ST) avant et après dépressage en 2009 de 4 plantations initiées en 1991.**

FRA= frêne d'Amérique, FRR= frêne rouge, CAC= caryer cordiforme, BOJ= bouleau jaune, ERS= érable à sucre, NON= noyer noir, NOC= noyer cendré, CHG= chêne à gros fruit et CHR=chêne rouge.

Site	Parcelle- Espèce	Avant dépressage en 2009			Après dépressage en 2009		
		Nb/ha d'arbres	Moyenne DHP (cm)	ST (m <sup>2</sup> /ha)	Nb/ha d'arbres	Moyenne DHP (cm)	ST (m <sup>2</sup> /ha)
Maufette (1)	BOJ	700	11,2	7,4	100	14,8	1,8
	CAC	1333	8,0	8,0	267	11,3	2,8
	CHG	1800	10,4	18,3	433	14,9	7,9
	CHR	2200	13,9	40,8	433	15,7	8,6
	ERS	1050	8,7	8,0	375	10,1	3,3
	FRA	2167	8,7	14,8	467	10,4	4,1
	FRR	2367	8,6	15,4	600	11,1	6,1
	NOC	1700	11,1	18,1	<b>NON ÉCLAIRCI</b>		
	NON	1067	7,1	5,2	267	9,8	2,2
	Moyenne	1579	9,9	14,8	368	12,3	4,6
Maufette (2)	BOJ	900	12,4	12,2	250	12,7	3,4
	CAC	1500	5,9	5,2	350	9,3	2,4
	CHG	1650	7,3	9,0	450	9,8	3,9
	CHR	2250	10,5	21,6	500	13,8	7,7
	ERS	1900	9,6	15,8	450	11,2	4,7
	FRA	2350	7,5	12,0	500	10,4	4,5
	FRR	2150	6,8	9,3	500	8,1	2,7
	NOC	1450	12,6	20,1	<b>NON ÉCLAIRCI</b>		
	NON	1150	7,6	6,9	400	9,7	3,4
	Moyenne	1700	8,7	12,5	425	10,6	4,1
Ireland	BOJ	33	12,5	0,4	33	12,5	0,4
	CAC	667	4,8	2,0	167	8,2	1,1
	CHG	1933	8,9	13,9	667	11,0	6,6
	CHR	2300	12,2	29,6	633	15,9	13,0
	ERS	1567	8,1	8,9	733	9,4	5,4
	FRA	2000	7,1	10,0	733	8,6	4,6
	FRR	2067	7,1	9,7	700	8,3	4,3
	NOC	1200	10,3	11,6	<b>NON ÉCLAIRCI</b>		
	NON	1333	8,4	8,3	467	10,8	4,4
	Moyenne	1456	8,7	10,5	517	10,6	5,0
Leblanc (2)	BOJ	67	6,1	0,8	67	6,1	0,8
	CAC	333	2,5	0,7	300	2,5	0,6
	CHG	1200	5,5	13,9	533	7,3	9,3
	CHR	933	6,1	12,7	500	7,0	8,5
	ERS	1800	7,7	36,8	633	9,0	16,7
	FRA	2200	9,1	60,1	800	10,9	30,4
	FRR	2367	4,8	19,7	500	6,4	6,8
	NOC	1500	5,8	19,9	<b>NON ÉCLAIRCI</b>		
	NON	1400	6,0	18,9	567	7,7	11,7
	Moyenne	1311	6,4	20,4	433	7,1	10,6

## **EFFET DE L'INTENSITÉ DE LA PRÉPARATION DES SOLS LORSQUE COMBINÉE À DES MODES DE RÉPRESSION DES HERBACÉES POST-PLANTATION : LE CAS DU CHÊNE À GROS FRUITS**

### DESCRIPTION DU PROJET

La plantation de chênes à gros fruits (CHG) a eu lieu en 1990 (Saint Anicet, Haut Saint-Laurent). Le site est situé dans une zone de dépôts glaciaires dolomitiques et le sol est un loam sableux pierreux (pH=7,8).

La préparation des sites avant la plantation (hersage, labourage...) n'est pas toujours possible sur des sols pierreux. Ce projet proposait de vérifier l'effet de différents types de préparation des sols sur la croissance de plants de chêne à gros fruits quand des traitements de répression des herbacées par herbicide ou paillis de plastique sont appliqués. La préparation du sol a été appliquée selon différentes intensités :

- 1) labourage et hersage.
- 2) labourage, hersage, herbicide (simazine).
- 3) aucune préparation du sol.

Après la plantation, et sous chacun des trois types de préparation de sol, la compétition herbacée a été réprimée soit par un paillis de plastique noir appliqué en bande sur 120cm de largeur, soit par une application annuelle d'herbicide (glyphosate) pendant les 4 premières années de croissance, en utilisant un applicateur à mèche sur roue.

L'équivalent de 2222 tiges/ha de chêne à gros fruits a été mis en terre sur des rangs espacés de 3m et l'intervalle sur le rang est de 1,5m.

En 2009, la sélection positive de 36% des individus a été réalisée, l'objectif initial était de retirer deux arbres sur trois de manière à atteindre 750/ha. La sélection se base sur la vigueur, la dimension, l'état phytosanitaire, la rectitude et la branchaison des chênes. Une bonne distribution spatiale est aussi considérée. Les arbres non sélectionnés sont abattus alors que les arbres sélectionnés sont élagués de façon à conserver un minimum de 50% de l'arbre en partie feuillée.

## RÉSULTATS

Les effets de la préparation des sols et des traitements post-plantation sur la survie et la croissance des plants ont été analysés après 5 années de croissance, soit en 1994 (Cogliastro, 1996).

Les taux de survie variaient alors de 93% à 96% selon les parcelles, n'indiquant pas d'effets significatifs des différents traitements. En 2009, les taux varient de 90% à 95% (Tableau 6), ce qui indique une survie presque parfaite depuis 1994.

Les résultats de croissance du CHG (hauteurs et diamètres au sol) de 1994, montraient des valeurs plus élevées lorsque la préparation des sols combinait l'application d'herbicide (simazine) et le labour-hersage, quelque soit le traitement post-plantation. En revanche, sans l'application de simazine, la croissance des plants était similaire avec ou sans préparation mécanique des sols (Cogliastro, 1996). Ces observations se vérifient en 2009 puisque la hauteur et le DHP moyen de ces parcelles (labour, hersage et simazine) sont les plus importants (respectivement 445cm et 5,3cm), alors que sans l'application de simazine, la croissance des plants avec ou sans préparation mécanique des sols demeure similaire. Cependant, ces différences ne sont plus statistiquement significatives entre les différents types de préparation du sol en 2009 (Tableau 6).

Aussi, en 1994, la maîtrise des herbacées après la plantation s'était avérée plus efficace avec le paillis de plastique que par l'application d'herbicide (glyphosate) pour tous les types de préparation du sol, ce qui est encore le cas en 2009 et de façon particulièrement marquée dans le cas de l'absence de préparation du sol (témoin) le seul traitement où la différence demeure significative ( $p \leq 0,05$ , Tableau 6). Sur les parcelles témoins, la hauteur des plants sur paillis de plastique excède de plus d'un mètre la hauteur des plants traités par herbicide (respectivement 443 et 329cm, avant le dépressage, Tableau 6)

En 2009, le dépressage est réalisée en moyenne sur 36% des individus présents. Les valeurs moyennes de DHP des arbres sélectionnés sont supérieures de 19% (parcelles avec labour-hersage simazine + paillis) à 46% (parcelles témoin + herbicide) en comparaison aux moyennes avant le dépressage (Tableau 6). La hauteur moyenne des arbres résiduels après le dépressage est supérieure de 13% (parcelles avec labour-hersage simazine + paillis) à 31% (parcelles témoin + herbicide) (Tableau 6). La hauteur des

**Tableau 6 : Densité, taux de survie, moyennes des diamètres à hauteur de poitrine (DHP), moyennes des hauteurs et surface terrière (ST) avant et après dépressage en 2009 sur une plantation de chênes à gros fruits initiée en 1990.** Herbicide= glyphosate, Paillis= paillis de plastique noir. Les moyennes de chaque colonne de chaque type de préparation qui portent des lettres différentes sont différentes à  $p \leq 0,05$  (test de Tukey).

Type de préparation	Répression des herbacées	Taux de survie (%)	Avant dépressage			Après dépressage				
			Nb/ha	DHP (cm)	Hauteur (cm)	ST (m <sup>2</sup> /ha)	Nb/ha	DHP (cm)	Hauteur (cm)	ST (m <sup>2</sup> /ha)
Témoin	Herbicide	95,0	2111	3,5 <sup>a</sup>	329 <sup>a</sup>	2,8	731	5,1 <sup>a</sup>	432	1,7
	Paillis	95,4	2120	5,3 <sup>b</sup>	443 <sup>b</sup>	5,6	824	6,4 <sup>a</sup>	509	3,0
	Moyenne	95,2	2116	4,4	386	4,2	778	5,8	473 <sup>xy</sup>	2,3
Labour et Hersage	Herbicide	89,6	1991	3,5 <sup>a</sup>	322 <sup>a</sup>	2,7	694	5,0 <sup>a</sup>	416	1,5
	Paillis	95,0	2111	4,6 <sup>b</sup>	399 <sup>a</sup>	4,4	815	5,8 <sup>a</sup>	469	2,4
	Moyenne	92,3	2051	4,1	362	3,5	755	5,4	444 <sup>y</sup>	2,0
Labour, Hersage et simazine	Herbicide	91,7	2037	4,9 <sup>a</sup>	415 <sup>a</sup>	5,2	713	6,6 <sup>a</sup>	520	2,8
	Paillis	93,8	2083	5,8 <sup>a</sup>	475 <sup>a</sup>	6,3	806	6,8 <sup>a</sup>	537	3,2
	Moyenne	92,7	2060	5,3	445	5,7	759	6,7	529 <sup>x</sup>	3,0
Moyenne		93,4	2076	4,6	398	4,5	764	6,0	482	2,4

arbres résiduels montre un gradient de valeur de la plus forte sous l'effet du traitement de préparation le plus intensif, labour-hersage simazine à la plus faible, labour-hersage alors que l'absence de préparation produit des résultats intermédiaires.

## CONCLUSION

Ces résultats permettent d'envisager le reboisement en espèces feuillues sur des sites où la préparation mécanique du sol est impraticable (témoin), si des traitements de répression des herbacées sont appliqués après la plantation.

L'utilisation d'un paillis de plastique donne les meilleurs résultats de croissance sur ce dispositif. Cependant, les résultats de croissance et le taux de survie pour les parcelles ayant reçu une application annuelle d'herbicide pendant 4 ans permettent de considérer ce traitement également comme un succès.

Le dépressage des plantations pratiqué en 2009 devrait favoriser ultérieurement la croissance des individus résiduels ainsi que la qualité des bois produits.

Les résultats de croissance du chêne à gros fruits sur ce site au sol dolomitique qui présente un très haut pH permettent de valider la tolérance de l'espèce à ces conditions.

## **II-PLANTATIONS DE FEUILLUS NOBLES ACCOMPAGNÉS D'ESPÈCES À CROISSANCE RAPIDE**

## PLANTATIONS MÉLANGÉES DE FEUILLUS NOBLES AVEC MÉLÈZES ET ROBINIERS PSEUDOACACIA

### DESCRIPTION DES PROJETS

**Plantations 2008** - En 2008, deux plantations désignées par le nom des propriétaires (Allard et Landrau), sont mises en place en Montérégie (municipalités de Saint-Anicet et Godmanchester). Selon les cartes pédologiques de l'étude de Mailloux et Godbout (1954), le site Allard (pH=5,6) est formé d'un sol sableux, soit 91,1% de sable, 6,5% de limon et 2,4% d'argile et le site Landrau (pH=6,2) possède un sol de la classe texturale du loam limoneux, avec 15,2% de sable, 56,8% de limon et 28% d'argile. Des rangs de feuillus nobles (CHG= chêne à gros fruits, FRA= frêne d'Amérique, CET= cerisier tardif, NON= noyer noir et CHR= chêne rouge) alternent avec des rangs d'espèces compagnes à croissance rapide (ROF= robinier faux-acacia<sup>1</sup> et MEH= mélèze hybride<sup>2</sup>). Les rangées sont espacées de 5m et l'intervalle sur le rang est de 2m. Des parcelles témoins sans robinier ou mélèze sont également en place, le bouleau blanc (BOP) chez Allard et le frêne d'Amérique chez Landrau, remplacent ces espèces à croissance rapide. Les plants ont été mis en terre au printemps 2008, sauf les robiniers faux-acacia qui ont été plantés à l'automne 2008. Pour les 2 sites, la densité à la plantation est de 1000 tiges/ha. Ainsi, pour les parcelles où les rangs de feuillus alternent avec des rangs de robiniers ou mélèzes, on trouve l'équivalent de 600 tiges/ha de robiniers faux-acacia ou de mélèzes hybrides et 400 tiges/ha de feuillus nobles. Les parcelles témoins sont composées de l'équivalent de 1000 tiges/ha de feuillus nobles. Les plans des 2 dispositifs sont en annexe (Annexes 1 et 2). Tous les plants étaient âgés d'un an à la plantation (1+0). Les robiniers étaient en récipients, les feuillus à racines nues.

**Plantations 2009** - En 2009, deux plantations désignées par le nom des propriétaires (Moreau et McLean), sont mises en place en Montérégie (municipalités de Pierre de Sorel et Brome-Missisquoi). Selon les cartes pédologiques de l'étude de Nolin et Lamontagne (1990), le site Moreau (pH=6,8) est formé d'un sol loameux, soit 40,3% de sable, 34,2%

<sup>1</sup> Les plants en récipients des Rof ont été produits par le Jardin botanique de Montréal à partir de semences importées de France et issues de sélections sur des peuplements de Hongrie

<sup>2</sup> Production de la Pépinière de Berthier du MRNF

de limon et 25,5% d'argile. Selon les cartes pédologiques de l'étude de Cann *et al.* (1948), le site McLean (pH=6,3) possède un sol loameux, avec 46,2% de sable, 42% de limon et 11,8% d'argile. Les 2 plantations sont constituées de rangs de feuillus nobles (chêne à gros fruits, frêne d'Amérique, noyer noir et chêne rouge) qui alternent avec des rangs de robiniers faux-acacia, espèce compagne à croissance rapide. Pour les deux sites, les rangs sont espacés de 4m, mais l'intervalle sur le rang est de 2,5m chez Moreau et 3m chez McLean. Chez Moreau, la densité à la plantation est de 1000 tiges/ha. Les zones témoins comprennent 1000 tiges/ha de feuillus nobles et les zones alternant avec des rangs de robiniers faux-acacia comprennent 600 tiges/ha de robiniers et 400 tiges/ha de feuillus nobles. Chez McLean, la densité en feuillus des zones témoins est de 833 tiges/ha. Les zones accompagnées comprennent 500 tiges/ha de robiniers faux-acacia et 333 tiges/ha de feuillus nobles. Les plants étaient à racines nues<sup>3</sup> et âgés d'un an à la plantation (1+0) sauf les robiniers faux-acacia du site Moreau qui avaient 2 ans (1+1) et ont été produits en récipients. Les plans des 2 dispositifs sont en annexe (Annexes 3 et 4)

NB. Toutes les plantations (2008 et 2009) (sauf McLean qui est clôturé) ont reçu 2 applications annuelles de répulsif à chevreuil (DeerAway®). À la fin de la saison 2009, la pose de protecteurs Fregro® sur la moitié des feuillus nobles a été réalisée sur les sites Allard, Landrau et Moreau (McLean est clôturé). Les sites Allard et Landrau ont été regarnis au printemps de 2009 suite à la mortalité importante de certaines espèces. Ainsi, sur le site Allard, le taux de survie général à la fin de l'année 2008 était de 93%, mais la survie des mélèzes était à 82,5% et celles des cerisiers à 77,5%. Chez Landrau, le taux de survie était de 91% mais n'était que de 66% pour les mélèzes.

Robinier et mélèze devraient créer rapidement une ambiance «forestière» aux feuillus.

Robinier et mélèze présentent un grand potentiel de production rapide de bois de haute valeur.

---

<sup>3</sup> Les plants à racines nues des Rof ont été produits par la Pépinière de Berthier du MRNF à partir de semences importées de France et issues de sélections sur des peuplements de Hongrie

## RÉSULTATS

**Plantations 2008** : la première saison de croissance a été difficile pour les 2 plantations, surtout Allard. Une forte teneur en eau des sols à la plantation, les effets de la transplantation et un fort abroutissement par le chevreuil sont autant d'explications.

Les analyses de 2008 (Moissan *et al*, 2009) ont montré un fort taux d'apex mort, généralement lié à la transplantation. C'est ce qui explique la régression en hauteur du CHR en 2008 sur les 2 sites (Tableau 7). Les robiniers, plantés en automne 2008, ont aussi subi une descente de cime sur le site Allard en 2009 (Tableau 7).

**Tableau 7 : Accroissement moyen en hauteur pour deux saisons de croissance, 2008 et 2009, hauteur finale et survie en 2009.** CHR= chêne rouge, FRA= frêne d'Amérique, CET= cerisier tardif, NON= noyer noir, MEH= mélèze hybride, ROF= robinier faux-acacia ('n'= cultivar nyirzeg et 'p'= cultivar pusztavacs).

Site	Espèce	Traitement	Accroissement moyen en 2008 (cm)	Accroissement moyen en 2009 (cm)	Hauteur en 2009 (cm)	Survie 2009 (%)
Landrau	CHR	accompagné	-4,1	12,8	77,6	99
		témoin	1,6	17,1	88,9	
	FRA	accompagné	46,9	36,7	133,0	99
		témoin	52,2	34,7	137,7	
	NON	accompagné	9,5	21,6	68,1	83
		témoin	9,3	24,6	67,3	
	MEH		17,4	55,4	142,1	95
	ROF (n)		.	21,4	121,6	98
	ROF (p)		.	15,0	116,9	
	Moyenne			27,1	30,9	116,7
Allard	BOP	témoin	23,4	4,2	78,8	96
	CET	accompagné	14,9	32,6	75,5	98
		témoin	13,0	37,3	77,4	
	CHG	accompagné	5,0	5,9	57,0	100
		témoin	4,1	2,8	55,7	
	CHR	accompagné	-10,5	3,0	63,7	95
		témoin	-3,7	6,4	72,3	
	MEH		11,6	82,4	160,9	100
	ROF (n)		.	-1,8	101,1	88
	ROF (p)		.	-24,6	81,6	
Moyenne			9,4	19,1	90,2	96

Au début 2009, la mortalité est telle qu'un regarni est jugé nécessaire. Ainsi, 10% des arbres sont remplacés chez Allard, dont majoritairement des CET (29%) et des MEH (19%). Sur le site Landrau, c'est 16% des arbres qui sont remplacés, dont 36% de MEH. Il est à noter que les mélèzes hybrides morts étaient concentrés dans des parties très mal drainées du site et que de fortes pluies sont survenues en mai 2008 (au total, 138mm de pluie est tombé en mai, alors que la valeur normale est de 90mm, Environnement Canada, 2009). Ainsi, une partie du site était gorgée d'eau et les mélèzes hybrides ne tolèrent pas les sols mal drainés (Ressources naturelles Canada, 2008). Les ROF, plantés à l'automne 2008, ne semblent pas avoir réalisé correctement l'aoutement puisqu'au printemps 2009, 87.5% (Allard) et 64% (Landrau) survivent. Les individus morts ont tous été remplacés par des plants à racines nues (0+1).

La survie générale à la fin de la saison de croissance 2009 est de 96% pour les deux sites. Ce taux est supérieur à 95 % pour toutes les espèces et sur les deux sites sauf pour le noyer noir du site Landrau (83%) et les robiniers du site Allard (88%) (Tableau 7).

**Tableau 8 : Accroissement moyen en hauteur en 2009, et hauteur finale en 2009.** CHR= chêne rouge, FRA= frêne d'Amérique, NON= noyer noir, CHG= chêne à gros fruit, ROF= robinier faux-acacia ('n'= cultivar nyirzeg et 'p'=cultivar pusztavacs).

Site	Espèce	Traitement	Hauteur en 2009 (cm)	Accroissement moyen en 2009 (cm)	Survie 2009 (%)
McLean	CHG	accompagné	60,3	5,1	99
		témoin	62,4	3,6	
	CHR	accompagné	45,9	12,7	99
		témoin	46,1	12,9	
	FRA	accompagné	38,2	16,3	99
		témoin	37,7	14,0	
	NON	accompagné	38,4	5,3	99
		témoin	34,8	3,1	
	ROF (n)		126,1	64,9	98
	ROF (p)		109,0	40,2	
	Moyenne		64,7	20,5	99,8
Moreau	CHG	accompagné	65,2	-1,9	100
		témoin	58,5	-4,4	
	CHR	accompagné	36,3	4,1	100
		témoin	42,4	9,6	
	FRA	accompagné	37,1	9,0	98
		témoin	36,0	8,6	
	NON	accompagné	35,9	0,5	94
		témoin	33,2	2,0	
	ROF (n)		155,7	56,2	99
	ROF (p)		145,4	45,2	
	Moyenne		91,7	24,9	98

L'abrouissement en 2009 reste important chez Allard (34,4%) malgré les applications de répulsif à chevreuil. 87,5% des BOP sont atteints et ce, principalement à l'apex (Tableau 9). Ceci explique leur faible accroissement en 2009 (4,2cm). En revanche, l'abrouissement est réduit sur le site Landrau puisque seulement 8,3% des arbres sont atteints. Les ROF sont broutés au niveau des feuilles (sans toucher les parties ligneuses) sur les deux sites mais les MEH ne le sont pas. Nous avons toutefois installé des manchons protecteurs de type Freegro ® sur le tiers des plants de feuillus nobles à l'automne de 2009 sur ces deux sites.

**Plantations 2009** : le succès d'établissement est plus grand pour ces nouvelles plantations puisque l'accroissement moyen de cette première saison de croissance (2009) est supérieur à 20cm et les taux de survie sont presque parfaits (Tableau 8). Les ROF ont l'accroissement moyen le plus fort, surtout le cultivar 'nyirzeg' avec près de 65 cm chez McLean (Tableau 8). En revanche, les CHG chez Moreau ont subi une régression en hauteur, phénomène fréquent à la période d'installation.

L'abrouissement (Tableau 9) est nul chez McLean puisque le terrain est protégé par des clôtures hautes (aucune application de DeerAway®). Sur le site Moreau, 10,2% des arbres sont broutés, dont 11,5% des ROF, mais uniquement au niveau des feuilles.

## CONCLUSION

Ces plantations étant récentes, les résultats ne reflètent que le succès d'établissement des plants.

Ces données de base vont permettre d'intégrer les dimensions initiales des arbres sous chaque traitement, considérant l'effet du choc de transplantation. L'effet des traitements (accompagnement) pourra être analysé avec plus de justesse dans l'avenir.

L'étude du potentiel des Robiniers faux-acacias dans le sud du Québec peut compter sur quatre dispositifs qui présentent des conditions de sols variées. Le développement de la forme des robiniers devrait faire l'objet d'une attention particulière pendant les

prochaines années afin de juger de l'intensité des interventions requises pour obtenir des fûts de qualité.

Les résultats de survie du mélèze hybride soulignent l'importance des conditions de drainage. Le site Landrau possède une microtopographie où deux zones légèrement plus basses présentent des conditions d'hydromorphie. Cela explique les disparités de croissance des individus de MEH sur ce site. Alors que la mortalité est élevée chez les mélèzes hybrides retrouvés dans les parties mal drainées, ceux des autres secteurs ont eu une bonne croissance au cours de l'été 2008. La préparation du site aurait pu permettre de relever les secteurs les plus bas en pratiquant une culture sur billons.

**Tableau 9 : Taux d'abrouissement (%) et nombre d'individu atteint par le broutage (-) en 2009 pour les sites Allard, Landrau et Moreau.** Bb= brouté au niveau des branches, bt= brouté à l'apex et bf= brouté au niveau des feuilles. CHR= chêne rouge, CHG= chêne à gros fruits, FRA= frêne d'Amérique, CET= cerisier tardif, NON= noyer noir, MEH= mélèze hybride, ROF= robinier faux-acacia ('n'= cultivar nyirzeg et 'p'= cultivar pusztavacs).

Espèce	Allard				Landrau				Moreau			
	bb	bf	bt	Total	bb	bf	bt	Total	bb	bf	bt	Total
BOP	3,9 (6)	0	87,7 (135)	91,6 (141)	.	.	.	.	.	.	.	.
CET	10,3 (12)	0	61,5 (72)	71,8 (84)	.	.	.	.	.	.	.	.
CHG	5 (5)	0	4 (4)	9 (9)	0	0	0	0	7,8 (5)	0	0	7,8 (5)
NON	.	.	.	.	0	0	0	0	1,6 (1)	1,6 (1)	0	3,2 (2)
FRA	.	.	.	.	4,9 (12)	0	0,8 (2)	5,8 (14)	9,7 (6)	0	1,6 (1)	11,3 (7)
CHR	7,5 (10)	0	20,3 (27)	27,8 (37)	8,6 (9)	0	10,5 (11)	19,1 (20)	3 (2)	0	10,6 (7)	13,6 (9)
ROF (n et p)	0,7 (1)	3,5 (5)	0	4,3 (6)	0	18,9 (26)	0	18,9 (26)	0	11,5 (24)	0	11,5 (24)
MEH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Moyenne</b>	<b>4,2 (34)</b>	<b>0,6 (5)</b>	<b>29,6 (238)</b>	<b>34,4 (277)</b>	<b>2,9 (21)</b>	<b>3,6 (26)</b>	<b>1,8 (13)</b>	<b>8,3 (60)</b>	<b>3 (14)</b>	<b>5,4 (25)</b>	<b>1,7 (8)</b>	<b>10,2 (47)</b>

## **LA POPULICULTURE EN PRODUCTION DOUBLE AVEC DES FEUILLUS NOBLES ET SYSTÈME DE CULTURE INTERCALAIRE**

### DESCRIPTION DU PROJET

L'étude a été menée à St-Rémi (45°14' N., 73°40' O.), dans la Municipalité régionale de comté (MRC) des Jardins de Napierville. Le sol est un loam contenant 20 % d'argile et 50 % de sable, avec une bonne capacité d'échange cationique (20,6 meq/100 g), une faible teneur en phosphore (27 kg/ha), un drainage modéré à imparfait et un pH neutre (6,9).

Le dispositif est composé de 2 pièces (A et B) qui diffèrent selon l'espacement entre les rangées de feuillus nobles et de PEH (A = 6 m, B = 8 m). Chacune des pièces est divisée en 4 blocs aléatoires complets, comprenant chacun 5 rangées de PEH et 4 rangées de feuillus nobles, de façon à ce que tous les rangs de feuillus soient accompagnés des 2 côtés par un rang de PEH. Les PEH ont été plantés initialement à tous les 2 m sur le rang, à raison de 9 plants contigus pour chacun des trois clones (*Populus nigra* x *maximowiczii* NM-3729, *Populus deltoides* x *nigra* DN-3308, *Populus trichocarpa* x *deltoides* TD-3230). Chaque bloc est scindé en trois parties, chacune occupée par un des 3 clones désigné de façon aléatoire. Les feuillus nobles (noyer noir (*Juglans nigra*) et frêne d'Amérique (*Fraxinus americana*)) sont plantés aux 3 m sur le rang, par groupe de 3 plants par espèce.

Une éclaircie réalisée au cours de l'hiver 2006 a permis d'augmenter l'espacement entre les PEH, qui était de 2m, à entre 4 et 6 m sur les rangées.

Les PEH ont été élagués en 2003, 2005 et en 2009 en visant à dégager au maximum, dans l'ordre, le tiers et la demie de leur fût. Le dernier élagage atteint 6m de hauteur.

Entre 2004 et 2007, une étude comparative entre la culture intercalaire (de soya et orge) et le hersage traditionnel a été conduite. Sur trois des cinq rangs de PEH des pièces A et B, le soya a été semé de 2004 à 2006, ensemencé de part et d'autre du rang par semis direct en visant une densité de 50 plants par m<sup>2</sup> et selon un espacement entre les rangs de

38 cm. En 2007 l'orge a remplacé le soya. Deux des cinq rangs de PEH des pièces A & B étaient sans culture et traités de part et d'autre du rang par deux hersages annuels. Le soya a reçu une application conventionnelle d'herbicides (mélange de FirstRate®, Pinnacle® et Assure® II) au stade trifolié. La répression des herbacées à proximité des arbres est assurée par un paillis de plastique installé en bande continue. Les bandes d'herbacées colonisant l'interface paillis-soya ont été éliminées annuellement (2004-2007) grâce à l'application localisée de glyphosate (Round Up®). Ce dispositif a permis d'aborder l'agroforesterie en analysant les effets de la culture intercalaire sur la diversité biologique des sols (Chifflet *et al.*, 2009 et Lacombe *et al.*, 2009) et sur la productivité et la nutrition dans un tel système (Rivest *et al.*, 2009a et Rivest *et al.*, 2009b).

## RÉSULTATS

### Peupliers hybrides

En 2009, la densité totale de PEH (Tableau 10) sur la parcelle A est de 148 tiges/ha, et varie de 49 tiges/ha pour le clone 3308 à 50 tiges/ha pour le clone 3729. La densité totale est de 119 tiges/ha sur la parcelle B et varie de 35 tiges/ha pour le clone 3729 à 43 tiges/ha pour le clone 3230.

**Tableau 10 : Densité en 2009 des différents hybrides de peupliers.**

Pièce	Espacement	tiges/ha			Total
		3230	3308	3729	
A	6m	49	49	50	148
B	8m	43	41	35	119

Le clone 3729 présente des signes de dépérissement de sa cime chez 21,5% des arbres de la pièce A et 25% de ceux de la pièce B (Tableau 11). Plus de la moitié de ces plants sont atteints sur plus de 50% de la cime. Sur tout le site, seul 1 individu 3308 et 1 individu 3230 présentent des signes similaires. Les rouilles sont présentes mais en fin de saison. Le chancre septorien (*Septoria musiva*) apparaît être la principale cause du dépérissement.

Le 3230 obtient les hauteurs les plus importantes en 2009 ( $p \leq 0,05$ ) avec une moyenne de 18m sur la pièce A et 17,5m sur la pièce B.

Les clones 3308 et 3729 obtiennent des résultats comparables avec respectivement 16,2m et 15,5m de hauteur moyenne sur la pièce A, puis 15,9m et 15,2m sur la pièce B.

**Tableau 11 : Nombre et Pourcentage (-%) d'individus présentant des signes de dépérissement dû au chancre septorien (*Septoria musiva*) en fonction de classes de pourcentage.**

pièce	clone	Classes de % de Dépérissement			Total
		0-49%	50-74%	75-100%	
A	3230	1 (1,6%)	0	0	1 (1,6%)
	3308	0	0	0	0
	3729	3 (4,6%)	6 (9,2%)	5 (7,7%)	14 (21,5%)
B	3230	0	0	0	0
	3308	0	1 (1,4%)	0	1 (1,4%)
	3729	3 (5%)	5 (8,3%)	7 (11,7%)	15 (25%)

La figure 3 montre l'évolution des DHP des différents clones selon les traitements depuis 2004, sur les pièces A et B. Les clones 3729 ont produit les résultats de DHP les plus faibles surtout sur la pièce A. On remarque dans les 2 pièces une réduction de l'accroissement en diamètre à partir de 2007, ce qui représente le début de l'effet du chancre septorien (Figure 3).

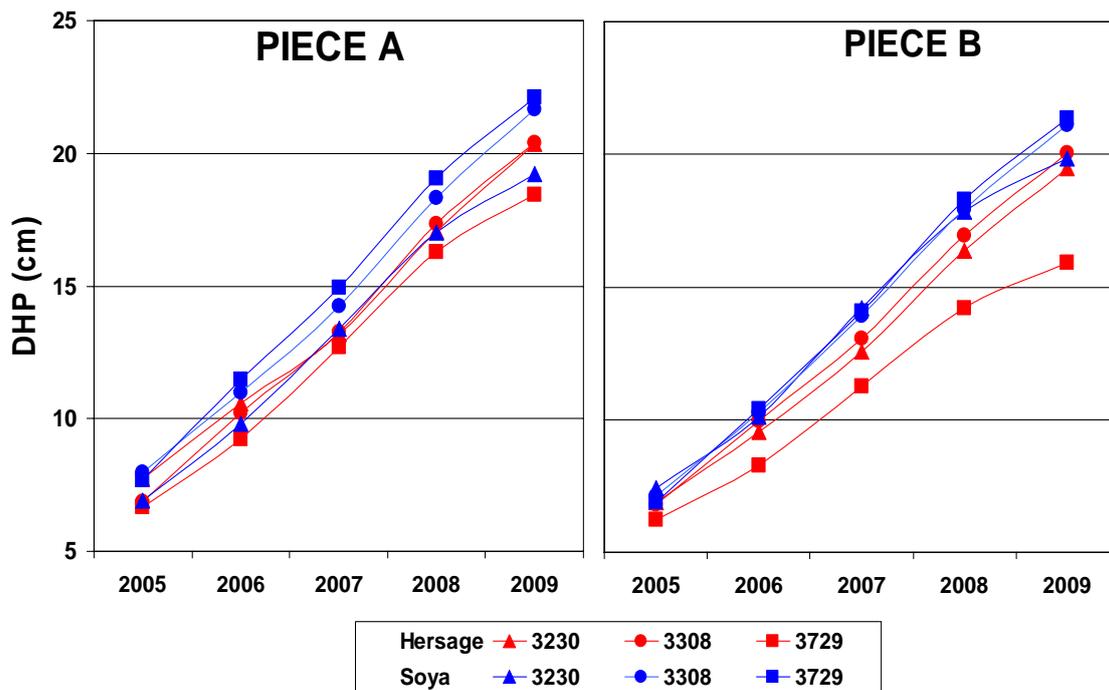
Les clones 3230 et 3308 montrent des résultats de croissance comparables au cours du temps sur les 2 pièces (Figure 3).

**Tableau 12 : Diamètre à hauteur de poitrine (DHP) en 2009 des différents peupliers hybrides en fonction du traitement.** Les moyennes de chaque ligne et pour chaque pièce avec des lettres différentes sont différentes à  $p \leq 0,05$  (test de Tukey).

pièce	clone	DHP (cm)	
		hersage	soya
A	3308	23,4a	25,1b
	3230	23,7a	25,0b
	3729	20,6a	21,4b
B	3308	23,2a	24,4a
	3230	22,6a	24,3b
	3729	17,7a	21,9b

La culture intercalaire de soya et d'orge réalisée entre 2004 et 2007 a eu des effets positifs sur la croissance des PEH puisque pour chaque clone et sur les 2 pièces, les valeurs de DHP sont supérieures au cours du temps à celles des plants avec hersage

(Figure 3). Les valeurs de DHP en 2009 (Tableau 12) confirment l'effet positif de la culture intercalaire, puisque celles-ci sont supérieures à celles du traitement hersage, les différences sont significatives ( $p \leq 0,05$ ) sur les 2 pièces sauf dans le cas du clone 3308 de la parcelle B.

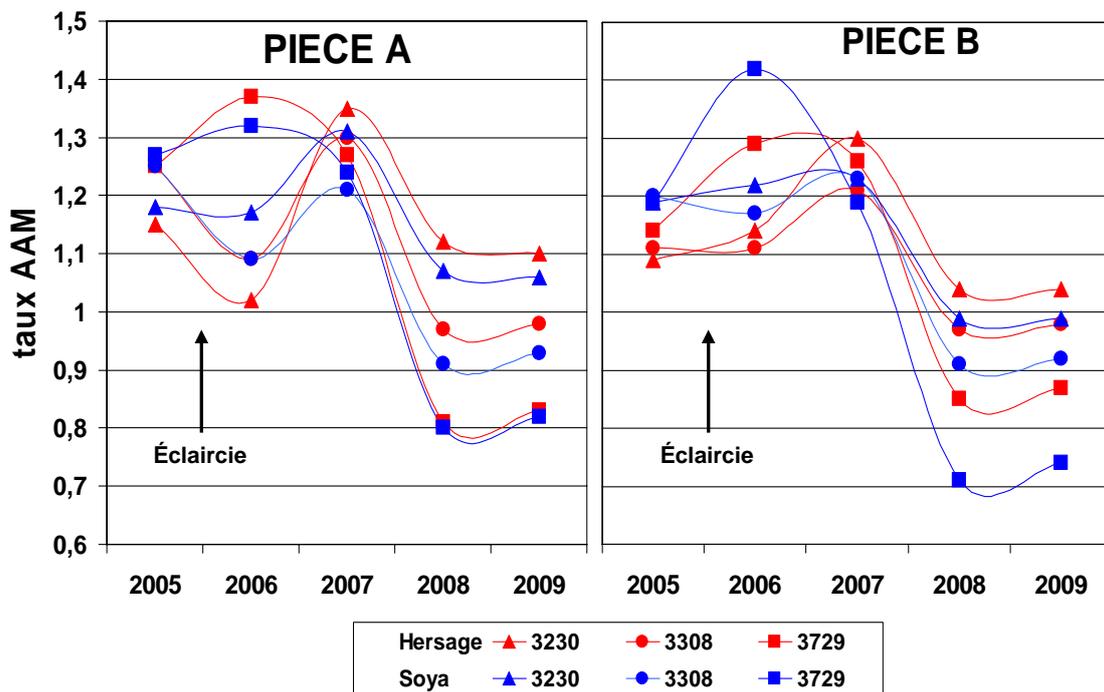


**Figure 3 : Évolution du diamètre à hauteur de poitrine (DHP) de 2004 à 2009 des différents peupliers hybrides en fonction du traitement.**

La figure 4 présente le taux d'accroissement annuel moyen pour tous les clones et tous les traitements sur les parcelles A et B. On remarque qu'en général, le taux d'accroissement est plus élevé de 2005 à 2007, ce qui correspond aux périodes de traitements hersage ou soya (ou orge). À partir de 2008, il n'y a plus de culture intercalaire ni de hersage. Sur la pièce B, le 3729, qui pourtant avait des résultats prometteurs en 2006, présente en 2009 le taux d'accroissement annuel moyen le plus faible pour les deux traitements (Figure 4). L'effet de l'éclaircie de l'hiver 2006 n'est remarquable qu'à partir de 2007. Le clone 3729 est le seul qui ne semble pas avoir profité de l'éclaircie quelque soit le traitement et sur les deux parcelles (Figure 4).

Feuillus nobles

Concernant les feuillus nobles (Tableau 13), les frênes américains ont des taux de survie en 2009 presque parfaits et sont significativement plus productifs ( $p \leq 0,05$ ) que les noyers noirs avec des hauteurs moyennes en 2009 de 6,9m et 6,1m (respectivement sur les pièces A et B) contre 5,8m et 4,8m pour les noyers noirs. Les taux de survie pour les noyers noirs varient de 78% (pièce A) à 83% (pièce B) (Tableau 13).



**Figure 4 : Taux d'accroissement annuel moyen (AAM) de 2005 à 2009 des différents peupliers hybrides en fonction du traitement.**

Les valeurs moyennes de DHP en 2009 sont statistiquement comparables, même si les frênes ont des résultats plus élevés (Tableau 13) sur les 2 pièces.

L'accroissement en diamètre entre 2007 et 2009 (Tableau 13) a été supérieur pour les frênes sur les 2 pièces, mais le résultat est significatif ( $p \leq 0,05$ ) uniquement sur la parcelle B.

L'effet de l'accompagnement par les différents clones de PEH sur la croissance (DHP, hauteur) des feuillus a été testé mais aucun effet significatif n'a été constaté.

**Tableau 13 : Densité, accroissement en diamètre de 2007 à 2009, diamètre à hauteur de poitrine (DHP) et hauteur en 2009, des noyers noirs (NON) et des frênes d'Amérique (FRA).**

Pièce	Espèces	Survie 2009		Accroissement DHP de 2007 à 2009 (cm)	DHP (cm)	Hauteur (m)
		nb/ha	(%)			
A	FRA	243	99	0,97	7,5	6,9
	NON	132	78	1,05	7,2	5,8
B	FRA	181	99	0,87	6,4	6,1
	NON	122	83	1,00	6,1	4,8

## CONCLUSION

L'hybride 3230 présente la plus forte productivité parmi les 3 clones de PEH étudiés. L'hybride 3729 est vulnérable au chancre septorien.

La culture intercalaire de soya a permis une augmentation significative de la productivité des différents PEH. Le Tableau 14 présente le volume de bois produit par chacun des clones dans les parcelles A (espacement 6m) et B (espacement 8m). Le cubage présenté est celui de billes de 6,4 à 8 cm de diamètre au fin bout.

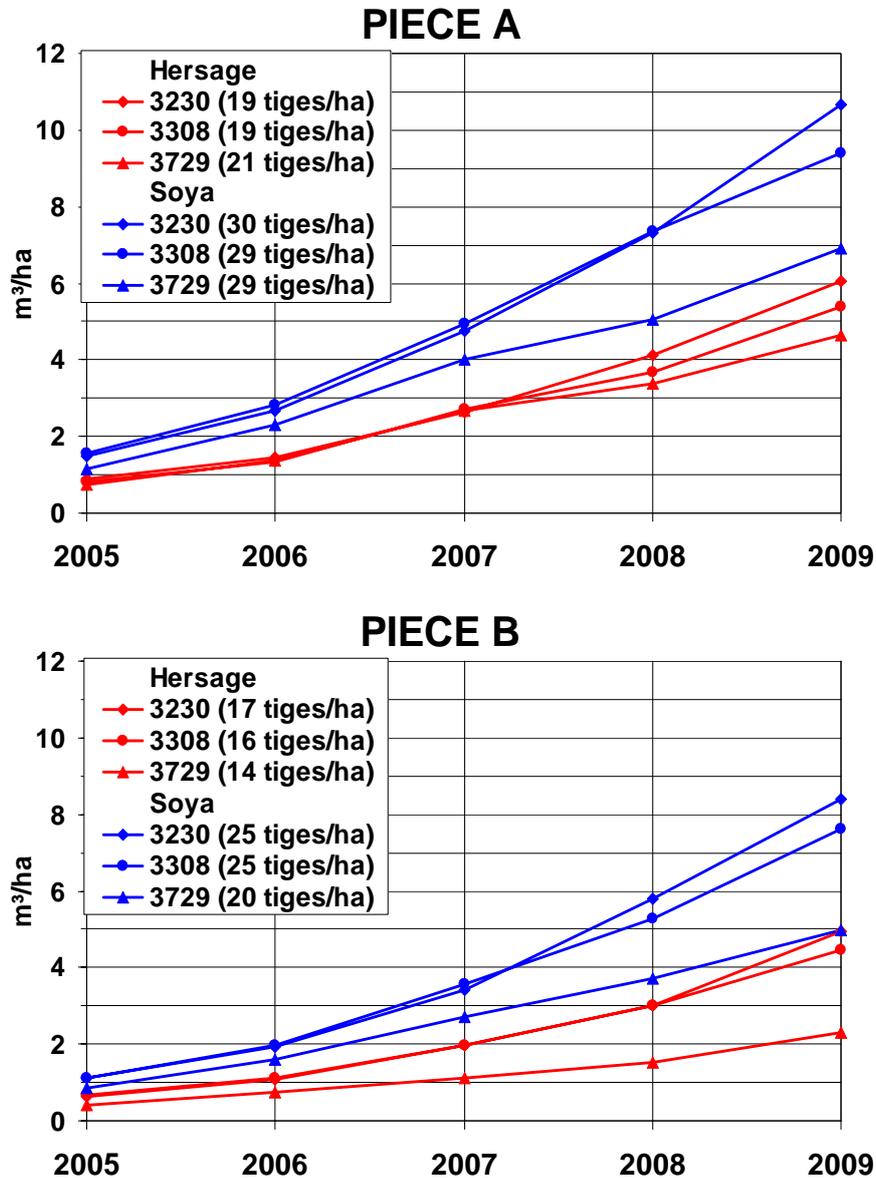
**Tableau 14 : Cubage (m<sup>3</sup>/ha) des différents peupliers hybrides selon le traitement (hersage ou soya).**

pièce	clone	hersage			Soya			Total		
		nb/ha	Cubage* moyen par arbre (m3)	Cubage* (m3/ha)	nb/ha	Cubage* moyen par arbre (m3)	Cubage* (m3/ha)	nb/ha	Cubage* moyen par arbre (m3)	Cubage* (m3/ha)
A	3308	19	0,32	6	29	0,36	10	48	0,34	16
	3230	19	0,28	5	30	0,32	10	49	0,30	15
	3729	21	0,22	5	29	0,24	7	50	0,23	12
	total	59	0,27	16	88	0,92	81	147	0,29	43
B	3308	16	0,29	5	25	0,34	8	41	0,31	13
	3230	17	0,28	5	25	0,31	8	42	0,29	12
	3729	14	0,17	2	20	0,25	5	34	0,21	7
	total	47	0,24	11	70	0,89	62	117	0,27	32

\*billes de bois de 6,4 à 8 cm de diamètre au fin bout selon Mertens (1997).

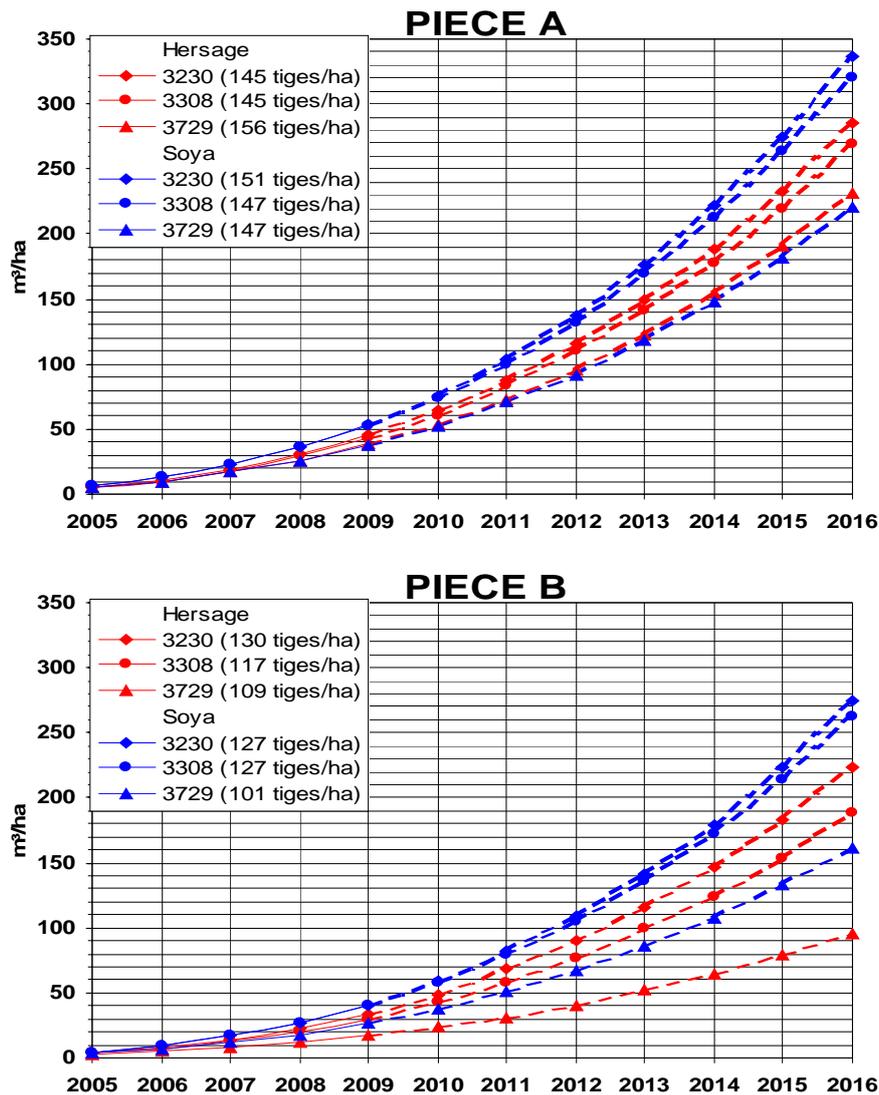
La figure 5 montre l'évolution du volume de bois produit depuis 2005 par les différents hybrides de peupliers avec hersage ou avec soya pour une plantation d'un hectare présentant le même dispositif. On obtient des volumes plus importants dans les parcelles avec soya puisque ces parcelles étaient plus nombreuses dans le dispositif (3 rangées sur 5). Le clone 3230 a les volumes les plus importants, quelque soit le traitement et sur

les deux pièces (Figure 5). À l'inverse, le clone 3729 présente les résultats les plus faibles.



**Figure 5 : Évolution du volume\* (m³/ha) de bois produit de 2005 à 2009 par les différents peupliers hybrides en fonction du traitement.** \*billes de bois de 6,4 à 8 cm de diamètre au fin bout selon Mertens (1997). Les volumes sont calculés selon différentes équations du type  $y=ax^b$ , où  $a=0,06856082$  et  $b=1,8603288$  quand  $H$  (hauteur de l'arbre)=10m.  $a=0,071385428822018$  et  $b=1,87588455$  quand  $H=12m$ .  $a=0,074326405$  et  $b=1,8914403$  quand  $H=14m$ .  $a=0,077995277$  et  $b=1,9067021$  quand  $H=16m$ .  $a=0,080576841$  et  $b=1,9225518$  quand  $H=18m$

La figure 6 représente l'évolution hypothétique des volumes de bois produits jusqu'en 2016 (donc pour 17 ans de croissance) pour chaque clone plantés sur un hectare sous chaque traitement. Les clones 3230 et 3308 plantés en système intercalaire produiraient les volumes de bois les plus importants. Le dépérissement du clone 3729 entraîne des volumes plus faibles avec les deux types de traitements (Figure 6).



**Figure 6 : Évolution du volume\* (m<sup>3</sup>/ha) de bois produit de 2005 à 2009 (courbes pleines) par les différents peupliers hybrides en fonction du traitement et estimation des volumes potentiels jusqu'en 2016 (courbes hachurées).** \*billes de bois de 6,4 à 8 cm de diamètre au fin bout selon Mertens (1997). L'estimation des volumes à partir de 2010 est calculée par régression.

Institut de recherche en biologie végétale

La croissance des feuillus nobles, frêne d'Amérique et noyer noir, n'a pas été influencée par le type de PEH.

## **LA POPULICULTURE EN PRODUCTION DOUBLE AVEC DES FEUILLUS NOBLES**

### DESCRIPTION DU PROJET

La plantation du site Allan (du nom du propriétaire) a été initiée en 2006 à Carignan dans la Municipalité régionale de comté (MRC) de la Vallée du Richelieu. Le sol a un pH neutre (6,7) et contient 36% d'argile et 26% de sable correspondant à un sol de type loam argileux. Le drainage est d'imparfait à mauvais. L'équivalent de 278 tiges/ha de PEH et de 278 tiges/ha de feuillus nobles ont été mis en terre. Un paillis de plastique en bande a été installé sur chaque rang après le passage d'un rotoculteur. La plantation est divisée en cinq blocs, où alternent des rangs de PEH (plants à racines nues et plançons) et de feuillus (plan du site, Annexe 3). Les six rangs de PEH sont espacés de 12m et, sur chacun des rangs, les PEH ont été plantés tous les 3m, à raison de six arbres contigus du même type (plant ou plançon) pour chacun des clones (*Populus trichocarpa x deltoides* TD-3230, *Populus deltoides x nigra x maximowiczii* DNM-915508 et *Populus deltoides x nigra* DN-3570). Les feuillus nobles (chêne à gros fruits (*Quercus macrocarpa*), chêne bicolore (*Quercus bicolor*) et frêne de Pennsylvanie (*Fraxinus pennsylvanica*)) ont été plantés aux 3m sur le rang, par groupe de trois plants par espèce. L'entretien du site a été effectué par le propriétaire par fauchage (Lapointe *et al.*, 2008).

### RÉSULTATS

#### Peupliers hybrides

Les taux de survie en 2009 pour les plants est relativement bon avec une moyenne pour les 3 clones de 94%, et un minimum de 90% pour le clone 915508 (Tableau 15). Pour les plançons, les taux sont plus faibles, avec une moyenne de 74% pour l'ensemble des

clones. Le clone 915508 de type plançons présente un taux de survie relativement bas avec 50% (Tableau 15).

L'accroissement en hauteur et en diamètre (DHS et DHP) entre 2007 et 2009 (2 saisons de croissance) est plus important pour les plançons des clones 915508 et 3230 (Tableau 15). Cependant, le clone 3570 présente des résultats inversés puisque les valeurs d'accroissement (hauteur et diamètres) sont toujours plus élevées pour les plants.

En 2009, la hauteur moyenne des plançons est significativement ( $p \leq 0,05$ ) plus importante (417,3cm) que celle des plants (294,7cm, Tableau 15). Les DHP et DHS moyens sont aussi plus importants pour les plançons ( $p \leq 0,05$ ). Par contre, le clone 3570 a une hauteur moyenne et des moyennes de diamètres (DHP et DHS) comparables pour les 2 types de plants ( $p \leq 0,05$ , Tableau 15).

**Tableau 15 : Survie 2009, moyenne d'accroissement en hauteur, du DHS (diamètre au sol) et du DHP (diamètre à hauteur de poitrine) de 2007 à 2009 et moyenne de DHP, DHS et de hauteur en 2009 des peupliers hybrides selon le clone et le type de plant.** Les moyennes de chaque colonne et pour chaque clone avec des lettres différentes sont différentes à  $p \leq 0,05$  (test de Tukey).

Clone	Type de plants	Survie (%)	Accroissement		Accroissement		Accroissement de la hauteur de 2007 à 2009 (cm)	Hauteur 2009 (cm)
			du DHS de 2007 à 2009 (mm)	DHS 2009 (mm)	du DHP de 2007 à 2009 (mm)	DHP 2009 (mm)		
3230	plançon	87	24,0	70,7	24,0a	39,1a	194a	451a
	racines nues	93	6,4	32,1	6,4b	11,6b	51b	205b
3570	plançon	87	10,3	50,9	10,3b	24,6a	87b	356a
	racines nues	100	19,4	50,6	19,4a	25,8a	178a	370a
915508	plançon	50	20,5	52,9	20,5a	34,8a	207a	464a
	racines nues	90	19,6	37,6	19,6a	18,9a	159a	304a
Tous	plançon	74	18,0	59,1	18,0a	32,5a	155a	417a
	racines nues	94	15,1	40,4	15,1a	18,9b	130a	295b

### Feuillus nobles

Les taux de survie en 2009 varient de 74% pour le chêne bicolore à 100% pour le frêne d'Amérique (Tableau 16). La hauteur moyenne en 2009 varie de 133cm pour le chêne bicolore à 239cm pour le frêne d'Amérique (Tableau 16).

Le chêne bicolore présente les taux d'apex mort et de recul de la tige principale les plus importants (14% et 5%, Tableau 17). Le taux d'abrouissement de l'apex principal est aussi plus élevé (19%) pour cette espèce (Tableau 17). Le chêne à gros fruit est brouté à

la tête sur 5% des individus. On note aussi la présence de chenilles sur 5% des chênes à gros fruits (Tableau 17).

**Tableau 16 : Survie et hauteur moyenne des feuillus nobles en 2009.** CHB= chêne bicolore, CHG= chêne à gros fruit et FRA= frêne d'Amérique.

<b>Espèce</b>	<b>Survie (%)</b>	<b>Hauteur moyenne (cm)</b>
CHB	74	133
CHG	86	164
FRA	100	239
Moyenne	88	190

**Tableau 17 : Proportion (%) de feuillus nobles avec présence d'apex mort, de chenille, d'individus présentant un recul important de la tige principale et taux d'abrouissement.** CHB= chêne bicolore, CHG= chêne à gros fruit et FRA= frêne d'Amérique.

<b>Espèce</b>	<b>apex mort</b>	<b>chenille</b>	<b>Tige principale morte</b>	<b>Abrouissement</b>	
				<b>Branche</b>	<b>Apex principal</b>
CHB	14	0	5	34	19
CHG	5	5	2	47	5
FRA	2	0	2	0	0
Moyennes	6	1	3	23	6

## CONCLUSION

Cette plantation étant récente, l'influence de l'ambiance forestière créée par les peupliers sur les feuillus va s'accroître dans les années à venir. Les présents résultats reflètent principalement le succès d'établissement des plants et plançons.

Les plançons conservent leur avantage de départ et demeurent plus hauts que les plants. Le clone 915508 de type plançon obtient cependant de plus faibles taux de survie. La rhizogenèse à partir du plançon apparaît moins efficace pour ce cultivar. Le site est par ailleurs d'une classe de drainage limite pour une culture d'arbres, même de peupliers, ce qui peut avoir été un facteur aggravant pour la survie des plançons 915508.

Parmi les plançons, le clone 3570 a les résultats de croissance les plus faibles alors qu'il produit les résultats les plus élevés sous forme de plants. Le clone 3230 de type plants présente les résultats de croissance les plus faibles.

Parmi les feuillus nobles, le chêne bicolore est celui dont le succès d'établissement (survie et croissance) est le plus faible.

### **III- PLANTATIONS D'ENRICHISSEMENT SOUS COUVERT FORESTIER**

## **PLANTATIONS SOUS COUVERT PAR BANDES : PROTECTIONS ET DIMENSIONS DES PLANTS À L'ESSAI**

### DESCRIPTION DES PROJETS

Les peuplements traités étaient une bétulaie grise (Site Allard, Haut-Saint-Laurent, St-Anicet) sur sol sableux, (91% sable, 6,5% limon, 2,4% argile) de pH égal à 5,2, et une peupleraie sur dépôt glaciaire (Site Lemaire, Brome-Missiquoi, Dunham) au sol de texture sable loameux (54% sable, 36% limon, 10% argile) de pH égal à 5,1.

Des bandes ouvertes de 5 m de largeur orientées nord-sud, espacées d'interbandes forestières de 10 m, ont été dégagées par abattage et débroussaillage. Dans les dispositifs expérimentaux, les arbres plantés sont disposés au centre des bandes ouvertes et en bordure, à raison d'un total de 833 tiges/ha. Les arbres au centre des rangées (333 tiges/ha) forment le cœur de l'expérimentation.

Le rang au centre des bandes est scindé en parcelles de quatre arbres d'une même espèce (chêne à gros fruits (CHG) ou chêne rouge (CHR)) comprenant deux types d'arbres, soit des plants de 2 ans et des plants de 4 ans. L'espacement entre les arbres est de 2m. Entre les parcelles, un cerisier tardif (CET) est parfois planté sur le site Allard, alors qu'il s'agira du frêne d'Amérique (FRA) chez Lemaire.

Chaque parcelle représente un des trois types de protections contre le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) installés sur les arbres de 2 ans :

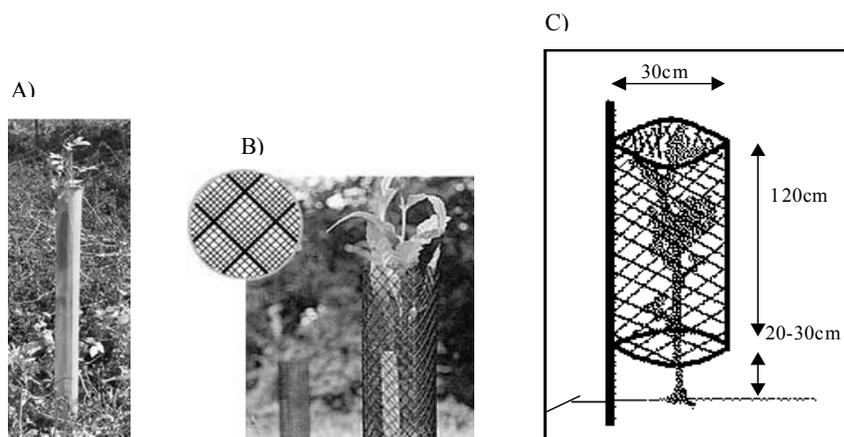
- le manchon protecteur de marque Freegro® à larges mailles (5mm X 5mm) (Figure 4A), d'un diamètre de 15 cm et 150 cm de hauteur,
- le type de marque Climatic® (mailles 2mm X 2mm) (Figure 4B) de 20 cm de diamètre et 180 cm de hauteur disponible chez Dendrotik®
- et un type fabriqué d'un cylindre de grillage métallique de 30 cm de diamètre et 120 cm de hauteur : le grillage est à larges mailles (mailles de 15cm de largeur et dont la hauteur se réduit progressivement de 6cm, au bas, à 15cm dans la partie supérieure) (Figure 4C). Ce dernier est installé de manière à atteindre une

protection à partir de 20 à 30 cm de hauteur du sol, laissant la base découverte mais permettant de protéger la cime de l'arbre jusqu'à près de 150cm. La grande taille des mailles permet un traitement de protection qui ne limite pas la disponibilité de la lumière.

- Des parcelles témoins, sans aucune protection, complètent le dispositif.

Aucun manchon protecteur n'est installé sur les arbres de 4 ans. Les troncs de ces arbres ont cependant été protégés des frottis par le cerf en installant une gaine protectrice autour du tronc, fabriquée à partir du protecteur de type Climatic. Leur cime feuillée demeure libre (sans protection), atteignant près de 180cm de hauteur.

Le site Allard comprend sept bandes, est subdivisé en six blocs de 12 parcelles, pour un total de 72 parcelles, alors que le site Lemaire comprend huit bandes, contient cinq blocs de 12 parcelles pour un total de 60 parcelles.



**Figure 7. A) protecteur de type Freegro à larges mailles (5mm x 5mm); B) protecteur de type Climatic à mailles de 2mm x 2mm; C) protecteur fabriqué de type grillage à larges mailles**

## RÉSULTATS

### Lumière fixe

Les données de lumière ont été recueillies dans les parcelles de chênes rouges et à gros fruits. La figure 5 montre la répartition de la lumière sur les sites à 1,5m du sol, ainsi que

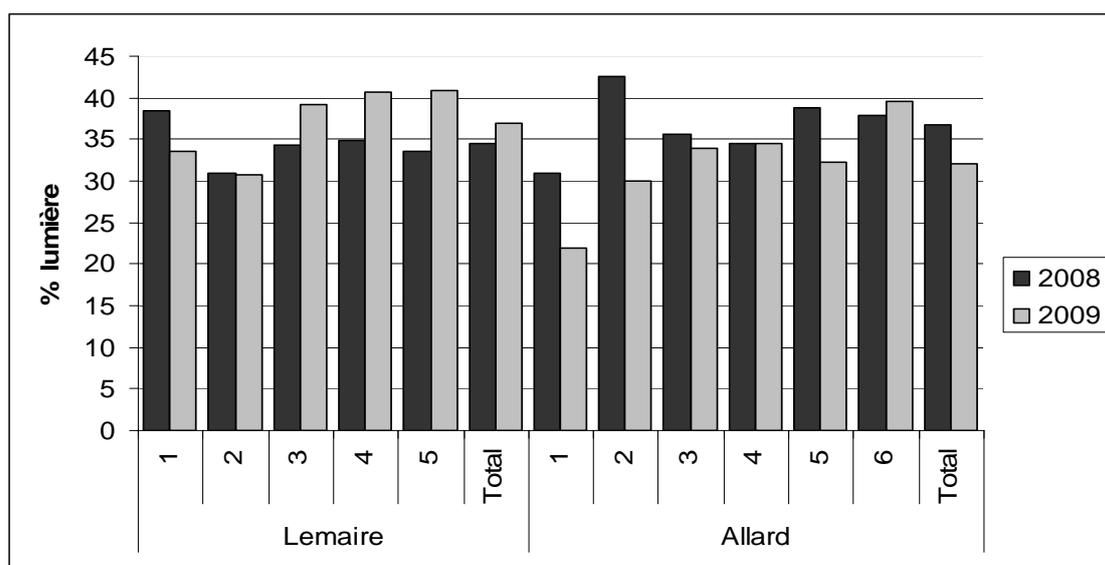
sa variation entre 2008 et 2009. De façon générale, la lumière disponible varie peu entre 2008 et 2009. En fait, elle augmente légèrement sur le site Lemaire (moyenne de 34% en 2008 et 37% en 2009) et diminue sur le site Allard (respectivement 37 et 32%).

### Lumière à hauteur d'arbre

Sur le site Allard, le taux de lumière disponible à hauteur des arbres de 2ans diminue de façon générale d'une année à l'autre (Tableau 18). Ainsi, ce taux passe de 8,3% en 2008 à 4,7% en 2009 pour les CHG avec protecteurs de type Climatic. De même, le CHR de type témoin reçoit 33,4% de lumière en 2008 et 25,7% en 2009. La forte repousse de la végétation herbacée et ligneuse dans les bandes peut expliquer ces résultats (un débroussaillage a été pratiqué en fin de saison de part et d'autre des plants). Cependant, les résultats sont inversés pour le CHG avec protecteur de type grillage, qui en 2008 reçoit 22,6% de lumière, puis 29,1% en 2009 (Tableau 18). Ces arbres ont la hauteur moyenne la plus élevée en 2009 (85,4cm, Tableau 20). Ils se seraient donc mieux positionnés pour la réception de la lumière par une bonne croissance.

Les arbres de 4 ans ont aussi un taux de lumière disponible plus élevé en 2009 (Tableau 18).

**Figure 8 : Histogramme représentant la répartition, par bloc expérimental, de la lumière mesurée en 2008 et 2009 à 1,5m du sol pour 2 plantations par bandes initiées en 2008.**



Contrairement au site Allard, le taux de lumière disponible à hauteur des arbres de 2ans augmente de façon générale sur le site Lemaire (Tableau 18). Par exemple, les CHG avec protecteur de type grillage reçoivent 26,5% de lumière en 2008 et 29,4% en 2009. Les CHR avec protecteur de type grillage reçoivent respectivement 29,6 et 40,7% de la lumière totale. En revanche, les valeurs diminuent pour le CHG de type témoin avec 31,4% en 2008 et 26,3% en 2009 (Tableau 18).

Les arbres de 4 ans ont un taux de lumière disponible plus élevé en 2009, bien que le CHG ait subi une forte régression (-22,5cm) en hauteur en 2009 (Tableau 18 et 19).

**Tableau 18 : Taux de lumière disponible à la cime des arbres en 2008 et 2009 pour 2 plantations par bandes initiées en 2008.** CHG= chêne à gros fruit et CHR= chêne rouge.

Type de plants	Espèce	Traitement	Allard		Lemaire	
			% lumière 2008 à hauteur d'arbre	% lumière 2009 à hauteur d'arbre	% lumière 2008 à hauteur d'arbre	% lumière 2009 à hauteur d'arbre
2 ans	CHG	climatic*	8,3	4,7	8,1	9,8
		freegro*	15,6	14,1	13,5	13,2
		grillage	22,6	29,1	26,5	29,4
		témoin	35,8	26,7	31,4	26,3
	CHR	climatic*	9,3	5,0	8,7	8,9
		freegro*	16,9	10,1	14,9	16,5
		grillage	38,9	29,7	29,6	40,7
		témoin	33,4	25,7	30,5	33,6
4 ans	CHG		36,6	40,0	33,6	37,4
	CHR		39,9	41,4	33,9	39,6

\* la mesure a été prise à l'intérieur des protecteurs

### Survie en 2009

Les taux de survie en 2009 sont de 67% sur le site Lemaire et 77% sur le site Allard (Tableau 19). Sur le site Allard, les protecteurs de type Climatic entraînent les taux de survie les plus bas pour chaque espèce (Tableau 19). Ce résultat est surtout vrai pour les CET (60%). Parmi les arbres de type 4ans, les CHR ont subi les pertes les plus importantes affichant un taux de survie de 58% (Tableau 19). Sur le site Lemaire, les taux de survie sont quasiment parfait pour les FRA et CHG de type 2ans, quelque soit le type de protecteur (Tableau 19). Le taux de survie des CHR en revanche est plus faible et varie de 60% pour les plants avec protecteur de type Climatic à 85% pour les plants avec grillage (Tableau 19). Les plants de type 4ans ont subi de plus fortes pertes puisque moins de la moitié (42%) des CHR et 60% des CHG sont vivants en 2009 (Tableau 19).

### Croissance 2008

Sur le site Allard, l'accroissement du CET a été positif avec tous les traitements. Les plants sans protection (témoin) ont cru de 10cm, alors que les autres traitements ont permis une croissance de 2 à 2,6 fois supérieure (Tableau 19). En effet, les plants avec les types Climatic et Freegro ont cru de 22 et 22,6cm et ceux munis du type grillage de 26,2cm. Chez le CHG la croissance a été plus faible (Tableau 19). Les types de protection grillage, Freegro et Climatic offrent les meilleurs résultats d'accroissement (11,2cm, 9,5cm et 9,5cm), comparativement à 6cm pour les plants témoins. Chez le CHR, il n'y a pas eu d'accroissement pour tous les traitements. En effet, alors qu'un faible accroissement du CHR est observé chez les témoins et ceux munis de grillage (2,7 et 2cm), l'accroissement est négatif avec le type Climatic (-4,6cm) et le type Freegro (-6,7cm) (Tableau 19). Il est à noter que la mort de l'apex a été constatée en 2008 pour 33% des CHR avec Climatic et 41% des CHR avec Freegro (Moisan *et al*, 2009).

Pour les plants de 4 ans, Le CHR, a eu une croissance presque nulle (1,1cm) alors que le chêne à gros fruits a eu une croissance négative (-6,1cm) (Tableau 19). Une forte présence de chenilles (54,2%) a été notée en 2008 pour ces arbres (Moisan *et al*, 2009).

Sur le site Lemaire, le FRA a eu une croissance positive avec tous les traitements. Elle a été semblable entre les plants témoins et munis des protecteurs Climatic et grillage (10,6cm, 11cm et 12,5cm) et plus importante avec le protecteur Freegro (17,4cm) (Tableau 19). Le CHG a également eu une croissance positive allant de 7,5 à 13,3cm selon la protection fournie, les témoins ayant eu la croissance la plus faible. Mis à part une croissance de près de 7cm avec le type Freegro, l'accroissement du CHR s'est fait plutôt timide avec moins de 3cm et même légèrement négatif dans le cas du grillage (Tableau 19).

L'accroissement des arbres de 4 ans a été très faible, soit en moyenne de 4,9cm pour le CHG et de 1,8cm pour le CHR (Tableau 19). La mort de l'apex a été constatée en 2008 sur 28,4% des CHR et 20% des CHG, ainsi que la présence de chenilles (6,7% pour les deux espèces) (Moisan *et al*, 2009).

### Croissance 2009

Sur le site Allard, l'accroissement annuel en 2009 est en net progrès par rapport à 2008, puisque les valeurs sont dans l'ensemble 72% supérieures à celles de 2008 (Tableau 20). Ainsi, le CET avec Climatic croît de 31,9cm en 2009 et les CHR avec Climatic et Freegro ont respectivement des valeurs d'accroissement de 10,6 et 13,7cm, alors que celles-ci étaient négatives en 2008 (Tableau 19). Les analyses statistiques (test de Tukey) n'ont pas montré de différences significatives en hauteur ( $p>0,05$ ) entre les différents types de protecteurs et les témoins pour les CHG et les CHR. La longueur de la pousse annuelle en 2009 des individus avec protecteur de type Freegro est statistiquement supérieure ( $p>0,05$ ) à celle des individus témoins dans le cas du CHR, et à celle des individus avec protecteurs de type Climatic, dans le cas du CHG (Tableau 19). Les arbres avec protecteur de type grillage ont une longueur de pousse annuelle moyenne en 2009 intermédiaire pour les 2 espèces de chêne.

Pour les plants de 4 ans, l'accroissement en 2009 est positif mais reste encore très faible avec 9,1cm pour le CHG et 3,9cm pour le CHR (Tableau 19).

Sur le site Lemaire, les résultats d'accroissement en 2009 ont diminué dans la plupart des cas. Seuls les CHG avec Climatic et Freegro ont des valeurs supérieures à celles de 2008 (14,1 et 21,4cm) ainsi que le CHR avec grillage (10,3cm) (Tableau 19). Les analyses statistiques (test de Tukey) n'ont pas montré de différences significatives en hauteur ( $p>0,05$ ) entre les différents types de protecteurs et les témoins pour les CHG et les CHR. La longueur de la pousse annuelle en 2009 des individus avec protecteur de type Freegro est statistiquement supérieure ( $p>0,05$ ) à celle des individus témoins dans le cas du CHG, et à celle des individus avec protecteurs de type Climatic, dans le cas du CHR (Tableau 19). Les arbres avec protecteur de type grillage ont une longueur de pousse annuelle moyenne en 2009 intermédiaire pour les 2 espèces de chêne.

Pour les plants de 4 ans, les résultats diffèrent selon l'espèce. En effet, le CHR a une valeur d'accroissement en hauteur supérieure à celle de 2008, mais qui reste modeste (8,3cm). En revanche les CHG ont subi une forte régression (descente de cime) en 2009 avec une perte de 22,5cm en moyenne (Tableau 19).

**Tableau 19 : Accroissement en hauteur 2008 et 2009, hauteur moyenne, longueur moyenne de pousse annuelle et taux de survie en 2009, selon le type de plant (2 ou 4 ans à la plantation) et le type de protecteur pour 2 plantations par bande initiées en 2008.** CET= cerisier tardif, FRA= frêne d'Amérique, CHG= chêne à gros fruit et CHR= chêne rouge. Les moyennes de chaque colonne et pour chaque espèce avec des lettres différentes sont différentes à  $p \leq 0,05$  (test de Tukey).

		ALLARD					LEMAIRE						
Type	Espèce	Traitement	Accroissement moyen en hauteur 2008 (cm)	Accroissement moyen en hauteur 2009 (cm)	Hauteur moyenne en 2009 (cm)	Longueur de PA en 2009 (cm)	Taux de survie en 2009 (%)	Accroissement moyen en hauteur 2008 (cm)	Accroissement moyen en hauteur 2009 (cm)	Hauteur moyenne en 2009 (cm)	Longueur de PA en 2009 (cm)	Taux de survie en 2009 (%)	
2 ans	CHG	climatic	9,5	14,4	76,1a	11,7b	92	10,5	14,1	70,7a	13,9ab	100	
		freegro	9,5	13,5	79,1a	19,0a	100	12,9	21,4	86,1a	20,9a	100	
		grillage	11,2	14,7	85,4a	16,1ab	100	13,3	13,2	79,2a	11,0ab	90	
		témoin	6,0	13,8	72,0a	14,6ab	100	7,5	2,4	67,2a	9,1b	100	
	CHR	climatic	-4,6	10,6	73,9a	15,9ab	71	2,1	1,6	76,6a	6,4b	65	
		freegro	-6,7	13,7	78,5a	18,1a	96	6,9	2,7	78,5a	11,3a	70	
		grillage	2,0	12,8	81,9a	14,9ab	100	-0,3	10,3	87,9a	10,6ab	85	
		témoin	2,7	8,2	75,1a	9,4b	79	2,9	3,2	76,6a	9,4ab	75	
	2 ans	CET	climatic	22,0	31,9	84,6	30,6	60					
			freegro	22,6	24,4	83,3	24,8	72					
			grillage	26,2	19,5	79,1	13,0	83					
			témoin	10,0	0,7	52,2	11,6	73					
FRA		climatic						11,0	3,8	60,5	7,9	100	
		freegro						17,4	4,9	73,1	12,6	100	
		grillage						12,5	-0,3	67,6	5,8	100	
		témoin						10,6	2,5	71,2	7,3	100	
4 ans	CHG		-6,1	9,1	215,1	14,64	77	4,9	-22,5	176,5	10,3	60	
	CHR		1,1	3,9	199,5	15,8	58	1,8	8,3	198,1	17,4	42	

## CONCLUSION

### Plants de 2 ans :

Le CHR présente des difficultés à s'établir sur les deux sites, et ce, quelque soit le type de protecteur utilisé. Il s'agit de la seule espèce qui ait des valeurs négatives d'accroissement annuel en 2008. Le fort taux d'apex mort en 2008 pour cette espèce sur les deux sites confirme les difficultés d'installation du CHR, comparativement au CHG. Aussi, les taux de survie pour le CHR sont relativement bas sur les deux sites, particulièrement pour les plants avec protecteur de type Climatic, alors qu'ils sont presque parfaits pour le CHG.

Les CET du site Allard ont des moyennes d'accroissement élevées dans l'ensemble pour 2008 et pour 2009. Cependant, les taux de survie en 2009 sont plus faibles notamment pour les plants avec des protecteurs de type Climatic. Sur le site Lemaire, les FRA ont un taux de survie parfait en 2009 et un bon accroissement moyen en 2008.

Lorsque l'accroissement annuel moyen d'une espèce est bon, on remarque que les plants sans protecteur (témoins) ont les résultats les plus faibles. C'est le cas pour les CHG du site Lemaire et les CET du site Allard. Ceci indique la nécessité d'une protection des plants contre l'abrutissement par le chevreuil.

Le protecteur de type Climatic tend à réduire considérablement la lumière disponible à la cime des arbres. Par conséquent, la croissance des plants peut en être affectée. C'est certainement le cas du CHG en 2008 et du CHR en 2009 sur le site Lemaire, avec des valeurs d'accroissement plus faibles pour les plants avec Climatic, comparativement aux deux autres types de protecteurs.

Les protecteurs de type Freegro et grillage présenteraient alors les meilleurs compromis entre protection contre les brouteurs et transmission de la lumière en situation de plantation sous couvert. Au regard des résultats, il est difficile de déterminer lequel de ces deux types de protecteurs donnent les meilleurs résultats en terme de croissance.

Après deux saisons de croissance, la quasi totalité des protecteurs était encore en place. Cependant, certains piquets de bois présentaient déjà un pourrissement à la base, ce qui suggère une révision de la tenue des protecteurs assez rapidement.

Le protecteur de type grillage tend à laisser passer des tiges principales au travers, mais les résultats de survie et de croissance sont satisfaisants dans l'ensemble.

#### Plants de 4 ans :

On remarque des difficultés d'établissement des plants de 4 ans quelque soient l'espèce et le site. Les taux de survie après deux ans de croissance sont assez bas, surtout pour le CHR. Le choc de transplantation pourrait être plus important sur ces fortes dimensions de plants et l'abondance de chenilles constatée en 2008 a surement participé à l'obtention des plus faibles résultats de survie.

## **PLANTATION D'ENRICHISSEMENT SOUS COUVERT FORESTIER : 5 ANS DE CROISSANCE**

### DESCRIPTION DU PROJET

La plantation sous couvert forestier a été initiée en 2005 et se situe dans une bétulaie grise de la MRC d'Acton en Montérégie. Sous le couvert de ce peuplement bas et dense, il y avait, en 2005, une moyenne 13% de lumière disponible à un mètre au-dessus du sol, l'étendue de la distribution variant entre 5% et 27%. Le sol est un loam sableux présentant un drainage imparfait et un pH acide (pH=4,75).

L'équivalent de 900 tiges/ha de chêne à gros fruits (CHG), chêne rouge (CHR), cerisier tardif (CET), érable à sucre (ERS) et de noyer noir (NON) ont été plantés en rangées parallèles espacées de 3m. Sur le rang, les arbres sont espacés de 3m et regroupés en triplets (3 arbres consécutifs de même espèce). Les zones inadéquates ont été évitées. 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 chênes et les érables et d'un an pour les cerisiers et les noyers.

Tous les plants ont reçu au moins trois applications de répulsif au cours des 3 premières saisons de croissance (PlantSkydd, Tree World, Sechelt, BC, Canada en 2005 et Deer-Away, IntAgra Inc., Minneapolis, MN, USA en 2006 et 2007).

Le taux de lumière disponible sous le couvert forestier a été mesuré en 2005 et en 2006 avec la sonde BF2 (Paquette *et al.*, 2007).

En 2009, la taille en hauteur et la survie des plants ont été estimées en échantillonnant une rangée sur deux.

## RÉSULTATS

Le taux de survie moyen pour l'ensemble des espèces est de 86% et varie de 77% pour les ERS et les CHR, à 94% pour le CET (Tableau 20).

Les CET ont la hauteur moyenne en 2009 la plus importante (122cm), alors que les ERS ont la hauteur moyenne la plus basses (38cm, Tableau 20).

**Tableau 20 : Hauteur moyenne (cm) et taux de survie (%) en 2009.** CET= cerisier tardif, CHG= chêne à gros fruits, CHR= chêne rouge, ERS= érable à sucre et NON=noyer noir.

Espèce	Hauteur	
	moyenne (cm)	survie (%)
CET	122	94
CHG	69	90
CHR	75	77
ERS	38	77
NON	64	83
Moyennes	79	86

En moyenne, et pour l'ensemble des espèces le taux d'abrouissement est de 29% (Tableau 21). Le taux d'abrouissement est relativement élevé pour les CET et les CHG avec respectivement 41% et 44% d'individus broutés par le cerf de Virginie (Tableau 21).

**Tableau 21 : Taux (%) d'individus présentant des signes d'abrouissement par le cerf et le lièvre et taux d'individus (%) avec mort de l'apex et recul de la tige principale en 2009.** CET= cerisier tardif, CHG= chêne à gros fruits, CHR= chêne rouge, ERS= érable à sucre et NON=noyer noir.

Espèce	Apex mort	Tige principale morte	Abrouissement	
			Cerf	Lièvre
CET	2	4	41	0
CHG	3	14	44	28
CHR	2	0	16	5
ERS	4	19	8	16
NON	1	20	18	0
Moyennes	2	13	29	11

Le broutage par le lièvre ou le lapin à queue blanche est particulièrement présent pour les CHG et les ERS (respectivement 28% et 16 %, Tableau 21).

Seul 2% des individus présente une mort de l'apex, ce qui indique la bonne implantation des plants. En revanche, 20% des NON, 19% des ERS et 14% des CHG ont leur tige principale morte et ont produit des rejets de la base (Tableau 21).

## CONCLUSION

Les résultats de survie sont très bons alors que la croissance est limitée par l'abrouissement et la lumière. Ces résultats justifieraient une ouverture du peuplement accompagnée d'une protection des plants à l'aide de manchons protecteurs de type Freegro®. Les résultats actuels sont suffisamment bons pour anticiper une réponse vigoureuse des plants à l'ouverture. Nous proposons d'ouvrir des bandes de 6m comprenant 3 rangées d'arbres (une en son centre) en alternance à des interbandes non ouvertes de 6m. La protection par manchons d'un arbre sur trois dans les bandes ouvertes conduirait à 225 arbres/ha protégés. Le dispositif permettrait des conditions contrastées pour l'étude ultérieure de la croissance des plants et de l'abrouissement.

## **L'ENRICHISSEMENT PAR LA PLANTATION SOUS COUVERT FORESTIER : 12 ANS DE CROISSANCE**

### DESCRIPTION DU PROJET

Les 2 sites, désignés par le nom des propriétaires (Bourdeau et Laplante), sont situés en Montérégie (municipalités de St-Chrysostome et MRC de Ste-Clothilde), et sont de jeunes peuplements de bouleaux gris sur sol de type loam sableux au pH respectif de 5,2 et 5,9.

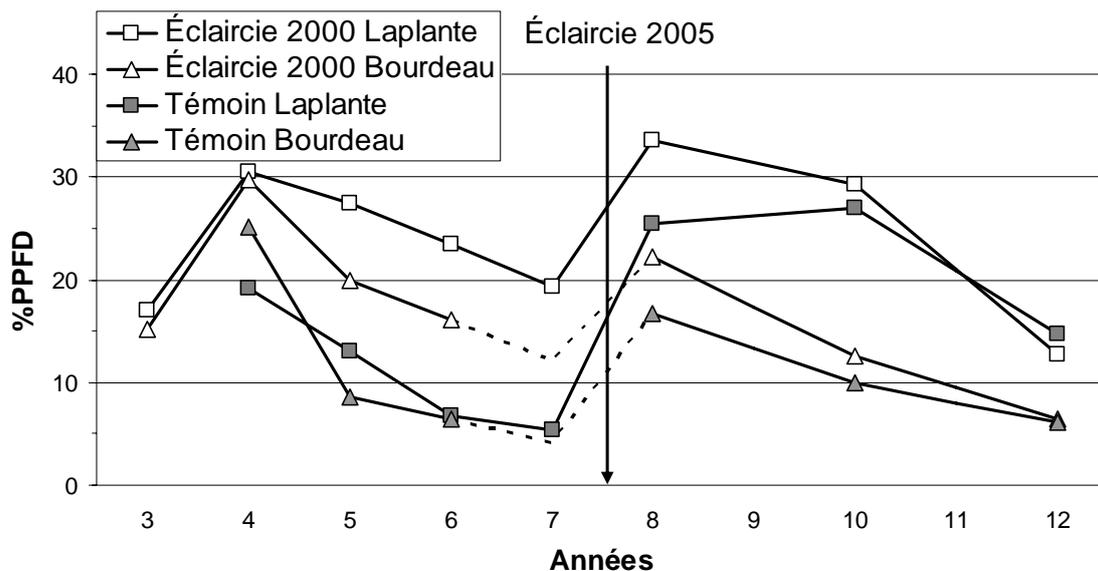
En 1998, les 2 sites ont été enrichis par plantation sous couvert forestier et ont reçu l'équivalent de 900 tiges/ha (Paquette, A., Bouchard, A. et Cogliastro, A., 2006.) de chêne rouge (CHR), cerisier tardif (CET) et bouleau jaune (BOJ). Le site Laplante a subi une éclaircie avant la plantation. La luminosité sur le site Bourdeau ayant été jugée suffisante, aucune éclaircie n'est réalisée avant la plantation.

En 2000, un dispositif expérimental intégrant uniquement les CHR et les CET est mis en place sur chacun des sites. Ainsi, 11 placettes sur le site Laplante et 12 placettes sur le site Bourdeau, mesurant de 400 à 600 m<sup>2</sup>, et séparées d'une zone tampon (minimum de 10 m) sont désignées. Un dégagement complet autour des plants (rayon de 1m, du sol à la canopée) a ensuite été appliqué en 2000 sur une partie des parcelles. Les autres parcelles servant de témoins. Une application annuelle de répulsif à chevreuil (DeerAway®) a été réalisée sur les 2 sites de 2000 à 2004. À l'hiver 2005, toutes les parcelles subissent une éclaircie d'environ 30% de la canopée. Le dispositif compare maintenant l'effet de deux fréquences d'éclaircie post-plantation : une pratiquée en deux opérations aux années 3 et 7, une autre uniquement appliquée à l'année 7.

### RÉSULTATS

#### La lumière

La figure 6 montre l'évolution de la disponibilité en lumière à 2m du sol de 2000 (année 3) à 2009 (année 12) sur les parcelles éclaircies en 2000 et les parcelles témoins (non éclaircies en 2000) sur les sites Bourdeau et Laplante. En 2001, les parcelles éclaircies en 2000 avaient un taux de lumière plus important (~ 30% PPFD<sup>4</sup>) que pour les parcelles témoins (< 25% PPFD, Figure 6). De 2001 à 2004, il y a fermeture progressive de la canopée, mais les taux de lumière étaient toujours plus importants sur les parcelles éclaircies en 2000 (Figure 6). En 2005, et après l'éclaircie de 30% de la canopée, les taux de lumière ont considérablement augmenté sur l'ensemble des 2 sites. Après 2005, la canopée se ferme graduellement sur les 2 sites. En 2009, le taux de lumière disponible à 2m du sol diffère peu entre les placettes de chacun des sites (Figure 6). Le site Bourdeau est occupé par une végétation de sous bois plus importante, atténuant davantage la lumière à 2m qu'au site Laplante.



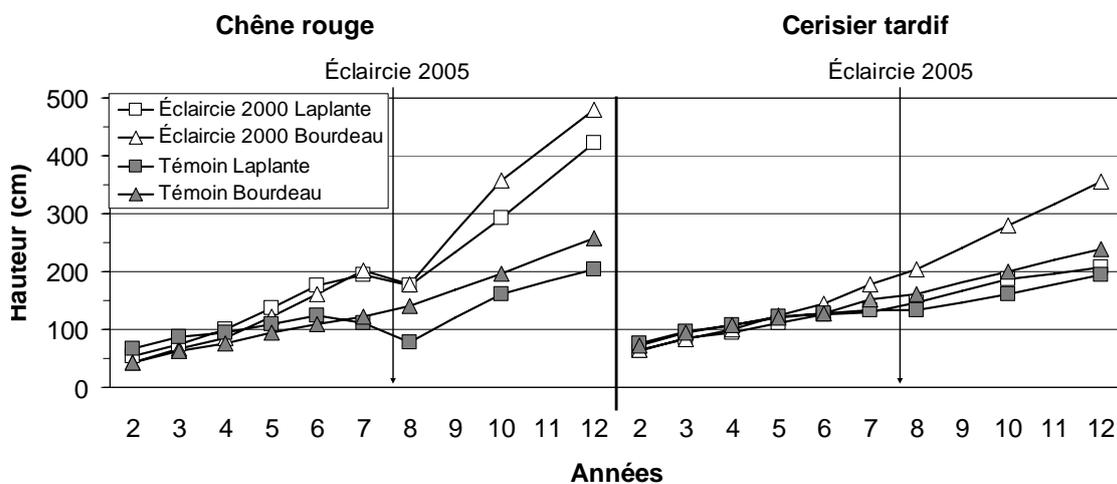
**Figure 9 : Évolution du taux de lumière (%PPFD) disponible à 2m du sol de 2000 (année 3) à 2009 (année 12) sur les sites Bourdeau et Laplante selon le type de traitement (éclaircie 2000 ou témoin).**

#### Croissance en hauteur

La figure 7 montre l'évolution de la hauteur des CHR et CET de 1999 (année 2) à 2009 (année 12). Pour les CHR, l'effet positif de l'éclaircie en 2000 est remarquable sur les 2

<sup>4</sup> PPFD= Photosynthetic photon flux density / Flux photonique photosynthétisant

sites à partir de 2002 (année 5) et s'accroît ensuite (Figure 7). L'éclaircie de 2005 a eu des effets positifs sur la croissance en hauteur des CHR présents sur les parcelles déjà éclaircies en 2000. L'avantage de l'ouverture de la canopée de 2005 est beaucoup moins marqué sur les parcelles témoins (sans éclaircie en 2000) (Figure 7). La baisse des valeurs de hauteurs en 2005 est due à la chute des arbres suite à l'éclaircie ce qui aurait parfois endommagé des plants. Des dommages engendrés par les rongeurs et par le gel tardif du printemps 2005 expliquent également ce recul de hauteur.



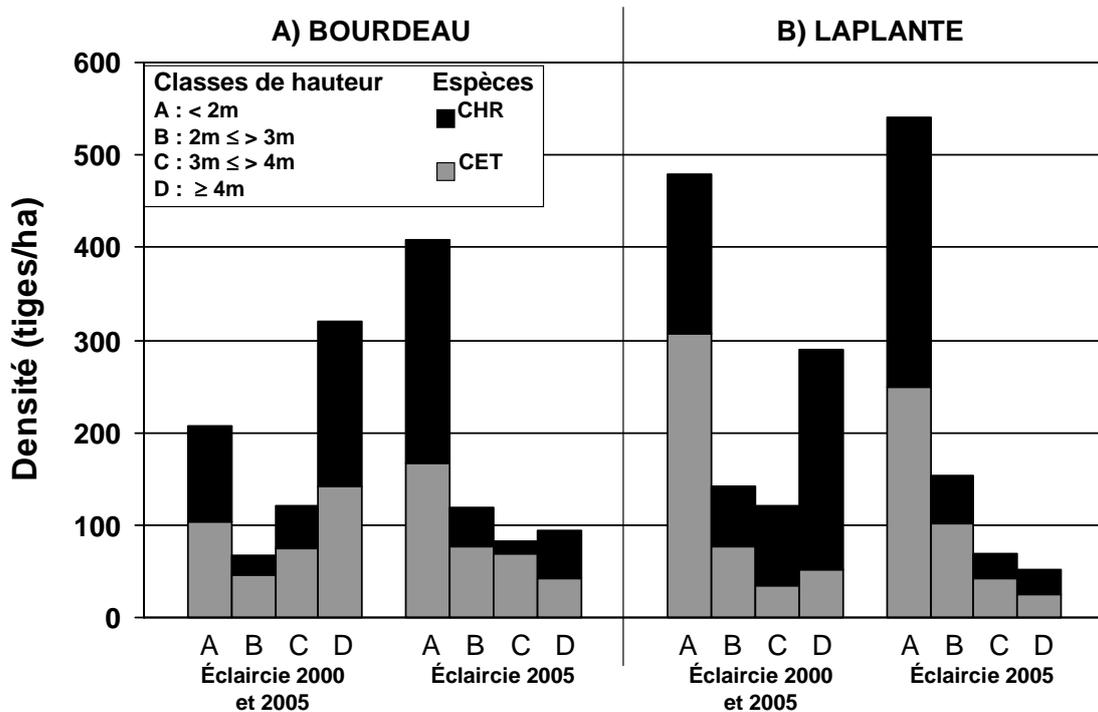
**Figure 10 : Évolution de la hauteur moyenne des cerisiers tardifs et des chênes rouges de 1999 (année 2) à 2009 (année 12) sur les sites Bourdeau et Laplante selon le type de traitement (éclaircie 2000 ou témoin).**

Pour les CET, l'éclaircie de 2000 (année 3) semble avoir été trop faible puisqu'il n'y a pas de différence de hauteur entre les parcelles témoins et les parcelles éclaircies, sauf en 2004 (année 7) sur le site Bourdeau (Figure 7). L'éclaircie de 2005 n'a été favorable qu'aux CET des parcelles éclaircies en 2000 du site Bourdeau (Figure 8).

### Densité

La figure 8 montre les densités de CHR et CET selon leur hauteur en fonction des traitements d'éclaircie sur chacun des sites. Ainsi, pour le CHR et le CET du site Bourdeau et le CHR du site Laplante, la densité en 2009 de plants supérieurs à 4m est plus importante que la densité de plants de moins de 2m sur les parcelles éclaircie en 2000 et 2005, alors qu'on trouve l'inverse sur les parcelles éclaircie uniquement en 2005

(Figure 8). Pour les CET du site Laplante, la double éclaircie de 2000 et 2005 n'a pas permis d'augmenter la densité de plants mesurant plus de 4m en comparaison à la seule éclaircie de 2005 (Figure 8).



**Figure 11 : Densité de cerisier tardif (CET) et de Chêne rouge (CHR) en fonction de la hauteur des plants et du type de traitement (éclaircie 2005 ou éclaircie 2000 et 2005) sur les sites Bourdeau (A) et Laplante (B).**

## CONCLUSION

L'éclaircie de 2000, combinée à celle de 2005, a eu des effets positifs remarquables sur la croissance des plants sur les 2 sites, et a permis d'obtenir un plus grand nombre de tiges de plus 4m à l'hectare, sauf pour les cerisiers du site Laplante. La faible réponse des CET à l'éclaircie de 2000 sur ce site suggère une ouverture plus importante dans les premières années d'établissement des plants de cette espèce.

L'éclaircie réalisée en 2005 n'a eu des effets positifs remarquables sur la croissance des plants que sur les parcelles préalablement éclaircies en 2000, et ce, surtout pour le CHR.

Les sites ainsi traités par deux éclaircies pratiquées aux années 3 et 7 peuvent présenter un total de près de 300 tiges à l'hectare de CET et de CHR de plus de 4 m et plus de 100 autres de  $3 \leq > 4m$  après 12 ans d'installation, une réussite.

## **IV- ESSAI DE NOYERS HYBRIDES**

## **PLANTATIONS DE NOYERS HYBRIDES : ÉVALUATION DU POTENTIEL AU QUÉBEC**

### DESCRIPTION DU PROJET

La plantation de trois cultivars de noyers hybrides (Ng38, Ng23 (hybrides entre *Juglans nigra* x *J.regia*) et Mj209 (*J.major* x *J.regia*)), et de noyers noirs (*Juglans nigra*) de deux provenances du Québec (Estrie et Montréal) a eu lieu en 2001 sur 2 sites, nommés par le nom du propriétaire (Lalonde et Latulipe).

Les sites sont des friches agricoles reposant sur des dépôts littoraux (Lalonde, loam de pH 6,56) ou des dépôts glaciaires (Latulipe, loam sableux pierreux, de pH 7,25). Le site Latulipe est entouré de lisières boisées, le site Lalonde est situé en champ ouvert.

Des travaux de labour-hersage (sur le rang d'arbre) et la pose d'un paillis de plastique sont réalisés avant la plantation.

Sur le site Latulipe, l'équivalent de 556 tiges/ha ont été plantés sur des rangées espacées de 6 m. Les rangées du site Lalonde sont espacées de 12 m (le propriétaire compte récolter le fourrage entre les rangées) ce qui donne une densité de 278 tiges/ha. L'espacement sur le rang est de 3 m. La proportion de chaque hybride et noyers noirs plantés varient selon le site puisque la disponibilité des cultivars était variable. Ainsi, sur les 2 sites, 7% des arbres sont des représentants de Ng38, 32% de Ng23, 14% de noyers noirs de l'Estrie, 14% à 16% selon le site de Noyers noirs de Montréal et 32% à 34% de Mj209.

En 2002, puis 2003, et sur les 2 sites, une rangée sur deux a reçu une taille de formation. En 2009, une autre taille de formation est réalisée sur l'ensemble des plantations.

## RÉSULTATS

La croissance, la survie et la résistance au gel hivernal ont été étudiées en 2004, après 4 années de croissance (Cogliastro, 2004).

Le gel des bourgeons terminaux des hybrides de noyers a été constaté après le troisième hiver, et les noyers noirs montraient alors beaucoup plus de tolérance à ces froids. Parmi les hybrides, les Ng38 et Ng23 ont été les plus résistants, notamment sur le site Latulipe, et présentaient des taux de production de rejets de la base, ce qui est associé à la réduction générale de l'accroissement suite aux effets du climat hivernal, comparables aux noyers noirs à l'étude (Cogliastro, 2004). En 2009, les résultats sont comparables, avec 4,2% et 10,8% de production de rejets de base pour Ng38 et Ng23 sur le site Lalonde et 4,3% et 9% sur le site Latulipe (Tableau 22). Sur le site Lalonde, 2,6% des noyers noirs de Montréal présentent des rejets de base en 2009, alors qu'aucun des noyers noirs (Estrie et Montréal) n'en présente sur le site Latulipe (Tableau 22)<sup>5</sup>.

L'hybride Mj209 présentait en 2004 le plus grand nombre de plants où au moins un rejet de la base remplaçait la tige principale (Tableau 23), ce qui est associé à la réduction générale de l'accroissement chez cet hybride suite aux effets du climat hivernal (Cogliastro, 2004). Cet hybride (Mj209) subissait d'importants dommages et un retard de croissance. Ce constat se vérifie et est accentué sur les deux sites en 2009 puisque la majorité des plants de cet hybride présentent des rejets à la base avec 80% chez Lalonde et 81% chez Latulipe (Tableau 23) contre 51% et 36% en 2004 (Cogliastro, 2004).

Les résultats de 2009 des noyers hybrides (Ng23 et Ng38) et des noyers noirs (de Montréal et d'Estrie) montrent que la croissance générale de ces noyers a été supérieure sur le site Latulipe avec un DHP moyen de 7,1cm et une hauteur moyenne de 464cm (Tableau 22). Le taux de survie moyen en 2009 est aussi supérieur sur le site Latulipe, avec 96%, contre 72% sur le site Lalonde (Tableau 22) Les analyses conduites en 2004 (Cogliastro, 2004) arrivaient au même constat. Le site Latulipe est protégé des vents par les lisières boisées l'entourant, ce qui avantage les noyers et dans ce cas, autant les noyers noirs que les hybrides ont présenté une bonne croissance soutenue.

---

<sup>5</sup> Le cultivar Mj209 n'apparaît pas au tableau considérant les dommages importants associés à sa rusticité inadéquate

**Tableau 22 : Densité, taux de survie, moyenne des diamètres à hauteur de poitrine (DHP), moyenne des hauteurs et surface terrière (ST) en 2009 pour deux plantations de noyers hybrides (Ng23 et Ng 38) et de noyers noirs (Estrie et Montréal).** Estrie= noyer noir d'Estrie, Montréal= noyer noir de Montréal, Ng23 et Ng38=hybrides entre *Juglans nigra* x *J.regia*. Les moyennes de chaque colonne de chaque site avec des lettres différentes sont différentes à  $p \leq 0,05$  (test de Tukey).

Site	Type de noyer	Nb/ha	Survie (%)	Rejet (%)	DHP (cm)	Hauteur (cm)	ST (m <sup>2</sup> /ha)
lalonde	Estrie	203	73	0,0	4,5a	317a	0,4
	Montréal	220	79	2,6	5,0ab	349a	0,5
	Ng23	231	83	10,8	6,5bc	372ab	0,8
	Ng38	278	100	4,2	7,4c	422b	1,4
	Moyenne	227	82	6,3	5,9	364	0,7
latulipe	Estrie	486	88	0,0	7,4ab	480ab	2,3
	Montréal	536	96	0,0	6,0a	410a	1,7
	Ng23	551	99	9,0	7,1ab	447a	2,2
	Ng38	532	96	4,3	9,4b	640b	4,0
	Moyenne	532	96	4,8	7,1	464	2,3

En 2004, sur les deux sites, l'hybride Ng38 produisait davantage que les autres types de noyers (Cogliastro, 2004). En 2009, cet hybride est toujours le plus productif ( $p \leq 0,05$ ), particulièrement sur le site Latulipe où le DHP moyen est égal à 9,4cm et la hauteur moyenne à 640cm (Tableau 22). Le taux de survie en 2009 du Ng38 est parfait sur le site Lalonde et égal à 96% sur le site Latulipe (Tableau 22). En 2009 et sur les 2 sites, 4% de cet hybride présente des rejets de la base (Tableau 22).

**Tableau 23 : Proportion de noyers hybrides MJ209 présentant ou non des rejets de base. Moyennes de hauteur et de diamètre à hauteur de poitrine (DHP).**

Site	hybride	Rejets	Proportion (%)	DHP (cm)	Hauteur (cm)	Nb moyen de tiges
Lalonde	Mj209	oui	80			ND
		non	20	4,8	307	
Latulipe	Mj209	oui	81			9
		non	19	4,4	334	

Les résultats de croissance générale du noyer hybride Ng23 sont aussi prometteurs avec des valeurs moyennes de hauteur et de DHP supérieures, mais statistiquement comparables à celles du noyer noir de Montréal sur les 2 sites, et supérieures ( $p \leq 0,05$ ) à celles du noyer noir d'Estrie sur le site Lalonde (Tableau 22). Le taux de survie du Ng23 est presque parfait (99%) sur le site Latulipe, qui est protégé des vents, mais plus faible

sur le site Lalonde (83%) (Tableau 22). Cependant, on constate en 2009 une production de rejets de la base sur 10,8% des Ng23 sur le site Lalonde et 9% sur le site Latulipe (Tableau 22).

Les noyers noirs, d'Estrie et de Montréal, ont des taux de survie plus élevés sur le site Latulipe avec respectivement 88% et 96%, contre 73% et 79% sur le site Lalonde (Tableau 22). Les valeurs de croissance des noyers noirs sont aussi supérieures sur le site Latulipe. Par exemple, la moyenne de DHP et de hauteur des noyers noirs de Montréal sont de 5cm et 349cm sur le site Lalonde, contre 6cm et 410cm sur le site Latulipe. Le noyer noir d'Estrie, quant à lui, présente aussi des différences de dimension très importantes entre les 2 sites, avec une hauteur moyenne de 317cm sur le site Lalonde et 480cm sur le site Latulipe (Tableau 22). La protection contre les vents semble donc être très importante pour la productivité des noyers noirs.

La dimension des plants de Mj209 qui ne présentaient pas de rejets en 2009 est relativement faible comparativement aux autres hybrides et aux noyers noirs, avec une hauteur moyenne de 307cm sur le site Lalonde et 334cm sur le site Latulipe (Tableaux 23).

## CONCLUSION

La culture des noyers (noirs et hybrides) doit composer avec la susceptibilité aux gels. Les sites protégés, bien positionnés dans le paysage pour éviter les masses d'air froides, aux sols riches et bien approvisionnés en eau, doivent être privilégiés.

Suite aux présents travaux, une utilisation modérée des hybrides de noyers a été proposée (dont Ng38 et Ng23) par leur intégration parmi d'autres espèces d'arbres feuillus en plantations sur les meilleurs sites. La rapidité de croissance de ces hybrides commande cependant beaucoup d'attention quant aux tailles de formation qui devraient être fréquentes, idéalement annuelles pendant au moins les cinq premières années.

L'hybride Mj209 a subi de tels dommages et retard de croissance depuis la plantation, qu'il est recommandé de ne pas poursuivre les essais avec celui-ci.

## **REMERCIEMENTS**

Nous tenons à remercier les propriétaires de tous les sites d'étude qui nous ont accordé l'accès aux plantations. Merci également aux nombreux assistants, stagiaires, étudiants ayant contribué aux activités. Le financement par le Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier Volet II a permis la réalisation des interventions qui permettent de constituer un réseau de parcelles de démonstration qui vont guider le développement de l'activité sylvicole en Montérégie.

## RÉFÉRENCES

- Lapointe, M., Cogliastro, A., and Daigle, S. 2007. Stratégie de croissance des arbres feuillus en condition d'enrichissement. 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 2-06-63-35. Institut de recherche en biologie végétale, Montréal.
- Chiffhot, V., Rivest, D., Olivier, A., Cogliastro, A., et Khasa, D. 2009. Molecular analysis of arbuscular mycorrhizal community structure and spores distribution in tree-based intercropping and forest systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **131**(1): 32-39.
- Rivest, D., Cogliastro, A., et Olivier, A. 2009a. Tree-based intercropping systems increase growth and nutrient status of hybrid poplar: A case study from two Northeastern American experiments. *Journal of Environmental Management* **91**: 432-440.
- Rivest, D., Cogliastro, A., Vanasse, A., et Olivier, A. 2009b. Production of soybean associated with different hybrid poplar clones in a tree-based intercropping system in southwestern Québec, Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **131**: 51-60.
- Lacombe, S., Bradley, R.L., Hamel, C., et Beaulieu, C. 2009. Do tree-based intercropping systems increase the diversity and stability of soil microbial communities? *Agriculture, Ecosystems and Environment* **131**: 25-31.
- Cann, D. B., P. Lajoie et P. C. Stobbe. 1948. Étude des sols des comtés de Shefford, Brome et Missisquoi dans la province de Québec, Service des fermes expérimentales, ministère fédéral de l'Agriculture, en collaboration avec le ministère de l'Agriculture de Québec et le collège Macdonald, Université McGill, # 3M-10358-12-47, 94 p.
- Cogliastro, A. 2004. Essais de noyers hybrides au Québec. Ministère des Ressources naturelles du Québec. Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier. Projet # 2-03-63-50, 34 p.
- Cogliastro, A., Gagnon, D. & Bouchard, A. 1993. Effet des sites et des traitements sylvicoles sur la croissance, l'allocation en biomasse et l'utilisation de l'azote de semis de quatre espèces feuillues en plantations dans le sud-ouest du Québec. *Canadian Journal of Forest Research* **23** : 199-209.
- Cogliastro, A., Gagnon, D., Daigle, S., and Bouchard, A. 2003. Improving hardwood afforestation success: an analysis of the effects of soil properties in southwestern Quebec. *Forest ecology and management* **177**: 347 – 359
- Cogliastro, A., Gagnon, D., et Bouchard, A. 1996. Is site preparation necessary for bur oak receiving post-planting weed control? *Ann. Sci. For.* **54** : 107-116.
- Cogliastro, A., Gagnon, D., et Bouchard, A. 1997. Experimental determination of soil characteristics optimal for the growth of ten hardwoods planted on abandoned farmland. *Forest ecology and management.* **96** : 49-63.
- Lapointe, M., Bouttier, L., S. Daigle et A. Cogliastro. 2008. Suivi de la croissance de jeunes plantations de peupliers hybrides 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 16-2007-05. Institut de recherche en biologie végétale, Montréal. 37 pages.

- Mailloux, A. et Godbout, G. 1954. Étude Pédologique des sols des comtés de Huntingdon et Beauharnois. Ministère de l'Agriculture du Québec. Division des sols. Ste-Anne-de-la-Pocatière, Québec. Bulletin technique No 4. 221 p.
- Marineau, K., 1992. Effets de la répression des herbacées à l'aide d'herbicides et de paillis de plastique sur la croissance du chêne rouge et du frêne rouge. Mémoire de Maîtrise. UQAM, Montréal. 49p
- Mertens, P. (1997). Le peuplier en Wallonie et dans les régions voisines. Ouvrage collectif. Direction générale des ressources naturelles et de l'environnement. Namur, 483 p.
- Moisan, C., L. Bouttier, M.-È. Payeur, S. Daigle et A. Cogliastro, 2009. Plantations mélangées pour accompagner le feuillu noble. Rapport de projet au Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier – volet II, Montérégie. Institut de recherche en biologie végétale. 98 pages.
- Moisan, C., L. Bouttier, M.-È. Payeur, S. Daigle et A. Cogliastro, 2009. Plantation sous couvert par bande : protections et dimensions de plants à l'essai. 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 16-2008-06. Institut de recherche en biologie végétale. 42 pages.
- Nolin, M.C. et L. Lamontagne, 1990. Étude pédologique du comté de Richelieu (Québec). Équipe pédologique du Québec. Centre de recherches sur les terres, Agriculture Canada, Sainte-Foy, Québec. Contribution no 87-92-1990. 287 p.
- Paquette, A., Bouchard, A., et Cogliastro, A. 2007. A less restrictive technique for the estimation of understory light under variable weather conditions. *Forest Ecology & Management* 242: 800-804.
- Paquette, A. 2000. Étude comparative de l'effcience d'utilisation des éléments nutritifs chez deux espèces d'arbres feuillus, le chêne rouge et le frêne de Pennsylvanie, après dix années de croissance en plantation. Mémoire de maîtrise. UQAM, Montréal. 55 p.
- Paquette, A., Bouchard, A. et Cogliastro, A., 2006. 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.
- Ressources naturelles Canada. Mélèze d'Europe (*Larix decidua* Mill.) et mélèze du Japon (*Larix leptolepis* (Sieb. Zucc.) Gord.). Service canadien des forêts. Gouvernement du Canada [En ligne]. <http://scf.rncan.gc.ca/soussite/glfc-tree-planting/larix-decidua> (page consultée le 1<sup>er</sup> octobre 2008).

# ANNEXE 1 : Plan du site Allard :

## Plantation mélangée Robinier-faux-acacia –Mélèze hybride -Feuillus

		BLOC 1							BLOC 2							BLOC 3							BLOC 4							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	m	Rn	cr	Rn	ct	Rn	cg	Rn	b	ct	b	ct	b	cr	b	Rp	cr	Rp	ct	Rn	cr	Rn	b	ct	b	cg	b	ct	b	m
2	m	Rn	cr	Rn	ct	Rn	cg	Rn	b	ct	b	ct	b	cr	b	Rp	cr	Rp	ct	Rn	cr	Rn	b	ct	b	cg	b	ct	b	m
3	m	Rn	cr	Rn	ct	Rn	cg	Rn	b	ct	b	ct	b	cr	b	Rp	cr	Rp	ct	Rn	cr	Rn	b	ct	b	cg	b	ct	b	m
4	m	Rn	cr	Rn	ct	Rn	cg	Rn	b	ct	b	ct	b	cr	b	Rp	cr	Rp	ct	Rn	cr	Rn	b	ct	b	cg	b	ct	b	m
5	m	Rn	cr	Rn	ct	Rn	cg	Rn	b	ct	b	ct	b	cr	b	Rp	cr	Rp	ct	Rn	cr	Rn	b	ct	b	cg	b	ct	b	m
6	m	Rp	cg	Rp	cr	Rp	ct	Rp	b	cr	b	cg	b	cg	b	Rn	cg	Rn	ct	Rp	cg	Rp	b	cr	b	cr	b	cg	b	m
7	m	Rp	cg	Rp	cr	Rp	ct	Rp	b	cr	b	cg	b	cg	b	Rn	cg	Rn	ct	Rp	cg	Rp	b	cr	b	cr	b	cg	b	m
8	m	Rp	cg	Rp	cr	Rp	ct	Rp	b	cr	b	cg	b	cg	b	Rn	cg	Rn	ct	Rp	cg	Rp	b	cr	b	cr	b	cg	b	m
9	m	Rp	cg	Rp	cr	Rp	ct	Rp	b	cr	b	cg	b	cg	b	Rn	cg	Rn	ct	Rp	cg	Rp	b	cr	b	cr	b	cg	b	m
10	m	Rp	cg	Rp	cr	Rp	ct	Rp	b	cr	b	cg	b	cg	b	Rn	cg	Rn	ct	Rp	cg	Rp	b	cr	b	cr	b	cg	b	m
11	m	m	ct	m	cr	m	cg	m	Rp	ct	Rp	cg	Rn	ct	Rn	b	cr	b	ct	b	ct	b	m	cr	m	ct	m	cr	m	m
12	m	m	ct	m	cr	m	cg	m	Rp	ct	Rp	cg	Rn	ct	Rn	b	cr	b	ct	b	ct	b	m	cr	m	ct	m	cr	m	m
13	m	m	ct	m	cr	m	cg	m	Rp	ct	Rp	cg	Rn	ct	Rn	b	cr	b	ct	b	ct	b	m	cr	m	ct	m	cr	m	m
14	m	m	ct	m	cr	m	cg	m	Rp	ct	Rp	cg	Rn	ct	Rn	b	cr	b	ct	b	ct	b	m	cr	m	ct	m	cr	m	m
15	m	m	ct	m	cr	m	cg	m	Rp	ct	Rp	cg	Rn	ct	Rn	b	cr	b	ct	b	ct	b	m	cr	m	ct	m	cr	m	m
16	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
17	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
18	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
19	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
20	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
21	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
22	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
23	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
24	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
25	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
26	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
27	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
28	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
29	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
30	m	m	cg	m	ct	m	cr	m	Rn	cr	Rn	cg	Rp	cr	Rp	b	cg	b	cg	b	cr	b	m	cg	m	cg	m	ct	m	m
31	m	b	cr	b	cg	b	ct	b	m	cr	m	cg	m	cr	m	m	cr	m	cg	m	cr	m	Rn	cr	Rn	ct	Rp	cg	Rp	m
32	m	b	cr	b	cg	b	ct	b	m	cr	m	cg	m	cr	m	m	cr	m	cg	m	cr	m	Rn	cr	Rn	ct	Rp	cg	Rp	m
33	m	b	cr	b	cg	b	ct	b	m	cr	m	cg	m	cr	m	m	cr	m	cg	m	cr	m	Rn	cr	Rn	ct	Rp	cg	Rp	m
34	m	b	cr	b	cg	b	ct	b	m	cr	m	cg	m	cr	m	m	cr	m	cg	m	cr	m	Rn	cr	Rn	ct	Rp	cg	Rp	m
35	m	b	cr	b	cg	b	ct	b	m	cr	m	cg	m	cr	m	m	cr	m	cg	m	cr	m	Rn	cr	Rn	ct	Rp	cg	Rp	m
36	m	b	ct	b	cr	b	cr	b	m	ct	m	cr	m	ct	m	m	ct	m	cr	m	ct	m	Rp	cr	Rp	ct	Rn	cr	Rn	m
37	m	b	ct	b	cr	b	cr	b	m	ct	m	cr	m	ct	m	m	ct	m	cr	m	ct	m	Rp	cr	Rp	ct	Rn	cr	Rn	m
38	m	b	ct	b	cr	b	cr	b	m	ct	m	cr	m	ct	m	m	ct	m	cr	m	ct	m	Rp	cr	Rp	ct	Rn	cr	Rn	m
39	m	b	ct	b	cr	b	cr	b	m	ct	m	cr	m	ct	m	m	ct	m	cr	m	ct	m	Rp	cr	Rp	ct	Rn	cr	Rn	m
40	m	b	ct	b	cr	b	cr	b	m	ct	m	cr	m	ct	m	m	ct	m	cr	m	ct	m	Rp	cr	Rp	ct	Rn	cr	Rn	m

Nyirzeg - peuplement Gyulahaza 2A - code peuplement 020 511074

Pusztavacs - peuplement Pusztavacs 24A - code peuplement 022 511077

### Légende

Code	Arbres	NO
<b>Espèces compagnes</b>		
m	Mélèze hybride	220
Rn	Robinier faux-acacia Nyirzeg	80
Rp	Robinier faux-acacia Pusztavac	80
<b>Total</b>		<b>380</b>
<b>Feuillus</b>		
cg	Chêne à gros fruits	100
cr	Chêne rouge	140
ct	Cerisier tardif	120
b	Bouleau blanc	160
		<b>520</b>
<b>Grand total</b>		<b>900</b>

Superficie totale	0,9 ha
Densité totale	1000/ha
Nombre espèces commerciales *	740
Densité espèces commerciales	822,2/ha

\* Feuillus + mélèzes hybrides



# ANNEXE 3 : Plan du site Moreau

## Plantation mélangée Robinier-faux-acacia /Feuillus

2,5m X 4m					2,5m X 4m							
Rn	fa	Rn	cr	Rn	Rp	cg	Rp	cr	Rp	93	Rn	Robinier faux-acacia Nyirzeg
Rn	fa	Rn	cr	Rn	Rp	cg	Rp	cr	Rp	117	Rp	Robinier faux-acacia Pusztavacs
Rn	fa	Rn	cr	Rn	Rp	cg	Rp	cr	Rp	63	fa	Frêne d'Amérique
Rn	fa	Rn	cr	Rn	Rp	cg	Rp	cr	Rp	64	cg	Chêne à gros fruits
Rn	cg	Rn	nn	Rn	Rp	nn	Rp	fa	Rp	66	cr	Chêne rouge
Rn	cg	Rn	nn	Rn	Rp	nn	Rp	fa	Rp	67	nn	Noyer noir
Rn	cg	Rn	nn	Rn	Rp	nn	Rp	fa	Rp	470	Total	
Rp	fa	Rp	cr	Rp	fa	nn	cr	fa	cg	B L O C  1		
Rp	fa	Rp	cr	Rp	fa	nn	cr	fa	cg			
Rp	fa	Rp	cr	Rp	fa	nn	cr	fa	cg			
Rp	fa	Rp	cr	Rp	fa	nn	cr	fa	cg			
Rp	nn	Rp	cg	Rp	cg	cr	nn	cg	nn			
Rp	nn	Rp	cg	Rp	cg	cr	nn	cg	nn			
Rp	nn	Rp	cg	Rp	cg	cr	nn	cg	nn			
Rp	nn	Rp	cg	Rp	cg	cr	nn	cg	nn			
Rp	nn	Rp	cg	Rp	cg	cr	nn	cg	nn			
Rp	nn	Rp	cg	Rp	cg	cr	nn	cg	nn			
cr	fa	cg	cr	fa	Rp	cg	Rp	nn	Rp	B L O C  2		
cr	fa	cg	cr	fa	Rp	cg	Rp	nn	Rp			
cr	fa	cg	cr	fa	Rp	cg	Rp	nn	Rp			
cr	fa	cg	cr	fa	Rp	cg	Rp	nn	Rp			
nn	cg	fa	nn	cr	Rp	fa	Rp	cr	Rp			
nn	cg	fa	nn	cr	Rp	fa	Rp	cr	Rp			
nn	cg	fa	nn	cr	Rp	fa	Rp	cr	Rp			
nn	cg	fa	nn	cr	Rp	fa	Rp	cr	Rp			
nn	cg	fa	nn	cr	Rp	fa	Rp	cr	Rp			
nn	cg	fa	nn	cr	Rp	fa	Rp	cr	Rp			
Rn	fa	Rn	cr	Rn	Rp	Cg	Rp	nn	Rp	B L O C  3		
Rn	fa	Rn	cr	Rn	Rp	Cg	Rp	nn	Rp			
Rn	fa	Rn	cr	Rn	Rp	Cg	Rp	nn	Rp			
Rn	fa	Rn	cr	Rn	Rp	Cg	Rp	nn	Rp			
Rn	cg	Rn	nn	Rn	Rp	cr	Rp	fa	Rp			
Rn	cg	Rn	nn	Rn	Rp	cr	Rp	fa	Rp			
Rn	cg	Rn	nn	Rn	Rp	cr	Rp	fa	Rp			
Rn	cg	Rn	nn	Rn	Rp	cr	Rp	fa	Rp			
Rn	fa	Rn	nn	Rn	cg	nn	fa	cg	cr			
Rn	fa	Rn	nn	Rn	cg	nn	fa	cg	cr			
Rn	fa	Rn	nn	Rn	cg	nn	fa	cg	cr			
Rn	fa	Rn	nn	Rn	cg	nn	fa	cg	cr			
Rn	cg	Rn	cr	Rn	cr	fa	nn	cr	nn			
Rn	cg	Rn	cr	Rn	cr	fa	nn	cr	nn			
Rn	cg	Rn	cr	Rn	cr	fa	nn	cr	nn			
Rn	cg	Rn	cr	Rn	cr	fa	nn	cr	nn			
Rp	cg	Rp	nn	Rp	Rn	fa	Rn	cg	Rn			
Rp	cg	Rp	nn	Rp	Rn	fa	Rn	cg	Rn			
Rp	cg	Rp	nn	Rp	Rn	fa	Rn	cg	Rn			
Rp	cg	Rp	nn	Rp	Rn	fa	Rn	cg	Rn			
Rp	cr	Rp	fa	Rp	Rn	nn	Rn	cr	Rn			
Rp	cr	Rp	fa	Rp	Rn	nn	Rn	cr	Rn			
Rp	cr	Rp	fa	Rp	Rn	nn	Rn	cr	Rn			

# ANNEXE 4 : Plan du site McLean

## Plantation mélangée Robinier-faux-acacia/Feuillus-

