

Institut de recherche
en biologie végétale

IRBV

**JARDIN BOTANIQUE
DE MONTRÉAL**

Université 
de Montréal

Plantations mélangées pour accompagner le feuillu noble



**Rapport final préparé par
Chantale Moisan, Léa Bouttier, Marie-Ève Payeur,
Stéphane Daigle et Alain Cogliastro**

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

Projet
16-2008-07

Mars 2009

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

CHANTALE MOISAN

Jardin botanique de Montréal

Agente de recherche, B. Sc. biologie

LÉA BOUTTIER

Institut de recherche en biologie végétale

Assist. de recherche, B. Sc. biologie

MARIE-ÈVE PAYEUR

Institut de recherche en biologie végétale

Candidate M.Sc.

STÉPHANE DAIGLE

Institut de recherche en biologie végétale

Statisticien

ALAIN COGLIASTRO

Jardin botanique de Montréal

Ph.D. Écologie forestière

Institut de recherche en biologie végétale

Pour fin de citation :

Moisan, C., L. Bouttier, M.-È. Payeur, S. Daigle et A. Cogliastro, 2009. **Plantations mélangées pour accompagner le feuillu noble**. 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 16-2008-07. Institut de recherche en biologie végétale. 98 pages.

Plantations mélangées pour accompagner le feuillu noble

**Rapport final préparé par
Chantale Moisan, Léa Bouttier, Marie-Ève Payeur,
Stéphane Daigle et Alain Cogliastro**

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

Projet

16-2008-07

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

Table des matières

Équipe de travail	2
Table des matières	4
Liste des figures	7
Liste des tableaux	11
Introduction générale	12
Plantations mélangées avec robinier et mélèze hybride : sites Allard et Landrau	14
INTRODUCTION	14
MÉTHODOLOGIE.....	15
Description des sites	15
Dispositifs expérimentaux	16
Mesures	17
RÉSULTATS	18
SITE ALLARD	18
Feuillus nobles	18
<i>Croissance et survie</i>	18
<i>Recul de croissance</i>	20
Espèces compagnes.....	21
<i>Croissance et survie</i>	21
SITE LANDRAU.....	23
Feuillus nobles	23
<i>Croissance et survie</i>	23
<i>Recul de croissance</i>	26
Espèces compagnes.....	26
<i>Croissance et survie</i>	26
<i>Recul de croissance</i>	27
CONCLUSION.....	29
Plantations avec accompagnements : site Péladeau	30
INTRODUCTION	30
MÉTHODOLOGIE.....	31
Description du site	31

Dispositif expérimental	32
Mesures	33
Analyses statistiques	34
RÉSULTATS	34
Hauteur et accroissement	35
<i>Chêne rouge</i>	43
<i>Noyer noir</i>	44
Accroissement de 2005 à 2008	45
Disponibilité en lumière.....	52
CONCLUSION	54
Plantation en arbustives post-agricoles : sites Trépanier, Guillon et Misonne	56
INTRODUCTION	56
DÉBROUSSAILLEMENT PAR BANDES ET DÉGAGEMENT À DIVERSES	
INTENSITÉS : SITE TRÉPANIÉRIEN	57
MÉTHODOLOGIE	57
Description du site	57
Dispositif expérimental.....	57
Mesures	59
RÉSULTATS	59
Hauteur.....	59
Accroissement.....	60
Diamètre.....	60
Survie	61
Disponibilité en lumière.....	62
Recul de croissance.....	63
CONCLUSION	64
DÉBROUSSAILLEMENT TOTAL ET PAR BANDES AVEC OU SANS	
HERBICIDE : SITES GUILLON ET MISONNE	66
MÉTHODOLOGIE	66
Description des sites	66
Dispositifs expérimentaux	66

Mesures	67
RÉSULTATS	68
Site Guillon	68
<i>Croissance</i>	68
<i>Évolution de la croissance</i>	70
<i>Survie</i>	73
<i>Disponibilité en lumière</i>	73
<i>Autres observations pertinentes</i>	74
Site Misonne	75
<i>Croissance</i>	75
<i>Évolution de la croissance</i>	77
<i>Disponibilité en lumière</i>	80
<i>Survie</i>	81
<i>Autres notes pertinentes</i>	82
CONCLUSION.....	84
Références	86
Annexe 1. Carte de localisation des sites Allard, Landrau, Péladeau, Guillon, Misonne et Trépanier, en Montérégie dans la MRC du Haut-St-Laurent	89
Annexe 2. Dispositif expérimental du site Allard	90
Annexe 3. Dispositif expérimental du site Landrau	91
Annexe 4. Dispositif expérimental du site Péladeau	92
Annexe 5. Dispositif expérimental du site Trépanier (côté nord)	93
Annexe 6. Dispositif expérimental du site Guillon	95
Annexe 7. Dispositif expérimental du site Misonne	96
Annexe 8. Recouvrement relatif de la végétation sur le site Guillon en juillet et août 2008	97
Annexe 9. Recouvrement relatif de la végétation sur le site Misonne en juillet 2008	98

Liste des figures

- Figure 1. Site Allard; hauteur initiale et accroissement (cm) (A), diamètre au sol (mm) (B) et taux de survie (%) (C) en 2008 du cerisier tardif (Cet), du chêne à gros fruits (Chg) et du chêne rouge (Chr) selon différents accompagnements, soit le bouleau blanc (B), le mélèze hybride (M) et le robinier faux-acacia (R).....20
- Figure 2. Site Allard; hauteur initiale et accroissement (cm) (A), diamètre au sol (mm) (B) et taux de survie (%) (C) en 2008 des espèces compagnes, soit le bouleau blanc (B), le mélèze hybride (M) et le robinier faux-acacia (R)22
- Figure 3. Site Landrau; hauteur initiale et accroissement (cm) (A), diamètre au sol (mm) (B) et taux de survie (%) (C) en 2008 du chêne rouge (Chg), du frêne d'Amérique (Fra) et du noyer noir (Non) selon différents accompagnements, soit le frêne d'Amérique (F), le mélèze hybride (M) et le robinier faux-acacia (R)25
- Figure 4. Site Landrau; hauteur initiale et accroissement (cm) (A), diamètre au sol (mm) (B) et taux de survie (%) (C) en 2008 des espèces compagnes, soit le frêne d'Amérique (F), le mélèze hybride (M) et le robinier faux-acacia (R)28
- Figure 5. Site Péladeau; hauteur (cm) en 2008 du chêne rouge (A) et du noyer noir (B) selon l'espèce formant l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou sans abri (témoin) et selon l'espèce formant l'abri de proximité, soit *Elaeagnus angustifolia* (Ea), *E. commutata* (Ec), *Hyppophae rhamnoides* (Hr), *Salix viminalis* (Svim) ou aucun abri (témoin).....36
- Figure 6. Site Péladeau; hauteur (cm) en 2005 et accroissement jusqu'en 2008 (Acc.) du chêne rouge et du noyer noir selon l'espèce formant l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou aucun abri (tém.).37
- Figure 7. Site Péladeau; hauteur moyenne (cm) en 2008 des espèces formant un abri latéral, soit le pin blanc (Pib) et le saule (Svim), des espèces formant un abri de proximité, soit *Elaeagnus angustifolia* (Ea), *E. commutata* (Ec), *Hyppophae rhamnoides* (Hr) et *Salix viminalis* (Sv) et des espèces de feuillus nobles, le chêne rouge (Chr) et le noyer noir (Non)38
- Figure 8. Site Péladeau; évolution de 1999 à 2008 de la hauteur (cm) des espèces formant – A) l'abri latéral, soit pin blanc et saule et – B) l'abri de proximité, soit *Elaeagnus angustifolia* (Ea), *E. commutata* (Ec), *Hyppophae rhamnoides* (Hr) et *Salix viminalis* (Sv).....39

Figure 9. Site Péladeau; évolution de la hauteur (cm) du chêne rouge de 1999 à 2008 en fonction de l'espèce formant – A) l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou sans abri (témoin) et – B) l'abri de proximité, soit l'olivier de Bohème (Ea), le chalef argenté (Ec), l'argousier faux-nerprun (Hr), le saule (Sv) ou sans abri (tém).	41
Figure 10. Site Péladeau; évolution de la hauteur (cm) du noyer noir de 1999 à 2008 en fonction de l'espèce formant – A) l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou sans abri (témoin) et – B) l'abri de proximité, soit l'olivier de Bohème (Ea), le chalef argenté (Ec), l'argousier faux-nerprun (Hr), le saule (Sv) ou sans abri (tém).	42
Figure 11. Site Péladeau; diamètres à hauteur poitrine (mm) en 2008 – A) du chêne rouge et – B) du noyer noir, selon l'espèce formant l'abri de proximité, soit <i>Elaeagnus angustifoli</i> (Ea), <i>E. commutata</i> (Ec), <i>Hyppophae rhamnoides</i> (Hr), <i>Salix viminalis</i> (Sv) ou aucun abri de proximité (témoin) et selon l'espèce formant l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou sans abri latéral (témoin)	45
Figure 12. Site Péladeau; accroissement du diamètre (mm) de 2005 à 2008 – A) du chêne rouge et – B) du noyer noir, selon l'espèce formant l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou aucun abri latéral et selon l'espèce formant l'abri de proximité, soit <i>Elaeagnus angustifolia</i> (Ea), <i>E. commutata</i> (Ec), <i>Hyppophae rhamnoides</i> (Hr), <i>Salix viminalis</i> (Sv) ou aucun abri de proximité (tém).....	47
Figure 13. Site Péladeau; évolution de 1999 à 2008 des diamètres (mm) à hauteur de poitrine* du chêne rouge, du noyer noir et du pin blanc, tous traitements confondus	48
Figure 14. Site Péladeau; évolution des diamètres (mm) du chêne rouge de 1999 à 2008 en fonction de l'espèce formant – A) l'abri latéral, soit pin blanc (Pib), saule (Svim) ou sans abri (témoin) et – B) l'abri de proximité, soit olivier de Bohème (Ea), chalef argenté (Ec), argousier faux-nerprun (Hr), saule (Sv) ou sans abri (tém).....	49
Figure 15. Site Péladeau; évolution du diamètre (mm) du noyer noir de 1999 à 2008 en fonction de l'espèce formant – A) l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou sans abri (témoin) et – B) l'abri de proximité, soit l'olivier de Bohème (Ea), le chalef argenté (Ec), l'argousier faux-nerprun (Hr), le saule (Sv) ou sans abri (tém).	51
Figure 16. Site Péladeau; taux de survie (%) en 2008 des espèces formant l'abri de proximité, soit <i>Elaeagnus angustifolia</i> (Ea), <i>E. commutata</i> (Ec), <i>Hyppophae rhamnoides</i> (Hr) et <i>Salix viminalis</i> (Sv).....	52

- Figure 17. Site Péladeau; lumière totale – A) en 2005 et – B) en 2008 selon l'espèce formant l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou aucun abri latéral et selon l'espèce formant l'abri de proximité, soit *Elaeagnus angustifolia* (Ea), *E. commutata* (Ec), *Hippophae rhamnoides* (Hr), *Salix viminalis* (Svim) ou aucun abri de proximité (témoin)..... 54
- Figure 18. Site Trépanier; hauteur (cm) en 2008 (A), accroissement de la hauteur (cm) de 2005 à 2008 (B), diamètre au sol (mm) (C) et taux de survie (%) (D) du cerisier tardif (Cet), du chêne à gros fruits (Chg), du noyer noir (Non) et de l'érable à sucre (Ers) en fonction du traitement de la végétation, soit avec végétation d'accompagnement laissée en place (acco), dégagement total de la végétation (déga), trouée au nord (trnd) et trouée au sud (trsd)..... 62
- Figure 19. Pourcentage de lumière disponible mesuré à la cime du chêne à gros fruits (Chg), de l'érable à sucre (Ers) et du noyer noir (Non) selon les types de traitement de la végétation, soit avec accompagnement (acco), dégagement total (déga), trouée au nord (trnd) et trouée au sud (trsd) sur le site Trépanier en 2005..... 63
- Figure 20. Site Guillon; hauteur (cm) en 2008 des arbres en fonction du traitement: débroussaillage par bande sans (Db) et avec herbicide (DbH) ou débroussaillage total sans (Dt) et avec herbicide (DtH) 69
- Figure 21. Site Guillon; diamètre à hauteur de poitrine (mm) en 2008 des arbres en fonction du traitement: débroussaillage par bande sans (Db) et avec herbicide (DbH) ou débroussaillage total sans (Dt) et avec herbicide (DtH) 70
- Figure 22. Évolution de la hauteur (cm) de l'érable à sucre de 1998 à 2008 sur le site Guillon..... 71
- Figure 23. Évolution de la hauteur (cm) du frêne d'Amérique de 1998 à 2008 sur le site Guillon..... 72
- Figure 24. Évolution de la hauteur (cm) du noyer noir de 1998 à 2008 sur le site Guillon 72
- Figure 25. Taux de survie (%) des feuillus sur le site Guillon en 2008 selon le traitement, soit débroussaillage par bandes sans (Db) et avec herbicide (DbH) et débroussaillage total sans (Dt) et avec herbicide (DtH)..... 73
- Figure 26. Pourcentage de lumière disponible en 2005 sur le site Guillon près des feuillus selon le traitement, soit débroussaillage par bandes sans (Db) et avec herbicide (DbH) et débroussaillage total sans (Dt) et avec herbicide (DtH) 74

Figure 27. Site Misonne; hauteur (cm) en 2008 des arbres en fonction du traitement: débroussaillage par bande sans (Db) et avec herbicide (DbH) ou débroussaillage total sans (Dt) et avec herbicide (DtH)	76
Figure 28. Site Misonne; diamètre à hauteur de poitrine (mm) en 2008 des arbres en fonction du traitement: débroussaillage par bande sans (Db) et avec herbicide (DbH) ou débroussaillage total sans (Dt) et avec herbicide (DtH)	77
Figure 29. Évolution de la hauteur de l'érable à sucre de 1998 à 2008 sur le site Misonne.....	79
Figure 30. Évolution de la hauteur du frêne d'Amérique de 1998 à 2008 sur le site Misonne.....	79
Figure 31. Évolution de la hauteur (cm) du noyer noir de 1998 à 2008 sur le site Misonne.....	80
Figure 32. Pourcentage de lumière disponible en 2005 sur le site Misonne pour l'érable à sucre, le frêne d'Amérique et le noyer noir en fonction du traitement, soit débroussaillage par bandes sans (Db) ou avec herbicide (DbH) et débroussaillage total sans (Dt) ou avec herbicide (DtH)	81
Figure 33. Taux de survie (%) des feuillus sur le site Misonne en 2008 selon le traitement, soit débroussaillage par bandes avec (DbH) et sans herbicide (Db) et débroussaillage total avec (DtH) et sans herbicide (Dt).....	82

Liste des tableaux

Tableau 1. Résultats des analyses de sol du site Allard en 2008	15
Tableau 2. Résultats des analyses de sol du site Landrau en 2008	16
Tableau 3. Effectif des espèces plantées sur le site Allard	17
Tableau 4. Effectif des espèces plantées sur le site Landrau	17
Tableau 5. Pourcentage d'arbres broutés, dont l'apex est mort et dont la cime est cassée chez les feuillus sur le site Allard en 2008	21
Tableau 6. Pourcentage des espèces compagnes dont l'apex est mort et dont la cime est cassée sur le site Allard en 2008.....	23
Tableau 7. Pourcentage d'arbres broutés, dont l'apex est mort et dont la cime est cassée chez les feuillus du site Landrau en 2008	26
Tableau 8. Pourcentage d'arbres broutés, dont l'apex est mort et dont la cime est cassée chez les espèces compagnes du site Landrau en 2008.....	27
Tableau 9. Effectifs en 2008 des végétaux ayant été plantés sur le site Péladeau	33
Tableau 10. Effectif des arbres plantés en 2002 sur le site Trépanier en fonction des traitements : avec dégagement de la cime seulement (acco), dégagement complet (déga), plantés à la marge de la bande ouvert, soit au nord (trnd) et au sud (trsd).	58
Tableau 11. Pourcentage d'arbres broutés, morts et affectés par les rongeurs sur le site Trépanier en 2008.....	64
Tableau 12. Effectif des arbres plantés en 1998 sur le site Guillon.....	67
Tableau 13. Effectif des arbres plantés en 1998 sur le site Misonne	67
Tableau 14. Fréquence relative de phénomènes observés sur le site Guillon en fonction des traitements, soit débroussaillage par bande avec (DbH) ou sans herbicide (Db) et débroussaillage total avec (DtH) ou sans herbicide (DtH)	75
Tableau 15. Fréquences relatives phénomènes observés sur le site Misonne en fonction des traitements, soit débroussaillage par bande avec (DbH) ou sans herbicide (Db) et débroussaillage total avec (DtH) ou sans herbicide (DtH)	83

Introduction générale

Dans le contexte actuel des difficultés qui affectent les secteurs forestiers et agricoles, la proposition de nouvelles approches agroforestières à la fois innovatrices et réalistes est non seulement souhaitable mais nécessaire. Les forêts plantées fournissent dans le monde plus de la moitié du bois rond industriel (FAO, 2009). Les plantations constituent une avenue intéressante dans la gestion durable des ressources forestières. Cependant, il devient de plus en plus évident que les pratiques forestières ou celles visant la restauration de terres post-agricoles qui se limitent à la plantation puis la récolte de cultures monospécifiques comportent de nombreuses faiblesses. Sur les marchés instables actuels, il peut être risqué d'avoir recours à des productions monospécifiques (Sayyad *et al.*, 2006). De plus, de telles cultures ne fournissent que peu d'habitats pour la faune et des services écologiques limités dû à la faible biodiversité qu'elles contiennent (van Halder *et al.*, 2008). De nouvelles façons de faire voient le jour et proposent plutôt le mariage d'espèces ayant des caractéristiques de croissance différentes et des exigences écologiques complémentaires. Ainsi, les espèces peuvent avoir un impact positif l'une sur l'autre (Jose *et al.*, 2006). Plusieurs espèces de feuillus nobles de haute valeur peuvent ainsi être plantés ensemble ou encore être accompagnés d'autres essences arborescentes ou arbustives à croissance rapide. Non seulement les feuillus nobles peuvent en tirer des avantages, mais les espèces à croissance rapide peuvent également offrir un produit commercial supplémentaire qui contribue à diversifier la production et ainsi diminuer les risques sur les marchés instables. De tels types de plantations ont déjà été testés en Europe et les résultats sont très encourageants (Becquey, 2006).

Le présent projet comporte deux volets. Le premier volet consiste à mettre en place un dispositif expérimental afin d'établir les avantages d'utiliser le robinier faux-acacia et le mélèze hybride en plantation mélangée avec des feuillus nobles comme le noyer noir, le chêne rouge et le chêne à gros fruits. Le robinier faux-acacia et le mélèze hybride sont des espèces à croissance rapide qui peuvent contribuer à créer un début d'ambiance forestière pour les feuillus nobles. L'écran qu'ils forment forcerait les feuillus nobles à croître en hauteur pour se garantir l'accès à la lumière. De telles plantations mélangées

auraient donc la capacité d'améliorer la croissance des feuillus nobles en plus d'offrir un produit complémentaire intéressant.

Le second volet est lui-même scindé en deux parties. La première partie propose de présenter les résultats d'un dispositif expérimental déjà en place comprenant différents mode d'accompagnement des feuillus nobles en plantation avec des espèces secondaires. Dans ce cas, l'accompagnement des feuillus est raisonné selon deux types d'abri, soit latéral et de proximité. Les abris latéraux sont des rangées d'espèces secondaires qui alternent avec des rangées de feuillus nobles. Ce type d'abri crée un écran à la lumière pour stimuler les feuillus à croître en hauteur ainsi qu'un écran qui les protège contre les intempéries tel le vent. De plus, les lignes d'abris latéraux peuvent être constituées d'espèces intéressantes à récolter, comme le pin blanc et le saule (biomasse). Les abris de proximité sont constitués d'espèces plantées directement sur la ligne de plantation des feuillus, entre les feuillus eux-mêmes. Cette proximité crée un effet de gainage qui décourage la croissance des branches latérales chez le feuillu et améliore la rectitude de sa tige.

La deuxième partie du second volet propose d'étudier des plantations composées de feuillus nobles comme le chêne rouge, le chêne à gros fruits, le noyer noir, l'érable à sucre et le frêne d'Amérique, avec une végétation d'accompagnement naturelle en guise d'abri latéral. Les feuillus sont alors plantés dans des bandes ouvertes au sein d'une friche arbustive. Ce type de plantation offre les mêmes caractéristiques en terme d'abri et de gainage des feuillus et permet en plus d'améliorer la valeur d'un site abandonné en préservant les espèces en place et en leur donnant une utilité importante.

Les plantations de démonstration établies sur les six sites à l'étude ont pour objectifs **d'expérimenter de nouvelles approches de plantations mélangées afin de favoriser le feuillu pour en faire des arbres de haute valeur**. Du même coup, ces plantations permettent de **mettre à l'essai de nouvelles espèces prometteuses à démarrage rapide, soit le robinier faux-acacia et le mélèze hybride**. Aussi, ce projet propose **de préserver et d'utiliser la végétation de friches arbustives abandonnées pour accompagner et favoriser la croissance du feuillu**.

Plantations mélangées avec robinier et mélèze hybride : sites Allard et Landrau

INTRODUCTION

Le robinier faux-acacia est un arbre pouvant atteindre 25 mètres, qui peut croître sur une grande variété de sols et qui affectionne particulièrement les sites perturbés (Burns et Honkala, 1990). Ses principaux avantages sont sa croissance juvénile très rapide et son bois résistant de grande valeur (Call et Nilsen, 2003). Par exemple, la croissance des repousses issues des souches et des racines peut atteindre 8 m en trois ans (Boring et Swank, 1984b). Le bois du robinier peut être récolté au terme d'une rotation de 20 à 40 ans (Demené et Merzeau, 2007) et être utilisé dans la production de pâtes et papiers, comme combustible ou dans la fabrication de meubles et structures pour des usages extérieurs (Burns et Honkala, 1990; Forêt Privée Française, 2007). En effet, le robinier est réputé pour sa résistance à la pourriture par ses propriétés antifongiques et antibactériennes (Zhang *et al.*, 2008). Le robinier a également la propriété de fixer l'azote atmosphérique dans le sol et à cette fin, il peut être utilisé pour améliorer la fertilité des sols (Lee *et al.*, 2004). Cette fixation d'azote peut aussi être directement utilisée par les feuillus, tel le noyer noir qui est une espèce exigeante en azote (USFS, 2009). Ces caractéristiques font du robinier faux-acacia un candidat intéressant à utiliser en plantations mélangées. Non seulement il pourrait favoriser les feuillus nobles qu'il accompagne, mais il représente lui-même un produit commercial intéressant.

Le mélèze hybride, issu d'un croisement entre les mélèzes d'Europe et du Japon, a des avantages similaires à ceux du robinier. Étant également une espèce ayant la capacité de croître rapidement dans les premières années, le mélèze hybride domine les feuillus à croissance plus lente et crée lui aussi ce début d'ambiance forestière. Le mélèze hybride a également l'avantage d'avoir une tige d'une grande rectitude et une bonne tolérance aux maladies. Une première éclaircie commerciale au terme de 20 à 25 ans fournira du bois pour fabriquer de la pâte. Une dizaine d'années plus tard, les arbres restants auront augmenté en volume et pourront former des billes pour le sciage (Fortier, 2007). L'utilisation du mélèze est variée; pâtes et papiers, piquets de clôture, planchers, meubles, etc. (Gauthier, 2006; Gilmore et David, 2002). De la même façon que le

robinier, le mélèze pourrait s'avérer être un compagnon avantageux pour les feuillus nobles et pourra servir lui-même de produit commercial.

Deux plantations mélangées ont été établies afin de mettre à l'essai ces deux essences à croissance rapide. Cette étude vise donc à analyser les effets de l'accompagnement par le robinier et le mélèze sur la croissance et le développement de feuillus nobles.

MÉTHODOLOGIE

Description des sites

Les deux sites retenus pour l'installation des deux plantations mélangées sont nommés Allard et Landrau selon le nom de leur propriétaire et se situent dans la région de la vallée du Haut-St-Laurent, en Montérégie (Annexe 1). Selon les cartes pédologiques de l'étude de Mailloux et Godbout (1954), le site Allard est formé d'un sol sableux, soit 91,1% de sable, 6,5% de limon et 2,4% d'argile et le site Landrau possède un sol de la classe texturale du loam limoneux, avec 15,2% de sable, 56,8% de limon et 28% d'argile.

Une analyse des sols a été réalisée sur les deux sites. Sur le site Allard (tableau 1), les sols de tous les blocs ont été échantillonnés, alors que les sols des blocs 2, 3 et 4 ont été analysés sur le site Landrau (tableau 2). Les paramètres analysés par le Laboratoire agroalimentaire de Longueuil sont la capacité d'échange cationique (CEC), le pH et les teneurs en calcium (Ca), phosphore (P), potassium (K) et magnésium (Mg)

Tableau 1. Résultats des analyses de sol du site Allard en 2008

	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4	Moyenne
CEC (meq/100g)	10,6	13,8	11,2	12,9	12,1
pH	5,6	5,5	5,7	5,6	5,6
Ca (kg/ha)	990	945	1020	707	915,5
P (kg/ha)	101	21	10	48	45
K (kg/ha)	79	97	49	89	78,5
Mg (kg/ha)	51	47	26	32	39

Tableau 2. Résultats des analyses de sol du site Landrau en 2008

	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4	Moyenne
CEC (meq/100g)	32,3	28,4	34,9	31,9
pH	6,3	6,3	6,1	6,2
Ca (kg/ha)	7510	6830	8160	7500
P (kg/ha)	28	57	45	43,3
K (kg/ha)	269	276	311	285,3
Mg (kg/ha)	1900	1750	2080	1910

Avant la plantation, les sols ont été préparés sur des bandes de 5 m de largeur par rotoculture chez Allard et par le labour et le hersage chez Landrau. Ces bandes ont été recouvertes d'un paillis de plastique de quatre pieds de largeur et de pleine longueur.

Dispositifs expérimentaux

Le dispositif du site Allard, d'une superficie de 0,9 ha, intègre quatre blocs expérimentaux (Annexe 2) et celui de Landrau, d'une superficie de 0,784 ha, en compte cinq (Annexe 3). Sur les deux sites, les rangées d'arbres sont espacées de 5 m et les arbres sont espacés de 2 m sur les rangées (voir les effectifs aux tableaux 3 et 4).

Les plants de feuillus installés le 5 juin 2008 chez Allard et le 10 juin 2008 chez Landrau étaient âgés de deux ans. Il s'agit du chêne à gros fruits (*Quercus macrocarpa*), du cerisier tardif (*Prunus serotina*) et du chêne rouge (*Quercus rubra*) chez Allard, puis du noyer noir (*Juglans nigra*), du frêne d'Amérique (*Fraxinus americana*) et du chêne rouge chez Landrau.

Des semences de robinier faux-acacia ont été obtenues de France et représentent deux cultivars sélectionnés dans les peuplements de Hongrie, soit Nyirzeg et Pusztavacs. Produits en pots au Jardin botanique de Montréal, ils ont été plantés les 21 et 22 août 2008, au moment où ils atteignaient 80 cm de hauteur. Le mélèze hybride et le robinier faux-acacia (espèces à croissance rapide) sont plantés sur des rangées alternant avec les rangées de feuillus nobles à croissance plus lente. En guise de parcelles témoins, les

espèces à croissance rapide sont remplacées par le bouleau blanc (*Betula papyrifera*) chez Allard et le frêne d'Amérique chez Landrau.

Après la plantation, des collerettes de plastique ont été installées au pied des arbres pour éviter l'installation de végétation de compétition. Chaque arbre a été étiqueté, protégé par une spirale protectrice contre les rongeurs et protégé par deux pulvérisations (début été et automne) de répulsif à chevreuil de type PlantSkidd®.

Tableau 3. Effectif des espèces plantées sur le site Allard

Feuillus	Effectif	Espèces compagnes	Effectif	Total
Cerisier tardif	120	Bouleau blanc	160	
Chêne à gros fruits	100	Mélèze hybride	220	
Chêne rouge	140	Robinier faux-acacia	160	
Total	360		540	900

Tableau 4. Effectif des espèces plantées sur le site Landrau

Feuillus	Effectif	Espèces compagnes	Effectif	Total
Chêne rouge	106	Frêne d'Amérique	141	
Frêne d'Amérique	104	Mélèze hybride	185	
Noyer noir	107	Robinier faux-acacia	141	
Total	317		437	784

Mesures

La hauteur initiale (début juin 2008) et la hauteur finale (début septembre 2008) des arbres ont été mesurées (cm) à l'aide d'une règle métallique alors que les diamètres au sol (mm) (début juin 2008) ont été mesurés à l'aide d'un vernier électronique. Pour les robiniers faux-acacia, la hauteur a été mesurée le 5 septembre 2008, soit environ deux semaines après leur plantation et le diamètre au sol a été mesuré le 20 octobre 2008, soit environ deux mois après leur plantation. Sur chaque site, tous les feuillus et les espèces compagnes ont été inspectés afin de détecter la présence de broutage (abrouissement), laquelle est notée ainsi que toutes remarques jugées pertinentes (apex mort, cime cassée). Il est à noter que la mort de l'apex est un phénomène qui se produit fréquemment lors de

la transplantation. Ces observations sont désignées comme des phénomènes à considérer et n'incluent pas les arbres morts. Le décompte de ces derniers a aussi été fait pour déterminer le taux de survie des espèces.

RÉSULTATS

Les résultats de la première année de croissance sont présentés ici afin de détenir les informations de base qui permettront d'analyser l'évolution de la croissance au cours du temps en fonction des différents types d'accompagnement. Ces premiers résultats ne peuvent encore révéler l'effet de l'accompagnement.

SITE ALLARD

Feuillus nobles

Croissance et survie

Sur le site Allard, le bouleau blanc (B), le mélèze hybride (M) et le robinier faux-acacia (R) accompagnent le cerisier tardif (Cet), le chêne à gros fruits (Chg) et le chêne rouge (Chr). De juin à septembre 2008, l'accroissement de la hauteur (figure 1A) a été positif chez le cerisier tardif et le chêne à gros fruits alors qu'il a été négatif chez le chêne rouge. Cependant, le chêne rouge a tout de même une hauteur totale moyenne plus élevée que le cerisier tardif et le chêne à gros fruits. Chez le cerisier tardif, la hauteur totale et l'accroissement sont à peine plus élevés avec le mélèze hybride comme espèce compagne et presque identiques avec le robinier et le bouleau. Pour le chêne à gros fruits, l'accroissement entre juin et septembre et 2008 est semblable et assez faible peu importe l'espèce compagne (4,14 à 5,4 cm) et la hauteur totale est à peine 3 cm plus faible avec le mélèze hybride en accompagnement. Le chêne rouge a vu sa hauteur moyenne diminuer de juin à septembre 2008 pour tous les traitements. Cette diminution moyenne est respectivement de 3,7, 8,8 et 12,5 cm avec le bouleau, le mélèze et le robinier comme espèce compagne.

Le diamètre au sol (figure 1B) du cerisier est moindre que celui des deux espèces de chênes. Il se situe entre 6,5 et 6,7 mm selon l'espèce qui l'accompagne alors que le

Institut de recherche en biologie végétale

diamètre des chênes se situe plutôt entre 9 et 10,3 mm. Au sein de chaque espèce, les diamètres ne diffèrent pas en fonction de l'espèce compagne.

Le taux de survie (figure 1C) des deux espèces de chênes est de 100% dans tous les cas, alors que celui des cerisiers tardifs est plus faible. Avec le bouleau blanc et le mélèze hybride comme espèces compagnes, le taux de survie du cerisier est de 75% et il est de 82,5% lorsqu'il est accompagné du robinier faux-acacia. Le cerisier tardif est une espèce qui croit mieux en terre fertile et humide, mais sa tolérance à l'humidité est modérée; le sol doit être bien drainé (Ressources naturelles Canada, 2009).

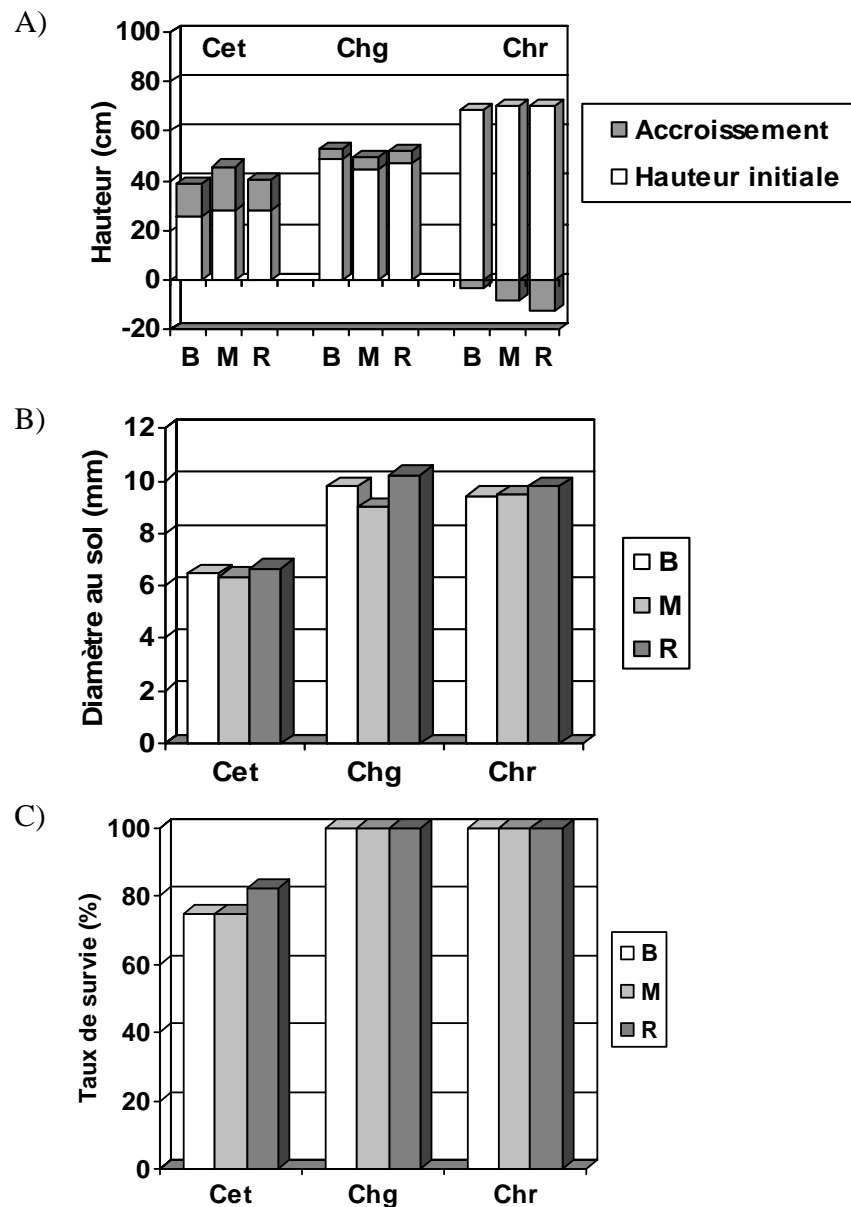


Figure 1. Site Allard; hauteur initiale et accroissement (cm) (A), diamètre au sol (mm) (B) et taux de survie (%) (C) en 2008 du cerisier tardif (Cet), du chêne à gros fruits (Chg) et du chêne rouge (Chr) selon différents accompagnements, soit le bouleau blanc (B), le mélèze hybride (M) et le robinier faux-acacia (R)

Recul de croissance

Le tableau 5 présente le nombre d'arbres broutés, dont l'apex est mort et dont la cime est cassée sur le site Allard. Le nombre total d'arbres ainsi affectés représente plus de la moitié d'entre eux (50,3%). Cette proportion est principalement le fait de l'apex mort de

40,3% des chênes et cerisiers et la mort de l'apex est un phénomène qui est souvent observé lors de la transplantation des arbres. Puis, un seul arbre avait la cime cassée et 9,7% de ceux-ci ont démontré des signes de broutage, lequel a été bien maîtrisé.

Tableau 5. Pourcentage d'arbres broutés, dont l'apex est mort et dont la cime est cassée chez les feuillus sur le site Allard en 2008

Espèces	Broutés	Apex mort	Cime cassée	Total
Cerisier tardif	8,33	37,5	-	45,8
Chêne à gros fruits	7	20	-	27
Chêne rouge	12,9	57,1	0,7	70,7
Total	9,7	40,3	0,3	50,3

Espèces compagnes

Croissance et survie

La figure 2 présente les résultats des espèces compagnes, soit le bouleau blanc, le mélèze hybride et le robinier faux-acacia. Le bouleau blanc a vu sa hauteur augmenter de plus de 45% (23,4 cm) entre juin et septembre 2008, pour atteindre une hauteur totale moyenne de 74,5 cm. Le mélèze hybride a également cru pendant cette période, mais de façon moins marquée, soit d'environ 17,5% (11,6 cm), pour une hauteur totale de 78,1 cm. Puisque le robinier faux-acacia a été planté en août, il n'y a pas de mesure d'accroissement, mais la hauteur initiale, mesurée deux semaines après leur plantation, est nettement plus élevée que chez le bouleau et le mélèze, soit 104 cm en moyenne (figure 2A). Le diamètre au sol (figure 2B) des bouleaux blancs est plus faible (4,1 mm) que celui des mélèzes (9,2 mm) et des robiniers (8,47 mm). Finalement, les taux de survie (figure 2C) du bouleau et du robinier sont très élevés (98,1% et 100%) et un peu plus faible chez le mélèze hybride (82,5%).

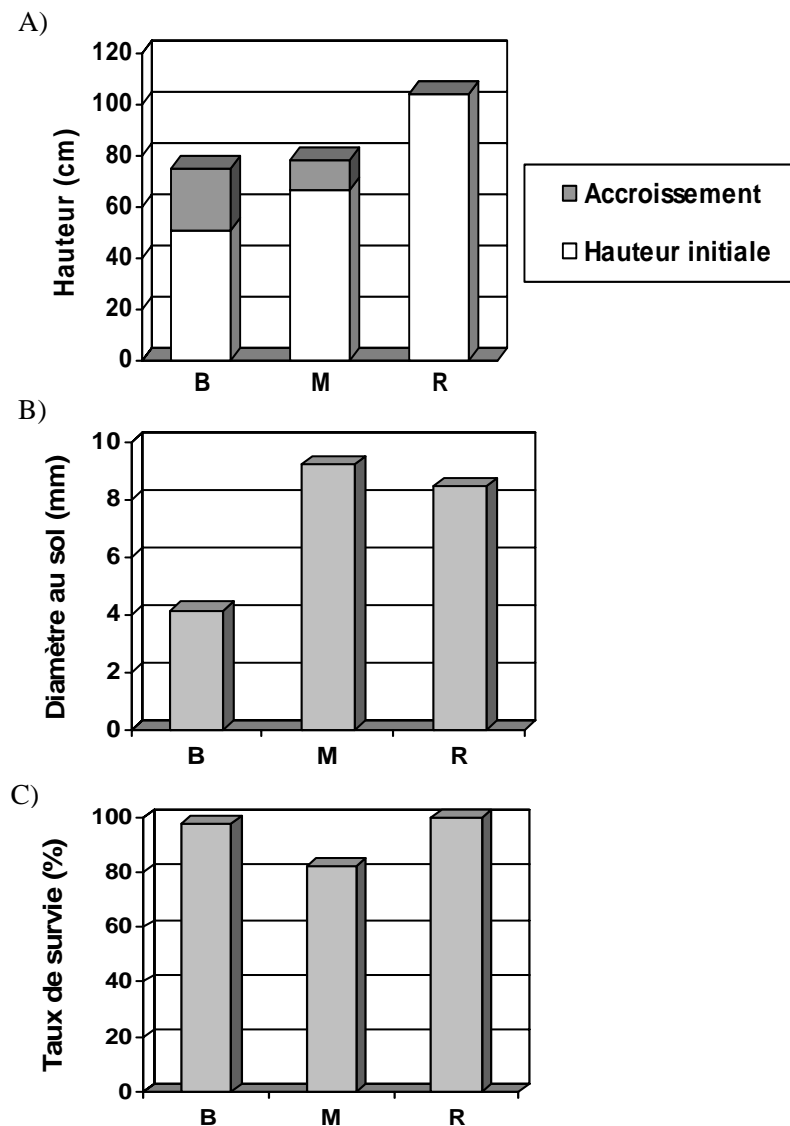


Figure 2. Site Allard; hauteur initiale et accroissement (cm) (A), diamètre au sol (mm) (B) et taux de survie (%) (C) en 2008 des espèces compagnes, soit le bouleau blanc (B), le mélèze hybride (M) et le robinier faux-acacia (R)

Recul de croissance

Les espèces compagnes ont enregistré une moins grande proportion d'arbres affectés que les feuillus avec 13,3% (tableau 6). Ce nombre se divise presque également entre les arbres ayant la cime cassée (4,6%) et ceux dont l'apex est mort (5,8%). Le reste (2,9%) concerne les arbres présentant des signes de broutage et la faible proportion indique que le broutage a été bien maîtrisé. Le bouleau blanc et le mélèze hybride sont concernés par

ces phénomènes dans des proportions semblables, soit 20,6 et 19,4%, alors qu'aucun robinier n'a été touché.

Tableau 6. Pourcentage des espèces compagnes dont l'apex est mort et dont la cime est cassée sur le site Allard en 2008

Espèces	Broutés	Apex mort	Cime cassée	Total
Bouleau blanc	8,8	0,6	11,3	20,6
Mélèze hybride	-	16,9	2,5	19,4
Robinier faux-acacia	-	-	-	-
Total	2,9	5,8	4,6	13,3

SITE LANDRAU

Feuillus nobles

Croissance et survie

Le site Landrau fait la démonstration de l'accompagnement du chêne rouge (Chr), du frêne d'Amérique (Fra) et du noyer noir (Non) par le mélèze hybride (M), le robinier faux-acacia (R) et le frêne d'Amérique (F) en guise de témoin. Entre juin et septembre 2008, le chêne rouge n'a eu qu'une faible croissance dans les parcelles en accompagnement avec le frêne (1,67 cm) et une diminution de la hauteur avec le mélèze (5 cm) et le robinier (2,6 cm). Il n'y a pas de différence marquée entre les trois traitements chez cette espèce. Le frêne d'Amérique a quant à lui eu une excellente croissance. Sa hauteur a plus que doublé avec le frêne (+107%) et le robinier (+103%) comme espèces compagnes et a augmenté de 87% avec le mélèze hybride. Sa hauteur est un peu plus élevée avec ses congénères de la même espèce (108 cm) qu'avec le mélèze (95,2 cm) et le robinier (97,4 cm). Le noyer noir a eu une croissance variant de 4,7 à 13,8 cm pendant cette période et la hauteur finale est assez semblable entre les traitements (39,2 à 47,1 cm) (figure 3A).

Les diamètres au sol (figure 3B) initiaux des trois espèces de feuillus sont plutôt semblables, variant d'au plus 1,5 mm (entre 7,6 et 9,1 mm). Chez le chêne rouge, le

Institut de recherche en biologie végétale

diamètre varie de 8,1 à 9,1 mm. Chez le frêne d'Amérique, les diamètres moyens vont de 8 à 8,5 mm, puis chez le noyer noir de 7,6 à 8,1 mm.

Les taux de survie (figure 3C) du chêne rouge et du frêne d'Amérique sont excellents (96,7 à 100%). Chez le noyer noir, ils sont respectivement de 94,3 et 94,4% avec le robinier et le frêne et de 83,3% avec le mélèze hybride.

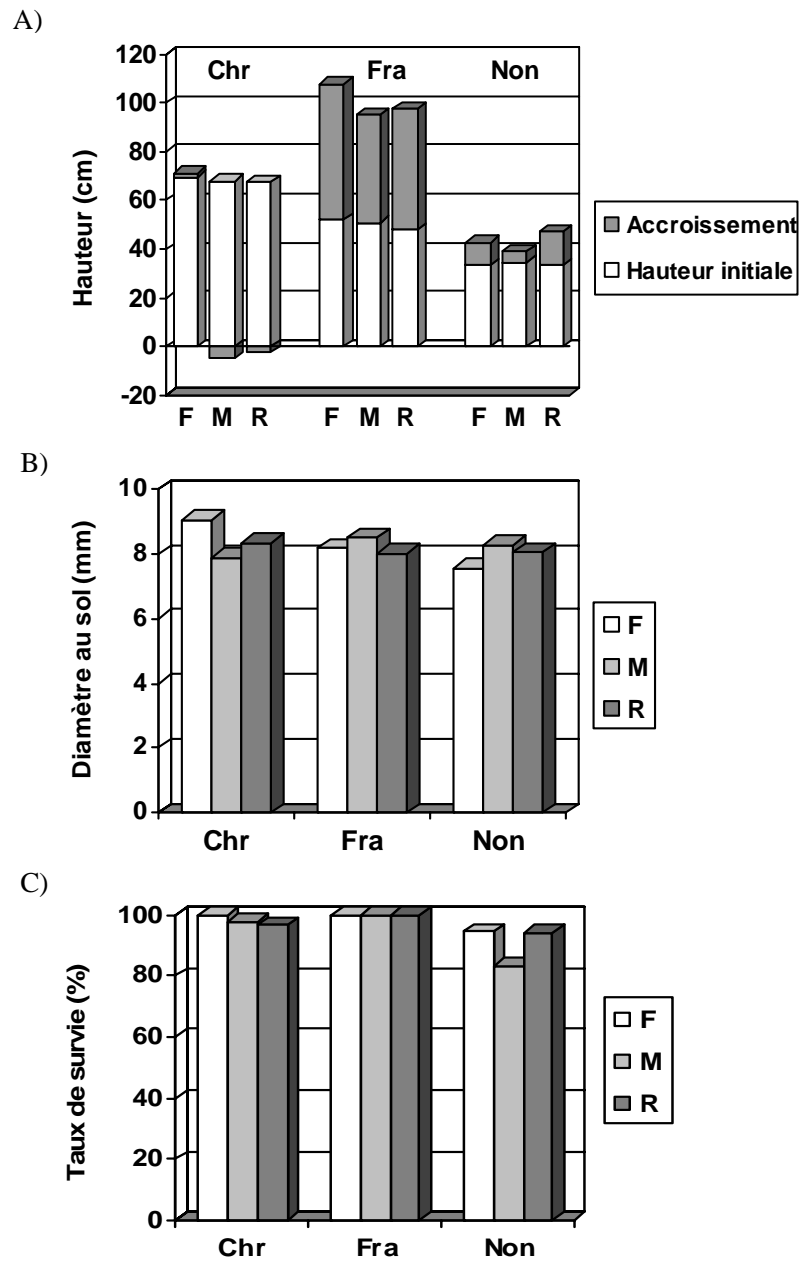


Figure 3. Site Landrau; hauteur initiale et accroissement (cm) (A), diamètre au sol (mm) (B) et taux de survie (%) (C) en 2008 du chêne rouge (Chr), du frêne d'Amérique (Fra) et du noyer noir (Non) selon différents accompagnements, soit le frêne d'Amérique (F), le mélèze hybride (M) et le robinier faux-acacia (R)

Recul de croissance

Le tableau 7 présente le nombre d'arbres broutés, dont l'apex est mort et dont la cime est cassée chez les feuillus du site Landrau. 32,8% des feuillus ont montré des signes de recul. Une grande proportion est attribuable aux arbres dont l'apex est mort, représentant 27,1% des feuillus. 4,7% montraient des signes de broutage et seulement trois arbres avaient la cime cassée. Les chênes rouges ont montré davantage d'apex morts avec un taux d'observation de 49,1%. Ce pourcentage est de 27% pour le noyer noir et 4,8% pour le frêne d'Amérique.

Tableau 7. Pourcentage d'arbres broutés, dont l'apex est mort et dont la cime est cassée chez les feuillus du site Landrau en 2008

Espèces	Broutés	Apex mort	Cime cassée	Total
Chêne rouge	5,7	49,1	1,9	56,6
Frêne d'Amérique	6,7	4,8	1	12,5
Noyer noir	1,9	27,1	-	29
Total	4,7	27,1	0,9	32,8

Espèces compagnes

Croissance et survie

La figure 4 compare entre elles les espèces compagnes, soit le mélèze hybride (M), le robinier faux-acacia (R) et le frêne d'Amérique (F) en guise de témoin. Le frêne d'Amérique a eu une excellente croissance entre juin et septembre 2008, soit plus de 51 cm, ce qui a doublé sa hauteur. Le mélèze hybride a eu une croissance de 17,4 cm, soit 25,5%. Le robinier faux-acacia ayant été planté en septembre, il n'y a pas de mesure de croissance, mais sa hauteur initiale est plus élevée que les deux autres espèces compagnes, soit environ 1m (figure 4A).

Les diamètres au sol (figure 4B) des trois espèces sont semblables. Il est de 8,3 mm chez le frêne d'Amérique, de 8,9 mm chez le robinier faux-acacia et de 9,4 mm chez le mélèze hybride.

Finalement, les taux de survie (figure 4C) des frênes d'Amérique et des robiniers faux-acacia est excellent (99,3 et 100%), mais il est assez faible chez le mélèze hybride, soit seulement 65,8%. Cependant, il est à noter que les arbres morts étaient concentrés dans des parties très mal drainées du site et que de fortes pluies sont survenues en mai et juin 2008. En particulier, de violentes averses ont laissé 13 mm d'eau le 19 mai, 26 mm le 30 mai, 78 mm le 31 mai, 12 mm le 3 juin et 18 mm le 19 juin. Au total, 138 mm de pluie sont tombés en mai et 54 mm en juin, alors que les valeurs normales sont respectivement de 90 et 98 mm (Environnement Canada, 2009). Ainsi, une partie du site était gorgée d'eau et les mélèzes sont des arbres qui ne tolèrent pas les sols mal drainés (Ressources naturelles Canada, 2008).

Recul de croissance

Chez les espèces compagnes, seulement 10,1% des arbres ont subi un recul de croissance (tableau 8), principalement lié à l'apex mort (6,9%). Le broutage n'a été observé que chez le frêne d'Amérique. Les robiniers s'en sortent presque indemnes (1,4%), alors que 16,1% des mélèzes (apex morts surtout) et 12,1% des frênes (apex morts et broutage) ont subi des reculs.

Au total sur le site Landrau (tableau 9), 18,9% de tous les arbres ont subi un recul, soit 3,2% qui ont été broutés, 14,8% dont l'apex est mort et 0,9% dont la tête était cassée.

Tableau 8. Pourcentage d'arbres broutés, dont l'apex est mort et dont la cime est cassée chez les espèces compagnes du site Landrau en 2008

Espèces	Broutés	Apex mort	Cime cassée	Total
Frêne d'Amérique	7,1	5	-	12,1
Mélèze hybride	-	14,8	1,3	16,1
Robinier faux-acacia	-	-	1,4	1,4
Total	2,3	6,9	0,9	10,1

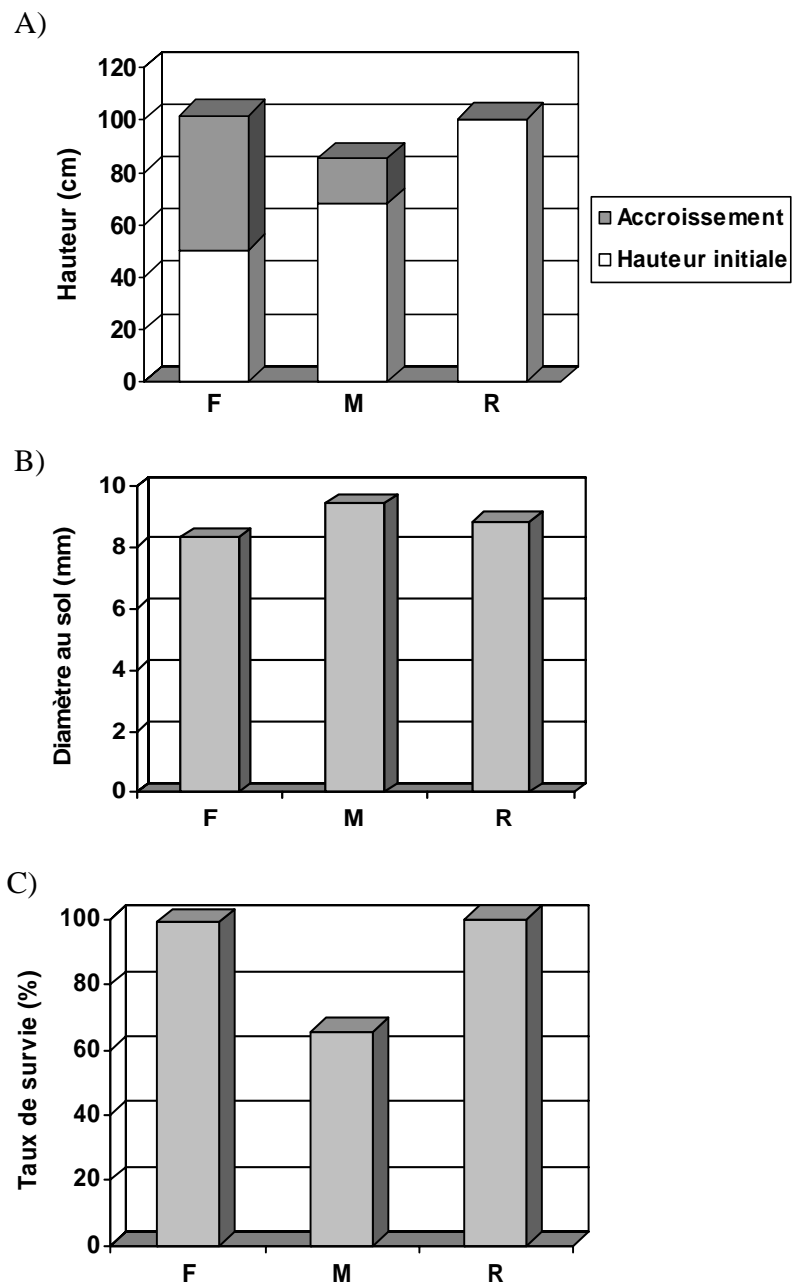


Figure 4. Site Landrau; hauteur initiale et accroissement (cm) (A), diamètre au sol (mm) (B) et taux de survie (%) (C) en 2008 des espèces compagnes, soit le frêne d'Amérique (F), le mélèze hybride (M) et le robinier faux-acacia (R)

CONCLUSION

Il est possible de tirer quelques conclusions préliminaires au sujet des plantations mélangées en regard des espèces utilisées sur les sites Allard et Landrau. Tout d'abord, il faut considérer que les résultats obtenus ne reflètent que la première année de croissance des plants. Ces données de base vont permettre de connaître les dimensions initiales des arbres sous chaque traitement, considérant l'effet du choc de transplantation. L'effet des traitements pourra être analysé avec plus de justesse dans l'avenir. Ainsi, les présentes conclusions fournissent les détails du succès d'établissement des espèces sur deux sites représentant différentes conditions de sol. Ainsi, bien que les sites Allard et Landrau fassent tous deux la démonstration de plantations mélangées, les conclusions tirées sont individuelles à chaque site.

Sur le site Allard, au sol plus grossier et sec que Landrau, les feuillus ayant le mieux répondu sont les cerisiers lorsque l'on prend en compte l'accroissement. L'établissement du cerisier s'est donc fait avec un minimum de recul comparativement aux chênes. Cependant, le taux de survie des cerisiers est inférieur aux deux espèces de chênes (77,5% vs 100%). Chez les espèces compagnes, c'est le robinier faux-acacia qui domine. En effet, en plus d'un taux de survie parfait (mais planté en fin de saison), sa hauteur dépasse celles des autres (104 cm vs 74,5 et 78,1 cm) et son diamètre est comparable à celui du mélèze (8,5 mm vs 9,2 mm) et nettement supérieur au bouleau (8,5 mm vs 4,1 mm)

Sur le site Landrau, au sol plus lourd et humide, ce sont les frênes et les robiniers qui ont eu le plus de succès. Le feuillus ayant obtenu les meilleurs résultats sur ce site en termes d'accroissement (50 cm vs -2,4 et 9,4 cm) et de survie (100% vs 98,1 et 90,7%) est le frêne d'Amérique, qui supprime donc le chêne rouge et le noyer noir. Au niveau des espèces compagnes, le frêne semble prometteur quant à son important accroissement et son taux de survie presque parfait. Quant au robinier, il faudra attendre les résultats de croissance l'an prochain, mais c'est une espèce qui est réputée pour sa croissance rapide (Boring et Swank, 1984b) et son taux de survie sur le site est parfait. Grâce aux résultats ici exposés concernant le mélèze hybride, il est clair que le choix d'un site bien drainé est

important. Cela explique les disparités de croissance des individus. Alors que la mortalité est élevée chez les mélèzes retrouvés dans la partie mal drainée, ceux qui ont survécu ont eu une bonne croissance au cours de l'été. Le choix des espèces devra donc d'abord tenir compte des caractéristiques du site, mais également du type de production que l'on désire obtenir.

Plantations avec accompagnements : site Péladeau

INTRODUCTION

L'utilisation de plusieurs espèces au sein des plantations est proposée pour apporter plusieurs avantages comparativement aux monocultures. Plusieurs modèles de plantations mélangées peuvent être élaborés, un de ceux là propose d'accompagner les feuillus nobles par des espèces qui formeront des abris de proximité et d'autres des abris latéraux bénéfiques aux feuillus.

Les espèces formant les abris de proximité auraient un effet de gainage sur les feuillus, ce qui pourrait limiter la croissance des branches latérales des feuillus nobles, augmentant ainsi la qualité de la tige (Garber et Maguire, 2005). Ces espèces, plantées entre les feuillus nobles sur un même rang, permettraient de gagner les plants (Becquey, 2006; Gavaland et Pagès, 2007).

Aussi, l'utilisation d'espèces à croissance rapide plantées entre les rangs de feuillus nobles servent d'écran qui forme un abri latéral. De tels abris auraient des propriétés bénéfiques sur la croissance et le développement des feuillus nobles. En effet, l'écran formé par les abris latéraux force les feuillus à croître en hauteur pour atteindre la lumière (Gavaland et Pagès, 2007). Cet écran protège aussi les feuillus contre les intempéries, notamment le vent qui peut altérer la qualité des tiges (Forrester *et al.*, 2004).

Ainsi, les feuillus croissent verticalement plutôt qu'horizontalement et leur tige est plus droite grâce à l'effet de gainage de l'abri de proximité et la protection contre le vent de l'abri latéral. De plus, l'utilisation d'espèces comme le saule ou le pin blanc contribue à diversifier la production car ces essences pourront aussi être récoltées (Sayyad *et al.*, 2006).

Les végétaux du genre *Elaeagnus* (comme le chalef argenté et l'olivier de Bohême), sont utilisés depuis plusieurs années en plantation mélangées, notamment avec le noyer noir, puisque ce sont des végétaux qui ont la capacité de fixer l'azote, tel que rapporté par (von Althen, 1990). Dans ces études, le noyer planté avec l'*Elaeagnus* était jusqu'à 256 cm plus haut que les plants témoins au terme de 10 ans.

L'argousier présente un port semblable à l'olivier. C'est un arbuste de la famille des Éléagnacées qui est originaire d'Europe et d'Asie. Il résiste à la sécheresse et peut tolérer des températures de -43°C à 40°C. Sa culture est de plus en plus populaire au Québec. En effet, son fruit, une petite baie orangée, est l'un des plus nutritifs et vitaminés du règne végétal. Il aurait des propriétés médicinales permettant entre autres de traiter les brûlures, la gingivite, les ulcères d'estomac et les maladies cardiovasculaires. Il existe depuis 2001 une Association des producteurs d'argousier du Québec (APAQ, 2009).

Très tôt dans l'histoire du Québec, le pin blanc a été utilisé par l'industrie forestière grâce à sa taille impressionnante et la qualité de son bois. Son exploitation fut très importante au 19^e et au début du 20^e siècle, jusqu'à en diminuer significativement les populations (Doyon et Bouillon, 2003). Jadis utilisé pour la fabrication des mats de bateaux et des meubles, on l'utilise de plus aujourd'hui pour la construction de portes, fenêtres, moulures, placages, etc (Domtar, 2009). Le pin blanc est mis à l'essai pour l'abri permanent de conifère et la mixité qu'il apporte (Anel, 2006; Doyon et Bouillon, 2003).

MÉTHODOLOGIE

Description du site

Le site retenu, nommé Péladeau selon le nom de son propriétaire, se situe en Montérégie, dans la MRC du Haut-St-Laurent (Annexe 1). Il s'agit d'un champ agricole abandonné d'une superficie de 1 ha et ayant reçu des plantations en 1999. Il fait la démonstration des effets d'une végétation d'accompagnement sur la croissance du chêne rouge et du noyer noir. Avant la plantation, les sols avaient été préparés en 1998 par labour, hersage et application de glyphosate. Un paillis de plastique de type agricole (1,22 m de largeur et 0,07 mm d'épaisseur) avait été installé de façon mécanique.

Dispositif expérimental

Le site est divisé en trois blocs comprenant chacun 21 rangs, dont 10 rangs de feuillus nobles (espacement 3m sur le rang), soit le chêne rouge et le noyer noir (accompagnés ou non). Ces derniers ont été plantés à raison de 540 plants à l'hectare (270 de chaque espèce). Entre les lignes de feuillus, 11 rangs sont occupés de saule (*Salix viminalis*), de pin blanc (*Pinus strobus*) ou d'aucune espèce afin d'analyser l'effet d'un abri latéral; les rangs sont espacés de 3 m (Annexe 4).

Sur la ligne des arbres feuillus, la végétation d'accompagnement, plantée à 1m du plant, varie et agit en guise d'abri de proximité. Quatre espèces arbustives à croissance rapide forment ce gainage, soit l'olivier de Bohême (*Elaeagnus angustifolia*), le chalef argenté (*Eleagnus commutata*), l'argousier faux-nerprun (*Hippophae rhamnoides*) et le saule (*Salix viminalis*). L'absence d'abri de proximité est également réalisée sur le site pour servir de témoin. Ainsi, les effets de toutes les combinaisons d'accompagnement peuvent être analysés : sans abri, avec abri latéral seulement, avec abri de proximité seulement, avec abris latéral et de proximité. Il est à noter que l'argousier n'est présent que dans deux des trois blocs du dispositif.

Les effectifs des espèces plantées dans le dispositif sont présentés au tableau 9. En 1999 et en 2000, des noyers, des chênes et des pins ont été replantés suite à de mauvaises conditions climatiques et des problèmes sanitaires qui ont affecté l'établissement des premiers. Pour mettre en valeur le site de démonstration Péladeau, l'éclaircie des pins blancs (environ 30% des pins sont conservés), la taille de formation et l'élagage des feuillus et des pins blancs ont été réalisés au cours de l'été 2008.

Des spirales contre les rongeurs ont été installées sur chaque plant, de même que du répulsif à cerf de Virginie (Deer Away ®) au printemps et à l'automne de chaque année jusqu'en 2002.

Tableau 9. Effectifs en 2008 des végétaux ayant été plantés sur le site Péladeau

Espèce	Effectif
Feuillus	
Chêne rouge (<i>Quercus rubra</i>)	270
Noyer noir (<i>Juglans nigra</i>)	270
Total	540
Espèces compagnes	
Olivier de Bohème (<i>Elaeagnus angustifolia</i>).	132
Argousier faux-nerprun (<i>Eleagnus commutata</i>)	120
Chalef argenté (<i>Hyppophae rhamnoides</i>)	72
Saule (<i>Salix viminalis</i>)	1850 ¹
Pin blanc (<i>Pinus strobus</i>)	125 ²
Total	2287
Grand total	2827

¹ Nombre de boutures plantées en 1999

² En 1999, 429 pins blancs ont été plantés, il en reste 125 après l'éclaircie

Mesures

En septembre 2008, la hauteur (cm) des feuillus nobles, des pins blancs et des espèces en accompagnement a été mesurée à l'aide d'une perche à ruban métrique et le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) (mm) des feuillus nobles et des pins blancs a été mesurée à l'aide d'un vernier électronique. La hauteur de chaque individu a été prise, sauf dans le cas des saules formant l'abri latéral, où six mesures ont été prises aléatoirement vu la grande densité des arbres.

De plus, la disponibilité en lumière, correspondant au pourcentage de radiations photosynthétiquement actives (RPA), a été mesurée en septembre 2008 grâce à une sonde « Line Quantum Sensor » (LICOR, Li-191SA, Lincoln, NE, USA) à une hauteur de 2m

en position horizontale, au nord et au sud des feuillus nobles. Une même sonde disposée dans un champ à proximité du lieu l'échantillonnage a servi de valeur de référence dans le calcul du ratio de densité du flux de photons photosynthétiques disponibles pour les plants d'arbres. Le pourcentage de lumière disponible s'obtient par le calcul suivant :

$$\% \text{ de lumière disponible} = 100 * (\text{valeur près des arbres} / \text{valeur de référence})$$

Les données de 2008 présentées dans les résultats sont issues de la moyenne entre les deux valeurs (nord et sud). En 2005, des mesures de lumière avaient été prises en quatre points, soit à des hauteurs de 1 m et 2 m au nord et au sud de chaque arbre. Les données présentées dans les résultats représentent la moyenne de ces quatre mesures

Les arbres morts ont été notés afin de déterminer le taux de survie des espèces. D'autres informations pertinentes, telles la présence de chenilles ou la cassure de la cime, ont été notées, mais à peine quelques arbres sont concernés donc elles ne sont pas présentées dans les résultats.

Analyses statistiques

Puisque l'argousier n'est retrouvé que dans deux des trois blocs du dispositif, les analyses de Variance (ANOVA) ont été faites en deux temps. Les données des trois blocs ont été traitées statistiquement sans y inclure l'argousier, puis les données des deux seuls blocs contenant l'argousier ont été analysées. Les résultats présentés tiennent compte de l'intégration de ces deux analyses.

RÉSULTATS

Le site Péladeau fait la démonstration de différents types d'accompagnement sur la croissance du chêne rouge (Chr) et du noyer noir (Non). Les espèces formant les abris latéraux sont le pin blanc (*Pinus strobus*) (Pib) et le saule (*Salix viminalis*) (Svim) et celles formant les abris de proximité sont l'olivier de Bohême (*Elaeagnus angustifolia*) (Ea), le chalef argenté (*Elaeagnus commutata*) (Ec), l'argousier (*Hyppophea rhamnoides*) (Hr) et le saule (Sv).

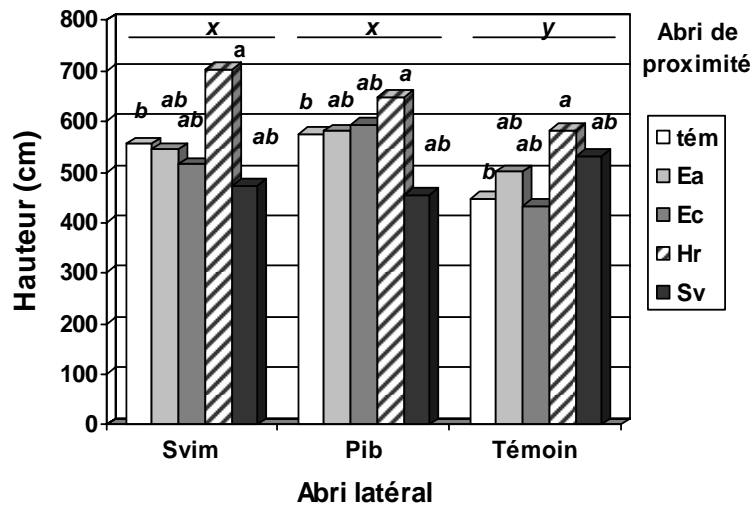
Hauteur et accroissement

La figure 5 présente la hauteur (cm) du chêne rouge (figure 5A) et du noyer noir (figure 5B) selon toutes les combinaisons possibles d'abris latéraux et de proximité. D'emblée, il est possible de constater que la hauteur de ces deux espèces est maximale lorsque l'argousier (Hr) forme l'abri de proximité, que ce soit avec le pin ou le saule pour abri latéral, de même que sans abri latéral (témoin). Cependant, une différence significative de la hauteur n'existe qu'entre les arbres avec l'abri de proximité formé par l'argousier (Hr) (*a*) et les arbres sans abri (témoin) (*b*) ($p = 0,015$). Les autres types d'abri résultent en des moyennes de hauteur des chênes et noyers qui sont intermédiaires et dont la variabilité limite la distinction statistique avec l'effet argousier ou témoin. Ce qui apparaît cependant plus évident, c'est que le chêne et le noyer sont significativement plus hauts lorsqu'ils sont accompagnés d'un abri latéral ($p = 0,023$) que lorsqu'ils ne le sont pas (témoin) (figure 5A,B).

Chez le chêne rouge (figure 5A), la hauteur moyenne est maximale avec une combinaison saule-argousier (Svim-Hr) (702,2 cm). La combinaison pin-argousier (Pib-Hr) donne aussi d'excellents résultats avec une hauteur qui excède 6m (648,7 cm). Plusieurs combinaisons produisent des hauteurs moyennes de chênes rouges de 5m à 6m, mais quatre d'entre elles produisent des arbres de moins de 5m, soit les combinaisons témoin-chalef (témoin-Ec), témoin-témoin (témoin-tém), pin-saule (Pib-Sv) et saule-saule (Svim-Sv) (respectivement 432,2 cm, 447,3 cm, 456,2 cm et 473,9 cm).

Chez le noyer noir (figure 5B), seules deux combinaisons produisent des noyers qui excèdent 5m, soit saule-argousier (Svim-Hr) (580,7 cm) et pin-argousier (Pib-Hr) (584 cm). La plupart des combinaisons produisent des noyers d'une hauteur de 4m à 5m, mais cinq d'entre elles produisent des arbres de moins de 4m, soit saule-olivier (Svim-Ea) (332,3 cm), saule-saule (Svim-Sv) (334,5 cm), témoin-chalef (témoin-Ec) (375,3 cm), témoin-saule (témoin-Sv) (391,4 cm) et témoin-témoin (témoin-tém) (398,9 cm). Il y a davantage de variation entre les résultats de croissance du noyer quand le saule (Svim) forme l'abri latéral (variation de 247,7 cm) que lorsque c'est le pin (Pib) (variation de 107,7 cm) ou qu'il n'y a pas d'abri latéral (variation de 58,7 cm).

A) Chêne rouge



B) Noyer noir

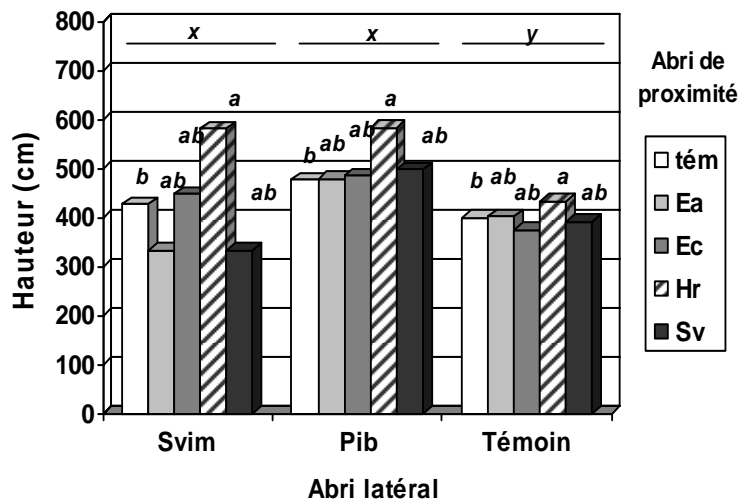


Figure 5. Site Péladeau; hauteur (cm) en 2008 du chêne rouge (A) et du noyer noir (B) selon l'espèce formant l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou sans abri (témoin) et selon l'espèce formant l'abri de proximité, soit *Elaeagnus angustifolia* (Ea), *E. commutata* (Ec), *Hippophae rhamnoides* (Hr), *Salix viminalis* (Svim) ou aucun abri (témoin)

La figure 6 fait état de la hauteur et de l'accroissement du chêne rouge et du noyer noir de 2005 à 2008 en fonction de l'abri latéral. Dans tous les cas, l'accroissement a été positif et excède 2m. Chez le noyer noir, la hauteur a plus que doublé entre 2005 et 2008 pour tous les traitements et elle a augmenté de 77,9% à 95,6% chez le chêne rouge.

L'accroissement, tant chez le noyer noir que le chêne rouge, a été plus élevé avec le pin (Pib) et le saule (Svim) comme abri latéral que chez les arbres témoins (p = 0,0049).

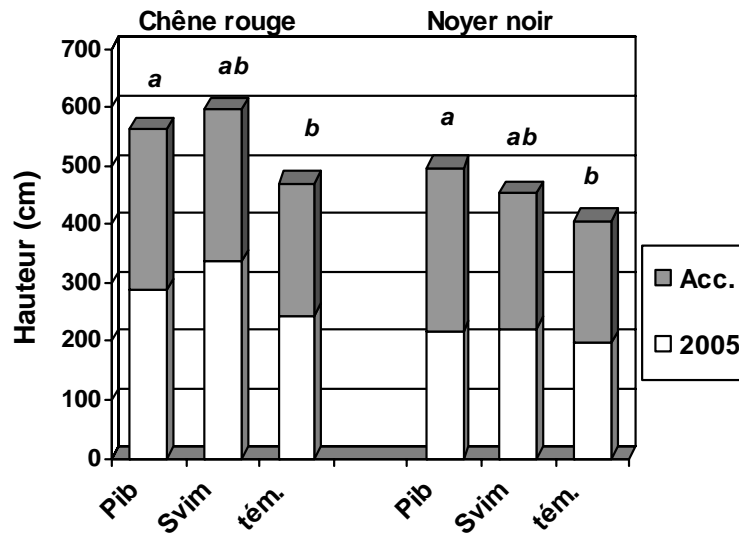


Figure 6. Site Péladeau; hauteur (cm) en 2005 et accroissement jusqu'en 2008 (Acc.) du chêne rouge et du noyer noir selon l'espèce formant l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou aucun abri (tém.).
*Les lettres en italique sont liées à l'accroissement.

De façon générale sur le site Péladeau, les chênes ont une hauteur moyenne plus élevée que celle des noyers, tous traitements confondus (530,9 cm vs 435,2 cm; p = 0,002) (figure 7). La figure 7 donne une image de la hauteur moyenne de toutes les espèces sur le site en 2008. Les saules formant l'abri latéral (Svim) et de proximité (Sv) sont généralement les végétaux les plus hauts avec respectivement 621,4 cm et 563 cm de hauteur en moyenne. Les pins (Pib) dépassent 5m de hauteur (525 cm), l'olivier et le chalef ont des hauteurs semblables aux noyers (Ea = 449,7 cm; Ec = 419 cm), puis l'argousier est le plus petit avec 367 cm.

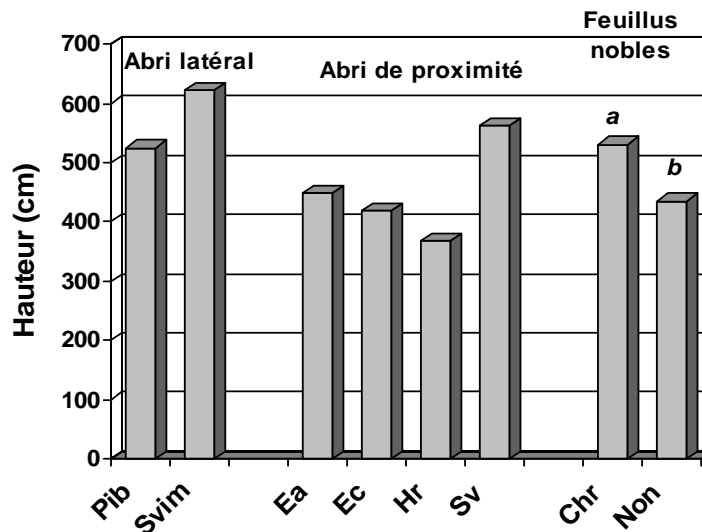


Figure 7. Site Péladeau; hauteur moyenne (cm) en 2008 des espèces formant un abri latéral, soit le pin blanc (Pib) et le saule (Svim), des espèces formant un abri de proximité, soit *Elaeagnus angustifolia* (Ea), *E. commutata* (Ec), *Hyppophae rhamnoides* (Hr) et *Salix viminalis* (Sv) et des espèces de feuillus nobles, le chêne rouge (Chr) et le noyer noir (Non)

La hauteur du chêne rouge et du noyer noir a évolué de façon linéaire depuis leur plantation en 1999 (figure 8A). Le pin blanc a eu une croissance moins marquée que le noyer dans les deux premières années et par la suite les courbes de croissance des deux espèces se suivent.

L'évolution de la croissance de l'argousier (Hr), de l'olivier (Ea) et du saule (Sv) a été semblable jusqu'en 2005, après quoi le saule dépasse grandement les deux autres et l'argousier voit son taux de croissance diminuer. Le chalef (Ec) a eu une croissance très lente jusqu'en 2005, année à partir de laquelle il s'est mit à croître très rapidement et a multiplié sa hauteur moyenne par 3,29 en trois ans (figure 8B).

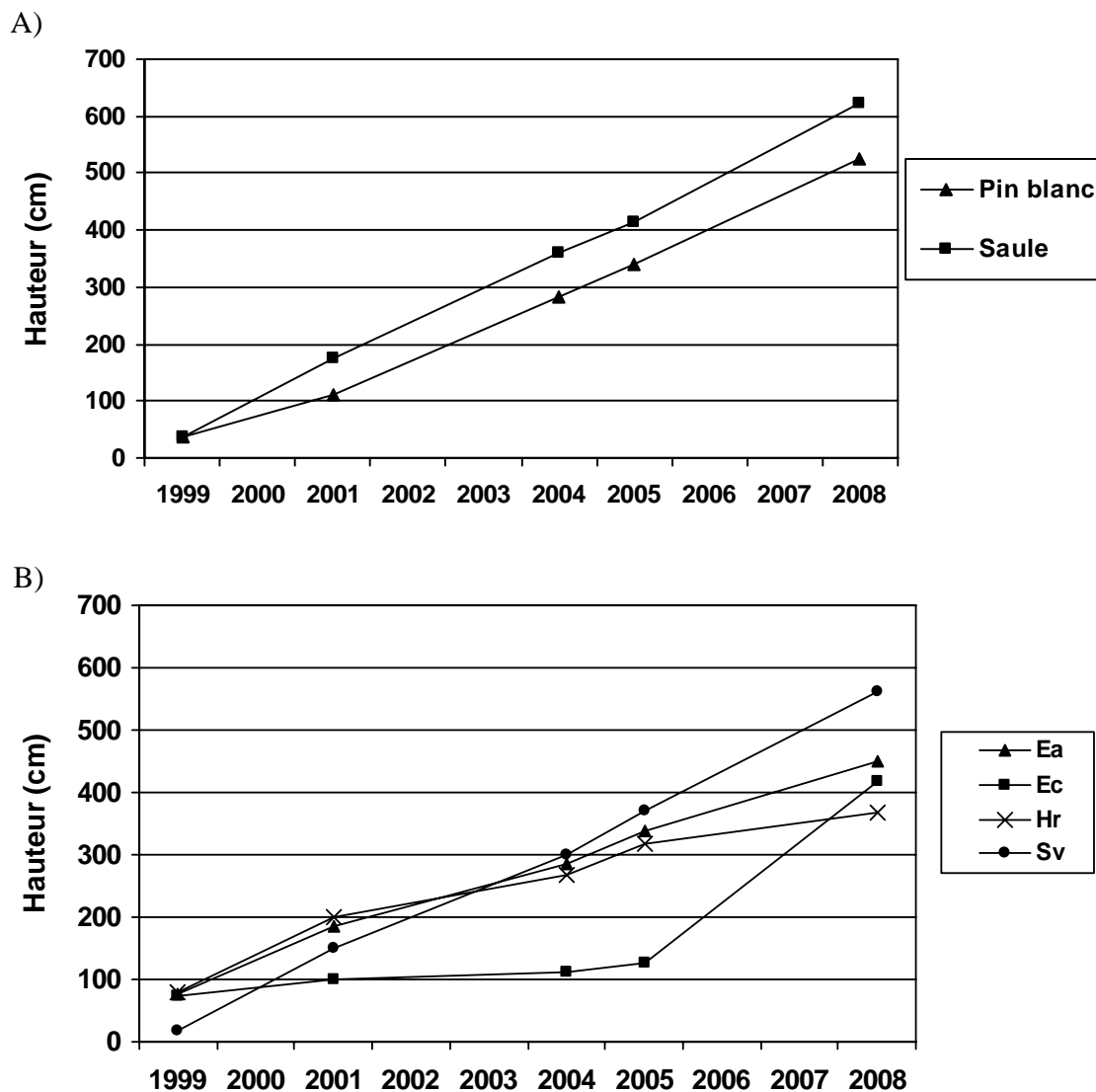


Figure 8. Site Péladeau; évolution de 1999 à 2008 de la hauteur (cm) des espèces formant – A) l'abri latéral, soit pin blanc et saule et – B) l'abri de proximité, soit *Elaeagnus angustifolia* (Ea), *E. commutata* (Ec), *Hyppophae rhamnoides* (Hr) et *Salix viminalis* (Sv)

La figure 9 montre l'évolution de la hauteur du chêne rouge de 1999 à 2008 en fonction de l'espèce formant l'abri latéral (figure 9A) ou formant l'abri de proximité (figure 9B). Jusqu'en 2004, le pin (Pib) semble influencer positivement la hauteur du chêne davantage qu'avec les deux autres traitements (figure 9A) où il mesure jusqu'à 67 cm de plus. Par la suite, l'effet du saule (Svim) rattrape celui du pin à partir de 2004, alors que les chênes

sans abri (témoin) ont une hauteur qui a tendance à être plus faible et ce jusqu'en 2008 ($p = 0,2614$ pour 2008).

L'abri de proximité (figure 9B) a un effet significatif sur la hauteur du chêne rouge ($p = 0,015$ pour 2008). En effet, dès les premières années et jusqu'en 2008, l'argousier (Hr) influence positivement la hauteur du chêne qui est nettement plus haut qu'avec les autres traitements, soit de 20 à 43 cm en 2001 allant de 104 à 159 cm en 2008. À partir de 2001, les courbes des quatre autres traitements évoluent en parallèle. La hauteur du chêne décroît pour les traitements avec olivier (Ea), témoin, chalef (Ec) puis saule (Sv) respectivement.

Les mêmes courbes d'évolution de la hauteur sont présentées à la figure 10 pour le noyer noir cette fois. Dans le cas de l'effet de l'abri latéral (figure 10A), il n'y a pas de grande différence entre les traitements jusqu'en 2005. À partir de cette année, le pin (Pib) a tendance à favoriser la hauteur du noyer ($p = 0,2614$ pour 2008) par rapport aux deux autres traitements. Ainsi, après 10 années de croissance, la hauteur du noyer est jusqu'à 89,6 cm plus élevée en présence du pin.

L'effet de l'abri de proximité (figure 10B) est significatif sur la hauteur du noyer ($p = 0,015$ pour 2008). Jusqu'en 2001, aucun effet n'est perceptible entre les traitements. Cependant, à partir de cette année, l'effet positif de l'argousier se distingue nettement. Déjà en 2005, les noyers sont de 66,5 à 83,8 cm plus hauts en présence de l'argousier et cette différence augmente en 2008 pour atteindre de 102,2 à 134,1 cm. Les quatre autres traitements ont un effet semblable. Après 10 années de croissance, les traitements témoin et avec chalef (Ec) forment des noyers un peu plus élevés qu'avec les traitements d'olivier (Ea) et de saule (Sv).

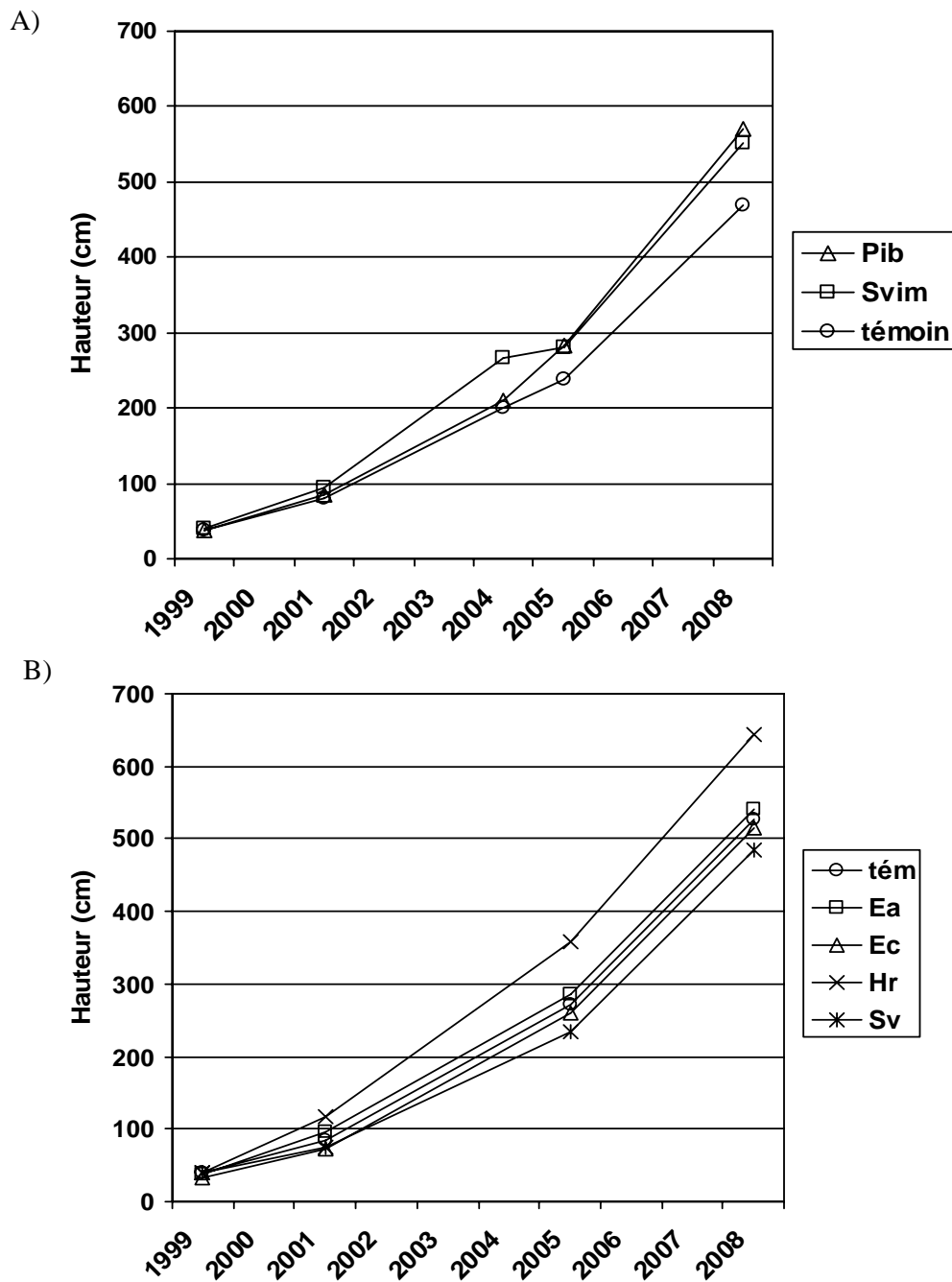


Figure 9. Site Péladeau; évolution de la hauteur (cm) du chêne rouge de 1999 à 2008 en fonction de l'espèce formant – A) l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou sans abri (témoin) et – B) l'abri de proximité, soit l'olivier de Bohème (Ea), le chalef argenté (Ec), l'argousier faux-nerprun (Hr), le saule (Sv) ou sans abri (tém).

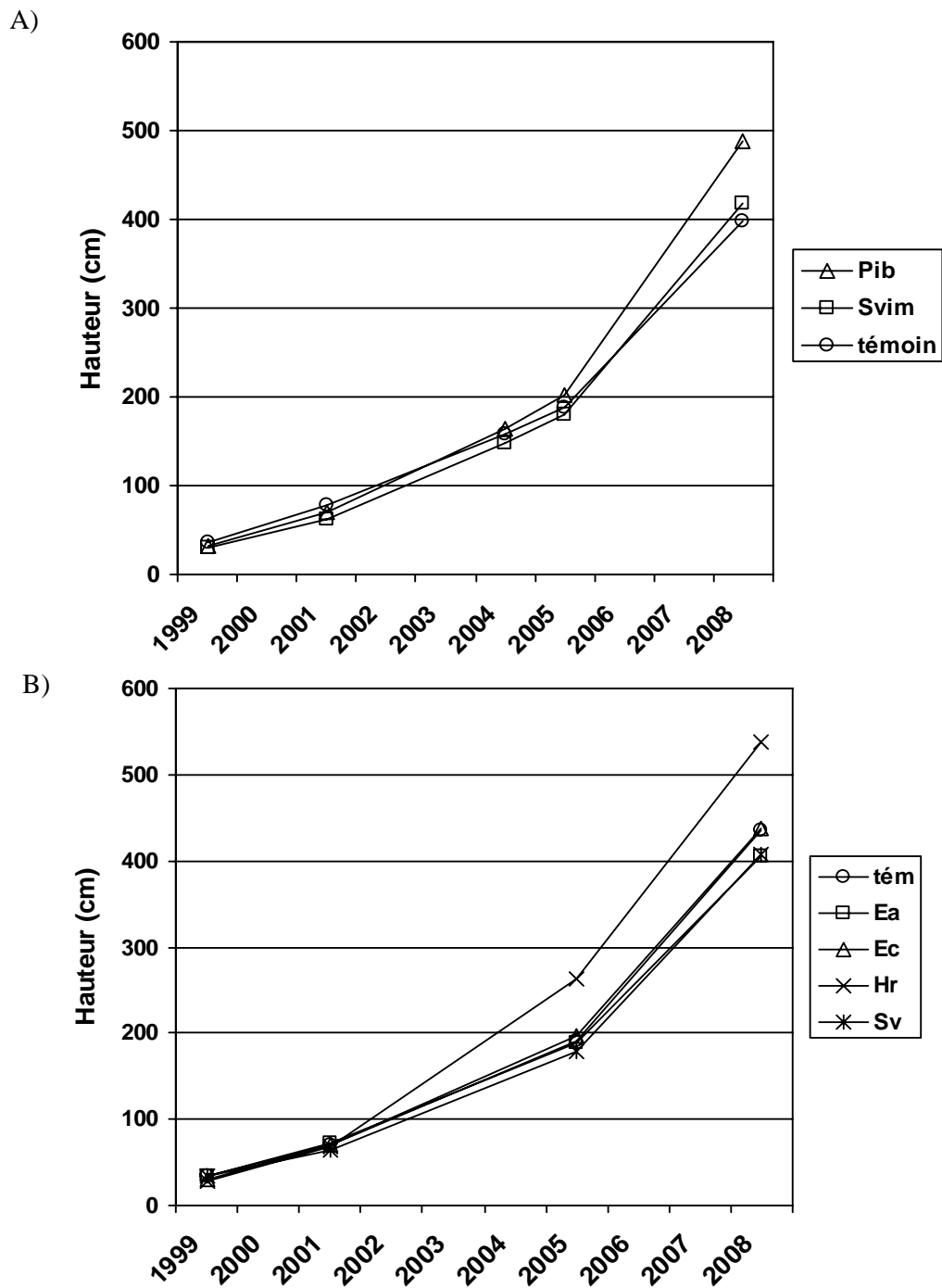


Figure 10. Site Péladeau; évolution de la hauteur (cm) du noyer noir de 1999 à 2008 en fonction de l'espèce formant – A) l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou sans abri (témoin) et – B) l'abri de proximité, soit l'olivier de Bohème (Ea), le chalef argenté (Ec), l'argousier faux-nerprun (Hr), le saule (Sv) ou sans abri (tém).

Diamètre

Chêne rouge

Les diamètres moyens à hauteur de poitrine (mm) du chêne rouge (figure 11A) varient selon les différents traitements. L'abri de proximité influence le diamètre des chênes rouges. Sans égard à l'abri latéral, le saule (Sv) entraîne un diamètre qui est significativement plus faible qu'avec les autres abris de proximité (diamètre moyen = 41,4 mm; $p = 0,0004$). Nous avons vu précédemment que la hauteur du chêne rouge avait aussi tendance à être plus faible avec l'abri de proximité de saule (Sv), notamment quand les abris latéraux étaient présents (Svim et Pib) (figure 5). L'abri de proximité par le saule ne provoquerait donc pas un étiolement du chêne favorisant sa croissance en hauteur, mais une réduction générale de la croissance en diamètre et en hauteur.

Lorsque les chênes n'ont pas d'abri latéral (témoin), c'est avec l'argousier (Hr) que le diamètre a tendance à être le plus important (62,5 mm). Les résultats de hauteur précédents démontraient que les arbres sans abri latéral (témoin) étaient également moins hauts (figure 5) qu'en présence de l'abri, mais dans ce cas l'argousier en abri de proximité avait le mieux favorisé la croissance en hauteur. Sans abri latéral, l'argousier a donc favorisé la croissance en hauteur et en diamètre du chêne rouge. Avec les autres abris de proximité, les diamètres sont semblables et varient de 44,8 mm à 50,4 mm.

Quand le chêne est accompagné d'un abri latéral de pin blanc (Pib), tous les abris de proximité entraînent un diamètre similaire de 58,6 à 66,5 mm, sauf le saule (Sv) pour lequel le diamètre du chêne est significativement plus faible à 40,2 mm (la hauteur moyenne également, figure 5). Les diamètres ont tendance à être plus importants lorsque le chêne est accompagné du pin (la hauteur plus grande également, figure 5) en comparaison au saule (Svim) ou à l'absence d'abri latéral (témoin).

Lorsque l'abri latéral est formé du saule (Svim), le diamètre du chêne est très élevé avec l'argousier (63,5 mm) (la hauteur également, figure 5). Il est semblable chez les plants témoins et avec l'olivier de Bohême (Ea) et le chalef (Ec) (49,1 mm; 48,7 mm et 46 mm). Finalement, c'est encore le saule (Sv) qui produit le diamètre le plus faible, soit un maigre 35 mm (faible hauteur également, figure 5).

Concluons qu'en général, les diamètres du chêne rouge ont été peu affectés par les abris latéraux alors que l'abri de pins ou de saules haussaient la hauteur du chêne (figure 5). Ces abris auraient eu un effet d'élongation des plants, l'effet recherché de l'accompagnement.

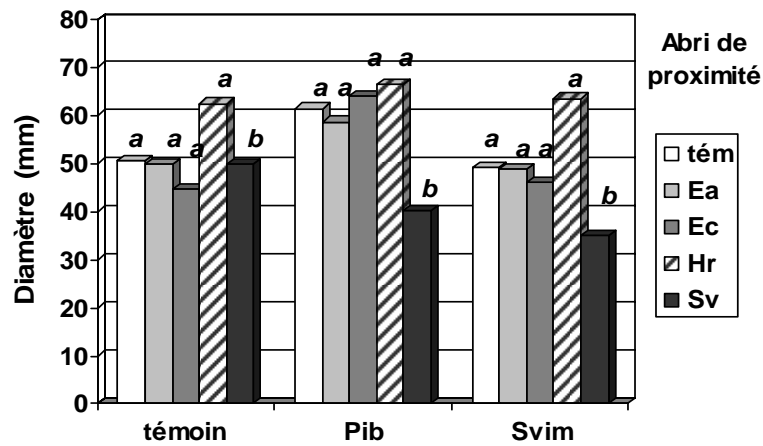
Noyer noir

Chez le noyer noir (figure 11B), tous traitements d'abris latéraux confondus, seul le traitement avec le saule (Sv) pour abri de proximité offre un diamètre significativement différent et plus faible que les autres (diamètre moyen = 41,5 mm; $p = 0,0004$). Rappelons que cette réduction du diamètre n'était pas accompagnée d'étiollement, puisque le saule n'a pas produit une augmentation de la hauteur du noyer (figure 5). À l'exception des traitements avec le saule (Sv) en abri de proximité, les résultats montrent que les diamètres du noyer sont en général meilleurs avec un abri latéral de pin blanc (Pib) (diamètre moyen = 66,8 mm, soit de 65,9 à 75,5 mm). C'était en général également le cas de la hauteur du noyer (figure 5).

Quand le noyer ne bénéficie d'aucun abri latéral (témoin), le diamètre est le plus faible avec le saule (Sv) (50,4 mm) et le plus élevé avec l'argousier (Hr) (65 mm). Suivent ensuite les plants témoins (59,7 mm), ceux accompagnés de l'olivier de Bohême (Ea) (57,2 mm) et ceux accompagnés du chalef argenté (Ec) (54,1 mm).

Finalement, avec un abri latéral de saule (Sv), les diamètres sont plus forts avec l'argousier (58,7 mm) et très faibles avec le saule (Sv) (27,1 mm). Ils sont intermédiaires avec le chalef (Ec) (48,3 mm), les témoins (44,1 mm) et l'olivier (Ea) (40,8 mm).

A) Chêne rouge



B) Noyer noir

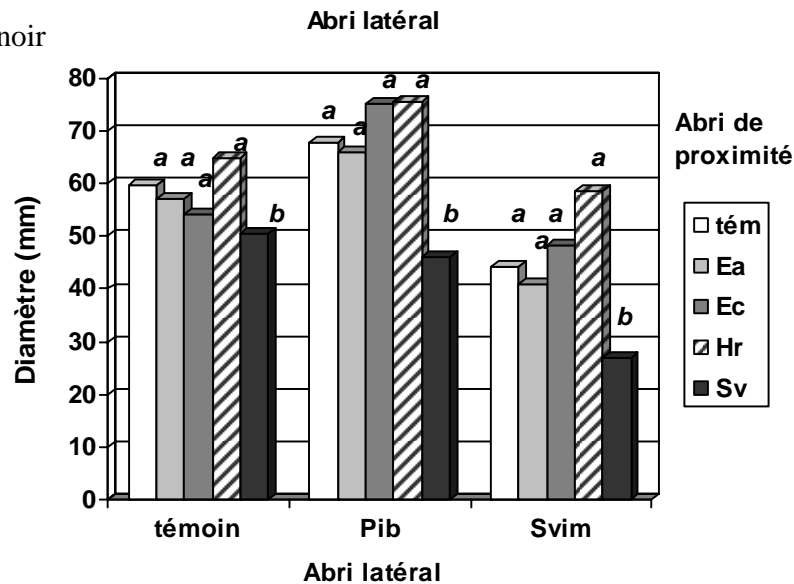


Figure 11. Site Péladeau; diamètres à hauteur poitrine (mm) en 2008 – A) du chêne rouge et – B) du noyer noir, selon l'espèce formant l'abri de proximité, soit *Elaeagnus angustifoli* (Ea), *E. commutata* (Ec), *Hyppophae rhamnoides* (Hr), *Salix viminalis* (Sv) ou aucun abri de proximité (témoin) et selon l'espèce formant l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou sans abri latéral (témoin)

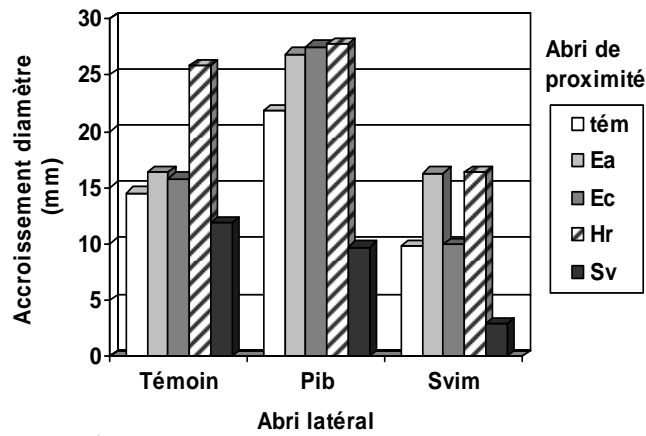
Accroissement de 2005 à 2008

Le diamètre des feuillus nobles a cru de 2005 à 2008 avec toutes les combinaisons d'abris (figure 12). De façon générale, le noyer noir a vu son diamètre augmenter davantage que celui du chêne rouge. Chez le chêne rouge (figure 12A), l'accroissement du diamètre est maximal avec un abri latéral de pin (Pib), sauf lorsqu'il est accompagné du saule (Sv) en guise d'abri de proximité. Ces accroissements varient entre 15,3 mm et 19,5 mm, alors

qu'il est de 4,9 mm avec le saule. Chez les plants qui n'ont pas d'abri latéral (tém), l'accroissement est assez bon lorsque le chêne est accompagné de l'olivier (Ea), de l'argousier (Hr) et du saule (Sv) (12,1, 12,5 et 12,8 mm). Cependant, avec le chalef (Ec), l'accroissement est de 4,5 mm seulement. Quand les chênes ne sont pas du tout accompagnés (témoin-tém), l'accroissement est de 7,5 mm. Lorsque le saule (Svim) forme l'abri latéral, les accroissements de diamètre sont en général plus faibles, allant de 3 à 8,6 mm.

Chez le noyer noir (figure 12B), encore une fois l'accroissement des diamètres est excellent en présence du pin (Pib) comme abri latéral, sauf lorsque le saule (Sv) est aussi présent. Ainsi, les accroissements sont de 26,9, 27,5 et 27,8 mm en compagnie de l'olivier (Ea), du chalef (Ec) et de l'argousier (Hr). Chez les plants sans abris de proximité (tém), l'accroissement atteint 21,9 mm. Par contre, avec le saule comme abri de proximité (Sv), l'accroissement atteint un maigre 9,7 mm. Il est à noter que chez les noyers noirs qui ne bénéficient pas d'abri latéral (témoin), l'accroissement du diamètre est excellent quand l'argousier (Hr) forme l'abri de proximité (25,9 mm). Quand ce sont les autres espèces qui forment l'abri de proximité ou qu'il n'y en a pas du tout, les diamètres s'accroissent de 11,9 à 16,4 mm. Finalement, les résultats varient quand l'abri latéral est formé du saule (Svim). L'accroissement atteint 16,3 et 16,4 mm avec l'olivier (Ea) et l'argousier (Hr) et 9,8 et 10 mm chez les témoins et avec le chalef (Ec). L'accroissement du diamètre est très faible avec la combinaison saule-saule (Svim-Sv), soit de 2,9 mm seulement.

A) Chêne rouge



B) Noyer noir

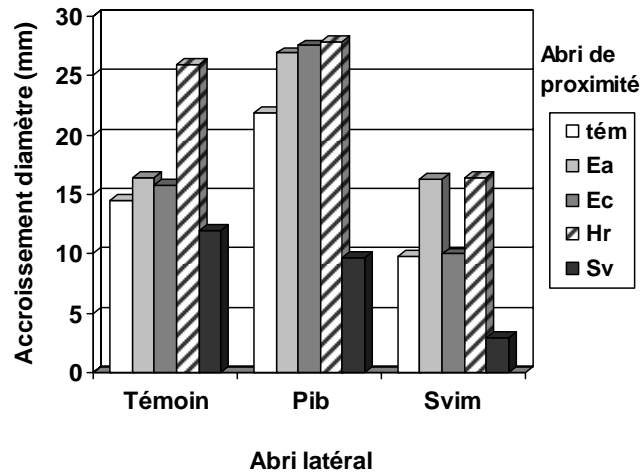


Figure 12. Site Péladeau; accroissement du diamètre (mm) de 2005 à 2008 – A) du chêne rouge et – B) du noyer noir, selon l'espèce formant l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou aucun abri latéral et selon l'espèce formant l'abri de proximité, soit *Elaeagnus angustifolia* (Ea), *E. commutata* (Ec), *Hyppophae rhamnoides* (Hr), *Salix viminalis* (Sv) ou aucun abri de proximité (tém)

Les courbes de l'accroissement du diamètre sont disponibles depuis 1999 pour le chêne rouge, le noyer noir et le pin blanc (figure 13). Pendant les dix années à l'étude, soit de 1999 à 2008, les courbes de croissance du diamètre du noyer noir et du chêne rouge se suivent assez fidèlement. Le pin quant à lui croît beaucoup plus rapidement en termes de diamètre. Malgré un diamètre initial identique en 1999, dès la troisième année (2001), il surpasse le noyer et le chêne d'au moins 12 mm. Les dernières mesures prises en 2008

donnent au pin un diamètre moyen de près de 111,7 mm, alors que les feuillus ont un diamètre moyen entre 51,9 et 55,4 mm, soit deux fois plus petit.

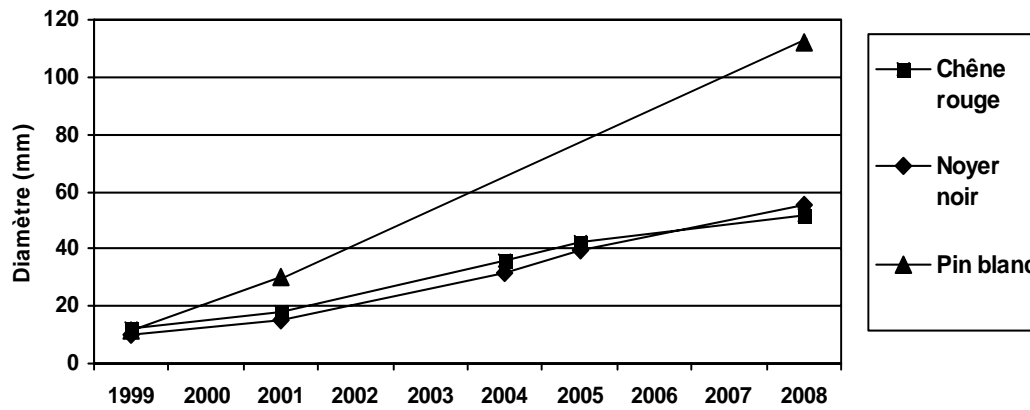


Figure 13. Site Péladeau; évolution de 1999 à 2008 des diamètres (mm) à hauteur de poitrine* du chêne rouge, du noyer noir et du pin blanc, tous traitements confondus
*En 1999 et 2001, ce sont les diamètres au sol qui sont représentés

L'évolution des diamètres du chêne rouge et du noyer noir en fonction des espèces formant les abris est disponible depuis 1999 (figures 14 et 15). Chez le chêne rouge (figure 14), l'abri latéral n'a pas un grand effet sur le diamètre jusqu'en 2005; les courbes de croissance se suivent plus ou moins. À partir de 2005, l'effet du pin (Pib) se démarque et le diamètre des chênes a alors tendance à être plus élevé en sa présence ($p = 0,0759$ pour 2008). Aussi, au terme des 10 années, le diamètre des chênes accompagnés du saule est légèrement inférieur à celui des arbres témoins (figure 14A).

L'abri de proximité a un effet encore plus marqué sur le diamètre du chêne rouge ($p = 0,0004$ pour 2008). Dès les premières années de croissance du chêne, des différences s'observent. Déjà, le diamètre des chênes accompagnés de l'argousier (Hr) sont un peu plus élevés (19,9 mm), et ceux accompagnés du saule (Sv) un peu plus bas (16,5 mm). Cette tendance s'accroît avec les années; les chênes accompagnés de l'argousier (Hr) ont un diamètre jusqu'à 17 mm plus élevé en 2005 et jusqu'à 22,8 mm plus élevé en 2008. Les traitements témoin, avec olivier (Ea) et avec chalef (Ec) sont plutôt semblables et le traitement avec saule (Sv) a un diamètre nettement inférieur, surtout au terme des 10 années de croissance (figure 14B).

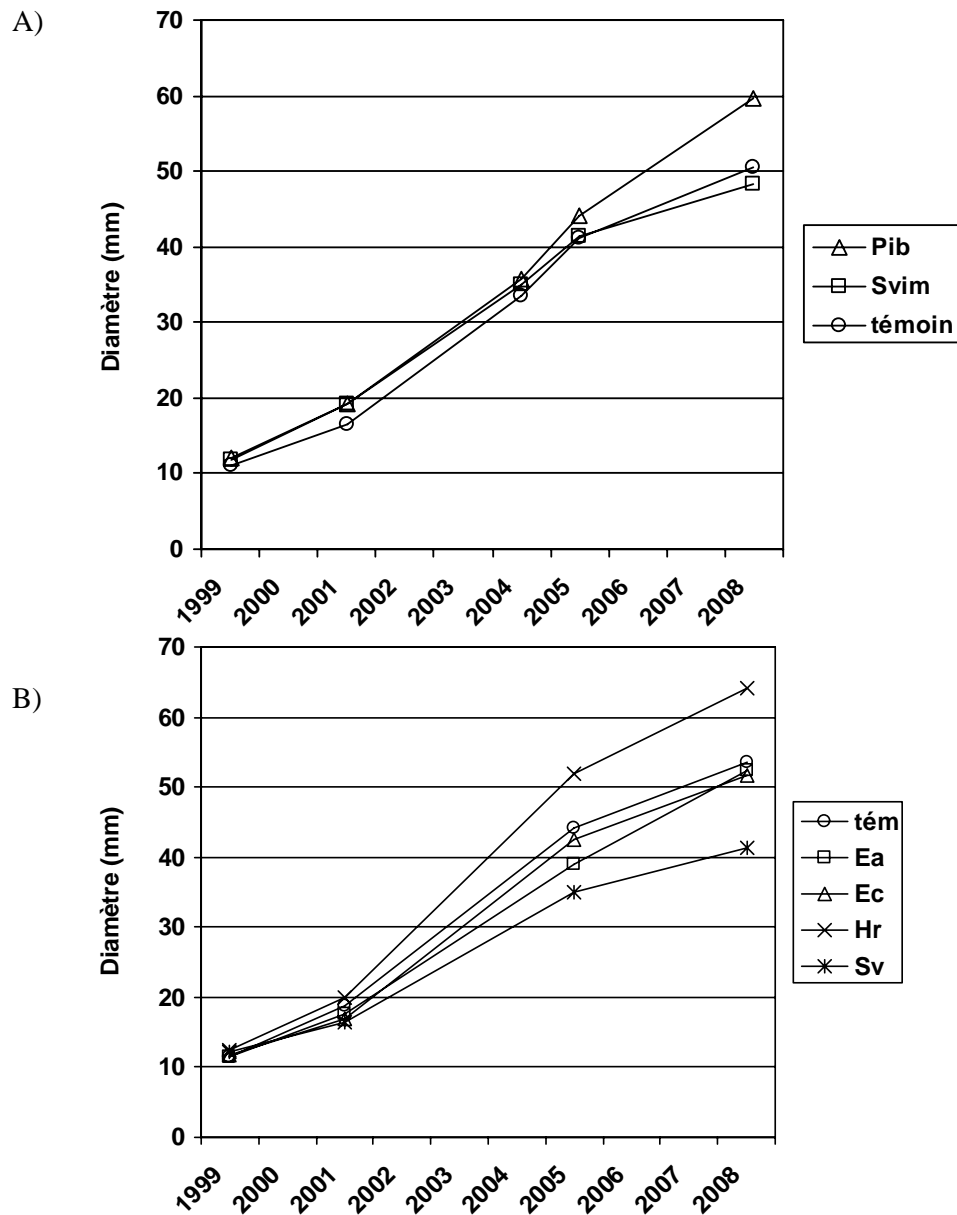


Figure 14. Site Péladeau; évolution des diamètres (mm) du chêne rouge de 1999 à 2008 en fonction de l'espèce formant – A) l'abri latéral, soit pin blanc (Pib), saule (Svim) ou sans abri (témoin) et – B) l'abri de proximité, soit olivier de Bohème (Ea), chalef argenté (Ec), argousier faux-nerprun (Hr), saule (Sv) ou sans abri (tém).

Chez le noyer noir (figure 15), le diamètre varie également selon l'abri latéral (figure 15A). En effet, les diamètres ont tendance à être plus élevés en présence du pin (Pib) et plus faibles en présence du saule (Sv) ($p = 0,0759$ pour 2008). Dès les premières années de croissance, les noyers accompagnés du saule ont un diamètre inférieur, alors que

l'effet des deux autres traitements est semblable. Cette tendance se poursuit jusqu'en 2005, où l'écart du traitement avec le saule grandir par rapport aux deux autres traitements. À partir de 2005, les noyers accompagnés du pin (Pib) voit leur diamètre croître plus rapidement que chez les plants témoins. Aux termes des 10 années de croissance, une différence de 23,2 mm existe entre les deux extrêmes.

L'abri de proximité (figure 15B) a un effet encore plus marqué sur le diamètre du noyer noir ($p = 0,0004$ pour 2008). La différence entre les traitements commence à se faire sentir à partir de 2005, avant cela, les données sont disponibles pour 2001 et les diamètres sont alors semblables. En 2005, les différences sont tout de même minimales, variant d'au plus 5,8 mm. En 2008 par contre, deux traitements se démarquent, soit celui avec argousier (Hr) qui produit des noyers d'un diamètre supérieur, et celui du saule (Sv) qui produit un diamètre inférieur. Les trois autres traitements sont peu différents entre eux. Au terme des 10 années de croissance, près de 25 mm de diamètre séparent les deux traitements extrêmes.

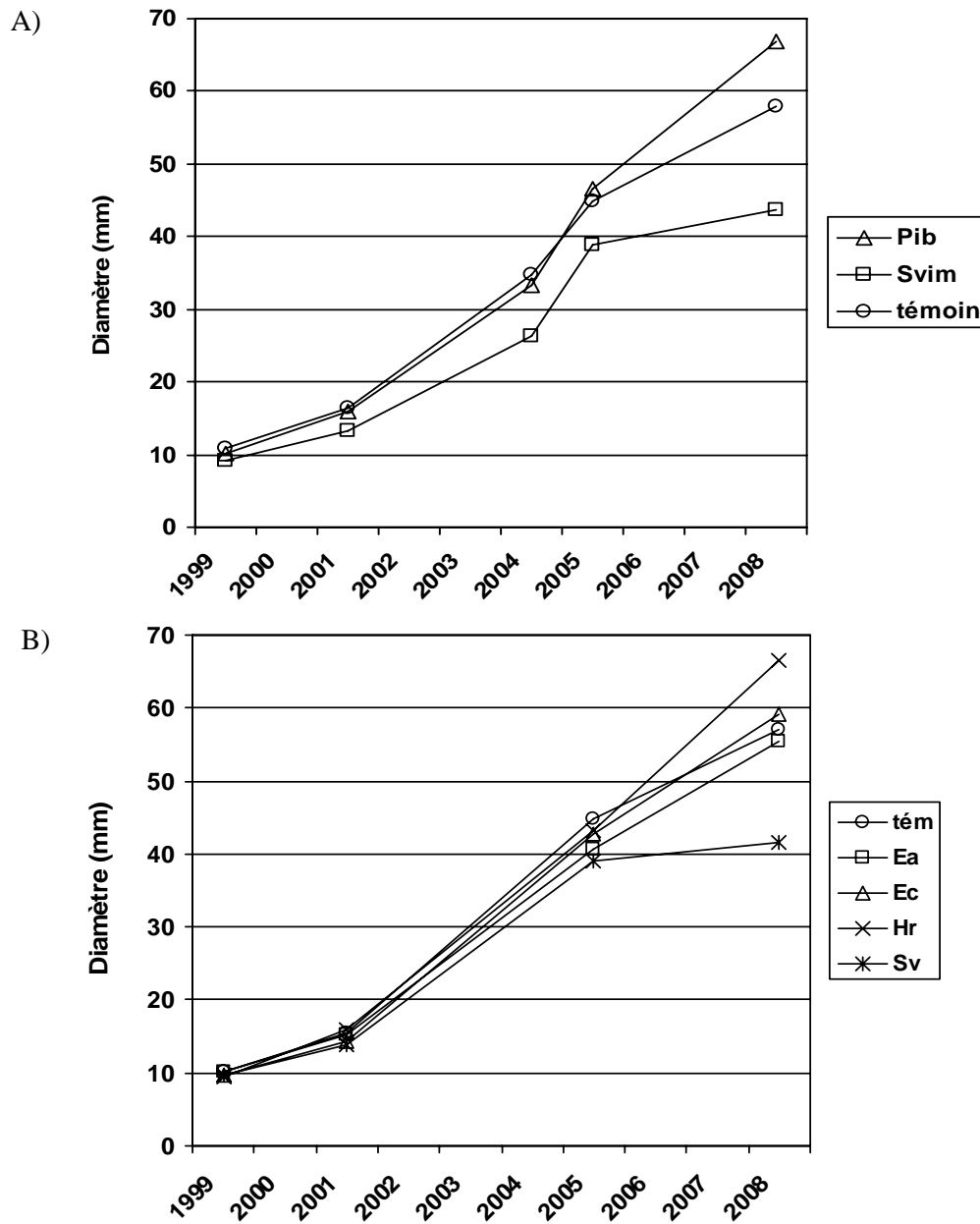


Figure 15. Site Péladeau; évolution du diamètre (mm) du noyer noir de 1999 à 2008 en fonction de l'espèce formant – A) l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou sans abri (témoin) et – B) l'abri de proximité, soit l'olivier de Bohème (Ea), le chalef argenté (Ec), l'argousier faux-nerprun (Hr), le saule (Sv) ou sans abri (tém).

Taux de survie

Seuls les taux de survie (figure 16) des espèces formant les abris de proximité méritent qu'on s'y attarde, car les autres sont satisfaisants et varient entre 96,3% et 99,5%. Alors que les saules (Sv) et les argousiers (Hr) ont des taux de survie relativement bons (75 et

79,2% respectivement), les oliviers de Bohème (Ea) et surtout les chalefs (Ec) accusent des taux de survie très faibles après 10 ans d'établissement, soit 20,5 et 1,67% seulement. Il y a donc eu une réduction graduelle de la présence de ces deux espèces, ce qui a évidemment limité leur impact sur la croissance des chênes et noyers.

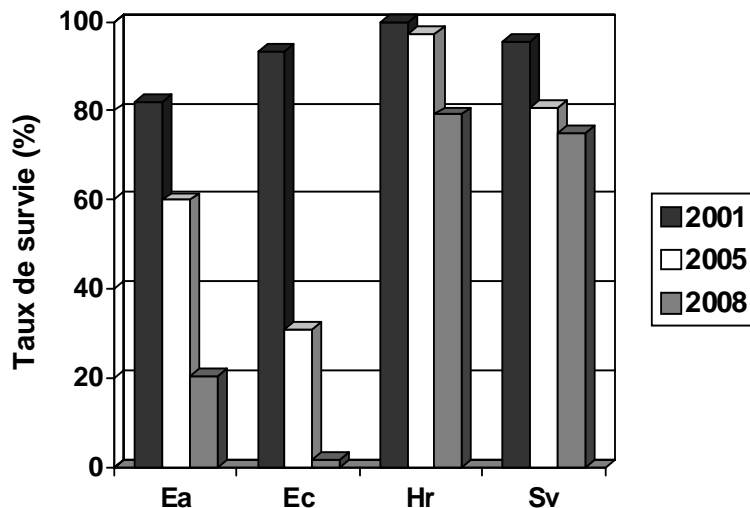


Figure 16. Site Péladeau; taux de survie (%) en 2008 des espèces formant l'abri de proximité, soit *Elaeagnus angustifolia* (Ea), *E. commutata* (Ec), *Hyppophae rhamnoides* (Hr) et *Salix viminalis* (Sv)

Disponibilité en lumière

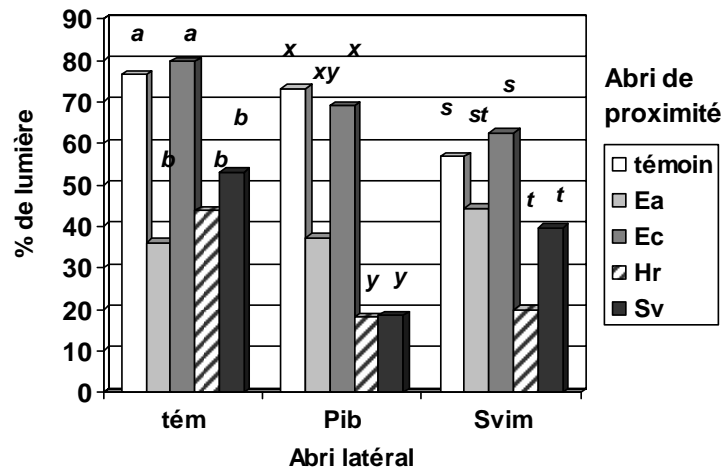
La figure 17 montre les mesures de lumière en 2005 (figure 17A) et en 2008 (figure 17B). Il faut se rappeler qu'en 2005, les mesures ont été prises à 1 m et 2 m de hauteur, soit 1,5 m en moyenne, alors qu'elles ont été prises à 2 m de hauteur en 2008. Résultat, en 2005 la hauteur à laquelle la lumière est mesurée correspond en moyenne à 65% de la hauteur des arbres, alors que cette hauteur relative est de 41% en 2008. On ne peut donc pas comparer les deux années entre elles, d'autant plus que le feuillage des arbres est probablement plus important en 2008 et affecte la transmission de la lumière. Ce qui est intéressant de constater, c'est qu'autant en 2005 qu'en 2008, des différences de lumière disponible existent entre les traitements et peuvent ainsi être attribuées à l'effet des abris.

En 2005, chez les arbres sans abri latéral (témoin), ce sont les arbres sans abris de proximité et ceux accompagnés du chalef (Ec) qui recevaient le plus de lumière, les trois

autres traitements (Ea, Sv et Hr) ne sont pas différents entre eux. Quand les arbres sont accompagnés du pin (Pib) comme abri latéral, les traitements témoins et avec chalef (Ec) sont significativement différents des traitements avec argousier (Hr) et saule (Sv), les premiers laissant passer davantage de lumière. Le traitement avec olivier (Ea) est intermédiaire. Quand l'abri latéral est formé de saule (Svim), les traitements témoins et avec chalef (Ec) sont différents des traitements avec argousier (Hr) et saule (Sv), le traitement avec olivier (Ea) est intermédiaire.

En 2008, ce sont principalement les espèces formant les abris de proximité qui influencent la disponibilité en lumière ($p < 0,0001$). Chez les arbres sans abris latéral (témoin), le traitement témoin est significativement différent des traitements avec argousier (Hr) et saule (Sv) en laissant passer davantage de lumière. De plus, le traitement avec saule (Sv) laisse passer significativement moins de lumière que celui avec le chalef (Ec). Quand les arbres sont accompagnés du pin (Pib) comme abri latéral, le traitement témoin laisse passer significativement plus de lumière que les traitements avec argousier (Hr) et saule (Sv). Aussi, les traitements avec olivier (Ea) et chalef (Ec) sont significativement différents du traitement avec saule (Sv) en laissant passer davantage de lumière. Quand les arbres sont accompagnés du saule comme abri latéral, il n'y a aucune différence significative entre les traitements.

A) 2005



B) 2008

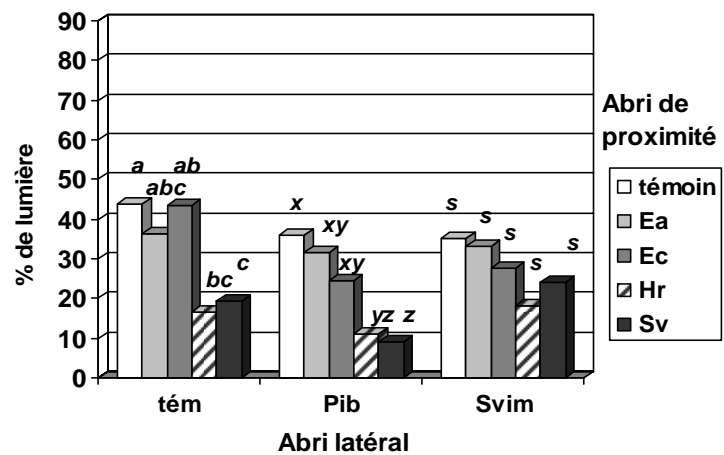


Figure 17. Site Péladeau; lumière totale – A) en 2005 et – B) en 2008 selon l'espèce formant l'abri latéral, soit le pin blanc (Pib), le saule (Svim) ou aucun abri latéral et selon l'espèce formant l'abri de proximité, soit *Elaeagnus angustifolia* (Ea), *E. commutata* (Ec), *Hippophae rhamnoides* (Hr), *Salix viminalis* (Svim) ou aucun abri de proximité (témoin)

CONCLUSION

Grâce au site de démonstration Péladeau, certaines recommandations peuvent être faites lorsque l'on dispose d'un site partageant les mêmes caractéristiques édaphiques et environnementales. Ce site offre maintenant dix années de mesures expérimentales en plantations avec accompagnement du chêne rouge et du noyer noir. Au terme de ces dix années, le chêne rouge est en moyenne plus haut que le noyer (530,9 cm vs 435,2 cm), mais son diamètre et celui du noyer noir sont, tous traitements confondus, semblables

(52,8 et 56,2 mm). Cependant, en choisissant soigneusement la combinaison d'espèces compagnes, le noyer peut atteindre des diamètres plus importants (plusieurs traitements donnent plus de 65 mm de diamètre, jusqu'à 75,5 mm) que le chêne rouge (maximum 66,5 mm).

Pour le chêne rouge, les meilleures combinaisons, qui favorisent à la fois la hauteur et le diamètre sont le saule ou le pin blanc comme abri latéral et l'argousier comme abri de proximité. Quand le saule et l'argousier sont plantés ensemble avec le chêne rouge cela produit d'excellents résultats, soit des tiges de 702 cm de hauteur et de 63,5 mm de diamètre. Quand ce sont le pin et l'argousier qui sont combinés au chêne rouge, la hauteur moyenne du chêne est de 648,7 cm et son diamètre de 66,5 mm.

Pour le noyer noir, la meilleure combinaison qui favorise à la fois sa hauteur et son diamètre est le pin blanc comme abri latéral, planté avec l'argousier comme abri de proximité. Cette combinaison a donné des noyers noirs de 584 cm de hauteur et d'un diamètre de 75,5 mm de diamètre.

En bref, la présence d'abri latéraux a été favorable comparativement aux témoins qui n'en bénéficiaient pas, tant chez le chêne rouge que chez le noyer. Alors que le pin et le saule sont des abris latéraux favorables au chêne, le saule est moins favorable pour le noyer noir, peut-être à cause de la croissance initiale qui a été plus lente chez ce dernier qui est trop rapidement dominé par le saule. De plus, le saule pourrait être récolté entre autres pour sa biomasse et le pin pour son bois.

L'argousier semble une espèce prometteuse pour former un abri de proximité. En plus de produire d'excellents résultats en termes de hauteur et de diamètre chez les feuillus nobles, son taux de survie (79,2%) est très bon comparativement aux autres espèces, ce qui permet de maintenir plus longtemps ses effets de gainage. L'olivier de Bohême a produit des résultats similaires à l'argousier, mais son taux de survie au terme de 10 ans est très faible (20,5%).

Si seul un abri latéral devait être utilisé, le pin blanc serait l'espèce à utiliser, tant pour le chêne rouge que le noyer noir. Cependant, chez le chêne rouge, l'ajout de l'argousier

Institut de recherche en biologie végétale

comme abri de proximité permet d'obtenir en moyenne une hauteur de 125 cm supérieure et un diamètre de 5 mm de plus. Chez le noyer noir, l'ajout de l'argousier forme des noyers de 107 cm plus hauts et 7,5 mm de diamètre plus importants.

Si seul un abri de proximité devait être utilisé, l'argousier est l'espèce à favoriser. Cependant, chez le chêne rouge, l'ajout du pin blanc comme abri latéral peut former des arbres jusqu'à 125 cm plus hauts et de 4 mm de diamètre de plus. Chez le noyer noir, l'utilisation de l'argousier seulement serait suffisante pour la hauteur du noyer (au mieux 4 cm pourraient être ajoutés), mais le diamètre pourrait être augmenté de 10 mm avec l'ajout du pin blanc comme abri latéral.

Plantation en arbustives post-agricoles : sites Trépanier, Guillon et Misonne

INTRODUCTION

Dans le sud du Québec, plusieurs terres agricoles ont été abandonnées dans les dernières décennies et façonnent le paysage. Ces terrains post-agricoles présentent souvent des communautés végétales dégradées en espèces de haute valeur suite aux années passées d'exploitation. La dynamique y est particulière et la régénération s'y fait parfois difficilement. On retrouve plusieurs de ces terres aujourd'hui dominées par une végétation arbustive naturelle suite à leur abandon de longue date. Afin de restaurer et mettre en valeur ces sites, on peut avoir recours à la plantation d'espèces de haute valeur. Ainsi, la végétation arbustive de la friche pourra accompagner le feuillu pour favoriser sa croissance. En plus d'en retirer une production de haute valeur, ce type de plantation revitalise les terres abandonnées et lui redonne une valeur utile. Cette étude vise donc à évaluer les effets de cet accompagnement sur la croissance et le développement des feuillus selon diverses intensités de maîtrise de la végétation de compétition à la périphérie des plants installés après le débroussaillage par bandes.

DÉBROUSSAILLEMENT PAR BANDES ET DÉGAGEMENT À DIVERSES INTENSITÉS : SITE TRÉPANIER

MÉTHODOLOGIE

Description du site

Le site Trépanier démontre les effets de la végétation en place sur la croissance et le développement des plants de feuillus plantés en friches arbustives. Il s'agit d'un site d'une superficie de 1,5 ha servant autrefois de pacage et situé en Montérégie dans la MRC du Haut-St-Laurent (Annexe 1). L'âge moyen des arbres ou des arbustes dominants de la communauté est de bientôt 40 ans. En 2005, la hauteur moyenne de la communauté d'origine était de 7,5 m, ce qui est plus haut que dans les autres friches arbustives à l'étude dû à l'émergence de jeunes arbres. Le frêne épineux (*Zanthoxylum americanum*) domine le paysage et il est accompagné principalement du nerprun bourdaine (*Rhamnus frangula*).

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental (Annexe 5) comprend trois blocs de trois bandes chacun, l'ouverture des bandes ayant été faite par débroussaillage mécanisé. Les neuf bandes créées sont orientées est-ouest de manière à obtenir un ensoleillement quotidien plus régulier qu'en situation nord-sud. Les bandes d'un même bloc représentent trois traitements différents, répartis de façon aléatoire. Deux des trois traitements sont caractérisés par l'ouverture de bandes d'une largeur de 5 m (avec interbande de 5 m) alors que le troisième traitement est représenté par une largeur d'ouverture de bande de 3 m (avec interbande de 7 m).

Dans les deux premiers traitements, les feuillus sont plantés au centre de la bande ouverte en quinconce, selon deux rangs distants de 1 m et où l'espacement sur le rang est de 3 m. Un des traitements consiste en un dégagement complet de la végétation herbacée et ligneuse au sol dans un rayon de 60 cm du plant (ce traitement est nommé « dégagé » ou « déga »). L'autre traitement consiste en un dégagement ciblé où seule la cime de l'arbre est dégagée dans un rayon de 60 cm du plant (ce traitement se nomme « accompagné » ou

« acco »). Les dégagements ont été réalisés aux printemps 2002, 2003, 2004, 2005 et 2008.

Dans le troisième traitement, les plants de feuillus sont installés à l'intérieur de trouées de 1,5 m de diamètre pratiquées en marge des bandes de végétation résiduelle (dans l'interbande) et non pas au centre des bandes ouvertes (ce traitement est nommé « trouée »). Les plants occupent donc le nord et le sud de la bande ouverte et ce traitement a été considéré comme induisant deux traitements distincts nommés trouée nord (« trnd ») et trouée sud (« trsd »). Sur chacun des rangs nord et sud de ce traitement, les plants sont espacés de 3 m. Cette troisième option a reçu un dégagement de la canopée des arbustes en 2006 et 2008.

Au début des saisons de croissance 2002, 2003, 2004, 2005 et 2008, le maintien de l'ouverture d'un corridor d'accès d'une largeur de 1m a été réalisée par débroussaillage manuel du côté sud des bandes ouvertes dans le cas des trois traitements afin d'accéder facilement aux plants. En 2008 la cime de chaque plant vivant a été dégagée et une taille de formation et d'élagage a été appliquée. Les arbres, plantés le 24 mai 2002, sont l'érable à sucre (*Acer saccharum*), le chêne à gros fruits, le noyer noir et le cerisier tardif (tableau 10).

Tableau 10. Effectif des arbres plantés en 2002 sur le site Trépanier en fonction des traitements : avec dégagement de la cime seulement (acco), dégagement complet (déga), plantés à la marge de la bande ouvert, soit au nord (trnd) et au sud (trsd).

	Acco	Déga	Trnd	Trsd	Total
Cerisier tardif	58	54	18	18	148
Chêne à gros fruits	24	28	12	12	76
Chêne rouge	1	-	-	-	1
Érable à sucre	42	62	27	28	159
Noyer noir	108	103	58	57	326
Total	233	247	115	115	710

Mesures

En septembre 2008, la hauteur (cm) des feuillus a été mesurée à l'aide d'une règle métallique ou d'une perche à ruban métrique. Également, les diamètres (mm) au sol (DHS) et à hauteur de poitrine (DHP) pour les arbres de plus de 2 m ont été mesurés grâce à un vernier électronique. La présence de broutage a été notée de même que toute observation pertinente (mortalité pour déterminer la survie, signes de broutage ou de la présence de rongeurs). Les données de hauteur et de diamètre sont également disponibles pour les années 2002, 2003, 2004 et 2005 afin d'en voir l'évolution. La disponibilité en lumière a été mesurée à l'aide d'une sonde « Line Quantum Sensor » (LICOR, Li-191SA, Lincoln, NE, USA) en 2005. Quatre mesures ont été prises par arbre, sur certains sujets seulement, à des hauteurs de 50 cm, 150 cm, 200 cm et au sommet de sa cime. Le pourcentage de radiations photosynthétiquement actives (%RPA) est obtenu en divisant la mesure obtenue sur le dispositif par une mesure de référence prise en champs (milieu ouvert) :

$$\% \text{ de lumière disponible} = 100 * (\text{valeur près des arbres} / \text{valeur de référence})$$

RÉSULTATS

Hauteur

De façon générale, les deux premiers traitements, soit une végétation d'accompagnement coupée à la hauteur de la cime du plant sur 60 cm de rayon (acco) et le dégagement total de la végétation sur un rayon de 60 cm, coupée au niveau du sol (déga), offrent de meilleurs résultats quant à la hauteur totale, la croissance et le diamètre chez toutes les espèces, sauf l'érable à sucre (Ers). Chez ce dernier, le traitement de trouée au sud (trsd) est aussi performant que les deux premiers traitements (acco et déga) (figure 18).

De façon plus détaillée, pour la hauteur des plants en 2008 (Figure 18A), il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements chez le cerisier tardif (Cet), mais une tendance à la faveur des traitements « acco » et « déga » ($p = 0,162$). Chez le noyer noir (Non) ($p = 0,0778$), seuls les traitements « acco » et « trsd » sont significativement différents entre eux. Néanmoins, chez ces deux espèces, entre les deux premiers (acco et

déga) et les deux derniers traitements (trnd et trsd), des différences moyennes allant de 30 à 39,2 % sont observés en 2008. Chez le chêne à gros fruits (Chg), le traitement d'accompagnement (acco) est statistiquement différents ($p = 0,0037$) des deux traitements de trouées (trnd et trsd) et produit une hauteur jusqu'à 89,4 cm supérieure (47,7%). Il n'y a pas de différence significative entre les traitements « déga » et « acco », bien qu'une différence moyenne de 41,2 cm de hauteur soit présente, favorisant le traitement « acco ». Finalement, chez l'érable à sucre (Ers), seul le traitement de trouée au nord (trnd) semble moins performant que les trois autres, avec une hauteur jusqu'à 23% plus faible, mais les tests statistiques n'indiquent aucune différence significative ($p = 0,6417$) entre les quatre traitements suite à une grande variabilité des résultats chez cette espèce.

Accroissement

L'accroissement de la hauteur de 2005 à 2008 (figure 18B) indique chez le cerisier (Cet) ($p = 0,1246$) une tendance à l'effet des traitements. Les traitements de trouées (trsd et trnd) tendent à offrir un accroissement inférieur (18,5 et 26,7 cm) par rapport aux deux autres traitements (68,8 et 72,6 cm), jusqu'à près de quatre fois plus. L'effet des traitements est très marqué dans le cas du chêne à gros fruits (Chg) ($p = 0,0001$). Le traitement d'accompagnement (acco) est plus efficace que les trois autres traitements, avec un accroissement de près de 1 m (97,2 cm). Le traitement avec dégagement (déga) est également différent et plus efficace que le traitement de trouée au nord (trnd), avec une différence de 39,1 cm (163,8%). Chez le noyer noir (Non) ($p = 0,0308$), les deux premiers traitements (acco et déga) sont plus efficaces que les traitements de trouées (trnd et trsd), avec des différences allant jusqu'à 46,6 cm d'accroissement. Finalement, tous les traitements semblent avoir le même effet sur l'accroissement de l'érable à sucre (Ers) ($p = 0,3995$).

Diamètre

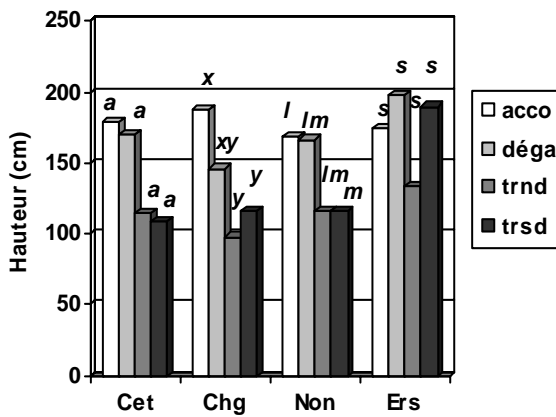
Dans le cas du diamètre au sol (figure 18C) chez le cerisier tardif (Cet) ($p = 0,0401$), le traitement d'accompagnement (acco) est plus efficace que les deux traitements de trouées (trnd et trsd), avec des différences respectives de 6,2 mm et 8,2 mm. Le traitement avec dégagement complet de la végétation (déga) est également différent et plus efficace que le traitement de trouée sud (trsd). Chez le chêne à gros fruits (Chg) ($p = 0,0021$) et le

noyer noir (Non) ($p = 0,012$), les deux premiers traitements (acco et déga) sont plus efficaces que les deux derniers (trnd et trsd), avec des différences allant jusqu'à 10,3 mm pour le chêne et 7,9 mm chez le noyer. Finalement, chez l'érable à sucre, il n'y a pas de différence significative des diamètres entre les quatre traitements ($p = 0,5344$).

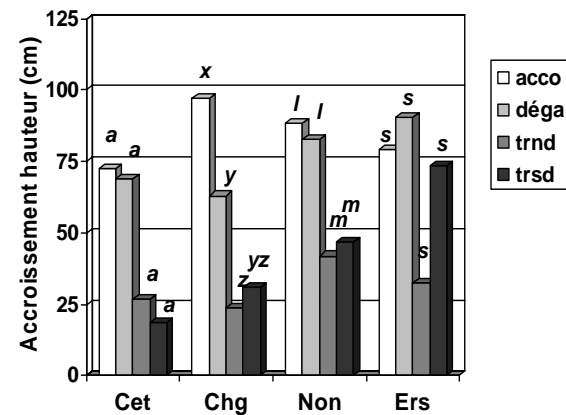
Survie

Alors que les taux de survie (figure 18D) du chêne à gros fruits et du noyer noir sont relativement semblables malgré les traitements (91,67% à 100%), ceux du cerisier tardif et de l'érable à sucre sont en général plus faibles et varient plus selon le traitement de la végétation. Chez le cerisier tardif, le taux de survie sous le traitement de trouée au nord n'est que de 66,67%, soit un tiers des plants qui n'ont pas survécu. Les autres traitements offrent des taux de survie semblables, soit de 83,33 à 90,74%. Chez l'érable à sucre, le taux de survie est le plus bas sous le traitement de trouée au sud (71,43%), un peu plus élevé pour les traitements de trouée au nord et de végétation d'accompagnement (80,95 et 81,48%) et plus élevée encore lors d'un dégagement total de la végétation (95,24%).

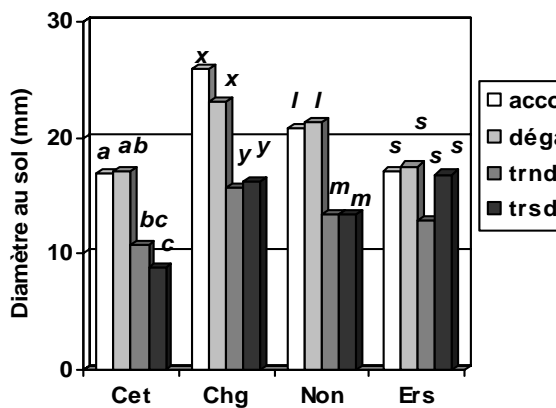
A) Hauteur



B) Accroissement de la hauteur



C) Diamètre au sol



D) Taux de survie

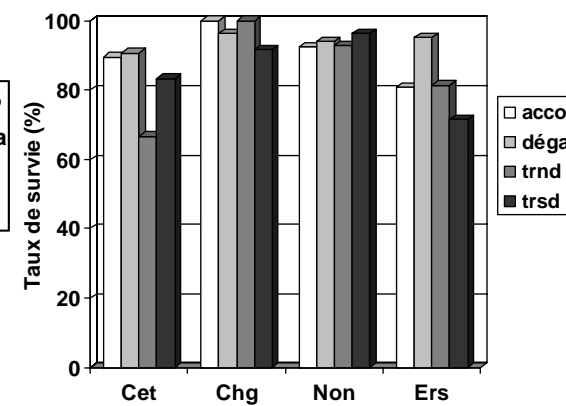


Figure 18. Site Trépanier; hauteur (cm) en 2008 (A), accroissement de la hauteur (cm) de 2005 à 2008 (B), diamètre au sol (mm) (C) et taux de survie (%) (D) du cerisier tardif (Cet), du chêne à gros fruits (Chg), du noyer noir (Non) et de l'érable à sucre (Ers) en fonction du traitement de la végétation, soit avec végétation d'accompagnement laissée en place (acco), dégagement total de la végétation (déga), trouée au nord (trnd) et trouée au sud (trsd)

Disponibilité en lumière

Le pourcentage de lumière disponible a été mesuré à la cime de chaque feuillus. La figure 19 présente les données récoltées en 2005 à la cime des arbres en fonction des différents traitements de la végétation. D'emblée, chez les quatre espèces, le pourcentage de lumière qui traverse pour les traitements « acco » et « déga » est plus élevé que les deux autres traitements. Chez le chêne à gros fruits (Chg) ($p = 0,0186$) et l'érable à sucre (Ers) ($p = 0,0118$), seul le traitement d'accompagnement (acco) (48,4 et 52%) est significativement différent des traitements de trouées nord et sud (trnd et trsd) (9,2 à

15,1%); le traitement de dégagement complet (déga) étant intermédiaire (31,6 et 36,6%). Chez le noyer noir (Non), les deux premiers traitements (acco et déga) (40,7 et 47,8%) sont significativement différents ($p < 0,0001$) des deux derniers (trnd et trsd) (11,1 et 12%) en laissant passer une plus grande quantité de lumière. Chez le cerisier tardif, bien que les résultats ne soient pas significativement différents, une forte tendance ($p = 0,1232$) de différenciation entre les traitements existe. Encore une fois, les deux premiers traitements laissent passer plus de lumière (42,2 et 47,6%), mais le traitement de trouée au sud en laisse aussi passer une bonne proportion, plus que chez les autres feuillus (29,3%). La lumière qui parvient aux cerisiers du traitement de trouée au nord (trnd) est très faible (9,2%). Pour toutes les espèces, le traitement « acco » enregistre un plus haut taux de lumière, probablement parce que les plants sont plus hauts, donc davantage de lumière leur parvient.

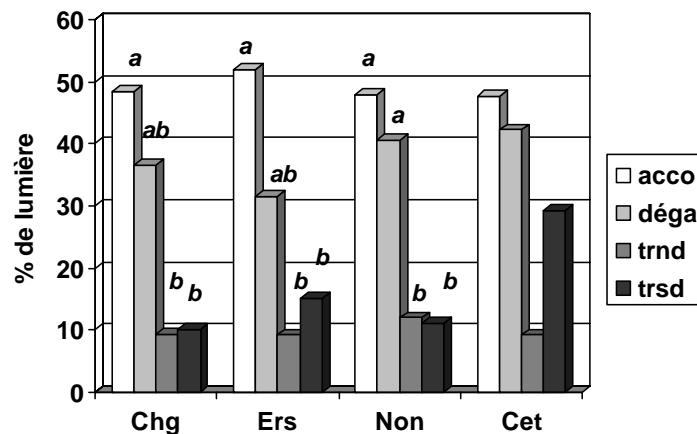


Figure 19. Pourcentage de lumière disponible mesuré à la cime du chêne à gros fruits (Chg), de l'érable à sucre (Ers) et du noyer noir (Non) selon les types de traitement de la végétation, soit avec accompagnement (acco), dégagement total (déga), trouée au nord (trnd) et trouée au sud (trsd) sur le site Trépanier en 2005.

Recul de croissance

Le tableau 11 montre le nombre d'arbres ayant été victimes de broutage par les cerfs ou les rongeurs ainsi que ceux qui sont morts. Au total, 149 arbres ont été broutés, rongés ou sont morts, soit 21%. Le cerisier tardif, le chêne à gros fruits et l'érable à sucre ont vu environ le tiers de leur effectif affecté, soit respectivement 29,7%, 28,9% et 35,8%. Les

noyers noirs ont semblés moins susceptibles avec un taux de 8,3% de ceux-ci. Sur la plantation, 11,4% des arbres ont été broutés et 9,4% sont morts de manière inconnue. Il est à noter qu'un seul arbre, un chêne à gros fruits, a été marqué « touché » par un rongeur. Les arbres du traitement avec végétation complètement dégagée (déga) ont été davantage broutés que dans les autres traitements, sauf pour le noyer où ces proportions sont très faibles. Les plants du traitement dégagée (déga) étaient probablement plus visibles pour les cerfs.

Tableau 11. Pourcentage d'arbres broutés, morts et affectés par les rongeurs sur le site Trépanier en 2008

Espèce	Traitement	Broutés	Morts	Rongeurs	Total
Cerisier tardif	Acco	2,7%	4,1%		6,8%
	Déga	8,1%	3,4%		11,5%
	Trnd	2,7%	4,1%		6,8%
	Trsd	2,7%	2,0%		4,7%
	Total	16,2%	13,5%	0%	29,7%
Chêne à gros fruits	Acco	5,3%			5,3%
	Déga	13,2%	1,3%		14,5%
	Trnd	5,3%			5,3%
	Trsd	1,3%	1,3%	1,3%	3,9%
	Total	25,0%	2,6%	1,3%	28,9%
Érable à sucre	Acco	5,0%	5,0%		10,1%
	Déga	9,4%	1,9%		11,3%
	Trnd	4,4%	3,1%		7,5%
	Trsd	1,9%	4,4%		6,3%
	Total	20,8%	14,5%	0%	35,2%
Noyer noir	Acco		2,5%		2,5%
	Déga	0,6%	1,8%		2,5%
	Trnd		1,5%		1,5%
	Trsd	0,9%	0,9%		1,8%
	Total	1,5%	6,7%	0%	8,3%
Total		11,4%	9,4%	0,1%	21,0%

CONCLUSION

Sur le site Trépanier, les divers traitements ont produit des résultats différents. Chez le cerisier tardif, tous les paramètres étudiés ont été favorisés par deux traitements de façon

équivalente, soit avec végétation d'accompagnement en place (acco) ou avec dégagement complet de la végétation (déga). En termes de hauteur, ces traitements ont produit des cerisiers de 54,9 à 70,1 cm plus élevés et dont l'accroissement depuis 2005 a été de 68,8 à 72,6 cm, soit de deux à quatre fois plus important qu'avec les autres traitements. Les diamètres au sol sont également plus élevés (de 6,2 à 8,3 mm de plus) qu'avec les traitements de trouée. Finalement, le taux de survie a été excellent dans ces deux traitements, soit 89,7 et 90,7%.

Chez le chêne à gros fruits, le traitement avec végétation d'accompagnement (acco) est le plus performant. Avec ce traitement, les chênes sont de 41,2 à 89,4 cm plus hauts. De plus, leur accroissement depuis 2005 a été de près de 1 m (97,2 cm), soit de 54 à 307% de plus. Le diamètre au sol moyen est le meilleur avec ce traitement (26 mm), mais il est presque aussi important avec le traitement de dégagement total (déga) (23,1 mm). Comparativement aux traitements de trouées, le traitement « acco » produit un diamètre supérieur d'au moins 9,7 mm. Les taux de survie sont excellents avec tous les traitements et il est parfait dans le cas du traitement « acco ».

Chez le noyer noir, deux traitements donnent des résultats tout aussi concluants, soit les traitements « acco » et « déga ». Les noyers de ces traitements surpassent ceux des autres traitements de 49,9 à 52,6 cm de hauteur. De plus, l'accroissement a été près de deux fois plus important dans ces deux traitements et le diamètre au sol supérieur de près de 8 mm. Finalement, la survie du noyer a été de 93% et plus pour tous les traitements.

Chez l'érable à sucre, c'est le traitement de dégagement total de la végétation (déga) qui produit les meilleurs résultats pour tous les paramètres étudiés. La hauteur des érables de ce traitement atteignent près de 2 m (198,3 cm), soit jusqu'à 64 cm de plus. Depuis 2005, l'accroissement des érables du traitement « déga » a été de 90,4 cm, soit de 11,4 à 58 cm de plus qu'avec les autres traitements. Le diamètre au sol moyen des érables de ce traitement est aussi le plus élevé avec 17,6 mm. Finalement, le taux de survie des érables est au moins 13,8% plus élevé dans ce traitement et s'élève à 95,2%.

Institut de recherche en biologie végétale

Sur le site Trépanier, les feuillus les plus hauts sont les érables à sucre du traitement « déga » avec 198,3 cm et avec un diamètre de 17,6 mm. Les chênes à gros fruits du traitement « acco » sont plus petits de près de 11 cm, mais leur diamètre est supérieur, avec 26 mm (8,4 mm de plus). Ce sont les chênes qui ont bénéficié du meilleur accroissement depuis 2005, soit 97,2 cm. Certains érables ont tout de même eu des accroissements de 90,4 cm et de noyers des accroissements de 88,6 cm. Ce sont les chênes qui ont eu le meilleur taux de survie (91,7 à 100%), mais celui des noyers est également excellent pour tous les traitements (93 à 96,4%)

DÉBROUSSAILLEMENT TOTAL ET PAR BANDES AVEC OU SANS HERBICIDE : SITES GUILLON ET MISONNE

MÉTHODOLOGIE

Description des sites

Les sites retenus pour analyser l'effet du débroussaillage et de l'utilisation d'herbicide sur la croissance et le développement de feuillus plantés en friches arbustives sont les sites Guillon et Misonne. Ils sont issus d'anciens pacages situés en Montérégie dans la MRC du Haut-St-Laurent et sont tous deux d'une superficie de 0,7 ha (Annexe 1).

Dispositifs expérimentaux

Sur les deux sites, l'importance des bandes végétales laissées en place varie de deux manières. La première consiste en des bandes de végétation de 4 m laissées en place dès le départ et la deuxième en des bandes de 4 m en reprise après coupe totale. Dans chaque traitement, nous avons, dans un cas réprimé et dans l'autre laissée faire la végétation herbacée en périphérie des plants. Chaque dispositif compte trois blocs où quatre espèces ont été aléatoirement plantées en 1998 (érable à sucre, noyer noir, frêne d'Amérique et bouleau jaune). Chaque bloc est divisé en deux sous-blocs selon le type de débroussaillage pratiqué : débroussaillage total (Dt) ou débroussaillage partiel par bandes de 2 m, laissant intactes des interbandes arbustives larges de 2 m (Db). Chacun des sous-blocs est à son tour divisé selon le traitement exercé sur la végétation concurrente dans un rayon de 50 cm autour de l'arbre : application d'herbicide glyphosate (DtH ou DbH) ou non (Dt et Db). Le traitement à l'herbicide a été fait une première fois

au moment de la mise en place des dispositifs en 1998, puis été répété une seconde fois à l'été 2000. L'opération consistait en une application localisée de glyphosate, le long des rangs d'arbres plantés.

À l'intérieur d'un bloc, une parcelle correspond à un ensemble de 20 arbres d'une même espèce, établis sur deux rangées parallèles et soumis à une même combinaison de traitement. Dans chaque bloc, les arbres ont été plantés à une distance de 1 m sur le rang et les rangées sont distantes de 4 m (Site Guillon : annexe 6; site Misonne : annexe 7). Les effectifs des arbres plantés sur chaque site sont présentés aux tableaux 12 et 13.

Tableau 12. Effectif des arbres plantés en 1998 sur le site Guillon

Traitement	Érable à sucre	Frêne d'Amérique	Noyer noir	Bouleau jaune*	Total
Db	60	60	60	60	240
DbH	60	60	60	60	240
Dt	61	60	59	60	240
DtH	60	60	60	60	240
Total	241	240	239	240	960

* Les données concernant les bouleaux jaunes n'ont été prises que jusqu'en 2002, mais ils sont toujours présents sur le site

Tableau 13. Effectif des arbres plantés en 1998 sur le site Misonne

Traitement	Érable à sucre	Frêne d'Amérique	Noyer noir	Cerisier tardif*	Total
Db	60	60	60	60	240
DbH	60	60	60	60	240
Dt	61	59	60	60	240
DtH	60	60	60	60	240
Total	241	239	240	240	960

* Les données concernant les cerisiers tardifs n'ont été prises que jusqu'en 2005, mais ils sont toujours présents sur le site

Mesures

Sur les sites Guillon et Misonne, la hauteur (cm) et les diamètres (mm) au sol (DHS) et à hauteur de poitrine (DHP) des arbres ont été mesurés au cours de l'été 2008. Cependant,

ce ne sont pas tous les arbres qui ont été mesurés en 2008. Sur le site Guillon, ce sont 37,5% (360 arbres) des arbres qui ont été échantillonnés et 50% (480 arbres) sur le site Misonne. Lorsqu'un arbre de l'échantillon était mort, une note était prise à cet effet pour établir le taux de survie des espèces. La hauteur a été mesurée à l'aide d'une perche à ruban métrique et les diamètres grâce à un vernier électronique. Les données de hauteur sont également disponibles pour les années 1998 à 2002 pour en voir l'évolution au cours du temps. La disponibilité en lumière a été mesurée en 2005 grâce à une sonde « Line Quantum Sensor » (LICOR, Li-191SA, Lincoln, NE, USA) à la cime des arbres. Un inventaire de la végétation arborescente, arbustive et herbacée a été réalisé sur chaque site en juillet et août 2008 et le recouvrement relatif de ces espèces est présenté en annexe (Site Guillon : annexe 8; site Misonne : annexe 9).

RÉSULTATS

Site Guillon

Croissance

La hauteur des feuillus en 2008 est présentée à la figure 20. Les érables à sucre du traitement de débroussaillage par bandes avec herbicide (DbH) sont les plus hauts avec 323,7 cm. Ensuite, les deux traitements sans herbicide, Db et Dt, ont produit des érables de 275,5 et 270,9 cm respectivement. Puis, le traitement de débroussaillage total avec herbicide (DtH) a produit des érables encore plus petits, soit environ 2 m (199,5 cm).

Chez le frêne d'Amérique, au contraire, le traitement de débroussaillage total avec herbicide (DtH) semble le plus productif. Les frênes de ce traitement atteignent 463,3 cm en moyenne. Ils sont au moins 1 m plus petits avec les autres traitements, soit entre 302,9 et 355,8 cm.

Chez le noyer noir, une différence significative existe entre les arbres où l'herbicide a été appliqué ou non ($p = 0,0038$). Ainsi, dans les traitements sans herbicide, soit Db et Dt, les hauteurs sont de 268 et 261,2 cm, alors qu'elles grimpent à 439,3 et 442,4 cm pour les traitements avec herbicide (DbH et DtH).

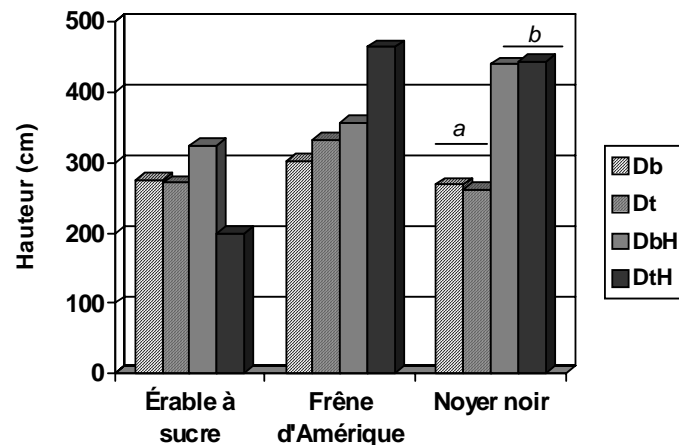


Figure 20. Site Guillon; hauteur (cm) en 2008 des arbres en fonction du traitement: débroussaillage par bande sans (Db) et avec herbicide (DbH) ou débroussaillage total sans (Dt) et avec herbicide (DtH)

Les diamètres (figure 21) des érables à sucre sont peu influencés par le type de traitement. Seul le traitement de débroussaillage par bandes (Db) produit un diamètre un peu plus élevé (16,5 mm) qu'avec les autres traitements (13,9 à 14,4 mm). Comparativement aux frênes et aux noyers, les érables sont tout de même assez chétifs.

Chez les frênes d'Amérique, le débroussaillage total avec herbicide (DtH) offre les meilleurs résultats, soit un diamètre moyen de 35,8 mm. Le débroussaillage par bandes produit le diamètre le plus faible avec 21,3 mm, puis les deux autres traitements donnent des résultats semblables (26,8 et 27,8 mm).

Chez le noyer noir, l'effet de l'application d'herbicide est significatif ($p = 0,0138$). Chez les arbres où aucun herbicide n'a été appliqué (Db et Dt), les diamètres sont plus faibles, soit 18 et 18,4 mm. Dans les traitements avec herbicide (DbH et DtH), les diamètres sont de 35,9 et 41,8 mm, soit jusqu'à deux fois plus importants.

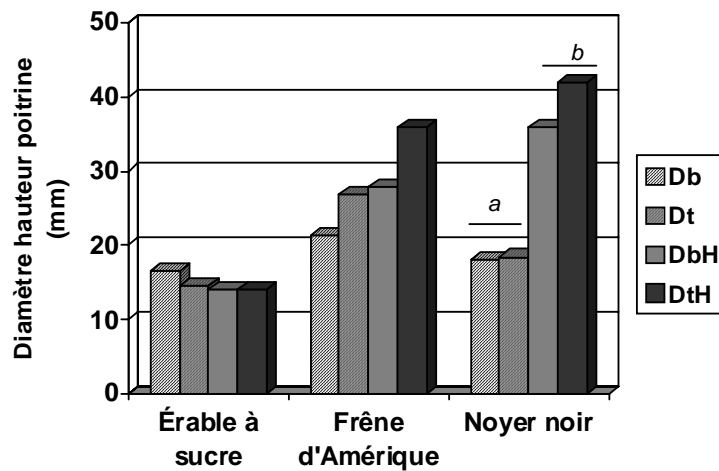


Figure 21. Site Guillon; diamètre à hauteur de poitrine (mm) en 2008 des arbres en fonction du traitement: débroussaillage par bande sans (Db) et avec herbicide (DbH) ou débroussaillage total sans (Dt) et avec herbicide (DtH)

Évolution de la croissance

L'évolution de la hauteur des arbres depuis 1998 est présentée aux figures 22 à 24. La croissance de l'érable à sucre (figure 22) a été semblable pour tous les traitements jusqu'en 2000, année à laquelle le traitement de débroussaillage total avec herbicide (DtH) s'est détaché du lot pour former des érables plus petits, et ce jusqu'en 2008 (199,5 cm). À partir de 2003 environ, les érables du traitement de débroussaillage par bande avec herbicide (DbH) ont surpassé ceux des autres traitements pour atteindre plus de 3m en 2008 (323,7 cm). Les deux traitements sans herbicide (Db et Dt) ont produit des érables d'une hauteur intermédiaire et presque identique entre eux (275,5 et 270,9 cm).

Chez le frêne d'Amérique (figure 23), la croissance dans les quatre premières années est un peu plus rapide que celle de l'érable à sucre. Durant ces années, le traitement de débroussaillage total (Dt) donne des hauteurs un peu plus faibles. À partir de 2002, l'effet des traitements s'accroît. Les frênes du traitement de débroussaillage total avec application d'herbicide (DtH) ont une très forte croissance depuis 2001 et au terme des 10 années de croissance, ils surpassent de plus d'un mètre les frênes des autres traitements (463,3 cm). Le traitement qui semble le moins efficace après 10 ans est celui du débroussaillage par bande (Db) (302,9 cm). Il est suivi de l'autre traitement sans

herbicide, soit de débroussaillage total (Dt) (331,8 cm), puis du traitement par bande avec herbicide (DbH) (355,8 cm).

Chez le noyer noir (figure 24), des différences énormes existent entre les traitements au terme des 10 années de croissance. Jusqu'en 2000, les courbes de hauteur des quatre traitements se suivent relativement, puis l'effet des traitements commence à se faire sentir dès 2001 et 2002. La croissance accélère à partir de 2002 et 6 ans plus tard, deux groupes se distinguent nettement, soit les noyers ayant bénéficiés de l'application d'herbicide (DtH et DbH) et les noyers qui n'en ont pas profité (Dt et Db). Ainsi, les noyers dont la végétation a été traitée à l'herbicide sont plus de 66% plus hauts que les autres au terme des 10 années de croissance (439,3 et 442,4 cm comparativement à 261,2 et 268 cm).

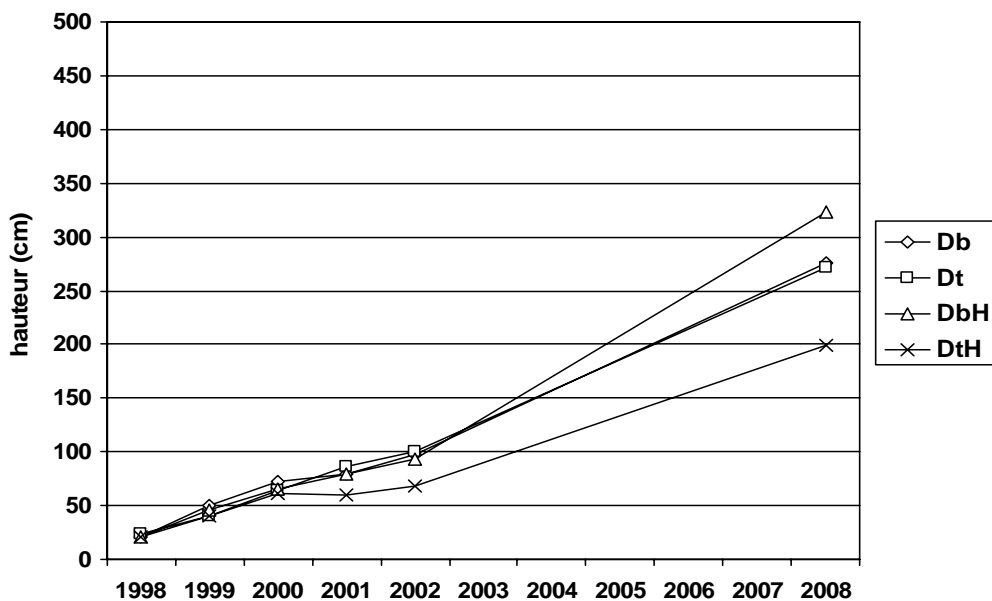


Figure 22. Évolution de la hauteur (cm) de l'érable à sucre de 1998 à 2008 sur le site Guillon

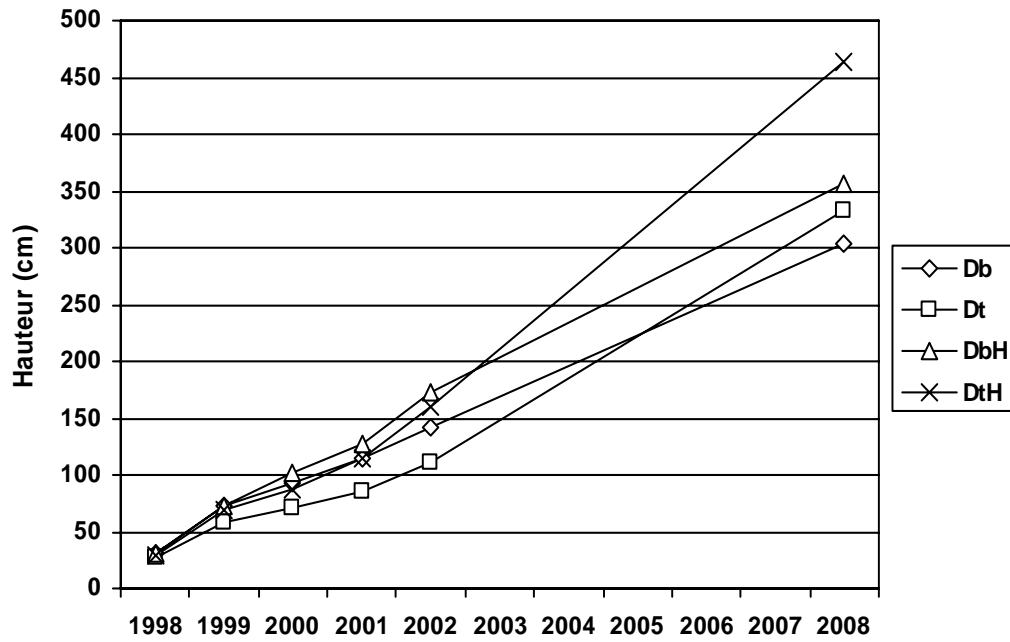


Figure 23. Évolution de la hauteur (cm) du frêne d'Amérique de 1998 à 2008 sur le site Guillon

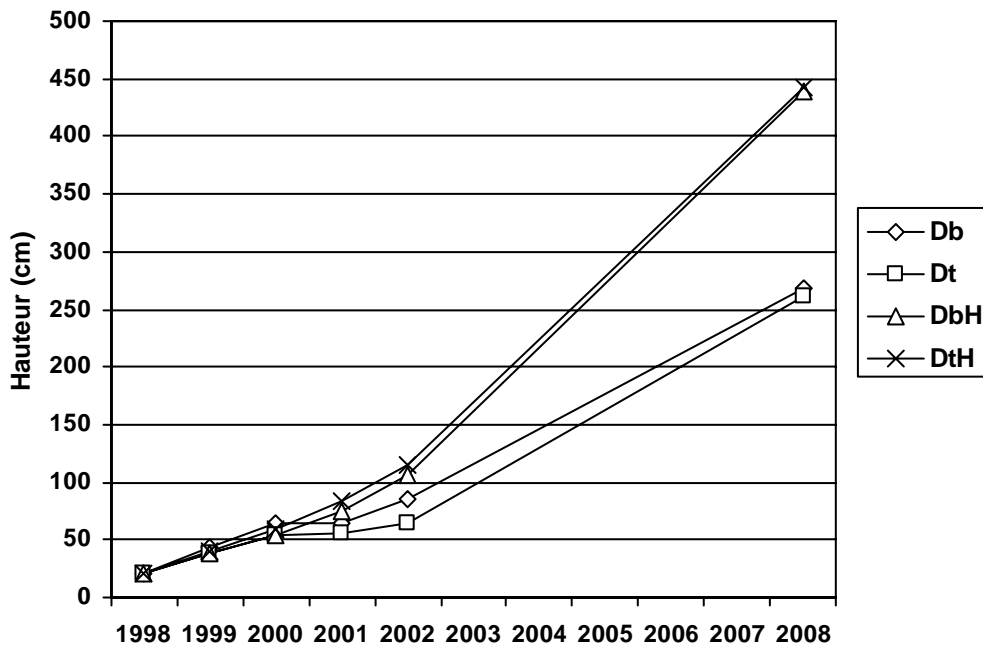


Figure 24. Évolution de la hauteur (cm) du noyer noir de 1998 à 2008 sur le site Guillon

Survie

Les taux de survie des feuillus du site Guillon sont présentés à la figure 25. Chez l'érable à sucre, le taux de survie est nettement plus élevé dans le traitement de débroussaillage par bande (Db) où il est de 86,7%. Avec les autres traitements, ce taux a été de 60 à 70%. Chez le frêne d'Amérique, le taux de survie est un peu inférieur avec le traitement de débroussaillage par bandes avec herbicide (DbH) avec 80%. Il est excellent avec les autres traitements où il oscille entre 90 et 93,3%. Chez le noyer noir, le taux de survie est très bas dans le traitement de débroussaillage total (Dt) où il n'atteint que 43,3%. Il est un plus élevé avec le débroussaillage par bandes avec herbicide (DbH) avec 60%, encore plus dans le traitement de débroussaillage total avec herbicide (DtH) avec 70% et il est de 80% dans le traitement de débroussaillage par bandes (Db).

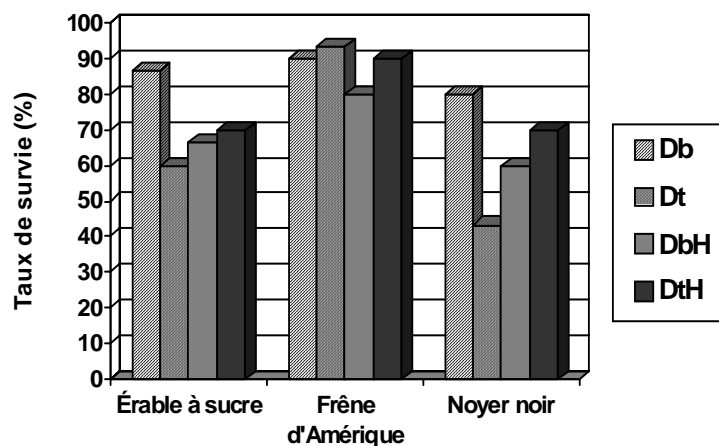


Figure 25. Taux de survie (%) des feuillus sur le site Guillon en 2008 selon le traitement, soit débroussaillage par bandes sans (Db) et avec herbicide (DbH) et débroussaillage total sans (Dt) et avec herbicide (DtH)

Disponibilité en lumière

La lumière disponible sur le site Guillon est présentée pour l'année 2005 à la figure 26. Les pourcentages de lumière disponible oscillaient alors entre 19 et 86,6%. En général, davantage de lumière parvient aux arbres des traitements de débroussaillage total (Dt et DtH). La lumière semble atteindre davantage les frênes d'Amérique qui reçoivent de 68,8 à 86,6% de celle-ci. Les érables bénéficient de 37 à 55,5% de la lumière et chez le noyer noir, les différences sont plus marquées entre les traitements, soit de 19 à 74%.

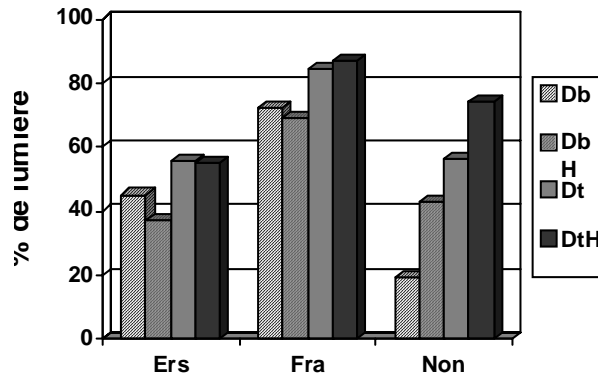


Figure 26. Pourcentage de lumière disponible en 2005 sur le site Guillon près des feuillus selon le traitement, soit débroussaillage par bandes sans (Db) et avec herbicide (DbH) et débroussaillage total sans (Dt) et avec herbicide (DtH)

Autres observations pertinentes

Les observations pertinentes ou phénomènes à considérer étaient notés et sont inscrits au tableau 14. Dans le cas de l'érable à sucre, on a noté la mort de la cime chez 2,5% des arbres et le même pourcentage a été infesté par des insectes. Aussi, 6,7% des érables du traitement de débroussaillage total avec herbicide (DtH) ont été rongés, représentant 1,7% de tous les érables. Finalement, dans le même traitement, 3,3% des arbres présentaient des rejets.

Chez le frêne d'Amérique, une petite proportion d'arbres montrait une cime morte dans le traitement de débroussaillage par bandes, soit 3,3% des arbres au sein de ce traitement et 0,8% du total. La même proportion d'arbre montrait la présence de frottis par le cerf (0,8% chacun). De plus, des insectes ont été observés dans les traitements sans herbicide (Db et Dt), soit chez 1,7% des frênes. Finalement, 0,8% des frênes présentaient des rejets.

Chez le noyer noir, la mort de la cime a été notée pour 6,7% des arbres du traitement de débroussaillage par bandes, représentant 1,7% de tous les noyers. Aussi, la cime était complètement coupée chez 0,8% des noyers. Finalement, 1,7% des noyers étaient infestés d'insectes.

Sur tout le dispositif du site Guillon, ce sont 1,7% des feuillus dont la cime était morte, 0,3% dont la cime était coupée, 1,7% infestés d'insectes, 0,3% montrant des frottis par le cerf, 0,6% qui ont été rongés et 0,3% présentant des rejets. Ce sont des taux somme toute assez faibles.

Tableau 14. Fréquence relative de phénomènes observés sur le site Guillon en fonction des traitements, soit débroussaillage par bande avec (DbH) ou sans herbicide (Db) et débroussaillage total avec (DtH) ou sans herbicide (DtH)

Espèce	Traitement	Cime morte	Cime coupée	Insectes	Frotti	Rongé	Rejet
Érable à sucre	Db			6,7			
	Dt	6,7					
	DbH	3,3					
	DtH			3,3		6,7	3,3
	Total	2,5		2,5		1,7	0,8
Frêne d'Amérique	Db	3,3		3,3			
	Dt			3,3			
	DbH						
	DtH				3,3		
	Total	0,8		1,7		0,8	
Noyer noir	Db	6,7					
	Dt		3,3				
	DbH						
	DtH			3,3			
	Total	1,7	0,8	0,8			
Grand total		1,7	0,3	1,7	0,3	0,6	0,3

Site Misonne

Croissance

L'état de la hauteur des arbres en 2008 sur le site Misonne est présenté à la figure 27. Chez l'érable à sucre, les traitements de débroussaillage par bandes, Db et DbH, semblent plus efficaces, produisant des hauteurs respectives de 342,3 et 378 cm. Dans les traitements avec débroussaillage total (Dt, DtH) les hauteurs sont de 312,7 et 311,1 cm.

Chez le frêne d'Amérique, un seul traitement se démarque vraiment, soit celui de débroussaillage par bande avec herbicide (DbH), où les frênes atteignent 342,7 cm de hauteur en moyenne. Avec les autres traitements, la hauteur varie de 284,2 à 288,4 cm.

Chez le noyer noir, l'effet des traitements est plus marqué. Que ce soit avec application d'herbicide ou non, l'effet du débroussaillage total est le plus important. Cependant, l'effet du type de débroussaillage n'est significatif que lorsqu'il y a application d'herbicide ($p = 0,0055$). Dans les traitements sans herbicide, le débroussaillage total (Dt) donne une hauteur de 191,5 cm, alors que le débroussaillage par bandes (Db) produit des noyers de 149,1 cm. Dans le cas des traitements avec herbicide, le débroussaillage total (DtH) donne des hauteurs nettement supérieures, soit de 255,4 cm comparativement à 120,6 cm pour le débroussaillage par bandes (DbH).

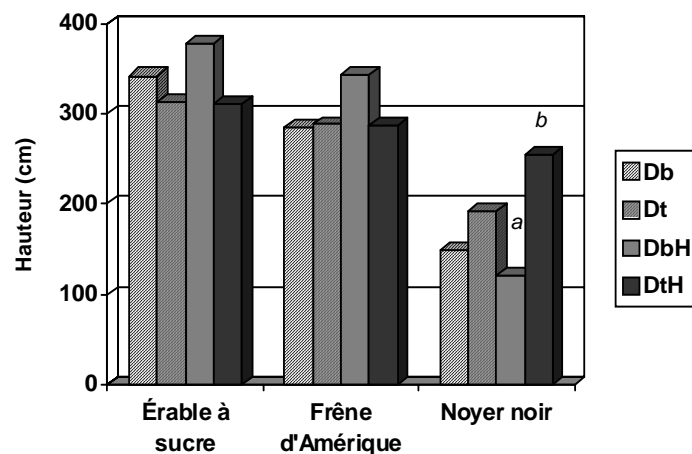


Figure 27. Site Misonne; hauteur (cm) en 2008 des arbres en fonction du traitement: débroussaillage par bande sans (Db) et avec herbicide (DbH) ou débroussaillage total sans (Dt) et avec herbicide (DtH)

Les diamètres des feuillus en 2008 sont présentés à la figure 28. Chez l'érable à sucre, le traitement de débroussaillage par bandes avec herbicide (DbH) donne les meilleurs résultats avec un diamètre moyen de 20,3 mm. Avec les autres traitements, le diamètre varie de 15,1 à 16,8 mm.

Chez le frêne d'Amérique, le même traitement (DbH) offre les meilleurs résultats, soit un diamètre moyen de 23,4 mm. Suivent les traitements de débroussaillage total avec herbicide (DtH), par bande avec herbicide (DbH) et par bandes sans herbicide (Db) avec 18,6 mm, 16,8 mm et 15,4 mm respectivement.

Chez le noyer noir, au sein de chaque type de traitement d'herbicide (avec ou sans), une différence significative existe entre les types de débroussaillage ($p = 0,0116$). Pour les arbres où il n'y a pas eu d'application d'herbicide, le diamètre est supérieur lorsque le débroussaillage est total (Dt) (15,5 mm) que lorsqu'il est réalisé par bandes (Db) (10,7 mm). Lorsqu'il y a application d'herbicide, c'est aussi le débroussaillage total (DtH) qui donne le diamètre le plus élevé avec 20,2 mm, comparativement à 10,2 mm pour le débroussaillage par bandes (DbH).

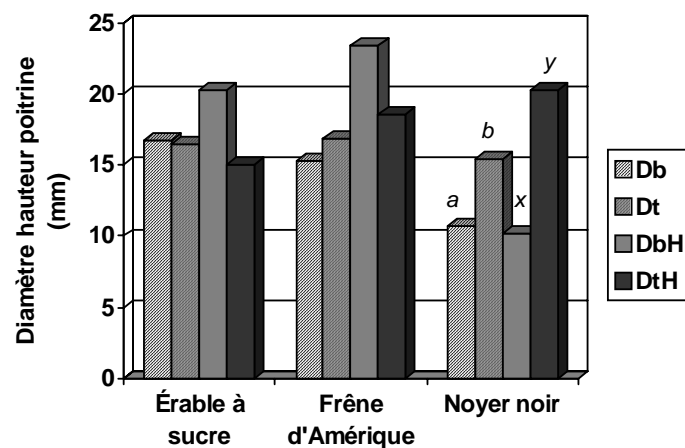


Figure 28. Site Misonne; diamètre à hauteur de poitrine (mm) en 2008 des arbres en fonction du traitement: débroussaillage par bande sans (Db) et avec herbicide (DbH) ou débroussaillage total sans (Dt) et avec herbicide (DtH)

Évolution de la croissance

Les courbes de croissance de 1998 à 2008 sont présentées aux figures 29 à 31. Pour l'érable à sucre (figure 29), dès le départ, la croissance des arbres dans le traitement de débroussaillage par bande avec herbicide (DtH) est plus importante qu'avec les autres traitements. Au final, les érables de ce traitement sont les plus hauts et mesurent en moyenne 378 cm. Les trois autres traitements ont des courbes de croissance qui se suivent jusqu'en 2001. Déjà en 2002, le traitement de débroussaillage total (Dt) est moins performant et cette tendance se poursuit jusqu'en 2008 (312,7 cm). L'autre traitement de débroussaillage total (DtH) le rejoint en 2008 (311,1 cm), ce sont donc les deux

traitements les moins efficaces. Finalement, le traitement de débroussaillage par bande (Db) donne des érables d'une hauteur intermédiaire au terme des 10 années de croissance (342,3 cm).

Dans le cas du frêne d'Amérique (figure 30), peu de différence existe entre les traitements jusqu'en 2002, mis à part le traitement de débroussaillage total sans herbicide (Dt) dont la courbe est légèrement plus faible. À partir de 2002, les traitements de débroussaillage total avec (DtH) et sans (Dt) herbicide ainsi que de débroussaillage par bande (Db) convergent pour donner des hauteurs similaires en 2008 (287,1, 288,4 et 284,2 cm). Seuls les frênes du traitement de débroussaillage par bande avec herbicide (DbH) se démarquent, avec une hauteur moyenne de 342,7 cm au terme des 10 années de croissance.

La croissance du noyer noir sur le site Misonne (figure 31) s'est faite beaucoup moins rapidement que celle des autres essences. En effet, durant les quatre premières années de croissance (1998 à 2002), les arbres ont cru de seulement 51,2 cm avec le traitement de débroussaillage total avec herbicide (DtH) et d'au plus 31,4 cm avec les trois autres traitements. Par la suite, le taux de croissance augmente et se différencie selon les traitements. Le traitement DtH produit au final des noyers de 255,4 cm en moyenne. Les autres traitements ne réussissent pas à former des arbres qui atteignent 2 m, soit de 191,5 cm avec le débroussaillage total (Dt), et même de moins de 1m50 pour les traitements de débroussaillage par bande (Db et DbH) (149,1 et 120,6 cm).

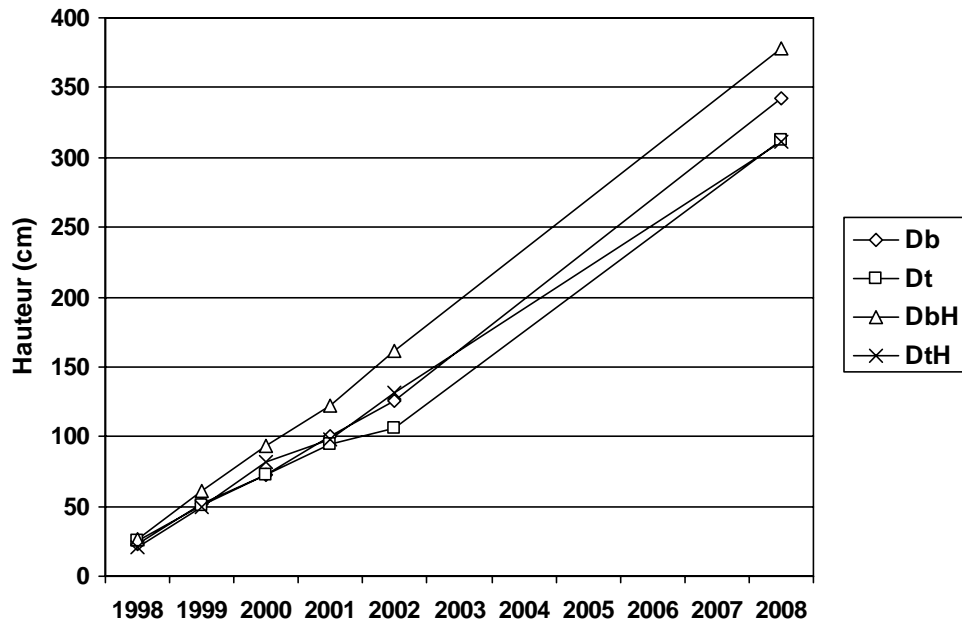


Figure 29. Évolution de la hauteur de l'érable à sucre de 1998 à 2008 sur le site Misonne

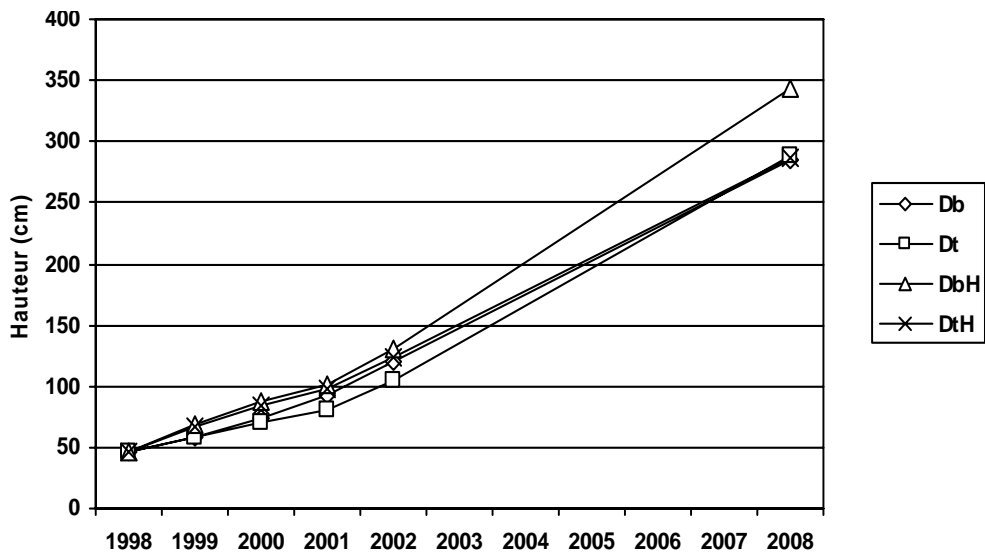


Figure 30. Évolution de la hauteur du frêne d'Amérique de 1998 à 2008 sur le site Misonne

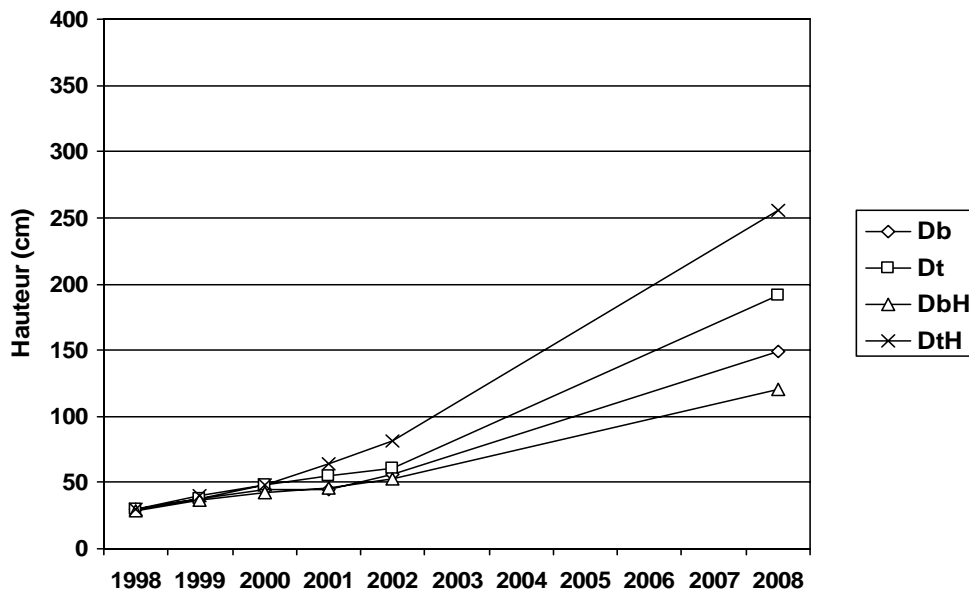


Figure 31. Évolution de la hauteur (cm) du noyer noir de 1998 à 2008 sur le site Misonne

Disponibilité en lumière

La lumière disponible en 2005 sur le site Misonne est présentée à la figure 32. Il s'agit de la mesure prise à la cime des arbres. Chez l'érable à sucre, la lumière disponible est semblable pour tous les traitements (61,9 à 64,1%), sauf avec débroussaillage total (Dt) (53,4%) où elle est un peu plus faible. Les frênes semblent être les arbres qui reçoivent le plus de lumière (60,9 à 88,7%), principalement dans les traitements de débroussaillage total (Dt et DtH). Les noyers reçoivent beaucoup de lumière dans le traitement de débroussaillage total avec herbicide (DtH) (78,2%), mais moins que les autres espèces dans les trois autres traitements (34,3 à 54%).

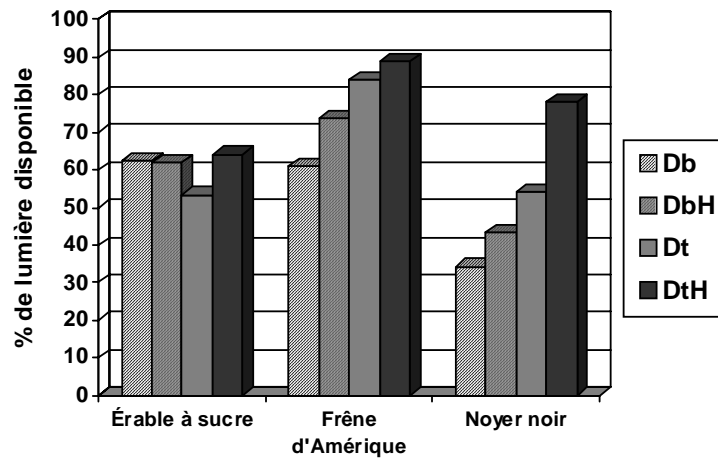


Figure 32. Pourcentage de lumière disponible en 2005 sur le site Misonne pour l'érable à sucre, le frêne d'Amérique et le noyer noir en fonction du traitement, soit débroussaillage par bandes sans (Db) ou avec herbicide (DbH) et débroussaillage total sans (Dt) ou avec herbicide (DtH)

Survie

La survie des feuillus sur le site Misonne est présentée à la figure 33. Chez l'érable à sucre, le taux de survie des arbres avec le traitement de débroussaillage total sans herbicide (Dt) produit un taux de survie inférieur, avec 77,5%. Les taux de survie avec les trois autres traitements oscillent entre 87,5 et 92,5%. Chez le frêne d'Amérique, c'est le traitement de débroussaillage par bande avec application d'herbicide (DbH) qui donne le taux de survie le plus faible, soit 72%. Le même traitement sans herbicide (Db) obtient le meilleur taux de survie (90,2%), alors que les deux traitements de débroussaillage total (Dt et DtH) entraînent des taux de survie de 85%. Chez le noyer noir, la situation est semblable à celle du frêne. Le traitement de débroussaillage par bande avec herbicide (DbH) donne le taux de survie le plus bas (65,5%), alors que le même traitement sans herbicide (Db) produit le meilleur taux de survie (86,7%). Les deux traitements de débroussaillage total (Dt et DtH) produisent des taux de survie semblables (77,5% et 80%).

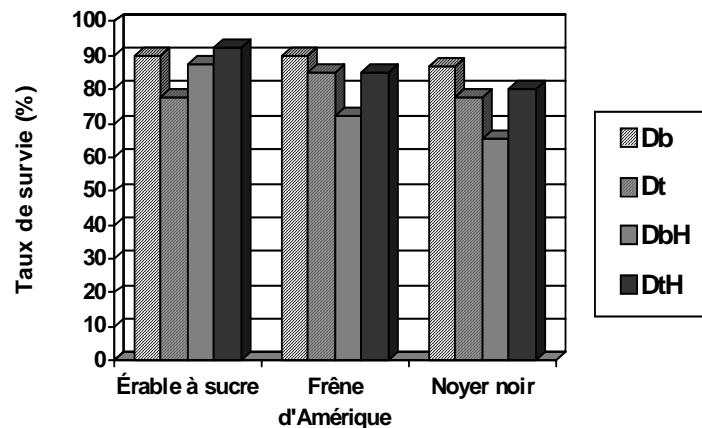


Figure 33. Taux de survie (%) des feuillus sur le site Misonne en 2008 selon le traitement, soit débroussaillage par bandes avec (DbH) et sans herbicide (Db) et débroussaillage total avec (DtH) et sans herbicide (Dt)

Autres notes pertinentes

Tous les phénomènes à considérer ont été notés et sont présentés au tableau 15. Chez l'érable à sucre, les phénomènes observés concernent la présence d'insectes (des fourmis principalement) et des signes de présence de rongeurs. Les insectes ont été observés dans les traitements de débroussaillage par bande sans herbicide (Db) (6,7% des érables de ce traitement) et avec herbicide (DbH) (5% des érables de ce traitement). Ces observations représentent 2,7% de tous les érables. Quelques érables du traitement de débroussaillage total avec herbicide (DtH) ont été rongés, pour un taux de 2,5% dans ce traitement et 0,7% de tous les érables.

Chez le frêne d'Amérique, plusieurs observations ont été notées. D'abord, 1% des frênes ont été broutés et se retrouvent tous dans le traitement de débroussaillage total avec herbicide (DtH), où ils sont probablement plus visibles pour les cerfs. 2,6% des frênes présentaient une cime morte, un phénomène qui se produit souvent lors de la transplantation. Ce phénomène a été observé dans les traitements avec herbicide (DbH et DtH). Des insectes, principalement des fourmis, ont été observés chez 2,1% des frênes, soit 4,9% des frênes du traitement de débroussaillage par bande (Db) et 2,5% pour le traitement de débroussaillage total avec herbicide (DtH). Finalement, 5% des frênes du

traitement de débroussaillage total (Dt) ont été rongés, représentant 1% de tous les frênes.

Plusieurs observations ont aussi été notées chez les noyers noirs. Des noyers ont été broutés dans les traitements sans herbicide (3,3% pour Db et 2,5% pour Dt), soit 1,4% de tous les noyers. Des insectes (fourmis pour la plupart) ont été vus chez 2,2% des noyers. Plusieurs noyers du traitement de débroussaillage par bandes avec herbicide (DbH) ont été rongés, soit 13,8% d'entre eux. Aussi 2,5% des noyers du traitement de débroussaillage total (Dt) ont été rongés, pour une moyenne de 3,6% de tous les noyers. Finalement, certains noyers présentaient des rejets dans le traitement de débroussaillage total (5%), représentant 1,4% des noyers.

Sur l'ensemble du dispositif, ce sont 0,8% des feuillus qui ont été broutés, 1% dont la cime est morte, 2,3% qui étaient infestés d'insectes, 1,7% rongés et 0,4% qui présentaient des rejets.

Tableau 15. Fréquences relatives phénomènes observés sur le site Misonne en fonction des traitements, soit débroussaillage par bande avec (DbH) ou sans herbicide (Db) et débroussaillage total avec (DtH) ou sans herbicide (Dt)

Espèce	Traitement	Brouté	Cime morte	Insectes	Rongé	Rejet
Érable à sucre	Db			6,7		
	DbH			5,0		
	Dt					
	DtH				2,5	
	Total			2,7	0,7	
Frêne d'Amérique	Db			4,9		
	DbH		6,0			
	Dt				5,0	
	DtH	5,0	5,0	2,5		
	Total	1,0	2,6	2,1	1,0	
Noyer noir	Db	3,3		3,3		
	DbH				13,8	
	Dt	2,5			2,5	5,0
	DtH			5,0		
	Total	1,4	2,2	3,6	1,4	
Grand total		0,8	1,0	2,3	1,7	0,4

CONCLUSION

Les résultats sur les sites Guillon et Misonne ont démontré que des différences parfois importantes existent entre les arbres selon le traitement de la végétation qui est réalisé. Ces différences sont encore plus marquantes sur le site Guillon, mais sont aussi observées sur le site Misonne.

Pour l'érable à sucre, sur les deux sites, la hauteur est favorisée par un traitement de débroussaillage par bandes avec application d'herbicide (DbH). Pour cette espèce, il n'est donc pas nécessaire, même déconseillé de réaliser un débroussaillage total si l'on veut favoriser la hauteur. Les arbres de ce traitement étaient jusqu'à 124 cm plus hauts. Pour le même type de débroussaillage mais sans herbicide (Db), les érables étaient plus petits d'environ 50 cm sur le site Guillon et de 35 cm sur le site Misonne. En termes de diamètre, il y a une différence d'au plus 5 mm entre les différents traitements, mais sur un diamètre de moins de 2 cm, cela peut représenter une proportion intéressante. Les traitements qui ont favorisé le diamètre de l'érable à sucre ne sont pas les mêmes sur les deux sites. Sur le site Guillon, la différence est d'au plus 2,5 mm (environ 15% de plus) en faveur du traitement de débroussaillage par bandes (Db) et sur le site Misonne, c'est le même traitement mais avec application d'herbicide (DbH) qui donne le meilleur résultat, soit jusqu'à 5 mm plus important (environ 21 à 35% de plus). Pour ce qui est de la survie des arbres au terme de 10 ans, sur le site Guillon elle est nettement supérieure (de 16,7 à 26,7%) avec le traitement de débroussaillage par bandes (Db) alors que sur le site Misonne seul le traitement de débroussaillage total (Dt) donne de moins bons résultats (10 à 15% inférieure).

Concernant le frêne d'Amérique, les traitements qui le favorisent diffèrent entre les deux sites. Sur le site Guillon, le traitement de débroussaillage total avec herbicide (DtH) donne les meilleurs résultats. En effet, la hauteur des frênes est de 108 à 160 cm plus élevée et le diamètre de 8 à 14 mm plus important. La survie est également excellente (90%). Sur le site Misonne, c'est le traitement de débroussaillage par bandes avec application d'herbicide (DbH) qui est le plus favorable. Dans ce traitement, la hauteur des

frênes est de 54,3 à 58,5 cm plus élevée et le diamètre de 4,8 à 8 mm plus important. Cependant, la survie est la moins bonne avec ce traitement (de 7 à 18% inférieure).

Pour le noyer noir, les résultats obtenus sur les dispositifs des deux sites fournissent *grosso modo* les mêmes conclusions. Afin de favoriser la hauteur du noyer, le meilleur traitement semble le débroussaillage total avec application d'herbicide (DtH). En effet, par ce traitement, la hauteur moyenne des noyers est jusqu'à 178 cm plus élevée sur le site Guillon et 135 cm sur le site Misonne. Cependant, sur le site Guillon, le débroussaillage par bandes avec herbicide (DbH) donne un résultat presque semblable (-3 cm), mais il est très défavorable sur le site Misonne (-135 cm). En termes de diamètre, c'est également le traitement de débroussaillage total avec herbicide (DtH) qui offre les meilleurs résultats. Ainsi, les noyers ont un diamètre jusqu'à 24 mm plus important chez Guillon et jusqu'à 10 mm chez Misonne. Pour ce qui est de la survie, elle a été la meilleure avec le traitement de débroussaillage par bandes (Db), soit de 10 à 36,7% supérieure chez Guillon et de 6,7 à 21,2% supérieure chez Misonne. En choisissant le traitement de débroussaillage total avec herbicide (DtH) qui favorise la hauteur et le diamètre des noyers, le taux de survie de ces derniers est de 70% chez Guillon et 80% chez Misonne.

Les feuillus qui ont atteint la hauteur la plus importante sur le site Guillon sont le frêne d'Amérique (463 cm) et le noyer noir (439 et 442 cm). Ce sont également eux qui ont eu les diamètres les plus intéressants, soit 36 mm pour le frêne et 36 et 42 mm pour le noyer. Le frêne a obtenu les meilleurs taux de survie, soit de 80 à 93,3%.

Sur le site Misonne, c'est le frêne d'Amérique qui a atteint la hauteur la plus importante (343 cm) ainsi que le plus gros diamètre (23 mm). Le taux de survie du frêne (72 à 90,2%) était juste un peu inférieur à celle de l'érable à sucre (77,5 à 92,5%), mais supérieur au noyer noir (65,5 à 86,7%).

Les résultats obtenus en arbustaias soulignent les possibilités de succès de l'enrichissement de ces milieux. La compétition herbacée demeure un enjeu comme l'intensité et la récurrence des ouvertures pratiquée par bande ou en grande trouée.

Références

Anel, B. Produire du bois de qualité en complémentarité avec l'agriculture : les opportunités offertes par l'agroforesterie. Colloque : «Diversifier les approches forestières». Modèles alternatifs de gestion. Ste-Anne-des-Monts, 12 septembre 2006. [Document PDF en ligne]. www.foretgaspesie-les-iles.ca/fichiers/consortium/Transfert_de_connaissances_2006.../Colloque_2006/.../presentation_Bertrand_Anel.pdf (page consultée le 27 février 2009).

APAQ. Association des producteurs d'argousier du Québec [En ligne]. <http://www.argousier.qc.ca> (page consultée le 25 février 2009).

Becquey, J. 2006. L'accompagnement du planteur. Forêt-entreprise **170**: 56-57.

Boring, L.R. et Swank, W.T. 1984b. The Role of Black Locust (*Robinia pseudoacacia*) in Forest Succession. Journal of Ecology **72**(3): 749-766.

Burns, R.M. et Honkala, B.H. Silvics of North America: 1. Conifers; 2. Hardwoods. Agriculture Handbook 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. vol.2, 877p. [Livre en ligne]. http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/table_of_contents.shtm (page consultée le 23 septembre 2008).

Call, L.J. et Nilsen, E.T. 2003. Analysis of Spatial Patterns and Spatial Association between the Invasive Tree-of-Heaven (*Ailanthus altissima*) and the Native Black Locust (*Robinia pseudoacacia*). The American Midland Naturalist **150**(1): 1-14.

Demené, J.-M. et Merzeau, D. 2007. Le Robinier faux acacia, historique et caractéristiques biologiques. Forêt-entreprise **177**: 10-12.

Domtar. Le pin blanc [En ligne]. http://www.domtar.com/arbre/album_photo/p_pin.htm (page consultée le 25 février 2009).

Doyon, F. et Bouillon, D. 2003. Stratégie d'aménagement, de restauration et de conservation du pin blanc et du pin rouge dans l'Outaouais. Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue. 10 p.

Environnement Canada. Archives nationales d'information et de données climatologiques [En ligne]. <http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/> (page consultée le 19 février 2009).

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Planted Forests [En ligne]. <http://www.fao.org/forestry/plantedforests/en/> (page consultée le 9 janvier 2009).

Forêt Privée Française. Le robinier faux acacia - fiche essence. *In*: Centre Régional de la Propriété Forestière de Poitou-Charentes [Document PDF en ligne]. www.crfp-poitou-charentes.fr/IMG/pdf/robinier.pdf (page consultée le 9 octobre 2008).

Forrester, D.I., Bauhus, J. et Khanna, P.K. 2004. Growth dynamics in a mixed-species *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. *Forest Ecology and Management* **193**(1-2): 81-95.

Fortier, J. 2007. Le mélèze : une essence prometteuse pour le Québec. *Périodique de transfert de connaissances du Réseau Ligniculture Québec* **4**(6): 1-4.

Garber, S.M. et Maguire, D.A. 2005. Vertical trends in maximum branch diameter in two mixed-species spacing trials in the central Oregon Cascades. *Canadian Journal of Forest Research* **35**(2): 295-307.

Gauthier, N. 2006. Les étapes de production du mélèze hybride. Centre technologique des résidus industriels, 6 p.

Gavaland, A. et Pagès, L. 2007. Le robinier pour la biomasse et l'accompagnement des feuillus précieux en plantation. *Forêt-entreprise* **177**: 24-27.

Gilmore, D.W. et David, A.J. 2002. Current trends in management practices for European larch in North America. *Forestry Chronicle* **78**(6): 822-829.

Jose, S., Williams, R. et Zamora, D. 2006. Belowground ecological interactions in mixed-species forest plantations. *Forest Ecology and Management* **233**(2/3): 231-239.

Lee, C.-S., Cho, H.-J. et Yi, H. 2004. Stand dynamics of introduced black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) plantation under different disturbance regimes in Korea. *Forest Ecology and Management* **189**: 281-293.

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.

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^{er} octobre 2008).

Ressources naturelles Canada. Feuillus - Cerisier tardif. Guide sur les arbres des Maritimes. Service canadien des forêts. Gouvernement du Canada [En ligne]. <http://scf.rncan.gc.ca/soussite/arbresconnaissance/cerisiertardif> (page consultée le 18 février 2009).

Sayyad, E., Hosseini, S.M., Mokhtari, J., Mahdavi, R., Jalali, S.G., Akbarinia, M. et Tabari, M. 2006. Comparison of growth, nutrition and soil properties of pure and mixed stands of *Populus deltoides* and *Alnus subcordata*. *Silva Fennica* **40**(1): 27-35.

USFS. Black Walnut Nutrition. *In*: United States Department of Agriculture (USDA). pp. 112-119 [Document PDF en ligne]. web.extension.uiuc.edu/forestry/publications/pdf/black_walnut/USFS_Black_Walnut_Nutrition.pdf (page consultée le 13 janvier 2009).

van Halder, I., Barbaro, L., Corcket, E. et Jactel, H. 2008. Importance of semi-natural habitats for the conservation of butterfly communities in landscapes dominated by pine plantations. *Biodiversity and Conservation* **17**(5): 1149-1169.

von Althen, F.W. 1990. The effects of alternate-row interplanting of five species on black walnut growth. Forestry Canada, Ontario region, Great lakes Forestry Centre. Information report 0-X-409. 14 p.

Zhang, Z.Y., Dai, G.H., Zhuge, Y.Y. et Li, Y.B. 2008. Protective effect of *Robinia pseudoacacia* Linnl extracts against cucumber powdery mildew fungus, *Sphaerotheca fuliginea*. *Crop Protection* **27**(6): 920-925.

Annexe 1. Carte de localisation des sites Allard, Landrau, Péladeau, Guillon, Misonne et Trépanier, en Montérégie dans la MRC du Haut-St-Laurent



Annexe 2. Dispositif expérimental du site Allard

		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	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
22	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
23	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
24	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
25	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
26	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
27	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
28	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
29	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
30	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

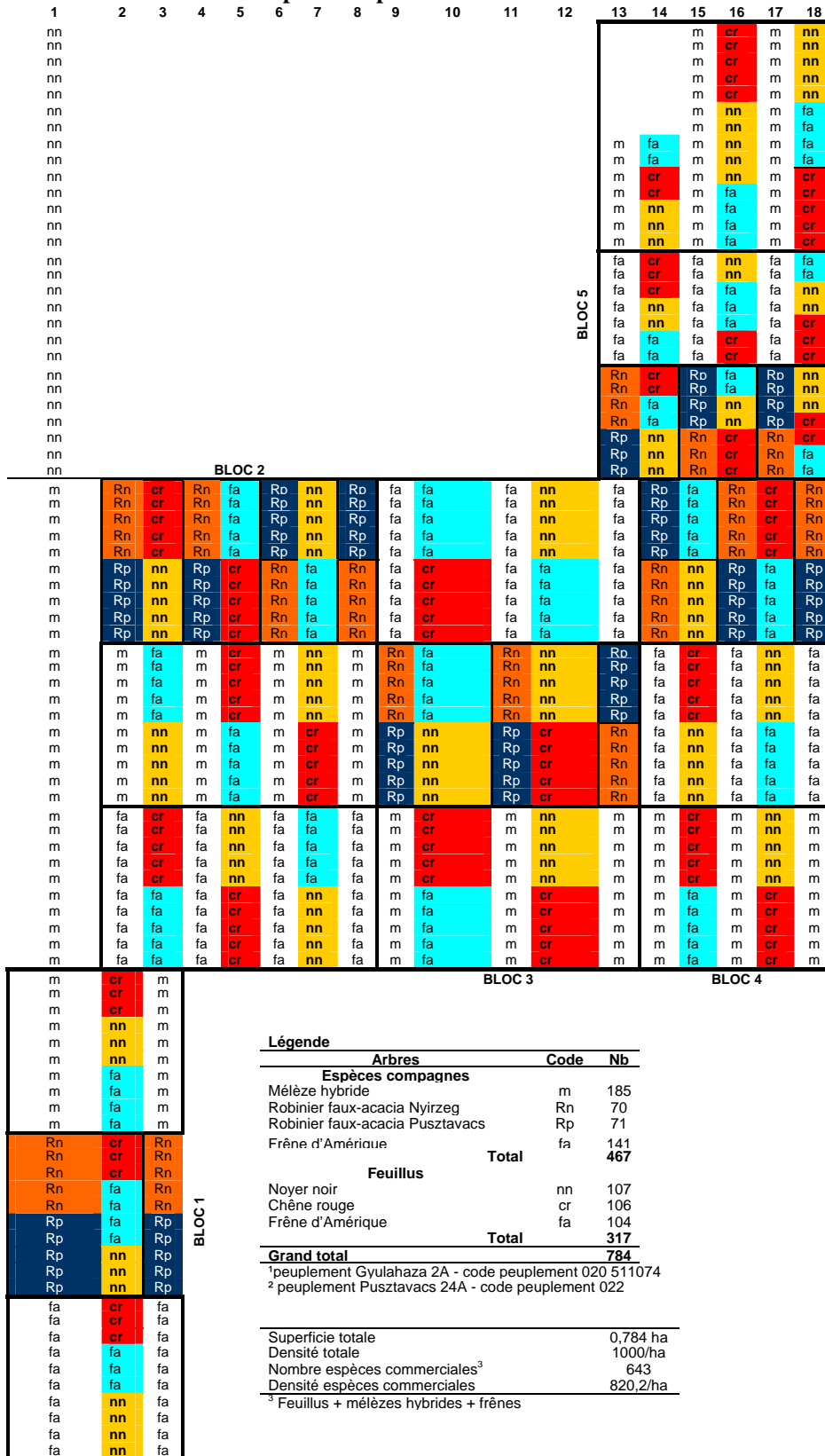
Légende

Code	Arbres	Nb
Espèces compagnes		
m	Mélèze hybride	220
Rn	Robinier faux-acacia Nyirzeg	80
Rp	Robinier faux-acacia Pusztavacs	80
Total		380
Feuillus		
cg	Chêne à gros fruits	100
cr	Chêne rouge	140
ct	Cerisier tardif	120
b	Bouleau blanc	160
Total		520
Grand total		900

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

* Feuillus + mélèzes hybrides

Annexe 3. Dispositif expérimental du site Landrau



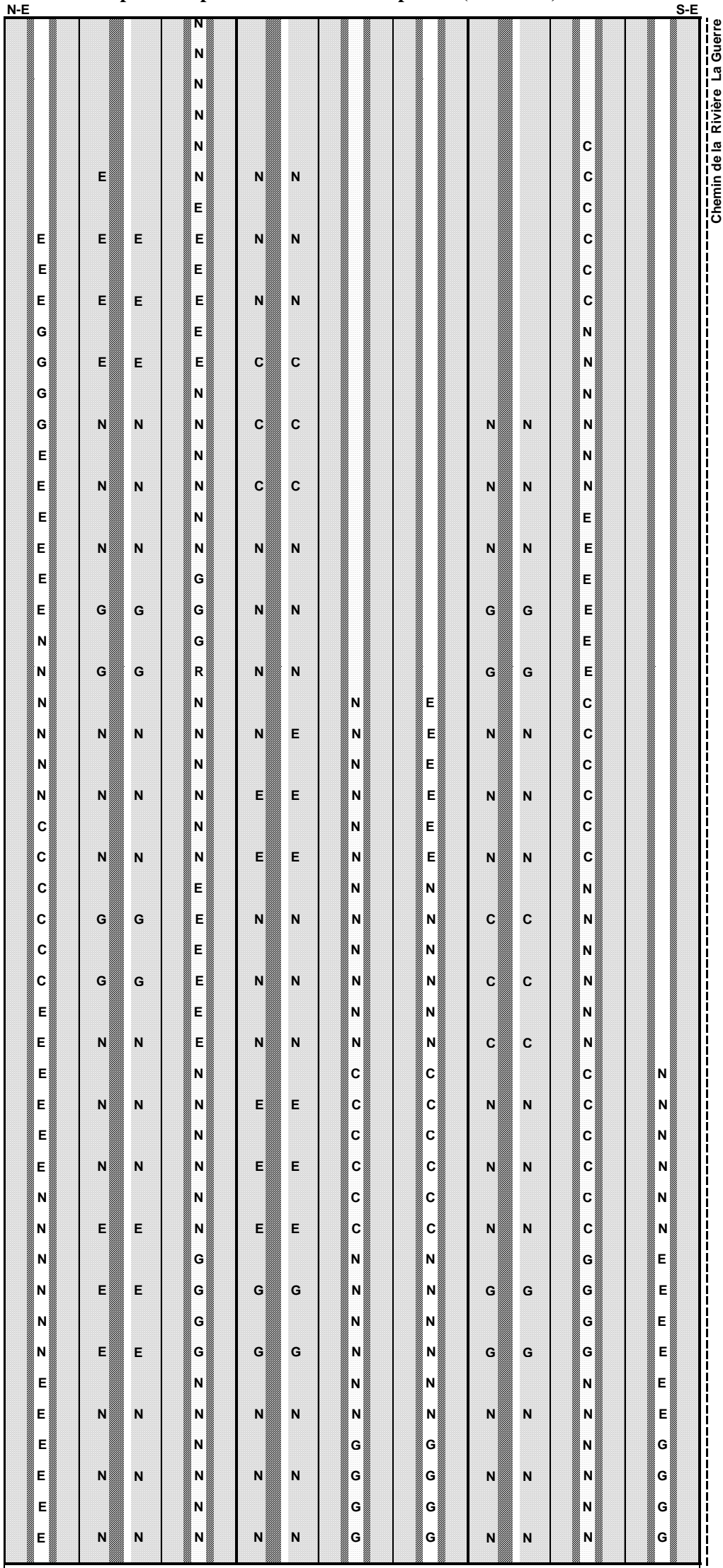
Légende		
Arbres		
	Code	Nb
Espèces compagnes		
Mélèze hybride	m	185
Robinier faux-acacia Nyrzeg	Rn	70
Robinier faux-acacia Pusztavacs	Rp	71
Frêne d'Amérique	fa	141
Total		467
Feuillus		
Noyer noir	nn	107
Chêne rouge	cr	106
Frêne d'Amérique	fa	104
Total		317
Grand total		784

¹peuplement Gyulahaza 2A - code peuplement 020 511074
² peuplement Pusztavacs 24A - code peuplement 022

Superficie totale	0,784 ha
Densité totale	1000/ha
Nombre espèces commerciales ³	643
Densité espèces commerciales	820,2/ha

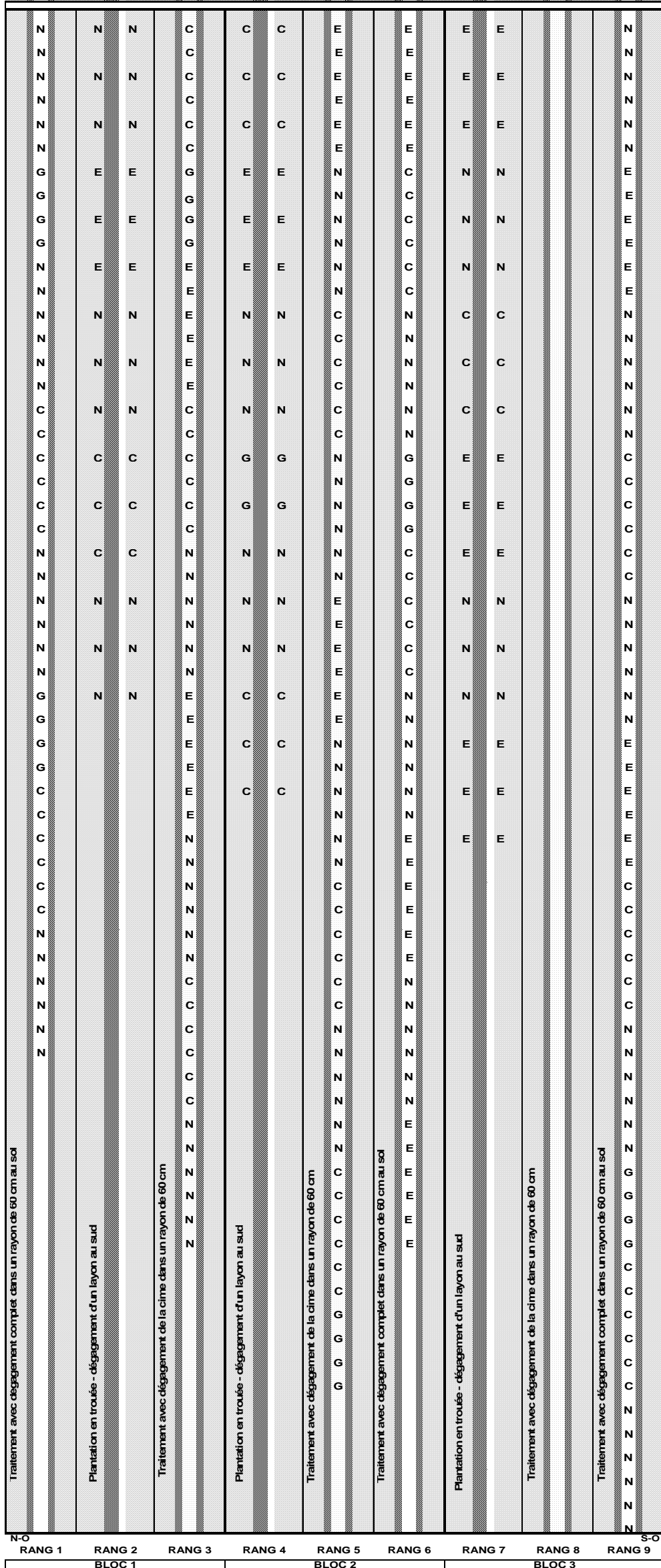
³ Feuillus + mélèzes hybrides + frênes

Annexe 5. Dispositif expérimental du site Trépanier (côté nord)



Légende:
 N : Noyer noir
 E : Érable à sucre
 C : Cerisier tardif
 G : Chêne à gros fruits

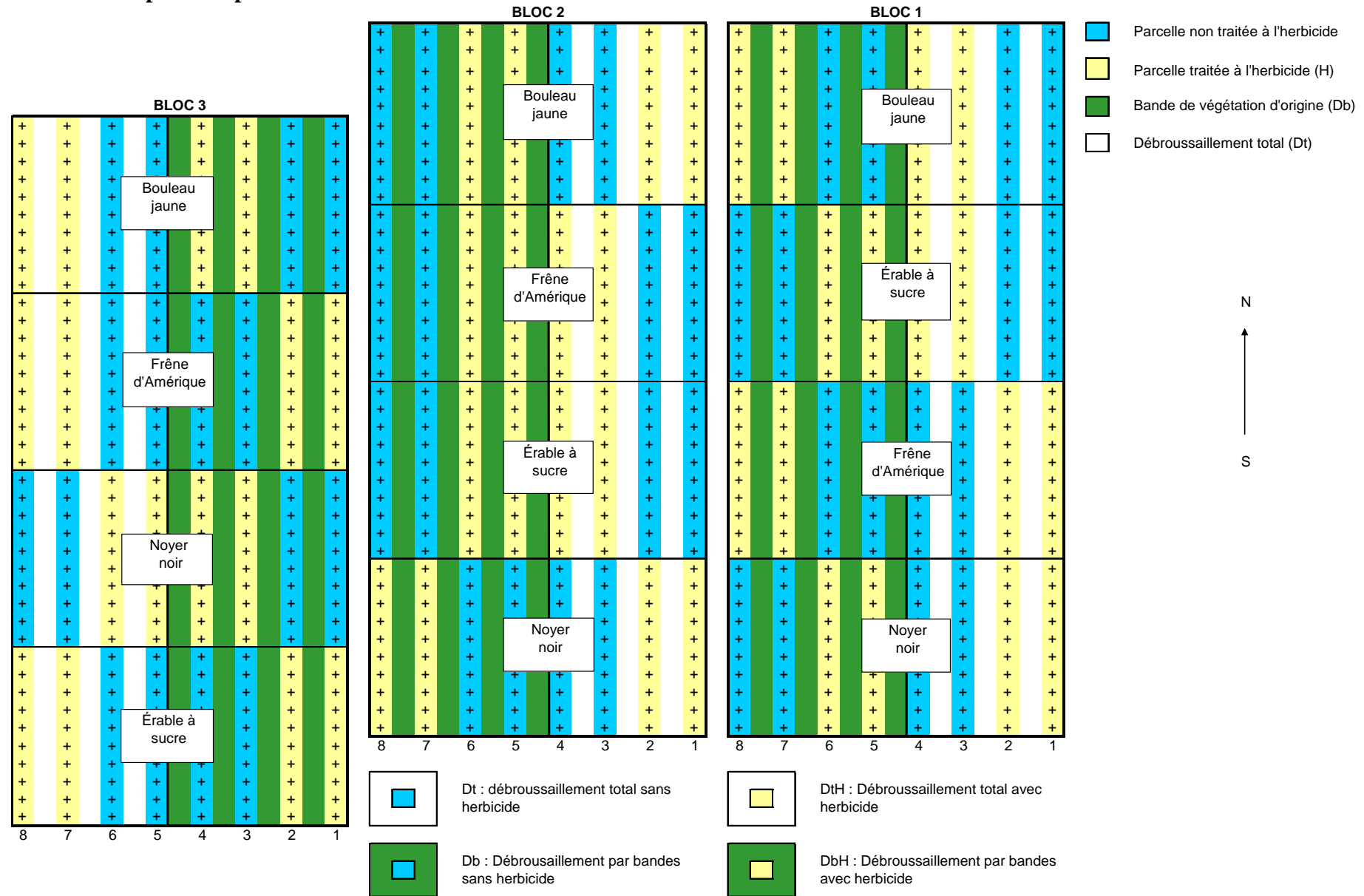
Annexe 5 (suite). Dispositif expérimental du site Trépanier (côté sud)



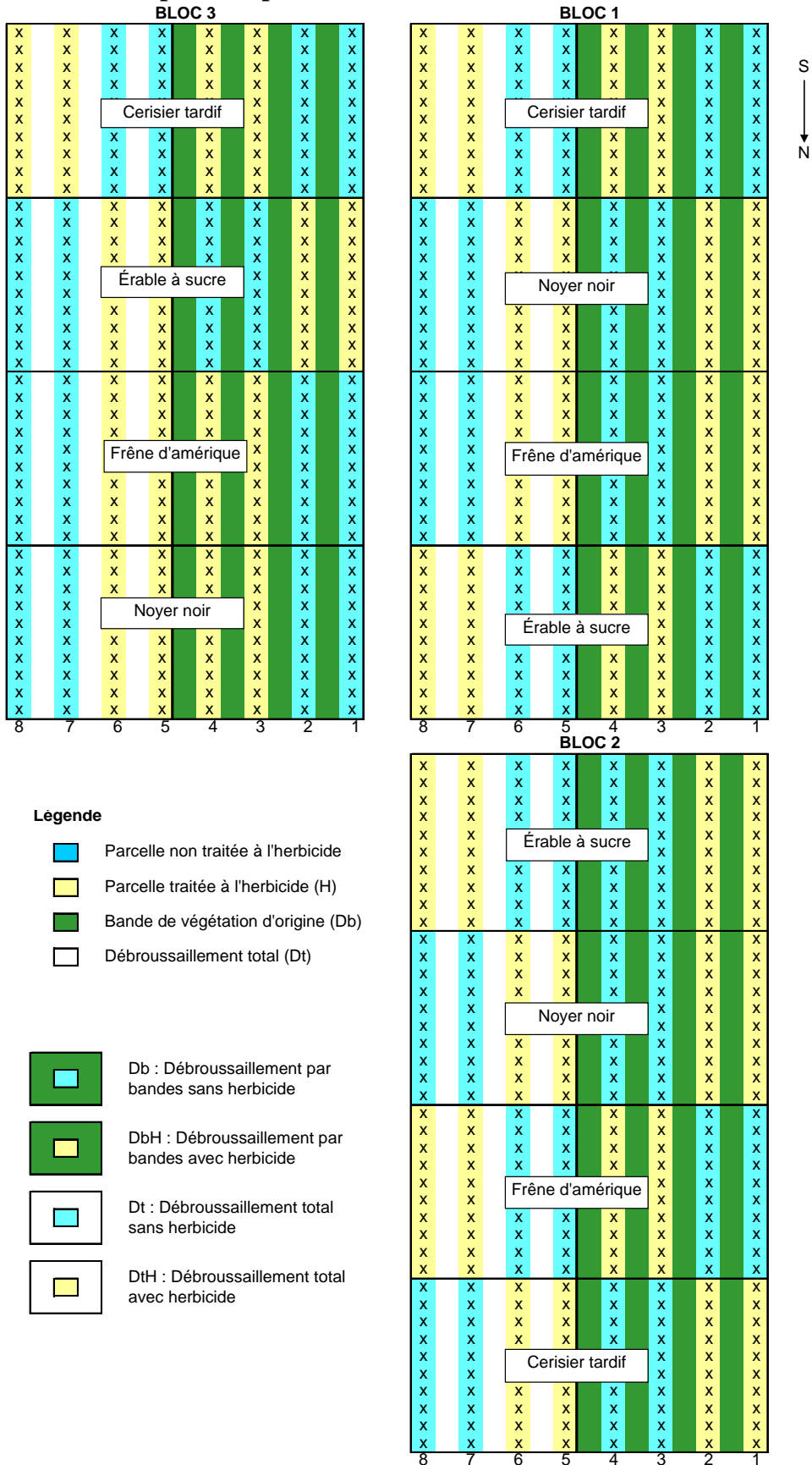
Chemin de la Rivière La Guère

Légende:
 N : Noyer noir
 E : Érable à sucre
 C : Cerisier tardif
 G : Chêne à gros fruits

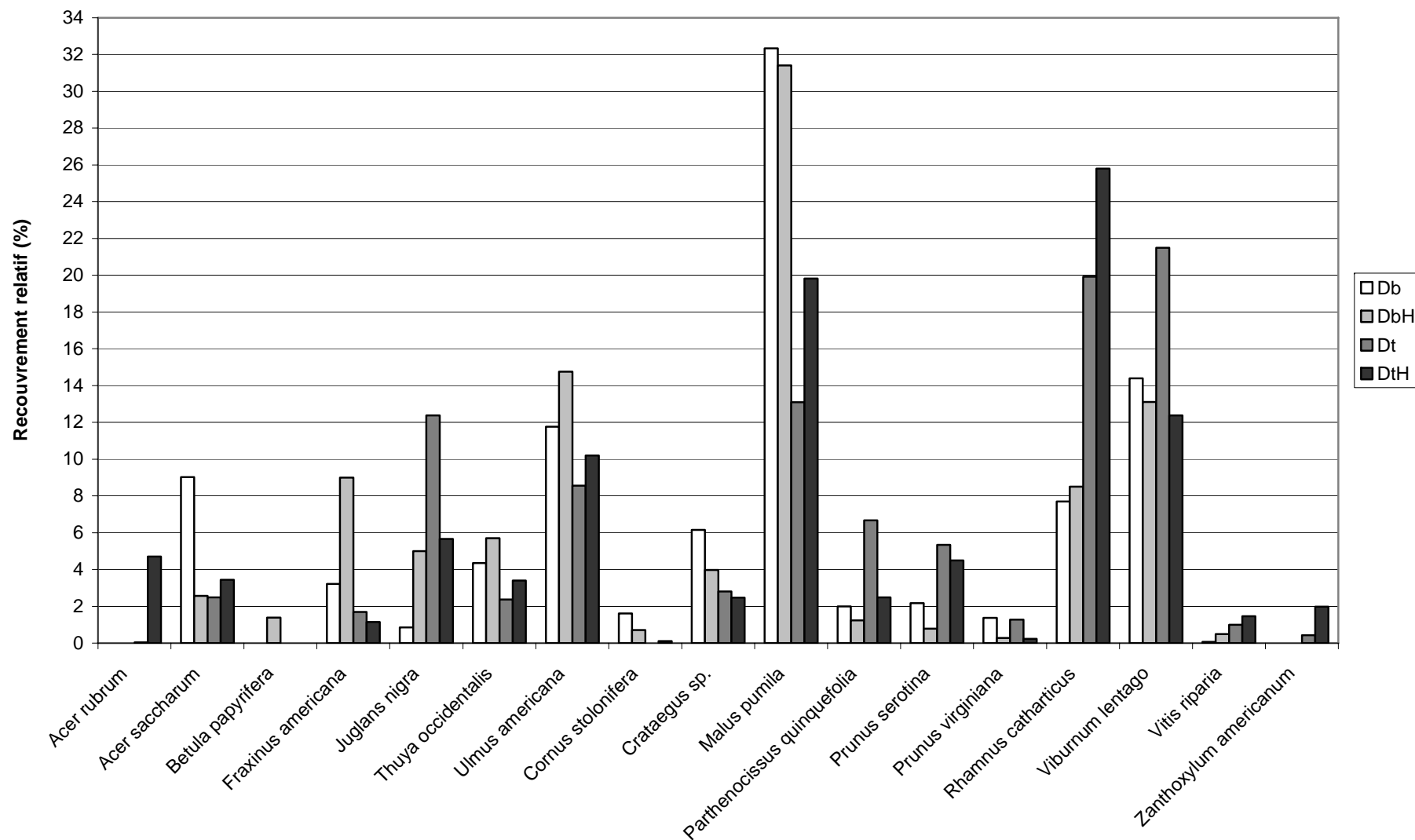
Annexe 6. Dispositif expérimental du site Guillon



Annexe 7. Dispositif expérimental du site Misonne



Annexe 8. Recouvrement relatif de la végétation sur le site Guillon en juillet et août 2008



Annexe 9. Recouvrement relatif de la végétation sur le site Misonne en juillet 2008

