

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

---

Rapport final

## **SUIVI APRÈS 12 ANS DANS UN DISPOSITIF DE COUPE PROGRESSIVE D'ENSEMENCEMENT DU CHÊNE ROUGE SUR LES SOMMETS DE L'AIRE COMMUNE 72-01**

Présenté à :

**La compagnie Commonwealth Plywood**

Charles St-Julien, directeur général, Pro Folia  
Christian Picard, directeur général,  
planification et aménagement forestier

Par :

**CERFO**  
**Centre Collégial de Transfert  
de Technologie en foresterie**

Donald Blouin, ing.f., M.Sc.  
Philippe Bournival, ing.f., M.Sc.  
Guy Lessard, ing.f., M.Sc.

---

**Juillet 2009**



# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>II</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>III</b>
<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>IV</b>
<b>RÉSUMÉ.....</b>	<b>V</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>1. OBJECTIFS DU PROJET.....</b>	<b>2</b>
<b>2. MATÉRIEL ET MÉTHODE.....</b>	<b>3</b>
2.1. PEUPLEMENT ÉTUDIÉ .....	3
2.2. INVENTAIRE RÉALISÉ EN 2008 .....	7
2.3. COMPILATIONS ET ANALYSES STATISTIQUES .....	8
<b>3. RÉSULTATS .....</b>	<b>10</b>
3.1. PORTRAIT DE LA RÉGÉNÉRATION DE L'ENSEMBLE DU DISPOSITIF EN 2008 .....	10
3.2. ÉVOLUTION DE LA RÉGÉNÉRATION DE CHÊNE ROUGE DEPUIS LA COUPE PROGRESSIVE D'ENSEMENCEMENT.....	11
3.3. IMPACT DES TRAITEMENTS SUR LA RÉGÉNÉRATION DU CHÊNE ROUGE .....	14
3.4. ÉVOLUTION DE LA COMPÉTITION DEPUIS LA COUPE PROGRESSIVE D'ENSEMENCEMENT .....	20
3.5. INFLUENCE DE LA COMPOSITION DU COUVERT RÉSIDUEL APRÈS CPE ET DE LA COMBINAISON DES TRAITEMENTS SUR LA RÉGÉNÉRATION .....	21
3.6. HAUTEUR MOYENNE DE LA RÉGÉNÉRATION EN ESPÈCES DÉSIRÉES .....	27
3.7. ÉVALUATION DE LA LIBRE CROISSANCE DES ESPÈCES DÉSIRÉES .....	31
3.8. COMPARAISON ENTRE LES PLANTS EN RÉCIPIENTS ET LES PLANTS À RACINES NUES DE CHÊNE ROUGE .....	39
<b>4. DISCUSSION.....</b>	<b>42</b>
4.1. RÉGÉNÉRATION DU CHÊNE ROUGE .....	42
4.2. HAUTEUR MOYENNE DE LA RÉGÉNÉRATION EN ESPÈCES DÉSIRÉES.....	43
4.3. TRAITEMENT DE CONTRÔLE DE LA VÉGÉTATION COMPÉTITRICE SOUS-COUVERT .....	43
4.4. LIBRE CROISSANCE DES ESPÈCES DÉSIRÉES .....	44
4.5. RÉGÉNÉRATION NATURELLE .....	44
4.6. SUPPLÉMENT À LA RÉGÉNÉRATION NATURELLE .....	45
4.7. COMPARAISON ENTRE LES PLANTS EN RÉCIPIENTS ET LES PLANTS À RACINES NUES.....	46
<b>5. RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>47</b>
5.1. ESSENCE PRINCIPALE OBJECTIF .....	47
5.2. CHOIX DU TRAITEMENT DE CONTRÔLE DE LA VÉGÉTATION COMPÉTITRICE .....	48
5.3. REGARNI DU CHÊNE ROUGE.....	49
5.4. RÉINTRODUCTION DU CHÊNE ROUGE .....	49
5.5. SUIVIS.....	50
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>51</b>
<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>52</b>
<b>ANNEXE 1. CARACTÉRISTIQUES ÉCOPHYSIOLOGIQUES DES PRINCIPALES ESPÈCES         RENCONTRÉES DANS LE DISPOSITIF .....</b>	<b>55</b>
<b>ANNEXE 2. CARACTÉRISTIQUES ÉCOPHYSIOLOGIQUES DU CHÊNE ROUGE.....</b>	<b>56</b>

# LISTE DES FIGURES

---

Figure 1. Localisation du site à l'étude.....	3
Figure 2. Dispositif de coupe progressive d'ensemencement de chêne rouge.....	5
Figure 3. Schéma d'une grappe d'inventaire de douze placettes.....	8
Figure 4. Coefficient de distribution moyen et intervalle de confiance du chêne rouge pour une préparation de terrain moyenne.....	15
Figure 5. Coefficient de distribution moyen et intervalle de confiance du chêne rouge en fonction d'une origine de semis moyenne.....	16
Figure 6. Densité moyenne et intervalle de confiance du chêne rouge en fonction de l'origine des semis.....	17
Figure 7. Densité moyenne et intervalle de confiance du chêne rouge en fonction de la préparation de terrain.....	18
Figure 8. Coefficient de distribution moyen et intervalle de confiance par essence en fonction de la composition du couvert résiduel.....	23
Figure 9. Coefficient de distribution moyen et intervalle de confiance par essence en fonction de la préparation de terrain.....	23
Figure 10. Densité moyenne et intervalle de confiance par essence en fonction de la composition du couvert résiduel.....	25
Figure 11. Densité moyenne et intervalle de confiance par essence en fonction de la préparation de terrain.....	26
Figure 12. Hauteur moyenne de la régénération et intervalle de confiance par essence en fonction de la préparation de terrain.....	29
Figure 13. Hauteur moyenne et intervalle de confiance par essence en fonction de l'origine des semis.....	31
Figure 14. Coefficient de distribution du chêne rouge et ratio libre de croître en fonction de l'origine des semis pour des placettes de 4 m <sup>2</sup> .....	33
Figure 15. Coefficient de distribution du chêne rouge et ratio libre de croître en fonction de la préparation de terrain pour des placettes de 4 m <sup>2</sup> .....	34
Figure 16. Coefficient de distribution du chêne rouge et ratio libre de croître en fonction de l'origine des semis pour des placettes de 24 m <sup>2</sup> .....	36
Figure 17. Coefficient de distribution du chêne rouge et ratio libre de croître en fonction de la préparation de terrain pour des placettes de 24 m <sup>2</sup> .....	37

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1.	Données climatiques moyennes de la région écologique des Collines de la basse Gatineau.....	3
Tableau 2.	Combinaisons de traitements expérimentés.....	6
Tableau 3.	Coefficient de distribution moyen (%) par unité expérimentale des principales espèces rencontrées dans le dispositif en 2008.....	10
Tableau 4.	Densité moyenne (ti/ha) par unité expérimentale des principales espèces rencontrées dans le dispositif.....	11
Tableau 5.	Coefficient de distribution moyen de chêne rouge obtenu dans les inventaires de 1997, 2001 et 2008.....	12
Tableau 6.	Densités moyennes de chêne rouge obtenues dans les inventaires de 1997, 2001 et 2008.....	13
Tableau 7.	Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de coefficient de distribution moyen des semis de chêne rouge.....	14
Tableau 8.	Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de densité moyenne des semis de chêne rouge.....	16
Tableau 9.	Coefficient de distribution, entre 1997, 2001 et 2008 des principales espèces non commerciales recensées en fonction de la préparation de terrain .....	20
Tableau 10.	Densité, entre 1997, 2001 et 2008 des principales espèces non commerciales recensées.....	21
Tableau 11.	Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de coefficient de distribution moyen des essences désirées et non désirées en excluant le chêne rouge .....	22
Tableau 12.	Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de densité moyenne des essences désirées et non désirées en excluant le chêne rouge .....	24
Tableau 13.	Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de hauteur moyenne des semis.....	27
Tableau 14.	Effet de la préparation de terrain sur la hauteur moyenne des essences en régénération .....	28
Tableau 15.	Effet de l'origine des semis sur la hauteur moyenne des essences en régénération.....	30
Tableau 16.	Libre croissance de la régénération des espèces désirées en fonction de l'origine des semis pour des placettes de 4 m <sup>2</sup> .....	32
Tableau 17.	Libre croissance de la régénération des espèces désirées en fonction de la préparation de terrain pour des placettes de 4 m <sup>2</sup> .....	33
Tableau 18.	Libre croissance de la régénération des espèces désirées en fonction de l'origine des semis pour des placettes de 24 m <sup>2</sup> .....	35
Tableau 19.	Libre croissance de la régénération des espèces désirées en fonction de la préparation de terrain pour des placettes de 24 m <sup>2</sup> .....	36
Tableau 20.	Coefficient de distribution moyen et densité moyenne (ti/ha) en fonction du traitement de préparation de terrain et selon le type de plants reboisés .....	39
Tableau 21.	Coefficient de distribution moyen de chênes rouges entre 1997, 2001 et 2008 selon le type de plants reboisés du secteur ERS .....	40
Tableau 22.	Densité moyenne de chêne rouge entre 1997, 2001 et 2008 selon le type de plants reboisés du secteur ERS.....	40

## **REMERCIEMENTS**

---

Le Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERFO) tient à remercier le ministère des Ressources naturelles et de la Faune dans le cadre du Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier (volet 1) pour son soutien financier. Il en est de même pour la participation de la compagnie Commonwealth Plywood, plus particulièrement M. Charles St-Julien, sans laquelle le projet n'aurait pas été possible. Finalement, nos remerciements vont au groupe OptiVert pour sa contribution technique au niveau de l'inventaire forestier.

## RÉSUMÉ

---

Un dispositif de recherche de coupe progressive d'ensemencement du chêne rouge, établi en 1996 dans une érablière à feuillus tolérants dégradée de faible vigueur régénérée en hêtre, érable de Pennsylvanie et en érable à sucre (ErFt B1 Vin) du domaine bioclimatique de l'érablière à tilleul, a été remesuré en 2001 et en 2008. Ce dispositif comporte onze unités expérimentales dans lesquelles les effets de la coupe progressive d'ensemencement sur la régénération en chêne rouge, bouleaux, cerisier tardif et érable à sucre ont été étudiés en tenant compte de quatre niveaux de traitements de préparation de terrain et de cinq origines de semis.

Entre 2001 et 2008, les résultats ont démontré que des baisses importantes du coefficient de distribution et de la densité en chêne rouge ont été recensées dans tous les traitements de préparation de terrain et toutes les origines de semis. La compétition intra et interspécifique est sans nul doute responsable des diminutions observées. La densité de compétiteurs non commerciaux a baissé, mais pas nécessairement leur distribution, ce qui signifie que les espèces de compétition sont encore très présentes sur le site. Le hêtre à grandes feuilles et l'érable de Pennsylvanie sont les deux espèces de compétition les plus présentes dans le dispositif. La présence de semenciers est un élément qui influence la distribution des espèces comme le chêne rouge, l'érable à sucre et l'érable rouge. Cependant, ceci ne s'applique pas aux autres espèces. La plantation combinée à la présence de semenciers comporte des densités et distributions supérieures aux autres méthodes de régénération et est certainement la meilleure méthode pour régénérer le chêne rouge.

Les traitements de préparation de terrain ont influencé la distribution moyenne et la densité de l'érable rouge, mais ils n'ont pas eu d'impacts significatifs sur les autres espèces. Ceci signifie qu'ils ne sont pas utiles pour contrer la présence des espèces non désirées. De plus, ils n'ont pas influencé la libre croissance des espèces désirées comme le bouleau jaune, le cerisier tardif et le chêne rouge. Cependant, ils ont eu un impact sur la hauteur moyenne. Finalement, le type de plants semés et le traitement de préparation de terrain n'ont pas influencé la libre croissance des semis. Il a été observé que les plants en récipients présentent une meilleure distribution sous couvert que les plants à racine nues. Cependant, cette tendance est difficile à valider puisque l'origine des semis (naturels ou plantés) sous couvert n'a pu être prise en compte dans l'inventaire.

Étant donné la diminution importante de la distribution et de la densité du chêne rouge et de la proportion de ces tiges présentement libres de croître, un dégagement aurait dû être pratiqué peu de temps après la coupe finale et permettre aux essences désirées de profiter d'une mise en lumière complète.

## INTRODUCTION

---

Dans l'aire commune 72-01 (Outaouais), plusieurs peuplements forestiers soulèvent des interrogations quant à la méthode officielle de les traiter. Ceux-ci n'ont ni la structure ni une répartition de vigueur adéquates parmi les tiges désirées pour être considérés jardinables à la première intervention selon les quatre critères de Majcen et al. (1990). Le martelage actuel élimine les espèces arborescentes désirées (CHR et CET) et entraîne très peu de régénération de ces espèces tout en accélérant l'hêtrification.

La conservation de la biodiversité des espèces intermédiaires est de plus en plus préoccupante. La régénération du chêne rouge est problématique sur les sites mésiques puisqu'elle subit souvent des niveaux de compétition élevés, ce qui limite souvent la croissance et la survie des semis. Pourtant, d'anciens rapports de coupe révèlent une proportion plus grande de chêne rouge et de pin blanc que celle qu'on retrouve actuellement.

Plusieurs auteurs confirment que la coupe progressive serait l'une des meilleures méthodes pour régénérer une essence intermédiaire comme le chêne rouge ou le bouleau jaune. Pour confirmer cette hypothèse, en 1996, un dispositif expérimental a été élaboré afin de vérifier l'effet d'une coupe progressive d'ensemencement dans une érablière à hêtre dégradée de faible vigueur située sur un sol mince.

Le projet consistait à comparer l'impact de différents traitements sylvicoles pour favoriser la régénération en chêne rouge en présence de quelques semenciers sur pied. Un dispositif expérimental comportant 11 unités expérimentales a été établi en 1996 dans une érablière à hêtre dégradée de faible vigueur située sur un sol mince. Ce dispositif a fait l'objet d'une coupe finale en 2001 et d'un suivi en 2001 et en 2008 afin de quantifier les impacts des différents traitements sylvicoles qui ont été utilisés pour favoriser la régénération en chêne rouge.

Cette étude présente les résultats du suivi réalisé en 2008, soit 12 ans après la coupe progressive d'ensemencement et 7 ans après la coupe finale. Les impacts de la compétition sur les espèces désirées, du mode de régénération et de la préparation de terrain utilisée seront mis en lumière.



# 1. OBJECTIFS DU PROJET

---

Ce projet se veut une suite logique des activités réalisées jusqu'à présent. Le suivi de ces travaux permettra de qualifier et de quantifier les effets réels des traitements dans les conditions de travail étudiées. Plus spécifiquement, les objectifs visés par le projet sont :

- 1) Évaluer le développement de la régénération en essences désirées;
- 2) Évaluer le développement de la compétition;
- 3) Déterminer l'effet des traitements sylvicoles sur le développement de la régénération installée;
- 4) Déterminer la prochaine intervention et le moment optimal pour la réaliser.

De façon plus précise, le présent rapport vise à répondre aux hypothèses suivantes :

- 1) La quantité et la distribution de la régénération en chênes rouges se sont maintenues depuis le dernier inventaire.
- 2) La présence de semenciers combinée à la plantation et à la préparation de terrain est la combinaison de traitements offrant les meilleures conditions de développement de la régénération en essences désirées.
- 3) La quantité et la distribution de la régénération en espèces non commerciales se sont maintenues depuis le dernier inventaire.
- 4) Les traitements sylvicoles ont influencé le coefficient de distribution et la densité des espèces désirées.
- 5) Les chênes rouges et les espèces désirées sont libres de croître.
- 6) En l'absence de semenciers et de débroussaillage, le coefficient de distribution du chêne rouge est meilleur chez les plants en récipients que chez les plants à racines nues.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 2.1. PEUPLEMENT ÉTUDIÉ

Le secteur à l'étude est situé dans le domaine de l'érablière à tilleul (figure 1) et dans la région écologique des Collines de la basse Gatineau 2a (Robitaille et Saucier, 1998). Les données climatiques moyennes de ce secteur sont présentées au tableau 1. La saison de croissance associée à cette région présente une durée variant entre 180 et 190 jours et les précipitations annuelles moyennes varient entre 900 et 1000 mm.

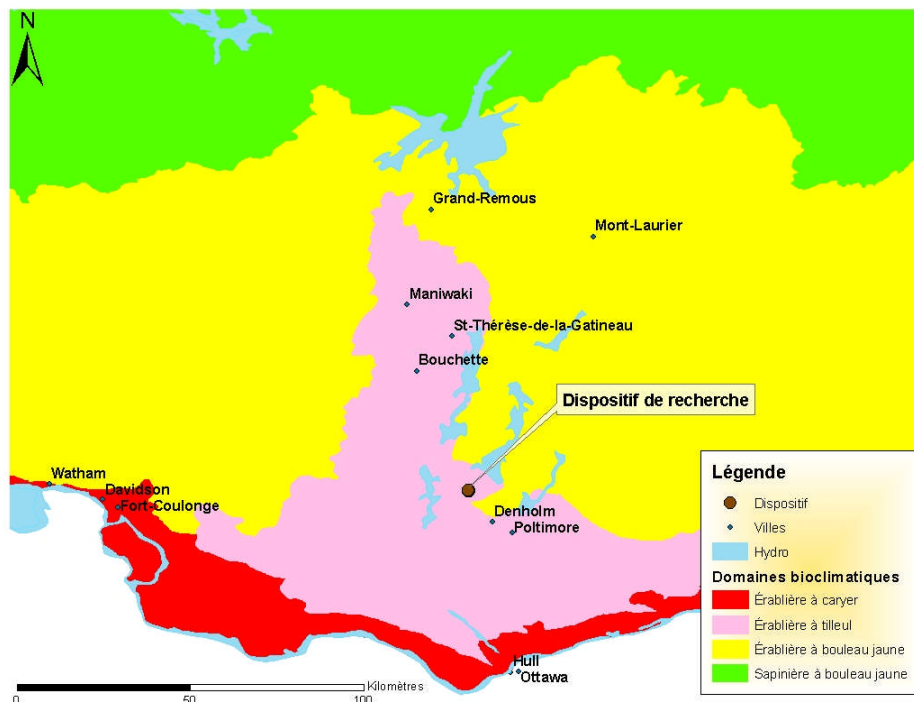


Figure 1. Localisation du site à l'étude

Tableau 1. Données climatiques moyennes de la région écologique des Collines de la basse Gatineau

Région écologique		Température annuelle moyenne	Degrés-jours de croissance	Longueur de la saison de croissance	Précipitations annuelles moyennes
Nom	No	(°C)	(°C)	(jours)	(mm)
Collines de la basse Gatineau	2a	2,5 à 5,0	de 2800 à 3200	de 180 à 190	de 900 à 1000

Le peuplement à l'étude est une érablière à feuillus tolérants dégradée de faible vigueur située sur un sommet à till mince et sec. Avant la coupe progressive d'ensemencement, quelques semenciers en essences désirées (CHR, BOJ, CET) étaient présents dans le dispositif. Les gaulis étaient alors composés principalement de hêtre à grandes feuilles, d'érable de Pennsylvanie et d'érable à sucre d'une hauteur variant entre 1 et 5 m. Aucune régénération en chêne rouge, en bouleau jaune et en cerisier tardif n'avait été observée parmi la régénération préétablie.

Le dispositif couvre une superficie de 2,1 hectares. Au total, dix unités expérimentales de 40 X 50 m et une unité expérimentale de 40 X 25 m ont été délimitées et identifiées sur le terrain (figure 2). Le maximum d'homogénéité des sites a été recherché afin de limiter les erreurs dues à la variabilité des paramètres écologiques. Un rapport faisant état des travaux initiaux de ce projet a été publié en 1999 (Blouin *et al.*, 1999) et est disponible, sur demande, auprès du promoteur.

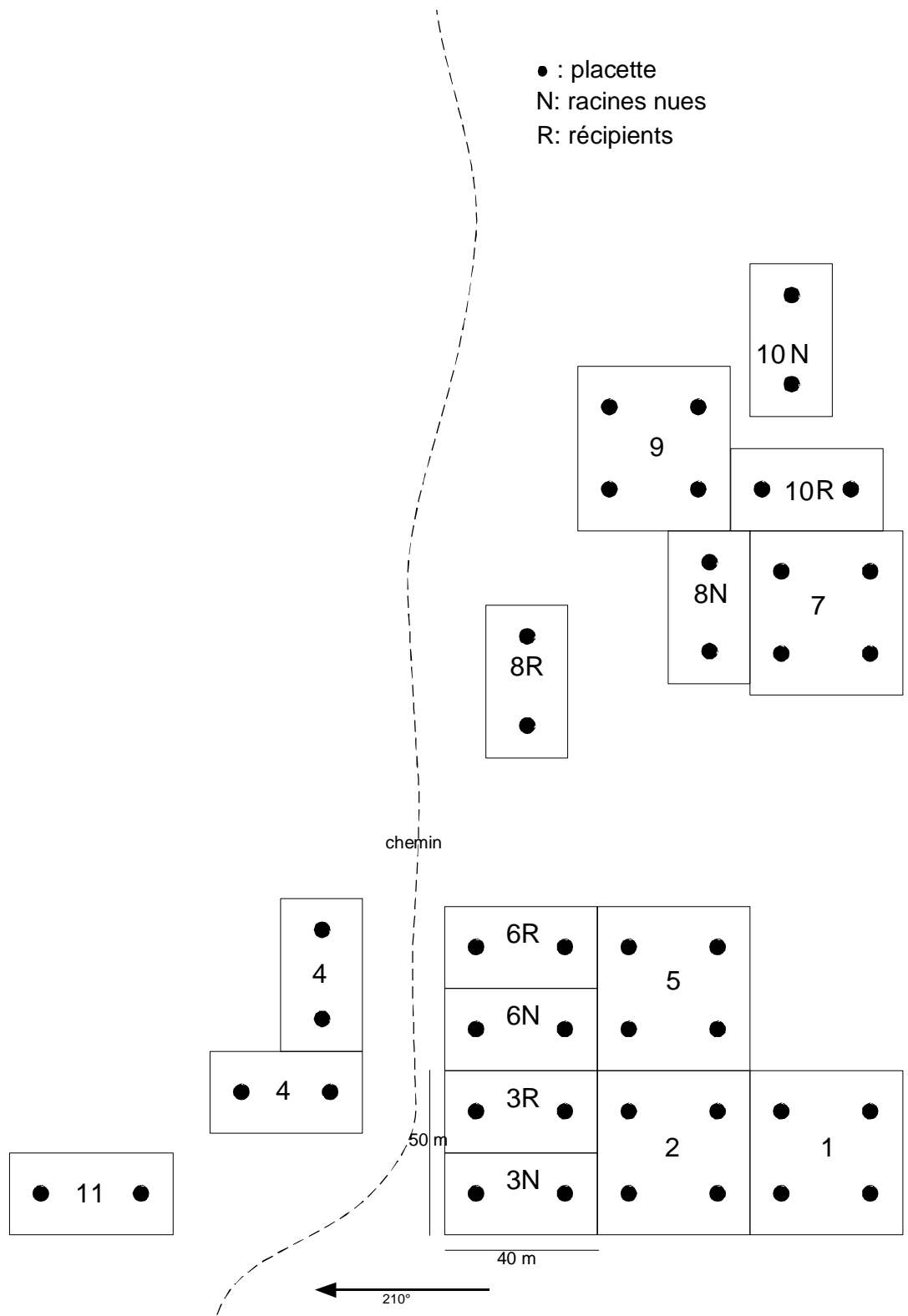


Figure 2. Dispositif de coupe progressive d'ensemencement de chêne rouge

Le dispositif de recherche mis sur pied en 1996 visait à tester l'effet de deux traitements : le premier, l'origine des semis, comporte cinq niveaux, tandis que le deuxième, la préparation de terrain, en comporte quatre. En raison de contraintes techniques, il a été impossible de réaliser un plan complet comportant 20 combinaisons de traitements. Aussi, seulement onze de celles-ci ont été retenues à l'origine. Le tableau 2 illustre quelle combinaison de traitements a été appliquée par unité expérimentale.

**Tableau 2. Combinaisons de traitements expérimentés**

Origine des semis		Préparation de terrain		Unité expérimentale
Traitement	Nom abrégé	Traitement	Nom abrégé	
Présence de semenciers (Secteur chêne rouge)	Naturelle +	Débardage, débroussaillage et scarifiage	DDS	1
		Débardage et débroussaillage	DD	4
		Abattage seulement (sans circulation de la machinerie)	A	11
Ensemencement + Présence de semenciers (Secteur chêne rouge)	Ensem +	Débardage, débroussaillage et scarifiage	DDS	2
		Débardage et débroussaillage	DD	5
Plantation + Présence de semenciers (Secteur chêne rouge)	Plant +	Débardage, débroussaillage et scarifiage	DDS	3
		Débardage et Débroussaillage	DD	6
Ensemencement (Secteur érable à sucre)	Ensem	Débardage et débroussaillage	DD	9
		Débardage	D	7
Plantation (Secteur érable à sucre)	Plant	Débardage et débroussaillage	DD	10
		Débardage	D	8

Afin d'isoler le biais qui serait probablement issu des conditions de croissance qui diffèrent entre les unités expérimentales, il a été choisi de tenir compte de cet aspect lors de l'évaluation des résultats et de considérer les unités expérimentales 7, 8, 9 et 10 comme des stations mésiques à érable à sucre (ERS) en raison de leur situation topographique (pente, épaisseur du dépôt), et les unités expérimentales 1 à 6 de même que l'unité expérimentale 11 comme des stations xériques à chêne rouge (CHR).

Comme ce facteur se reflète dans la présence ou non de semenciers sur le parterre (semenciers uniquement présents dans les unités expérimentales classées xériques), il est malheureusement impossible d'isoler certains aspects comme l'influence du site mésique sur la régénération naturelle venant des semenciers. Pour plus de détails sur les conditions initiales entourant

l'implantation du dispositif, un rapport d'implantation et de suivi après 5 ans est disponible sur demande au CERFO (Blouin *et al.*, 1999, 2003). Sinon, il est possible de consulter la section 4.3 du présent rapport pour avoir le portrait de la régénération au moment de la coupe progressive d'ensemencement (1996) et au moment de la coupe finale (2001).

## 2.2. INVENTAIRE RÉALISÉ EN 2008

La coupe finale du dispositif a été réalisée au cours de l'hiver 2001, cinq ans après la coupe progressive d'ensemencement. Au cours de cette opération, toutes les tiges commerciales ont été récoltées selon les procédés de récolte usuels (coupe et ébranchage manuels et débardage par débusqueuse)<sup>1</sup>. Cette coupe réalisée en hiver en présence d'une couche de neige importante a permis de bien protéger la régénération établie. La récolte en surface terrière variait de 8 à 22 m<sup>2</sup>/ha selon les placettes d'inventaire.

Au moment de l'implantation du dispositif en 1996, plus de 650 placettes de 1,13 mètre ont été identifiées et localisées afin d'assurer un suivi efficace du développement de la régénération. Un remesurage de ces placettes a été réalisé au cours de l'été 2001. Cependant, l'inventaire de 2008 n'a pas pu être réalisé exactement aux mêmes endroits qu'en 2001 et 1996 pour des contraintes techniques de terrain. La densité élevée de gaules et l'absence de semenciers comme point de repère ont rendu difficile le repérage des placettes de régénération. L'inventaire de 2008 a néanmoins été réalisé selon le même protocole qu'en 2001 à raison de quatre grappes de douze placettes par unité expérimentale pas nécessairement située à l'endroit exact des inventaires précédents, ce qui n'invalide en rien la qualité de l'information obtenue.

L'inventaire a consisté en une lecture de présence/absence des essences ligneuses présentes dans toutes les placettes et d'un dénombrement dans une placette sur trois. Dans les deux cas, une distinction a été faite au niveau de la classe de diamètre. De plus, dans chaque placette, la hauteur de la tige d'avenir dominante (au décimètre près), la condition de cette tige (broutée ou non) de

---

<sup>1</sup> Pour des raisons techniques, il a été impossible de réaliser la coupe par abattage directionnel et avec sentiers espacés.

même que le niveau de compétition (libre de croître<sup>2</sup> ou non) ont été notés. La figure 3 présente le schéma d'une grappe d'inventaire.

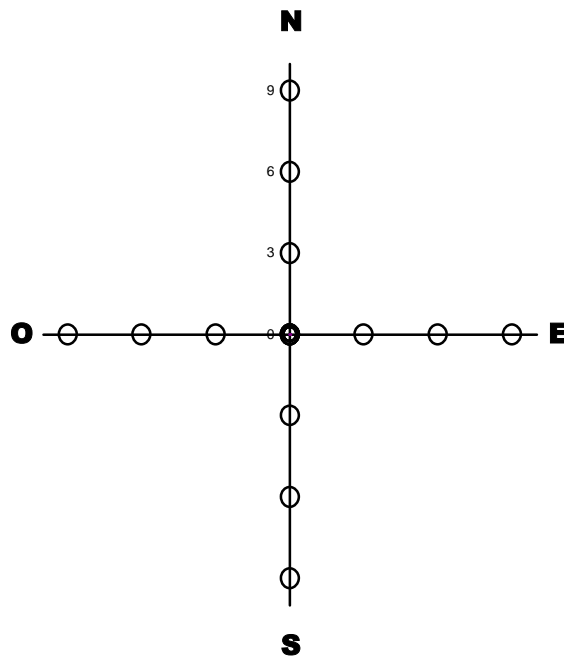


Figure 3. Schéma d'une grappe d'inventaire de douze placettes

### 2.3. COMPILATIONS ET ANALYSES STATISTIQUES

Les données d'inventaire ont été compilées de façon à calculer les densités de semis à l'hectare et la distribution des espèces dans chaque unité expérimentale. Pour l'inventaire de 2008, la placette du centre a été abolie pour constituer une grappe de douze placettes.

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SAS version 9.1 (SAS Institute, 2009) à l'aide de la procédure MIXED afin de tenir compte des effets liés à l'échantillonnage pour les placettes et les arbres provenant d'un même site. Les effets des unités expérimentales et des placettes ont été intégrés dans les effets aléatoires et dans l'estimation du coefficient de détermination ( $R^2$ ). Pour chacun des modèles développés, le choix du meilleur modèle s'est

<sup>2</sup> La notion libre de croître réfère ici au fait que le tiers supérieur de la cime soit libre de compétition.

effectué sur la base de la valeur la plus basse du critère d'information de Akaike (AIC) et seules les variables et les interactions significatives au seuil  $\alpha = 5 \%$  ont été retenues.

La différence des moindres carrés « LSD » a été utilisée pour déterminer s'il y avait des différences significatives entre les différents traitements de préparation de terrain utilisés et l'origine des semis.



### 3. RÉSULTATS

#### 3.1. PORTRAIT DE LA RÉGÉNÉRATION DE L'ENSEMBLE DU DISPOSITIF EN 2008

Le tableau 3 présente les coefficients de distribution moyens des principales essences rencontrées dans le dispositif douze ans après la coupe progressive d'ensemencement et sept ans après la coupe finale. La régénération en essences commerciales retrouvées dans le dispositif se compose principalement de hêtre, d'érable rouge et d'érable à sucre. Le hêtre est l'essence la plus représentée de toutes les espèces avec un coefficient de distribution moyen de 92%. Le chêne rouge, le bouleau jaune et le cerisier tardif sont également présents, mais dans une proportion moyenne variant de 12 à 19 %. L'érable à sucre est la plus représentée des essences désirées avec un coefficient de distribution moyen de 39 %.

Parmi les espèces non commerciales, l'érable de Pennsylvanie présente des potentiels de compétition importants. Il est présent sur l'ensemble du dispositif et a un coefficient de distribution moyen de 78 %. Seule l'unité expérimentale 9 présente un coefficient de distribution plus faible (35 %). Les autres essences non commerciales ont été représentées sous les lettres « FNC » et elles occupent seulement 20 % de la superficie du territoire à l'étude.

**Tableau 3. Coefficient de distribution moyen (%) par unité expérimentale des principales espèces rencontrées dans le dispositif en 2008**

Essence	Unité expérimentale											Moy
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
BOU	19 %	32 %	46 %	29 %	13 %	15 %	4 %	0 %	6 %	8 %	8 %	16 %
CET	2 %	2 %	0 %	31 %	4 %	15 %	2 %	21 %	27 %	2 %	25 %	12 %
CHR	4 %	23 %	46 %	19 %	21 %	38 %	4 %	10 %	10 %	19 %	13 %	19 %
ERS	48 %	31 %	27 %	15 %	33 %	13 %	40 %	52 %	96 %	54 %	25 %	39 %
PET	2 %	0 %	6 %	0 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %
SAB	0 %	2 %	2 %	2 %	6 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %
HEG	92 %	94 %	98 %	85 %	98 %	92 %	98 %	92 %	71 %	98 %	96 %	92 %
ERP	85 %	88 %	67 %	69 %	90 %	81 %	94 %	90 %	35 %	81 %	79 %	78 %
ERR	19 %	35 %	63 %	52 %	79 %	77 %	50 %	27 %	6 %	8 %	58 %	43 %
FNC	17 %	6 %	25 %	33 %	15 %	29 %	31 %	15 %	8 %	17 %	29 %	20 %

Le tableau 4 met en lumière la densité moyenne des principales essences rencontrées dans le dispositif. Il indique que le hêtre est de loin l'espèce la plus représentée avec une densité moyenne de 26 500 tiges à l'hectare. Il est suivi de l'érable rouge et de l'érable à sucre. Les bouleaux, le cerisier tardif et le chêne rouge ont des densités moyennes semblables, mais plus faibles que celles des érables ou du hêtre. Les espèces non commerciales sont surtout représentées par l'érable de Pennsylvanie.

**Tableau 4. Densité moyenne (ti/ha) par unité expérimentale des principales espèces rencontrées dans le dispositif**

Essence	Unité expérimentale											Moy
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
BOU	467	623	4 830	935	156	1 402	0	0	467	467	1 870	<b>1 020</b>
CET	0	156	0	2 337	0	779	0	623	3 116	0	935	<b>722</b>
CHR	156	779	1 870	1 091	623	1 558	156	312	467	156	312	<b>680</b>
ERS	4 207	1 714	1 091	935	2 181	312	2 025	4 051	22 747	15 113	623	<b>5 000</b>
PET	156	0	312	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>43</b>
SAB	156	0	0	0	156	0	0	0	0	0	0	<b>28</b>
HEG	24 617	24 773	41 599	18 229	53 596	26 797	20 877	21 345	9 660	17 294	32 718	<b>26 500</b>
ERP	13 088	13 399	2 026	4 518	11 374	7 635	9 972	12 464	3 584	11 062	3 116	<b>8 385</b>
ERR	467	2 805	6 856	8 102	9 504	14 334	4 986	3 272	0	156	4 674	<b>5 014</b>
FNC	311	156	935	4 986	623	1 714	1 558	935	623	1 091	3 428	<b>1 487</b>

### 3.2. ÉVOLUTION DE LA RÉGÉNÉRATION DE CHÊNE ROUGE DEPUIS LA COUPE PROGRESSIVE D'ENSEMENCEMENT

Le tableau 5 présente les coefficients de distribution moyens du chêne rouge depuis la coupe progressive d'ensemencement. La variation représente la différence entre l'inventaire de 2001 et 2008. Les coefficients de distribution en chêne rouge retrouvés dans le dispositif en 2008 varient entre 4 et 46 %. Les coefficients de distribution les plus élevés ont été recensés dans les unités expérimentales 3 et 6. Ces unités expérimentales font partie de la plantation bonifiée par l'apport de semenciers (plantation +). Les coefficients de distribution les plus bas ont été recensés dans l'ensemencement sans présence de semenciers. L'ensemencement combiné à la présence de semenciers (ensemencement +) est bon deuxième pour les meilleurs coefficients de distribution. Cependant, des baisses importantes y ont été enregistrées, ce qui induit qu'une perte importante de tiges d'avenir est à prévoir si une intervention de dégagement n'est pas planifiée rapidement après la coupe finale.

La distribution des semis de chênes a diminué dans toutes les unités expérimentales à l'exception de l'unité expérimentale 1. Des baisses supérieures à 30 % ont été enregistrées dans les unités expérimentales 2, 4, et 11. Des baisses importantes ont également été enregistrées dans les unités expérimentales 8 et 10. Elles faisaient partie de la plantation sans présence de semenciers. Les baisses les moins importantes ont été enregistrées dans les unités expérimentales 3, 7 et 9. Aucun lien ne semble effectif entre celles-ci et la préparation de terrain puisque ces unités expérimentales font respectivement partie des traitements DDS, D et DD. Les coefficients de distribution les plus bas ont été retrouvés dans les unités expérimentales 1 et 7 (4 %).

**Tableau 5. Coefficient de distribution moyen de chêne rouge obtenu dans les inventaires de 1997, 2001 et 2008**

Origine des semis	Préparation de terrain	UE	Coefficient de distribution			
			1997	2001	2008	Variation entre 2008 et 2001
Naturelle +	DDS	1	2 %	1 %	4 %	3 %
	DD	4	35 %	53 %	19 %	-34 %
	A	11	65 %	58 %	13 %	-45 %
Ensemencement	DD	9	36 %	17 %	10 %	-7 %
	D	7	26 %	18 %	4 %	-14 %
Plantation	DD	10	62 %	46 %	19 %	-27 %
	D	8	31 %	37 %	10 %	-27 %
Ensemencement +	DDS	2	56 %	54 %	23 %	-31 %
	DD	5	50 %	46 %	21 %	-25 %
Plantation +	DDS	3	70 %	48 %	46 %	-2 %
	DD	6	72 %	68 %	38 %	-30 %

Le tableau 6 présente les densités moyennes de chêne rouge obtenues dans les inventaires de 1997, 2001 et 2008. Les densités moyennes les plus élevées ont été retrouvées dans la plantation combinée à la présence de semenciers (plantation +) et dans l'ensemencement combiné à la présence de semenciers (ensemencement +). Les densités les moins élevées ont recensées dans la plantation et dans l'ensemencement sans présence de semenciers.

Des baisses importantes ont été enregistrées dans les unités expérimentales 4 et 6, mais les densités retrouvées sont encore au-delà de 1 000 tiges à l'hectare. L'unité expérimentale 11 a vu son nombre de tiges diminuer drastiquement d'un inventaire à l'autre où des baisses de 2 100 tiges ont été enregistrées entre 1997 et 2001 et entre 2001 et 2008. À ce stade-ci, le dispositif présente des chênes rouges dans toutes les combinaisons de traitements. Cependant, les unités expérimentales 1, 7 et 10 présentent des densités plus faibles que les autres où moins de 200 tiges à l'hectare ont été recensées.

**Tableau 6. Densités moyennes de chêne rouge obtenues dans les inventaires de 1997, 2001 et 2008**

Origine des semis	Préparation de terrain	UE	Densité (ti/ha)			
			1997	2001	2008	Variation entre 2008 et 2001
Naturelle +	DDS	1	77	0	156	156
	DD	4	1 756	4 311	1 091	-3 220
	A	11	4 583	2 500	312	-2 188
Ensemencement	DD	9	985	148	467	319
	D	7	580	506	156	-350
Plantation	DD	10	1 789	1 454	156	-1 298
	D	8	1 667	2 167	312	-1 855
Ensemencement +	DDS	2	3 648	2 632	779	-1 853
	DD	5	1 759	1 905	623	-1 282
Plantation +	DDS	3	4 154	2 547	1 870	-677
	DD	6	4 217	3 615	1 558	-2 057

### Hypothèse 1

**La quantité et la distribution de la régénération en chêne rouge se sont maintenues depuis le dernier inventaire.**

Non. Des baisses importantes du coefficient de distribution et de la densité en chêne rouge ont été recensées dans tous les traitements de préparation de terrain et toutes les origines de semis. La compétition intra et interspécifique est sans nul doute responsable des diminutions de densité observées.

## 3.3. IMPACT DES TRAITEMENTS SUR LA RÉGÉNÉRATION DU CHÊNE ROUGE

### Coefficient de distribution

Le tableau 7 présente les caractéristiques statistiques du modèle du coefficient de distribution moyen de la régénération du chêne rouge. Il décrit que l'origine des semis influence le coefficient de distribution moyen des chênes rouges ( $p < 0,0068$ ). Cependant, le type de préparation de terrain ne s'est pas révélé significatif. Le coefficient de détermination estimé indique que 42 % de la variation a pu être exprimée par le modèle.

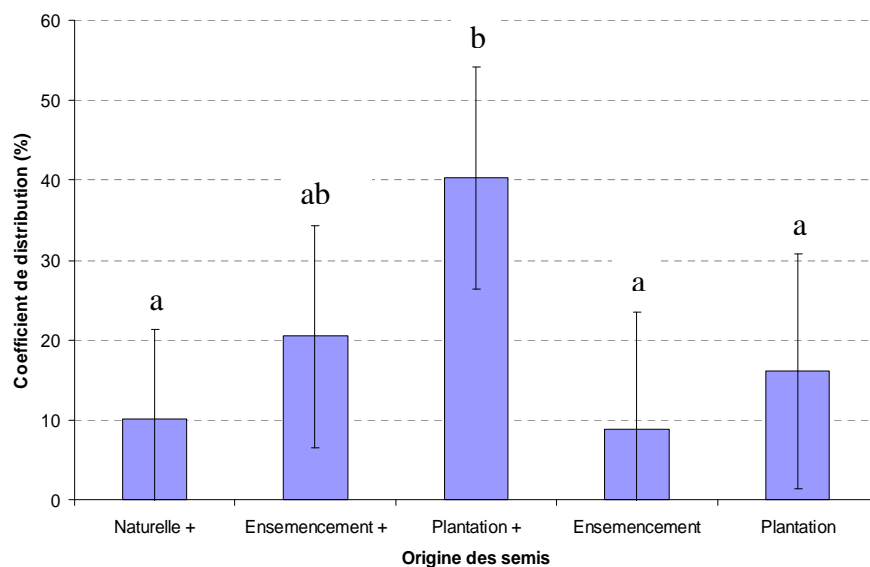
**Tableau 7. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de coefficient de distribution moyen des semis de chêne rouge**

Caractéristiques statistiques du modèle	Coefficient de distribution moyen du chêne rouge				
Nombre d'observations	42				
R <sup>2</sup> estimé	0,42				
Effets fixes du modèle	Num d.l.	Den d.l.	F <sub>calculé</sub>	PR > F	Diff. sign.
Préparation de terrain	3	31	0,29	0,8358	N.S.
Origine des semis	4	31	3,22	0,0068	**

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

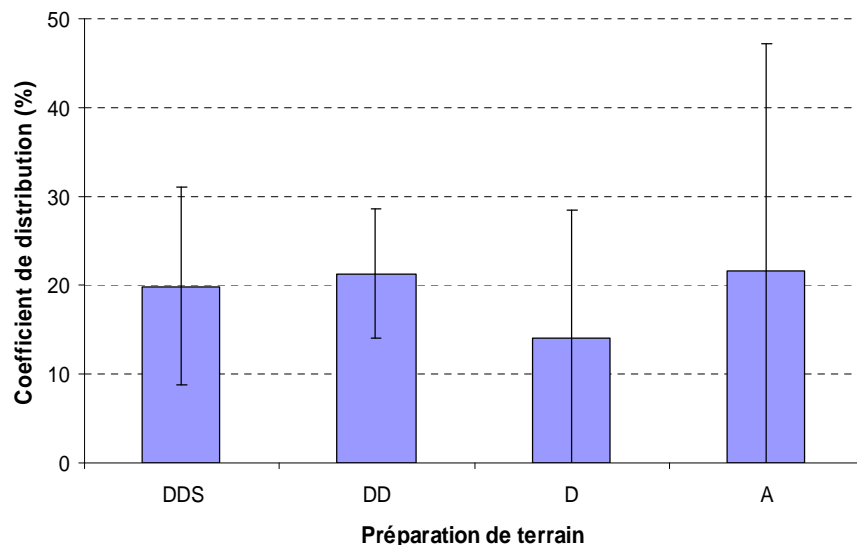
\*\* Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %.

La figure 4 décrit l'effet de l'origine des semis sur le coefficient de distribution moyen du chêne rouge. Elle indique que la plantation combinée à la présence de semenciers (plantation +) présente un coefficient de distribution moyen significativement supérieur à toutes les autres origines de semis testées. À titre d'exemple, la plantation combinée à la présence de semenciers a un coefficient de distribution moyen de 40 % tandis que la moyenne des autres se situe aux alentours de 14 %. Les autres origines de semis présentent des coefficients de distribution moyens semblables et aucune différence significative n'a été observée entre eux.



**Figure 4. Coefficient de distribution moyen et intervalle de confiance du chêne rouge pour une préparation de terrain moyenne**

La figure 5 illustre l'effet de la préparation de terrain sur le coefficient de distribution moyen du chêne rouge. Elle indique que les traitements de préparation de terrain ne se démarquent pas significativement entre eux et que leurs coefficients de distribution moyens varient de 14 à 21 %.



**Figure 5. Coefficient de distribution moyen et intervalle de confiance du chêne rouge en fonction d'une origine de semis moyenne**

## Densité

Le tableau 8 présente les caractéristiques statistiques du modèle de densité moyenne de la régénération du chêne rouge. Il démontre que l'origine des semis influence la densité moyenne des chênes rouges ( $p < 0,0254$ ). Cependant, le type de préparation de terrain ne s'est pas révélé significatif. Le coefficient de détermination estimé indique que 43 % de la variation a pu être exprimée par le modèle.

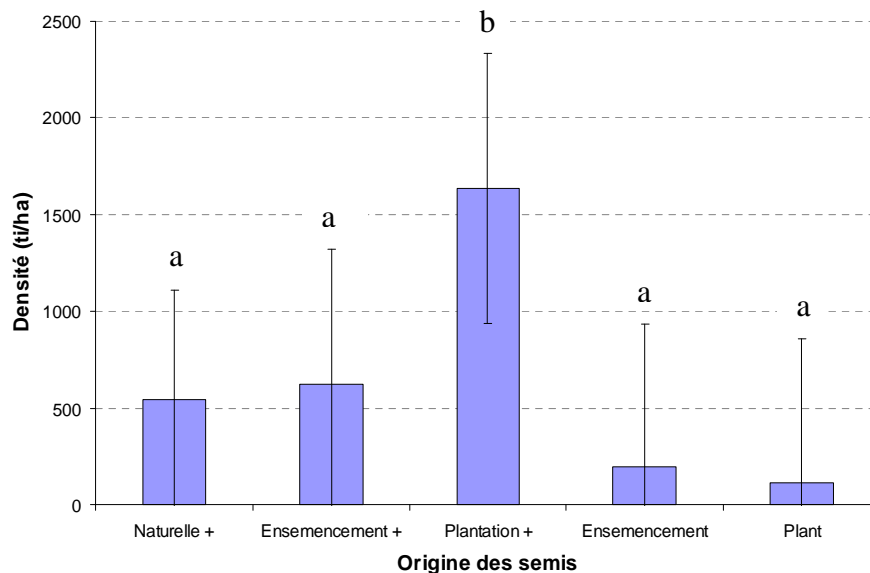
**Tableau 8. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de densité moyenne des semis de chêne rouge**

Caractéristiques statistiques du modèle	Densité moyenne du chêne rouge (ti/ha)				
Nombre d'observations	42				
R <sup>2</sup> estimé	0,43				
Effets fixes des modèles	Num d.l.	Den d.l.	F <sub>calculé</sub>	PR > F	Diff. sign.
Préparation de terrain	3	31	0,17	0,9185	N.S.
Origine des semis	4	31	3,22	0,0254	**

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

\*\* Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %.

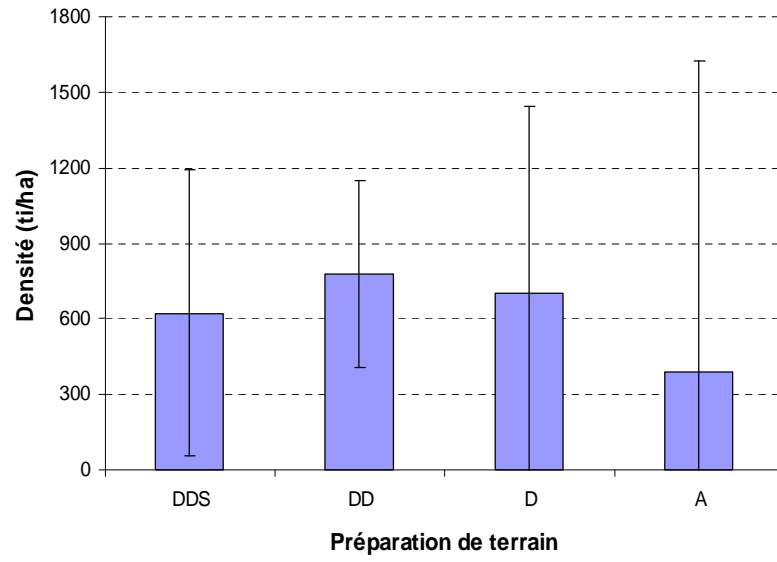
La figure 6 met en lumière l'effet de l'origine des semis sur la densité moyenne. Tout comme la figure 4, elle indique que la densité est supérieure lorsque la présence de semenciers est combinée par une plantation sous couvert. Cette combinaison de traitements a une densité moyenne significativement supérieure à toutes les autres origines de semis testées. À titre d'exemple, sa densité moyenne est de 1 637 (ti/ha) tandis que la moyenne des autres se situe aux alentours de 370 (ti/ha). Les autres origines de semis présentent des densités moyennes semblables et aucune différence significative n'a été observée entre elles. Par ailleurs, la faible densité des semis de chêne dans la plantation sans réserve de semenciers (plantation) indique que ceux-ci ne dominent pas le parterre de coupe. Ils ont probablement perdu leurs avantages compétitifs au cours des dernières années de croissance au profit des essences comme le hêtre, l'érable de Pennsylvanie et l'érable à sucre. Le même constat s'applique pour les semis ensemencés sans présence de semenciers (ensemencement).



**Figure 6. Densité moyenne et intervalle de confiance du chêne rouge en fonction de l'origine des semis**

La figure 7 illustre l'effet de la préparation de terrain sur la densité moyenne du chêne rouge. Elle indique que les traitements de préparation de terrain ne se démarquent pas significativement entre eux et que leurs densités moyennes varient entre 390 et 780 ti/ha.





**Figure 7. Densité moyenne et intervalle de confiance du chêne rouge en fonction de la préparation de terrain**

## **Hypothèse 2**

**La présence de semenciers combinée à la plantation et à la préparation de terrain est la combinaison de traitements offrant les meilleures conditions de développement de la régénération en essences désirées.**

La présence de semenciers est un élément qui garantit une meilleure distribution du chêne rouge. Cependant, ceci ne s'applique pas aux autres espèces. La plantation combinée à la présence de semenciers apporte des densités et distributions supérieures aux autres combinaisons de traitements. Les autres sont équivalentes. La plantation sans réserve de semenciers présente des distributions et des densités plus faibles que la plantation avec réserve de semenciers. Dans le cas de la plantation sans réserve de semenciers du secteur ERS, un dégagement aurait dû être effectué rapidement après la coupe finale et, pour les unités expérimentales du secteur CHR, mis à part la plantation avec réserve de semenciers, un dégagement est à prévoir le plus rapidement possible si on ne veut pas perdre plus de tiges.

Les traitements de préparation de terrain ont influencé la distribution moyenne et la densité de l'érable rouge, mais ils n'ont pas eu d'impacts significatifs sur les autres espèces. Ceci signifie qu'ils ne sont pas utiles pour contrer la présence des autres espèces. De plus, ils n'ont pas influencé la libre croissance des espèces désirées. Cependant, ils ont eu un impact positif sur la hauteur moyenne des espèces désirées comme le bouleau jaune, le cerisier tardif et le chêne rouge (figure 12).

### 3.4. ÉVOLUTION DE LA COMPÉTITION DEPUIS LA COUPE PROGRESSIVE D'ENSEMENCEMENT

En 2008, tout comme en 1997, les principales espèces de compétition inventoriées dans le dispositif sont le hêtre à grandes feuilles et l'érable de Pennsylvanie. Le tableau 9 présente l'évolution de ces espèces au cours des derniers suivis. Il indique que depuis 2001, le hêtre à grandes feuilles à vu sa distribution se maintenir et même augmenter peu importe le type de préparation de terrain appliqué. Le constat est le même pour l'érable de Pennsylvanie.

**Tableau 9. Coefficient de distribution, entre 1997, 2001 et 2008 des principales espèces non commerciales recensées en fonction de la préparation de terrain**

Essence	Préparation de terrain	Coefficient de distribution			
		1997	2001	2008	Variation entre 2008 et 2001
ERP	DDS	81 %	81 %	80 %	-1 %
	DD	65 %	68 %	71 %	3 %
	D	86 %	85 %	92 %	7 %
	A	77 %	77 %	79 %	2 %
HEG	DDS	94 %	80 %	94 %	14 %
	DD	92 %	79 %	89 %	10 %
	D	95 %	93 %	95 %	2 %
	A	100 %	92 %	96 %	4 %

Le tableau 10 présente la variation de la densité des principales espèces non commerciales recensées. En 2008, la densité moyenne du hêtre a diminué dans tous les types de préparation de terrain à l'exception du secteur qui n'a fait l'objet d'aucune perturbation (A). La densité moyenne de l'érable de Pennsylvanie a diminué dans tous les types de préparation de terrain à l'exception des secteurs débroussaillés et débardés. Cependant, tel que démontré au tableau 9, les espèces non commerciales sont toujours aussi présentes. Les densités moyennes très élevées de ces espèces indiquent qu'elles présentent un potentiel de compétition très important pour les espèces désirées. Présentement, en nombre, ce sont elles qui dominent le dispositif, à l'exception des unités expérimentales 9 et 10 où l'érable à sucre domine.

Tableau 10. Densité, entre 1997, 2001 et 2008 des principales espèces non commerciales recensées

Essence	Préparation de terrain	Densité (ti/ha)			
		1997	2001	2008	Variation entre 2008 et 2001
ERP	DDS	32 419	10 707	9 504	-1 203
	DD	17 778	7 506	7 634	128
	D	59 041	16 374	11 218	-5 156
	A	20 789	10 517	3 116	-7 401
HEG	DDS	214 848	39 269	30 330	-8 939
	DD	96 907	27 000	25 115	-1 885
	D	184 712	42 580	21 111	-21 469
	A	92 074	19 687	32 718	13 031

### Hypothèse 3

**La quantité et la distribution de la régénération en espèces non commerciales se sont maintenues depuis le dernier inventaire.**

Oui et non. En général, le nombre total de compétiteurs non commerciaux a baissé, alors que la distribution est stable depuis 1997, ce qui signifie que les espèces de compétition sont encore très présentes sur le site. Le hêtre à grandes feuilles et l'érable de Pennsylvanie sont les deux espèces de compétition les plus présentes dans le dispositif. En 2008, la distribution moyenne du hêtre est de 92 % et celle de l'érable de Pennsylvanie est de 78 %.

## **3.5. INFLUENCE DE LA COMPOSITION DU COUVERT RÉSIDUEL APRÈS CPE ET DE LA COMBINAISON DES TRAITEMENTS SUR LA RÉGÉNÉRATION**

### Coefficient de distribution

Des modèles de coefficients de distribution moyens des essences en régénération ont été développés en tenant compte des différentes préparations de terrain et de la composition du couvert résiduel après CPE. Les essences désirées et non désirées ont été incluses dans ces analyses alors que le chêne rouge a été exclu. Parmi celles-ci, le hêtre à grandes feuilles (HEG),

l'érable de Pennsylvanie (ERP), l'érable rouge (ERR) et les autres feuillus non commerciaux (FNC) ont été étudiées. Les analyses ont démontré que les traitements de préparation de terrain n'ont aucune influence sur le coefficient de distribution moyen des espèces (tableau 11) à l'exception de l'influence sur l'érable rouge qui est presque significative. Dans le cas de l'érable rouge, il a été démontré que le traitement qui regroupait le scarifiage, le débroussaillage et le débardage était celui qui présentait les distributions les plus basses.

**Tableau 11. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de coefficient de distribution moyen des essences désirées et non désirées en excluant le chêne rouge**

Caractéristiques statistiques du modèle	Coefficient de distribution (%)				
Nombre d'observations par essence	42				
Effets fixes des modèles	Num d.l.	Den d.l.	F <sub>calculé</sub>	PR > F	Diff. sign.
BOU - Préparation de terrain	3	31	1,73	0,1812	N.S.
BOU - Composition du couvert résiduel	1	31	1,74	0,1968	N.S.
CET - Préparation de terrain	3	31	1,23	0,3166	N.S.
CET - Composition du couvert résiduel	1	31	0,04	0,8504	N.S.
ERS - Préparation de terrain	3	31	11,1	0,1961	N.S.
ERS - Composition du couvert résiduel	1	31	3,03	0,0005	*
HEG - Préparation de terrain	3	31	0,52	0,6742	N.S.
HEG - Composition du couvert résiduel	1	31	0,79	0,3810	N.S.
ERR - Préparation de terrain	3	31	2,82	0,0551	N.S.
ERR - Composition du couvert résiduel	1	31	16,42	0,0003	**
ERP - Préparation de terrain	3	31	1,44	0,2497	N.S.
ERP - Composition du couvert résiduel	1	31	2,16	0,1514	N.S.
FNC - Préparation de terrain	3	31	1,08	0,3731	N.S.
FNC - Composition du couvert résiduel	1	31	2,30	0,1392	N.S.

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

\*\* Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %.

La figure 8 met en relief l'effet de la composition du couvert résiduel après CPE sur le coefficient de distribution moyen des espèces. Elle indique que le couvert résiduel composé d'érable à sucre a favorisé significativement la régénération de l'érable à sucre et que l'inverse a été observé chez

l'érable rouge. Les autres essences comme le hêtre à grandes feuilles, l'érable de Pennsylvanie, les feuillus non commerciaux et le cerisier tardif n'ont pas été influencées significativement par la composition du couvert résiduel après CPE.

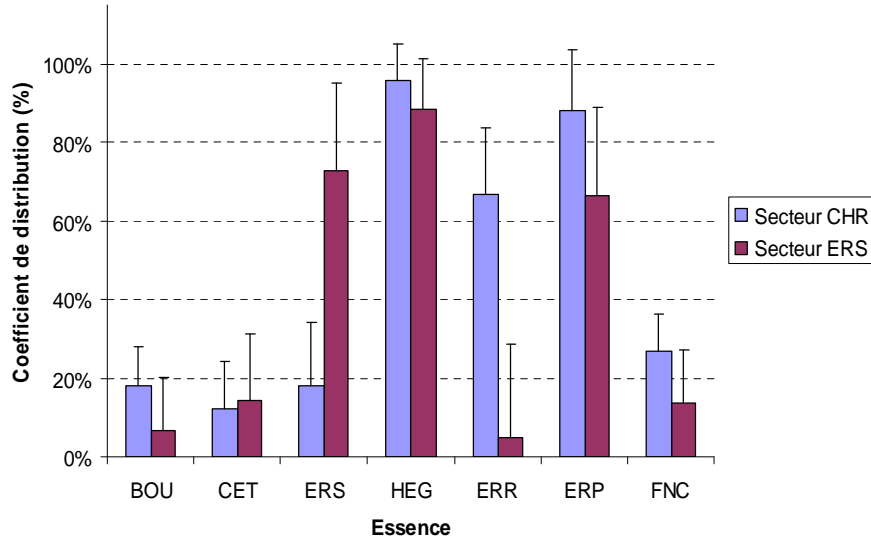


Figure 8. Coefficient de distribution moyen et intervalle de confiance par essence en fonction de la composition du couvert résiduel

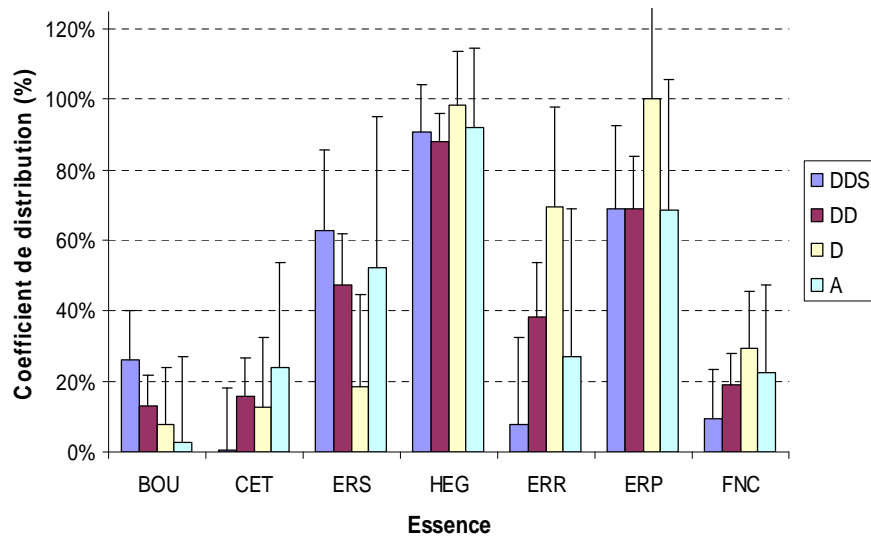


Figure 9. Coefficient de distribution moyen et intervalle de confiance par essence en fonction de la préparation de terrain

## Densité

Le tableau 12 présente les caractéristiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de densité moyenne des essences désirées et non désirées en excluant le chêne rouge. Il indique que la préparation de terrain et la composition du couvert résiduel ont seulement influencé la densité moyenne de l'érable à sucre et celle de l'érable rouge. Les densités des autres essences n'ont pas été influencées par ces paramètres.

**Tableau 12. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de densité moyenne des essences désirées et non désirées en excluant le chêne rouge**

Caractéristiques statistiques du modèle		Densité moyenne (ti/ha)			
Effets fixes des modèles	Num d.l.	Den d.l.	F <sub>calculé</sub>	PR > F	Diff. sign.
Nombre d'observations par essence		42			
BOU - Préparation de terrain	3	31	0,35	0,7860	N.S.
BOU - Composition du couvert résiduel	1	31	0,07	0,7889	N.S.
CET - Préparation de terrain	3	31	0,79	0,5083	N.S.
CET - Composition du couvert résiduel	1	31	0,25	0,6234	N.S.
ERS - Préparation de terrain	3	31	9,60	<,0001	***
ERS - Composition du couvert résiduel	1	31	42,84	<,0001	***
HEG - Préparation de terrain	3	31	0,15	0,9269	N.S.
HEG - Composition du couvert résiduel	1	31	3,01	0,0928	N.S.
ERR - Préparation de terrain	3	31	4,32	0,0117	*
ERR - Composition du couvert résiduel	1	31	17,69	0,0002	**
ERP - Préparation de terrain	3	31	0,59	0,6258	N.S.
ERP - Composition du couvert résiduel	1	31	0,01	0,9065	N.S.
FNC - Préparation de terrain	3	31	1,52	0,2296	N.S.
FNC - Composition du couvert résiduel	1	31	1,65	0,2086	N.S.

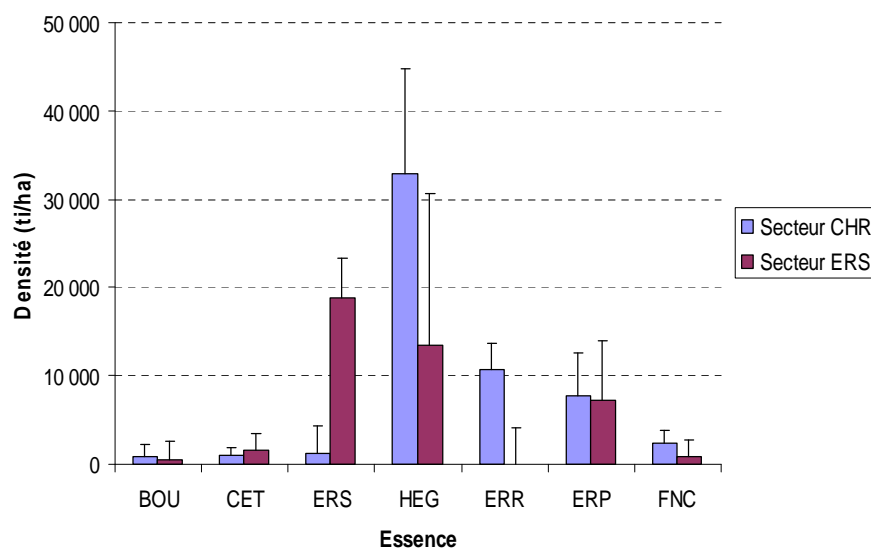
N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %.

\* Différence significative à un niveau de probabilité de 95 %.

\*\* Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %.

\*\*\* Différence significative à un niveau de probabilité de 99,9 %.

La figure 10 illustre l'effet de la composition du couvert résiduel sur la densité moyenne par essence. Elle indique que la présence de semenciers de chêne rouge a défavorisé la densité de l'érable à sucre. Une densité de l'ordre de 19 000 ti/ha a été recensée dans le secteur ERS comparativement à une densité de l'ordre de 1 100 ti/ha pour le secteur CHR. Le contraire a été observé pour l'érable rouge et une densité supérieure a été observée dans le secteur CHR. Les autres essences n'ont pas été significativement influencées par la composition du couvert résiduel.



**Figure 10. Densité moyenne et intervalle de confiance par essence en fonction de la composition du couvert résiduel**

La figure 11 indique que le hêtre à grandes feuilles domine le dispositif et qu'il présente des densités moyennes toujours supérieures aux autres essences. Elle décrit que la densité moyenne de l'érable rouge est supérieure lorsqu'aucun traitement de scarifiage n'est pratiqué. Pour l'érable à sucre, il a été démontré que la différence significative entre la préparation de terrain où un débardage a été effectué et les autres était reliée à la composition du couvert résiduel. Les autres essences n'ont pas été influencées par la préparation de terrain.



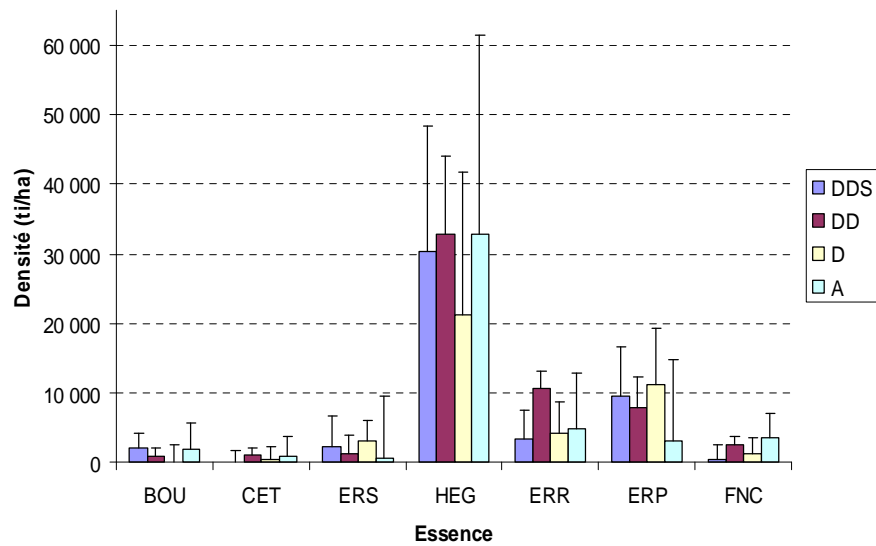


Figure 11. Densité moyenne et intervalle de confiance par essence en fonction de la préparation de terrain

#### **Hypothèse 4**

**Les traitements sylvicoles ont influencé le coefficient de distribution et la densité des espèces désirées.**

Oui et non. L'influence des traitements de préparation de terrain s'est dissimulée au fil du temps et rien ne nous permet de dire s'ils ont eue un impact sur la distribution ou sur la densité des espèces désirées. Seul l'érable rouge a présenté une différence significative. De son côté, le couvert résiduel composé d'érable à sucre a influencé positivement le coefficient de distribution de l'érable à sucre et négativement celui de l'érable rouge.

### 3.6. HAUTEUR MOYENNE DE LA RÉGÉNÉRATION EN ESPÈCES DÉSIRÉES

Le tableau 13 présente les caractéristiques statistiques de l'analyse de la hauteur moyenne de la régénération. Le coefficient de détermination estimé ( $R^2$ ) de 46 % indique que près de la moitié de la variation observée a pu être expliquée par l'analyse. Les résultats indiquent que les interactions entre l'essence et le traitement ( $p < 0,0412$ ) et l'essence et l'origine des semis se sont également révélés significatives ( $p < 0,0264$ ). Ces interactions démontrent que la hauteur moyenne des essences varie en fonction des traitements de préparation de terrain et de l'origine des semis.

**Tableau 13. Caractéristiques statistiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de hauteur moyenne des semis**

Caractéristiques statistiques du modèle	Hauteur moyenne (ti/ha)				
Nombre d'observations	308				
$R^2$ estimé	0,46				
Effets fixes des modèles	Num d.l.	Den d.l.	$F_{\text{calculé}}$	PR > F	Diff. sign.
Essences	3	242	11,1	<,0001	***
Préparation de terrain	3	242	3,03	0,0300	*
Origine des semis	4	242	4,04	0,0034	**
Essences*préparation de terrain	9	242	1,99	0,0412	*
Essences*origine des semis	12	242	1,98	0,0264	*

\* Différence significative à un niveau de probabilité de 95 %.

\*\* Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %.

\*\*\* Différence significative à un niveau de probabilité de 99,9 %

Le tableau 14 comprend les résultats du test de comparaison de moyennes pour l'interaction essence et le type de préparation de terrain. Il présente les différences de hauteur moyennes entre les types de préparation de terrain pour une essence donnée. La valeur de l'estimé représente la différence de hauteur moyenne entre un type de préparation de terrain et un autre. La probabilité de  $> |t|$  indique si la différence est significative. À titre d'exemple, la hauteur moyenne du bouleau jaune pour la préparation de terrain D (débardage) est inférieure à la préparation de terrain A (abattage) de 467 cm. La hauteur moyenne du bouleau jaune dans la préparation de terrain A (abattage seulement) n'est pas significativement différente des autres types de

préparation de terrain. Les chênes rouges situés dans la préparation de terrain débroussaillée, débardée et scarifiée ont une hauteur moyenne plus élevée que ceux situés dans la préparation de terrain débroussaillée et débardée. Les autres comparaisons ne se sont pas avérées significatives.

**Tableau 14. Effet de la préparation de terrain sur la hauteur moyenne des essences en régénération**

Essence	Types de préparation de terrain			Estimé (cm)	Erreur-type	Prob  t	Diff. sign.
BOJ	DDS	vs	DD	53	66	0,4175	N.S.
	DDS	vs	D	305	186	0,1029	N.S.
	DDS	vs	A	-162	119	0,1769	N.S.
	DD	vs	D	252	174	0,1501	N.S.
	DD	vs	A	-215	112	0,0558	N.S.
	D	vs	A	-467	207	0,0252	*
CET	DDS	vs	DD	305	114	0,0078	**
	DDS	vs	D	270	156	0,0882	N.S.
	DDS	vs	A	425	133	0,0016	**
	DD	vs	D	-35	110	0,7520	N.S.
	DD	vs	A	120	84	0,1547	N.S.
	D	vs	A	155	138	0,2639	N.S.
CHR	DDS	vs	DD	82	41	0,0495	*
	DDS	vs	D	113	87	0,1947	N.S.
	DDS	vs	A	16	105	0,8771	N.S.
	DD	vs	D	32	77	0,6788	N.S.
	DD	vs	A	-65	100	0,5150	N.S.
	D	vs	A	-97	126	0,4422	N.S.

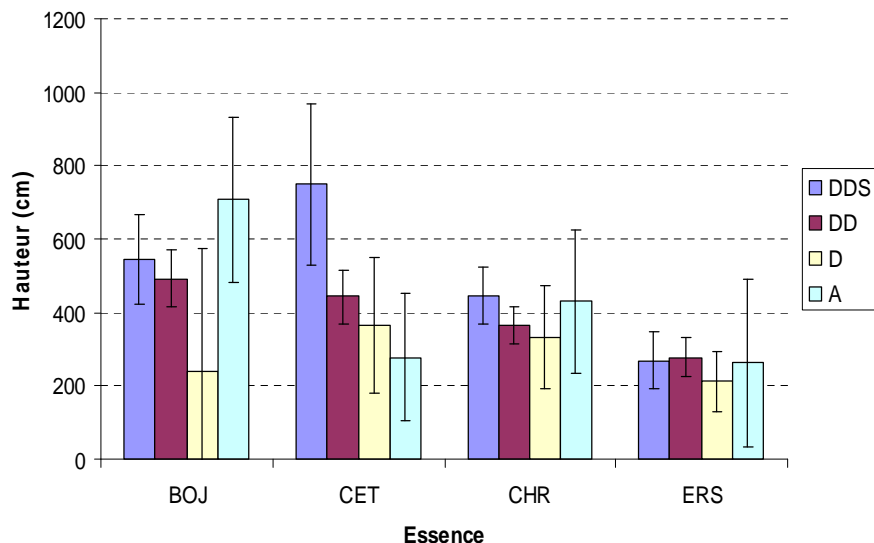
N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %.

\* Différence significative à un niveau de probabilité de 95 %.

\*\* Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %.

\*\*\* Différence significative à un niveau de probabilité de 99,9 %

La figure 12 illustre la hauteur moyenne des semis en fonction des différents types de préparation de terrain. Elle résume l'effet de la préparation de terrain sur la hauteur moyenne des essences. Le chêne rouge et le cerisier tardif ont tendance à être favorisés par la préparation de terrain qui regroupe le débardage, le débroussaillage et le scarifiage (DDS). Cependant, cette tendance n'est pas reflétée à l'intérieur de toutes les comparaisons de traitement possibles.



**Figure 12. Hauteur moyenne de la régénération et intervalle de confiance par essence en fonction de la préparation de terrain**

Le tableau 15 comprend les résultats du test de comparaison de moyenne pour l'interaction entre l'essence et l'origine des semis. Il présente les différences de hauteur moyenne entre les origines des semis pour une essence donnée. À titre d'exemple, la hauteur moyenne du bouleau jaune dans la plantation (plantation) est supérieure aux autres origines de semis, mais elle n'est pas significativement supérieure à la hauteur retrouvée dans l'ensemencement (ensemencement). Le cerisier tardif est plus haut dans l'ensemencement que dans l'ensemencement combiné à la présence de semenciers (ensemencement +) et plus haut que dans la plantation combinée à la présence de semenciers (plantation +). L'ensemencement a également favorisé le développement de l'érable à sucre. La hauteur moyenne du chêne rouge n'a pas été influencée par l'origine des semis. Il appert que l'absence de semenciers a créé plus de lumière au sol, ce qui a favorisé la croissance en hauteur des semis s'y retrouvant. Les semis des espèces désirées sont plus hauts, mais moins présents et moins nombreux. Ce constat est surtout valide pour le bouleau jaune et le cerisier tardif.

**Tableau 15. Effet de l'origine des semis sur la hauteur moyenne des essences en régénération**

Essence	Origine des semis		Estimé (cm)	Erreur-type	Prob >  t	Diff. sign.
BOJ	Ensemencement	vs Ensemencement +	28	125	0,8207	N.S.
	Ensemencement	vs Naturelle +	120	110	0,2789	N.S.
	Ensemencement	vs Plantation	-264	144	0,0684	N.S.
	Ensemencement	vs Plantation +	150	123	0,2242	N.S.
	Ensemencement +	vs Naturelle +	91	83	0,2693	N.S.
	Ensemencement +	vs Plantation	-292	127	0,0227	*
	Ensemencement +	vs Plantation +	122	95	0,1985	N.S.
	Naturelle +	vs Plantation	-383	113	0,0008	**
	Naturelle +	vs Plantation +	31	73	0,6732	N.S.
	Plantation	vs Plantation+	414	126	0,0012	**
CET	Ensemencement	vs Ensemencement +	221	105	0,0355	*
	Ensemencement	vs Naturelle +	107	68	0,1179	N.S.
	Ensemencement	vs Plantation	103	110	0,3471	N.S.
	Ensemencement	vs Plantation +	335	92	0,0003	**
	Ensemencement +	vs Naturelle +	-114	97	0,2404	N.S.
	Ensemencement +	vs Plantation	-118	142	0,4050	N.S.
	Ensemencement +	vs Plantation +	114	118	0,3367	N.S.
	Naturelle +	vs Plantation	-4	117	0,9741	N.S.
	Naturelle +	vs Plantation +	228	88	0,0100	**
	Plantation	vs Plantation+	232	133	0,0814	N.S.
CHR	Ensemencement	vs Ensemencement +	149	78	0,0584	N.S.
	Ensemencement	vs Naturelle +	109	84	0,1943	N.S.
	Ensemencement	vs Plantation	145	79	0,0698	N.S.
	Ensemencement	vs Plantation +	105	75	0,1638	N.S.
	Ensemencement +	vs Naturelle +	-40	63	0,5249	N.S.
	Ensemencement +	vs Plantation	-4	68	0,9508	N.S.
	Ensemencement +	vs Plantation +	-44	46	0,3408	N.S.
	Naturelle +	vs Plantation	36	75	0,6331	N.S.
	Naturelle +	vs Plantation +	-4	59	0,9483	N.S.
	Plantation	vs Plantation+	-39	65	0,5443	N.S.
ERS	Ensemencement	vs Ensemencement +	121	52	0,0221	*
	Ensemencement	vs Naturelle +	110	64	0,0839	N.S.
	Ensemencement	vs Plantation	23	40	0,5732	N.S.
	Ensemencement	vs Plantation +	148	74	0,0469	*
	Ensemencement +	vs Naturelle +	-10	53	0,8428	N.S.
	Ensemencement +	vs Plantation	-98	56	0,0805	N.S.
	Ensemencement +	vs Plantation +	28	73	0,7062	N.S.
	Naturelle +	vs Plantation	-88	67	0,1883	N.S.
	Naturelle +	vs Plantation +	38	77	0,6216	N.S.
	Plantation	vs Plantation+	126	77	0,1028	N.S.

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

\* Différence significative à un niveau de probabilité de 95 %.

\*\* Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %.

La figure 13 présente la hauteur moyenne de la régénération en fonction de l'origine des semis. Elle met en lumière que l'origine des semis a peu d'influence sur la hauteur moyenne de la régénération de chêne rouge. Seule la différence entre l'ensemencement et l'ensemencement combiné à la présence de semenciers (ensemencement +) a été presque significative ( $p < 0,0584$ ). Par ailleurs, la hauteur moyenne des autres essences a tendance à être plus élevée dans l'ensemencement et dans la plantation. Tel que démontré dans le rapport précédant (Blouin *et al.*, 2002), cette source de variation semble être corrélée au régime hydrique où les plants ensemencés et plantés sont situés sur une station mésique tandis que les autres sont situés sur une station xérique.

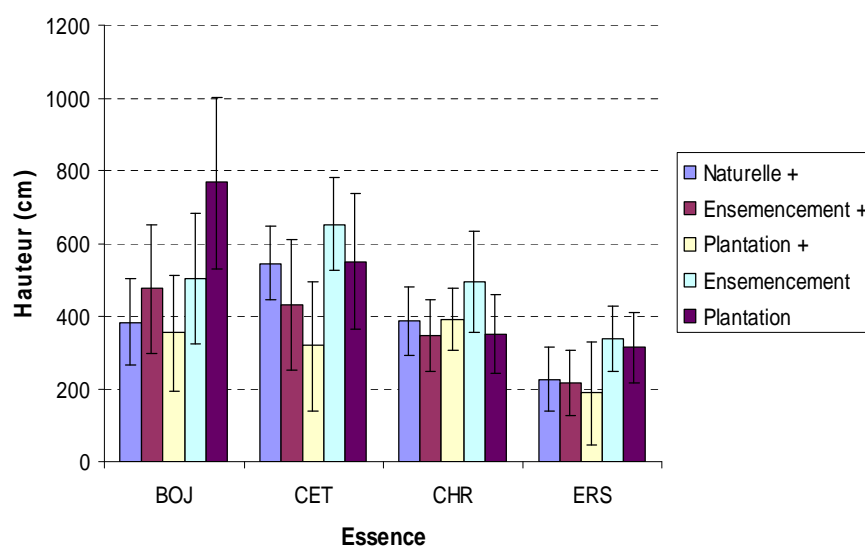


Figure 13. Hauteur moyenne et intervalle de confiance par essence en fonction de l'origine des semis

### 3.7. ÉVALUATION DE LA LIBRE CROISSANCE DES ESSENCES DÉSIRÉES

#### Placette de 4 m<sup>2</sup>

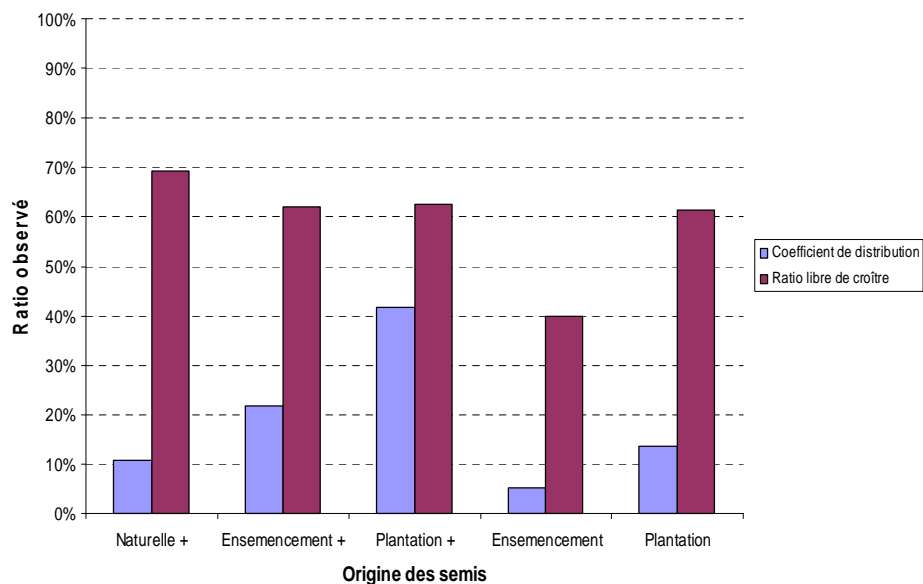
Le tableau 16 présente la libre croissance de la régénération en espèces désirées en fonction de l'origine des semis. Au total, douze ans après la coupe progressive et sept ans après la coupe finale, un arbre d'avenir a été recensé dans 309 placettes de régénération sur 504, ce qui signifie

que le dispositif est régénéré à 61 % en essences désirées. De ce nombre, 48 % des tiges sont considérées comme étant libres de croître. Les 309 tiges d'avenir sont composées de 138 érables à sucre, 92 chênes rouges, 45 cerisiers tardifs et 34 bouleaux jaunes. L'érable à sucre est l'essence qui comporte le moins de semis libres de croître.

**Tableau 16. Libre croissance de la régénération des espèces désirées en fonction de l'origine des semis pour des placettes de 4 m<sup>2</sup>**

Origine des semis	N	N (CHR)	CHR	N (CET)	CET	N (BOJ)	BOJ	N (ERS)	ERS
	Total	Total	Libre de croître	Total	Libre de croître	Total	Libre de croître	Total	Libre de croître
Naturelle +	120	13	10	19	11	17	11	24	2
Ensemencement +	96	21	13	3	3	3	2	49	22
Plantation +	96	40	25	4	2	4	4	23	3
Ensemencement	96	5	2	10	9	2	2	37	10
Plantation	96	13	8	9	8	8	3	5	0
<b>Total</b>	<b>504</b>	<b>92</b>	<b>58</b>	<b>45</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>22</b>	<b>138</b>	<b>37</b>

La figure 14 présente le coefficient de distribution des tiges d'avenir en fonction de l'origine des semis. La majorité des tiges d'avenir de chêne rouge ont été recensées dans la plantation combinée à la présence de semenciers (plantation +). L'origine de semis naturels, l'ensemencement combiné à la présence de semenciers (ensemencement +) et la plantation comportent des proportions équivalentes de tiges d'avenir. De son côté, l'ensemencement sans apport de semenciers (ensemencement) a produit très peu de tiges d'avenir avec moins de 10 % de la cohorte.



**Figure 14. Coefficient de distribution du chêne rouge et ratio libre de croître en fonction de l'origine des semis pour des placettes de 4 m<sup>2</sup>**

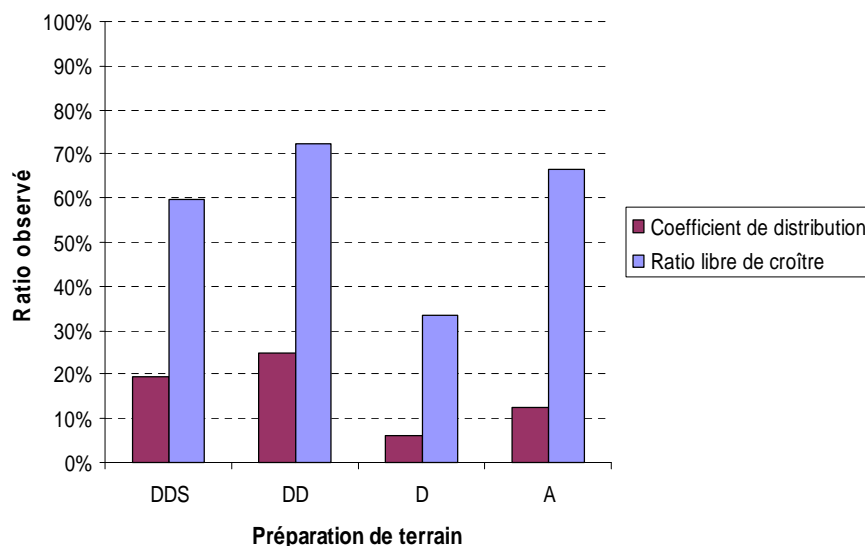
Le tableau 17 présente la libre croissance de la régénération en espèces désirées en fonction de la préparation de terrain. D'ordre général, il indique que la préparation de terrain n'a pas influencé la libre croissance des tiges d'avenir de chêne rouge. Par contre, la proportion des tiges libres de croître est inférieure dans le traitement où seul un débardage a été effectué.

**Tableau 17. Libre croissance de la régénération des espèces désirées en fonction de la préparation de terrain pour des placettes de 4 m<sup>2</sup>**

Préparation de terrain	N	N (CHR)	CHR	N (CET)	CET	N (BOJ)	BOJ	N (ERS)	ERS
	Total	Total	Libre de croître	Total	Libre de croître	Total	Libre de croître	Total	Libre de croître
DDS	240	47	28	14	12	15	7	79	26
DD	144	36	26	17	12	16	13	18	3
D	96	6	2	9	7	1	0	39	8
A	24	3	2	5	2	2	2	2	0
Total	504	92	58	45	33	34	22	138	37



La figure 15 présente le coefficient de distribution des tiges d’avenir en fonction de la préparation de terrain. Elle indique qu’une proportion de tiges d’avenir de chêne rouge inférieure a été recensée dans les traitements où seul un débardage a été effectué. Par ailleurs, le scarifiage n’a pas semblé influencer la libre croissance du chêne rouge puisque les proportions de tiges d’avenir libres de croître sont similaires au traitement débardé et débroussaillé.



**Figure 15. Coefficient de distribution du chêne rouge et ratio libre de croître en fonction de la préparation de terrain pour des placettes de 4 m<sup>2</sup>**

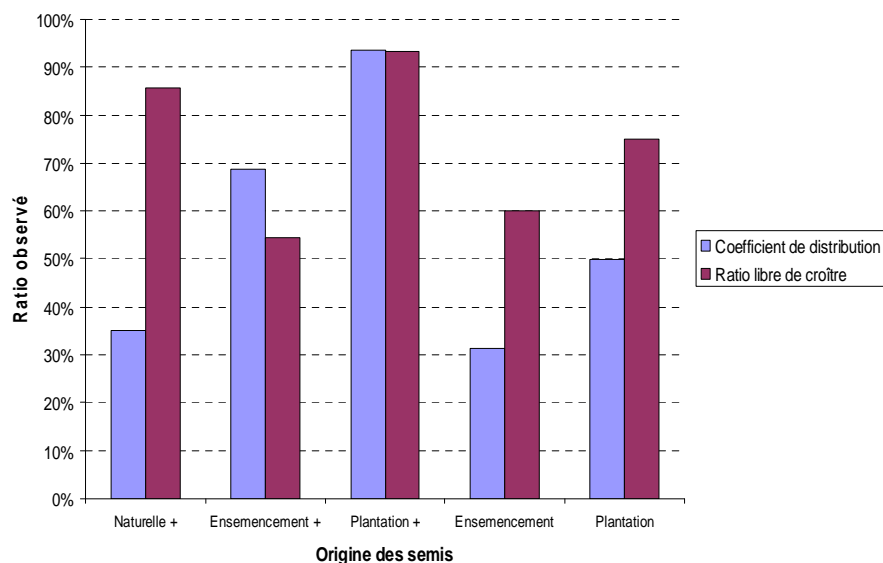
### Placette de 24 m<sup>2</sup>

Dans cette section, les placettes de 4 m<sup>2</sup> ont été regroupées pour former des placettes de 24 m<sup>2</sup>. Ainsi, pour chaque grappe, 6 placettes sur 12 ont servi pour faire les calculs. Globalement, il a été démontré que des essences désirées ont été recensées dans 82 placettes sur 84. De ces 82 tiges d’avenir, 46 sont des chênes rouges. Le tableau 18 présente la libre croissance des espèces désirées en fonction de l’origine des semis. Il indique que les traitements d’ensemencement et de plantation combinée à la présence de semenciers de chêne rouge sont ceux qui présentent le plus de tiges d’avenir de chêne rouge. Celui qui en présente le moins est l’ensemencement sans présence de semenciers de chêne rouge.

**Tableau 18. Libre croissance de la régénération des espèces désirées en fonction de l'origine des semis pour des placettes de 24 m<sup>2</sup>**

Origine des semis	N Total	N (CHR) Total	CHR Libre de croître	N (CET) Total	CET Libre de croître	N (BOJ) Total	BOJ Libre de croître	N (ERS) Total	ERS Libre de croître
Naturelle +	20	7	6	3	2	7	4	3	0
Ensemencement +	16	11	6	1	1	3	3	1	1
Plantation +	16	15	14	0	0	1	1	0	0
Ensemencement	16	5	3	3	2	3	1	3	2
Plantation	16	8	6	2	1	0	0	6	1
<b>Total</b>	<b>84</b>	<b>46</b>	<b>35</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>4</b>

La figure 16 présente le coefficient de distribution et la libre croissance des tiges d'avenir en fonction de l'origine des semis. Elle indique que la plantation combinée à la présence de semenciers présente le meilleur coefficient de distribution de chêne rouge avec un ratio de 93 %. De ces 93 %, 92 % sont libres de croître. Ensuite, le deuxième meilleur traitement est l'ensemencement combiné à la présence de semenciers où un coefficient de distribution de 69 % a été observé. De ce 69 %, 55 % des tiges sont libres de croître. Ceci signifie que l'ensemencement a quand même été efficace, mais que les tiges souffrent d'une compétition plus élevée que celles observées dans les autres traitements. Une hypothèse avancée pour expliquer ce phénomène est que les tiges ensemencées ont accusé un retard sur leurs compétiteurs car elles ont eu à développer leur système racinaire. L'origine des semis ayant donné les moins bons résultats est celle où l'ensemencement a été effectué sans apport de semenciers. Un coefficient de distribution de seulement 31 % a été observé.



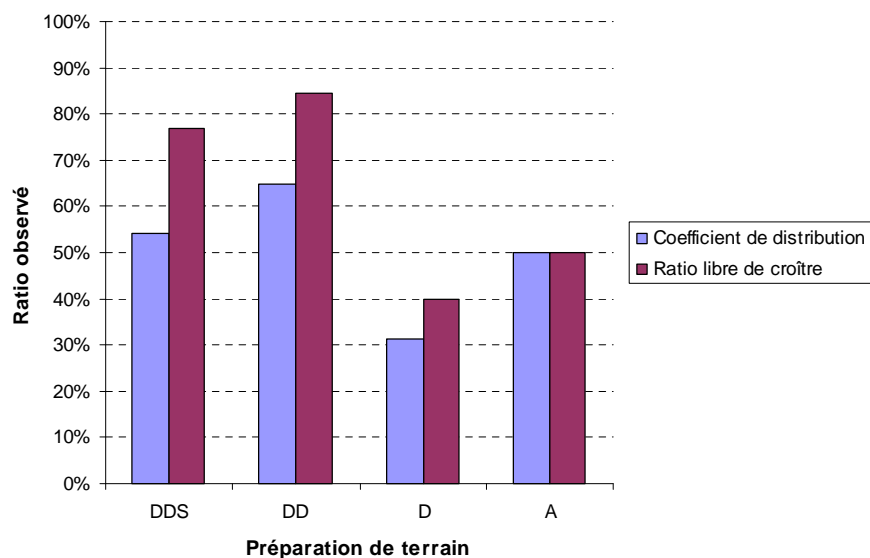
**Figure 16. Coefficient de distribution du chêne rouge et ratio libre de croître en fonction de l'origine des semis pour des placettes de 24 m<sup>2</sup>**

Le tableau 19 présente la libre croissance du chêne rouge en fonction de la préparation de terrain. Il indique que la préparation de terrain où un débroussaillage et un débardage ont été effectués est la préparation de terrain qui présente un plus grand nombre de chêne rouge. Elle est la plus représentée également. La préparation de terrain où seul un débroussaillage a été effectué présente peu de tiges d'avenir.

**Tableau 19. Libre croissance de la régénération des espèces désirées en fonction de la préparation de terrain pour des placettes de 24 m<sup>2</sup>**

Préparation de terrain	N	N (CHR)	CHR	N (CET)	CET	N (BOJ)	BOJ	N (ERS)	ERS
	Total	Total	Libre de croître	Total	Libre de croître	Total	Libre de croître	Total	Libre de croître
DDS	24	13	10	2	2	5	2	4	1
DD	40	26	22	5	4	6	5	3	0
D	16	5	2	2	0	1	0	6	3
A	4	2	1	0	0	2	2	0	0
<b>Total</b>	<b>84</b>	<b>46</b>	<b>35</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>4</b>

La figure 17 présente le coefficient de distribution et le pourcentage de tiges libres de croûtre en fonction de la préparation de terrain. Elle indique que la préparation de terrain regroupant le débroussaillage et le débardage est celle qui présente les coefficients de distribution et le ratio de tiges libre de croûtre les plus élevés. Il appert qu'il est possible d'augmenter les coefficients de distribution et les proportions de tiges libres de croûtre en effectuant un débroussaillage sous couvert. Le scarifiage, quant à lui, n'a pas contribué à augmenter ces ratios. Cependant, il est important de spécifier que le débardage seul n'a pas été effectué sous couvert et que l'effet observé n'est pas nécessairement attribuable à la préparation de terrain.



**Figure 17. Coefficient de distribution du chêne rouge et ratio libre de croûtre en fonction de la préparation de terrain pour des placettes de 24 m<sup>2</sup>**

### **Hypothèse 5**

#### **Les chênes rouges et les espèces désirées sont libres de croître.**

Oui et non. Pour les placettes de 4 m<sup>2</sup>, il a été démontré que 63 % des tiges d'avenir de chênes rouges sont libres de croître et ne subissent pas présentement une compétition au pourtour du tiers supérieur de leur cime. L'érable à sucre est l'espèce qui subit la compétition la plus forte où seulement 27 % des tiges d'avenir recensées sont libres de croître. Sur l'ensemble du dispositif, la proportion d'espèces désirées non libres de croître est supérieure à celle du chêne rouge. Il a été observé que 52 % des tiges d'avenir ne sont pas libres de croître. Cependant, lorsqu'on augmente la taille des placettes de 4 m<sup>2</sup> à 24 m<sup>2</sup>, les coefficients de distribution augmentent de 30 à 50 % et la libre croissance augmente surtout dans la plantation combinée à la présence de semenciers.

La proportion de tiges d'avenir libres de croître la plus basse a été observée dans le traitement où seul un débardage a été effectué. À l'inverse, il a été observé que la plantation combinée à la présence de semenciers présentait un bon potentiel pour former la prochaine chênaie. La distribution y est excellente et la majorité des tiges sont libres de croître. Dans les unités expérimentales ayant bénéficié de ce traitement, aucun traitement de dégagement n'est à prévoir dans les prochaines années en considérant des placettes de 24 m<sup>2</sup>. Pour les autres traitements, et en considérant des placettes de 4 m<sup>2</sup>, un dégagement est à prévoir rapidement pour libérer les essences désirées.

### 3.8. COMPARAISON ENTRE LES PLANTS EN RÉCIPIENTS ET LES PLANTS À RACINES NUES DE CHÊNE ROUGE

Le tableau 20 présente le coefficient de distribution moyen par type de préparation de terrain en fonction de leurs origines probables. Il démontre que les densités de chêne rouge sont toujours supérieures dans le traitement de préparation de terrain regroupant le débroussaillage, le scarifiage et le débardage. Cependant, l'origine des semis ne peut pas être confirmée dans cette préparation de terrain puisqu'une part de ce traitement a profité de la présence de semenciers de chêne rouge.

La préparation de terrain débardée et débroussaillée présente des coefficients de distribution et des densités moyennes plus élevés que dans la préparation de terrain débardée. Aucune distinction ne peut être effectuée entre les plants en récipients et les plants à racines nues puisque la même tendance a été observée dans les deux cas. Une seule exception a été observée : le coefficient de distribution et la densité des plants en récipients sont meilleurs pour la préparation de terrain DDS.

**Tableau 20. Coefficient de distribution moyen et densité moyenne (ti/ha) en fonction du traitement de préparation de terrain et selon le type de plants reboisés**

Type de plants	Préparation de terrain	Coefficient de distribution (%)	Densité (ti/ha)
Récipients	DDS	63%	2 182
	DD	19%	779
	D	13%	312
Racines nues	DDS	29%	1 558
	DD	38%	935
	D	8%	312

Le tableau 21 présente les variations du coefficient de distribution de chênes rouges en fonction du type de plants reboisés dans le secteur ERS. Cette approche permet d'exclure l'apport de semences naturelles et d'isoler l'effet du type de plants reboisés. Le tableau décrit que les plants à racines nues ont bien performé dans l'unité expérimentale 10 où une baisse moyenne de seulement 4 % a été enregistrée entre 2001 et 2008. Cependant, ce n'est pas le cas pour les plants en récipients puisqu'ils ont complètement disparu de l'unité expérimentale 10. Une transformation du régime hydrique après les opérations de récolte pourrait être à l'origine de cette

disparition. Concernant l'unité expérimentale 8, aucune distinction n'est apparente entre les plants en récipients et les plants à racine nues puisqu'ils présentent des coefficients de distribution variant entre 8 et 13 %. Cependant, lorsque l'on s'intéresse aux variations entre 2008 et 2001, le coefficient de distribution des plants à racines nues a chuté de 46 % entre 2008 et 2001. Ceci est probablement attribuable aux effets de la compétition interspécifique.

**Tableau 21. Coefficient de distribution moyen de chênes rouges entre 1997, 2001 et 2008 selon le type de plants reboisés du secteur ERS**

Type de plants	Préparation de terrain	UE	Coefficient de distribution (%)			
			1997	2001	2008	Variation entre 2008 et 2001
Récipients	DD	10	69%	50%	0%	-50%
	D	8	34%	19%	13%	-6%
Racines nues	DD	10	54%	42%	38%	-4%
	D	8	27%	54%	8%	-46%

Le tableau 22 comporte la variation de la densité de chênes rouges en fonction du type de plants reboisés. Il indique que des baisses importantes de la densité ont eu lieu dans toutes les combinaisons possibles et que la densité obtenue en 2008 n'est pas à la hauteur des objectifs sylvicoles fixés par le reboisement. Il indique que plusieurs plants reboisés ne sont pas parvenus à devenir des tiges d'avenir et qu'une deuxième série de travaux de dégagement aurait dû être effectuée peu de temps après la coupe finale.

**Tableau 22. Densité moyenne de chêne rouge entre 1997, 2001 et 2008 selon le type de plants reboisés du secteur ERS**

Type de plants	Préparation de terrain	UE	Densité (ti/ha)			
			1997	2001	2008	Variation entre 2008 et 2001
Récipients	DD	10	2 902	2 488	0	-2 488
	D	8	1 667	1 563	312	-1 251
Racines nues	DD	10	2 083	1 563	312	-1 251
	D	8	16	1 640	312	-1 328

### **Hypothèse 6**

**En l'absence de semenciers et de débroussaillage, le coefficient de distribution du chêne rouge est meilleur chez les plants en récipients que chez les plants à racines nues.**

Non. Le type de plants semés n'a pas influencé le coefficient de distribution du chêne rouge. Dans l'unité expérimentale 8, le coefficient de distribution des plants en récipients est meilleur que celui des plants à racines nues et le contraire a été observé dans l'unité expérimentale 10. Concernant le débroussaillage, le tableau 21 indique qu'il a permis au plants à racines nues de maintenir leur coefficient de distribution, ce qui n'est pas le cas pour les plants en récipients. Une modification du régime hydrique dans l'unité expérimentale 10 pourrait être à l'origine de ce phénomène.

Par ailleurs, il a été observé que les plants en récipients présentent une meilleure distribution sous couvert que les plants à racines nues (tableau 20, préparation de terrain DDS). Cependant, cette tendance est difficile à valider puisque l'origine des semis (naturels ou plantés) sous couvert n'a pu être prise en compte dans l'inventaire.



## 4. DISCUSSION

---

### 4.1. RÉGÉNÉRATION DU CHÊNE ROUGE

Le chêne est une espèce particulièrement bien adaptée aux milieux pauvres et secs, grâce notamment à son système racinaire bien développé. Aussi, en l'absence de perturbation importante, il est fréquent de retrouver les plus grandes quantités de chênes rouges sur les sites peu fertiles et secs, tel qu'il a déjà été observé par de nombreux auteurs (Dawson *et al.*, 1990; Ward, 1992; Dey et Parker, 1996). Le dispositif faisant l'objet de ce rapport n'échappe pas à cette règle; tous les semenciers de chênes rouges conservés lors de la coupe d'ensemencement étaient situés sur un sommet à sol mince où les affleurements rocheux étaient fréquents.

Les résultats de cette étude démontrent que l'origine des semis influence le coefficient de distribution et la densité du chêne rouge. La plantation combinée à la présence de semenciers de chêne rouge (plantation +) est la combinaison qui offre les meilleurs résultats, mais c'est également la plus onéreuse.

L'origine des semis a très peu d'influence sur la hauteur moyenne de la régénération de chêne rouge, mais elle influence les autres espèces (tableau 15). La hauteur moyenne des autres espèces a tendance à être plus élevée dans l'ensemencement et dans la plantation. Tel que démontré dans le rapport précédent (Blouin *et al.*, 2002), cette source de variation semble être corrélée au régime hydrique où les plants ensemencés et plantés étaient situés sur une station mésique tandis que les autres étaient situés sur une station xérique. Il semble donc qu'un compromis doit être fait quant au type de station qui sied le mieux au chêne et aux niveaux de compétition que nous sommes prêts à tolérer. Aucune station n'offre tous les avantages et un compromis doit être fait selon l'importance de la compétition et les moyens de contrôle disponibles.

## 4.2. HAUTEUR MOYENNE DE LA RÉGÉNÉRATION EN ESPÈCES DÉSIRÉES

La hauteur moyenne des essences n'est pas affectée de la même façon par les traitements de préparation de terrain. Les chênes rouges et les cerisiers tardifs ont tendance à être favorisés par le traitement de préparation de terrain qui regroupe le débardage, le débroussaillage et le scarifiage. Cependant, cette tendance ne s'est pas reflétée à l'intérieur de toutes les comparaisons de traitements possibles (tableau 14).

L'origine des semis influence la hauteur moyenne des espèces désirées, mais pas nécessairement celle du chêne rouge (tableau 15). La hauteur moyenne des semis de bouleaux jaune situés dans la plantation est supérieure aux autres origines de semis, mais n'est pas significativement supérieure à ceux retrouvés dans l'ensemencement. Le cerisier tardif est plus haut dans l'ensemencement que dans l'ensemencement combiné à la présence de semenciers et plus haut que dans la plantation combinée à la présence de semenciers. Il appert que l'absence de semenciers a créé plus de lumière au sol, ce qui a favorisé la croissance en hauteur des semis s'y retrouvant.

## 4.3. TRAITEMENT DE CONTRÔLE DE LA VÉGÉTATION COMPÉTITRICE SOUS-COVERT

Le succès de la régénération du chêne rouge dépend plus de la disponibilité de la lumière que de tout autre élément (Abrams, 1992; Schlesinger *et al.*, 1993). Un environnement ombragé prolongé entraîne une faible croissance, de faibles niveaux de réserves en carbohydrates, un faible pouvoir de rejets et éventuellement la mortalité des semis (Dey et Parker, 1996; Johnson, 1984).

Sept ans après la coupe finale, le hêtre à grandes feuilles et l'érable de Pennsylvanie ont vu leurs distributions se maintenir et même augmenter dans tous les traitements de préparation de terrain. Les densités moyennes encore très élevées de ces espèces indiquent qu'elles présentent un potentiel de compétition très important pour les espèces désirées. Présentement, ce sont les essences de compétition qui dominent le dispositif et aucune préparation de terrain étudiée n'a

semblé efficace pour contrer leur présence. À l'exception de la plantation combinée à la présence de semenciers, l'impact du débroussaillage sous couvert de 1996 n'est plus perceptible et des risques de mortalité sont à prévoir si aucune intervention de dégagement n'est effectuée.

Seul l'érable rouge a vu sa distribution et sa densité être affectées par le traitement de préparation de terrain. Le traitement qui regroupe le scarifiage, le débroussaillage et le débardage est celui qui a offert les meilleurs potentiels de contrôle, mais il est le plus onéreux.

#### **4.4. LIBRE CROISSANCE DES ESPÈCES DÉSIRÉES**

L'effet de la préparation de terrain n'a pas influencé la libre croissance des tiges d'avenir de chêne rouge, mais une proportion de tiges libres de croître inférieure a été observée dans le traitement de préparation de terrain où seul un débardage a été effectué (figure 15).

Sur la base de placettes de 4 m<sup>2</sup>, le dispositif est régénéré à 61 % en espèces désirées et 52 % de ces tiges sont libres de croître (tableau 16). En général, l'origine des semis n'a pas influencé la libre croissance, qu'ils soientensemencés, naturels ou plantés (figure 14). Cependant, une proportion légèrement inférieure de semis libres de croître a été observée dans l'ensemencement.

Sur la base de placettes de 24 m<sup>2</sup>, le dispositif est régénéré à 98 % en espèces désirées et 64 % de ces tiges sont libres de croître. D'ordre général, la plantation combinée à la présence de semenciers présente les proportions de tiges libres de croître les plus élevées.

#### **4.5. RÉGÉNÉRATION NATURELLE**

En tout temps, la régénération naturelle demeure une solution peu coûteuse pour la régénération du chêne : les distributions obtenues par cette méthode équivalent celles obtenues par les autres méthodes à l'exception de la plantation combinée à la présence de semenciers.

Lorsque des semenciers sont présents, les niveaux de régénération engendrés par la conservation de semenciers semblent suffisants pour régénérer adéquatement le chêne, laissant entrevoir qu'une production prioritaire en chêne est possible. Cependant, un suivi pour prescrire des travaux de dégagement est à prévoir dans les cinq années suivant la coupe finale si l'on veut conserver ce potentiel de production.

#### **4.6. SUPPLÉMENT À LA RÉGÉNÉRATION NATURELLE**

Lorsque la régénération naturelle est insuffisante, un supplément en régénération par plantation est souhaitable. La plantation est un mode de supplément à la régénération efficace, car elle permet l'obtention de meilleurs taux de survie. Les chênes reboisés possèdent un système racinaire qui s'est développé sous des conditions optimales au niveau nutritionnel et dont les réserves pourront permettre la subsistance des plants sur une plus longue période, et ce, plus particulièrement sous couvert. Les chênes sont de bons candidats à la plantation sous couvert, car non seulement ils peuvent réagir promptement à une intervention, mais en plus, ils possèdent une bonne capacité à rejeter à la suite de blessures qui auraient pu être causées par les opérations mécanisées (Tworkoski *et al.*, 1986).

L'ensemencement est une alternative intéressante, mais il produit des résultats comparables à l'ensemencement naturel. Pour pallier à cette situation, il faudrait refaire l'expérience avec plus de glands plantés à l'hectare et avec un contrôle plus sévère du pouvoir germinatif des glands. Les chênes rouges issus de l'ensemencement semblent prendre plus de temps à développer leur système racinaire, ce qui leur confère un désavantage qui s'est poursuivi dans le temps. Les chênes ensemencés ne possèdent pas l'avantage compétitif des plants issus de pépinières et ils doivent, tout comme la régénération naturelle, bâtir eux-mêmes leur système racinaire.

L'origine des semis semble donc engendrer des besoins de dégagement qui diffèrent dans le temps : chez les semis qui doivent construire leur système racinaire, un traitement de débroussaillage semble essentiel peu de temps après l'implantation des semis. Pour les plants reboisés, le constat est le même mais la fenêtre d'intervention pour effectuer le dégagement pourrait être reportée dans le temps. Sur les sites présentant de très faibles niveaux de

compétition et où il existe très peu de semenciers, l'ensemencement peut être préférable à la plantation, car il est moins dispendieux. Cependant, les niveaux de régénération qui seront apportés par cette technique ne seront pas aussi élevés que ceux qui auraient été amenés par plantation sous couvert.

#### **4.7. COMPARAISON ENTRE LES PLANTS EN RÉCIPIENTS ET LES PLANTS À RACINES NUES**

Aucune distinction ne peut être effectuée entre les plants en récipients et les plants à racine nues, mais une meilleure distribution sous couvert a été observée chez les plants en récipients (tableau 21, préparation de terrain DDS). Les meilleurs densités et coefficients de distribution ont été observés dans les unités expérimentales ayant combiné plantation et présence de semenciers. Dans le secteur n'ayant pas bénéficié de la présence des semenciers, plusieurs plants reboisés ne sont pas parvenus à devenir des tiges d'avenir et une deuxième série de travaux de dégagement aurait du être effectuée plus tôt afin d'éviter de perdre cet investissement.

## 5. RECOMMANDATIONS

---

### 5.1. ESSENCE PRINCIPALE OBJECTIF

Selon certains auteurs, entre 1 000 et 10 000 semis/ha de chênes sont nécessaires pour assurer la régénération du chêne (Clark et Watt, 1971). Schlesinger *et al.* (1993) mentionnent pour leur part qu'une régénération adéquate peut être obtenue à partir de 1 087 ti/ha. Si l'on s'en tient à ces barèmes, il est possible d'affirmer que trois des onze unités expérimentales ne répondaient pas à ce critère en 2001 (tableau 4).

Aujourd'hui, la régénération étant parvenue au stade gaulis, une régénération adéquate pourrait être obtenue à partir de 400 ti/ha. En s'en tenant à ce nouveau barème, il est possible d'affirmer que cinq unités expérimentales principalement concentrées dans la plantation et dans l'ensemencement sans présence de semenciers ne répondent pas à ce critère. Seuls la plantation et l'ensemencement combinés à la présence de semenciers répondent à ce critère. D'autre part, si l'on s'intéresse à l'érable à sucre, sept des onze unités expérimentales répondent à ce critère. Les unités expérimentales n'ayant pas de semenciers présentent les meilleures distributions et densités pour l'érable à sucre.

Le manuel d'aménagement recommande, pour une production prioritaire de feuillus peu tolérants, d'atteindre une distribution se situant entre 30 et 40 % selon que la strate de retour soit composée d'une majorité de chênes ou de chênes associé aux érables, et ce, pour les suivis de deux et huit ans après la coupe finale (MRNQ, 1997).

Étant donné la taille des placettes (1,13 m de rayon), il est possible d'affirmer que les coefficients de distribution évalués dans le dispositif sont très conservateurs en comparaison avec des placettes de 24 m<sup>2</sup> pour lesquelles les coefficients de distribution augmentent de 30 à 50 %.

## 5.2. CHOIX DU TRAITEMENT DE CONTRÔLE DE LA VÉGÉTATION COMPÉTITRICE

La régénération du chêne passe par le contrôle de la végétation non seulement pour son installation, mais également une fois celle-ci établie (Crow, 1988). Ce contrôle est essentiel au maintien de la régénération en chêne dans les peuplements, particulièrement en jeune âge, moment où le chêne oriente sa croissance sur son système racinaire plutôt que sur sa tige.

Nos résultats laissent présager qu'un contrôle de la végétation sera nécessaire plus rapidement pour les chênes qui proviennent d'un ensemencement artificiel ou naturel et dont le système racinaire a besoin de lumière pour se constituer.

En regard des résultats obtenus, même si elle favorise la hauteur moyenne de certaines espèces, nous ne recommandons pas la scarification du site lors de la coupe d'ensemencement puisqu'elle ne favorise pas la densité et la distribution des essences désirées. Ces résultats ne justifient pas de tels coûts, évalués lors du rapport initial à 375 \$/ha (Blouin *et al.*, 1999).

Comme un contrôle de la végétation est nécessaire pour maintenir le chêne dans sa position actuelle dans le peuplement et pour éviter que les tiges opprimées ne disparaissent davantage, il est recommandé d'effectuer un dégagement des plants dans un délai assez court après la coupe finale afin de permettre aux chênes de profiter pleinement de l'élimination du couvert créé par la coupe finale.

Afin de limiter la formation de nouveaux rejets, il est également recommandé que cette intervention soit pratiquée avant l'aoûtement des arbres feuillus, soit en juin ou juillet. Un dégagement à ce moment précis aura sans doute pour effet d'assurer un avantage indéniable aux chênes qui profiteraient d'une période d'absence de compétition pour croître.

### **5.3. REGARNI DU CHÊNE ROUGE**

Les coûts engendrés par les regarnis valent peut-être l'effort qu'ils nécessitent, car les distributions moyennes engendrées par ce type de régénération sont supérieures à celles obtenues par régénération naturelle. Les regarnis permettent d'assurer une régénération uniforme sur le parterre de coupe tout en retardant une intervention de dégagement.

Dans le cas où un regarni s'avère essentiel, il est recommandé d'utiliser l'ensemencement artificiel s'il est suivi d'un dégagement hâtif étant donné son coût moins élevé, même s'il engendre de moins bons coefficients de distribution. Dans ce cas, des taux d'ensemencement plus élevés que ceux pratiqués dans le cadre de ce projet sont à prévoir. Il est également recommandé d'utiliser l'ensemencement avec un meilleur contrôle du pouvoir germinatif des glands.

### **5.4. RÉINTRODUCTION DU CHÊNE ROUGE**

Les résultats de l'ensemencement artificiel en l'absence de semenciers indiquent que cette méthode n'apporte pas les résultats escomptés pour une réintroduction du chêne, particulièrement sur les sites mésiques. Sur ce type de station, la plantation semble préférable en raison de la meilleure conformation racinaire des plants. Cependant, un dégagement hâtif est également à prévoir si on ne veut pas perdre cet investissement.

Il n'est pas recommandé d'utiliser l'ensemencement artificiel pour la réintroduction du chêne sur les sites où il est absent. Les faibles distributions rencontrées indiquent que les plants issus de ce mode d'ensemencement ne sont pas suffisamment compétitifs face à des essences à croissance plus rapide, d'où la disparition progressive des semis. Les semis issus d'un ensemencement artificiel doivent former leur système racinaire en jeune âge et ne consacrent pas suffisamment de ressources à la croissance en hauteur pour se maintenir dans une position dominante ou co-dominante parmi les espèces en régénération. Par conséquent, si une réintroduction est envisagée, il est recommandé qu'elle le soit par plantation suivie d'un dégagement hâtif à l'aide de plants en récipients, de préférence, ou par plantation sous un couvert forestier.



## 5.5. SUIVIS

Tel que démontré dans ce rapport, à l'exception de la plantation combinée à la présence de semenciers, les plants de chêne, bien que présentant des densités et des distributions acceptables, ne sont pas nécessairement en position dominante dans la cohorte de gaules. Aussi, il importe d'effectuer des suivis afin de déterminer la meilleure fenêtre d'intervention pour effectuer les dégagements.

La croissance des chênes étant par la suite supérieure en conditions de coupes totales qu'en conditions de coupes partielles, il est fort probable que la croissance des chênes accélère fortement au cours des prochaines saisons. À ce sujet, il serait intéressant d'étudier les effets de deux types de dégagement (à l'européenne et traditionnel) et de réaliser un suivi dans un intervalle de cinq ans afin de suivre la croissance des tiges d'avenir. Ce suivi permettrait de déterminer quels types de dégagement devraient être priorités à l'avenir.

## CONCLUSION

---

Le signal d'alarme pour une problématique de biodiversité des espèces est venu d'un forestier d'une compagnie (Pro-Folia) inquiète de la régression du chêne rouge sur l'ensemble de son territoire et du peu de mesures entreprises pour la contrer. Un projet d'étude sur les méthodes de restauration a été réalisé par le CERFO en partenariat avec les entreprises Pro-Folia, les Industries James MacLaren et le MRNF-Buckingham.

Actuellement, le projet a permis de valider les principales recettes suggérées pour assurer le retour du chêne rouge. Les facteurs de réussite (présence de semenciers, année semencière, ouverture graduelle du couvert, élimination des gaulis et lit de germination) ont été décrits dans un premier rapport (Lessard *et al.*, 1999) et il y a lieu de considérer un potentiel de production de haute qualité.

Le régime de la futaie régulière et la coupe progressive semblent convenir au chêne qui possède des semences lourdes. La possibilité de regarnir par ensemencement manuel représente une alternative valable sur sites xériques, mais la quantité et le pouvoir germinatif des semences devraient être réajustés. Le présent rapport fait d'ailleurs ressortir toute l'importance de l'origine des semis dans la constitution d'une régénération comportant une portion importante de chêne. Ainsi, l'aménagiste doit garder en tête que sur les sites où le chêne est compétitif, le nombre d'interventions au niveau de la compétition sera réduit. Restaurer le chêne sera plus facile et moins coûteux aux endroits où il en demeure encore sur pied, mais il ne faudrait pas exclure la possibilité de le réintroduire ailleurs, par plantation notamment. À ce sujet, il faudra faire des suivis plus serrés sur les besoins de dégagement et ne pas hésiter à effectuer un dégagement hâtif afin d'assurer la réussite de la plantation.

## RÉFÉRENCES

---

- Abrams, M.D., 1990.** Adaptations and responses to drought in *Quercus* species of North America. *Tree Physiol.* 7 : 227-238.
- Abrams, M.D., 1992.** Fire and the development of oak forests. *Biosci.* 42 : 346-351.
- Clark, F.B. et R.F. Watt, 1971.** Silvicultural methods for regenerating oaks. In *Proc. of Oak Symp. at Morgantown, W. Va.*, 27-43. Upper Darby, Pa.: Northeast. For. Expt. Sta., USDA.
- Crow, T.R., 1988.** Reproductive Mode and Mechanisms for Self-Replacement of Northern Red Oak (*Quercus rubra*)-A Review. *For. Sci.* 34(1):19-40.
- Crow, T.R., 1992.** Population dynamics and growth patterns for cohort of northern red oak (*Quercus rubra*) seedlings. *Oecologia.* 91:192-200.
- Crow, T.R., W.C. Johnson et C.S. Adkisson, 1994.** Fire and recruitment of *Quercus* in a postagricultural field. *Amer. Mid. Natur.* 131 : 84-97.
- Crunkilton, D.D, S.G. Pallardy et H.E. Garrett, 1992.** Water relations and gas exchange of northern red oak seedlings planted in central Missouri clearcut and shelterwood. *For. Ecol. Manage.* 53:117-129.
- Dawson, J.O., J. McCarthy, J. Rousch et D.M. Stenger, 1990.** Oak regeneration by clearcutting after a serie of partial cuts. North Central Forest Experiment Station, USDA Forest Service, Gen. Tech. Rep NC-132. p. 181-184.
- Dey, D.C. et W.C. Parker, 1996.** Regeneration of Red Oak (*Quercus rubra* L.) Using Shelterwood Systems: Ecophysiology, Silviculture and Management Recommendations. OMNR, Ontario For. Res. Institute. Sault Ste. Marie, Ontario, For. Res. Inf. Pap. N° 126, 59 p.
- Dumont, M., 1995.** Plantation des feuillus nobles : guide. Les publications du Québec, 126 p.
- Godman, R.M. et C.H. Tubbs, 1973.** Establishing even-age northern hardwood regeneration by the shelterwood method – a preliminary guide. North Central Forest Experiment Station, USDA Forest Service, Res. Pap. NC-99. 9 p.
- Gordon, A.M., J.A. Simpson et P.A. Williams, 1995.** Six-year response of red oak seedlings planted under a shelterwood in central Ontario. *Can. J. For. Res.* 25:603-613.
- Gottschalk, K.W. et D.A. Marquis, 1982.** Survival and Growth of Planted Red Oak and White Ash as Affected By Residual Overstory Density, Stock Size, and Deer Browsing. In *Proc. of Fourth Central Hardwood Forest Conf. at Univ. of Ky.*, R.N. Muller Ed. p.125-140.
- Hill, J.P. et D.I. Dickmann, 1988.** A Comparison of Three Methods for Naturally Reproducing Oak in Southern Michigan. *North. J. Appl. For.* 5:113-117.

- Johnson, P.S., 1977.** Predicting oak stump sprouting and sprout development in the Missouri Ozarks. North Central Forest Experiment Station, USDA Forest Service. Research Paper NC-149. 11 p.
- Johnson, P.S., 1984.** Responses of planted northern red oak to three overstory treatments. *Can. J. For. Res.* 14:536-542.
- Johnson, P.S., S.L. Sovinger et W.G. Mares, 1984.** Root, shoot and leaf area growth potential of northern red oak planting stock. *For. Sci.* 30 : 1017-1026.
- Jones, R.H. et D.J. Raynal, 1986.** Spatial distribution and development of root sprouts in *Fagus grandifolia* (Fagaceae). *Am. J. Bot.* 73 : 1723-1731.
- Jones, R.H. et D.J. Raynal, 1988.** Root sprouting of American beech (*Fagus grandifolia*) : effects of root injury, root exposure and season. *For. Ecol. Manag.* 25 : 79-90.
- Kelty, M.J., 1987.** Shelterwood cutting as an even-aged reproduction method. *In* : Proc. Managing northern hardwoods symposium. SAF Publ. no 87-03. p 128-142.
- Kolb, T.E., T.W. Bowersox et L.H. McCormick, 1990.** Influences of light intensity on weed-induced stresses of tree seedlings. *Can. J. Bot.* 20:503-507.
- Larsen, M.M., 1980.** Effects of atmospheric humidity and zonal soil water stress on initial growth of planted red oak seedlings. *Can. J. For. Res.* 10 : 549-554.
- Larsen, D.R. et P.S. Johnson, 1998.** Linking the ecology of natural oak regeneration to silviculture. pp. 1-7 *In* : R. Rogers et H. Spiecker (Guest Eds.). Aspects of natural regeneration of oak. Selected papers from an IUFRO conference symposium. Tampere, Finland, August 1995.
- Lessard, G., D. Blouin, N. Zenadocchio et G. van der Kelen, 1999.** Étude de l'impact de divers travaux sylvicoles sur la régénération de feuillus tolérants dans l'Outaouais. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 99-03. 53 p., 4 annexes.
- Loftis, D.L., 1983.** Regenerating southern Appalachian mixed hardwood stands with the shelterwood method. *South. J. Appl. For.* 7 (4) : 212-217.
- Loftis, D.L., 1990.** Preharvest herbicide treatment improves regeneration in southern Appalachian hardwoods. *South. J. Appl. For.* 9(3): 177-180.
- Lorimer, C.G., J.W. Chapman et W.D. Lambert, 1994.** Tall understory vegetation as a factor in the poor development of oak seedlings beneath mature stands. *J. Ecol.*, 82: 227-237.
- Marquis, D.A., P.L. Eckert et B.A. Roach, 1976.** Acorns weevils, rodents and deer all contribute to oak-regeneration difficulties in Pennsylvania. USDA. For. Serv. Res. Pap. NE-365. 5 p.
- MRNQ, 1997.** Manuel d'aménagement forestier. Gouvernement du Québec. 122 p.
- Muller, G., 1987.** Le chêne rouge d'Amérique dans le nord-est de la France : croissance en hauteur et fertilité des stations. Mémoire de stage de 3<sup>e</sup> année de l'ENITEF.

- Myers, R.K., B.C. Fischer et G.M. Wright, 1989.** Survival and Development of Underplanted Northern Red Oak Seedlings: 6-year Results. *In* : Proc. of Seventh Central Hardwood Forest Conference at Carbondale, Ill. Edited by G. Rink, General Technical Report, 150-155.
- OMNR, 1990.** A silvicultural guide for the tolerant hardwood. 34-37, 106-116.
- Robitaille, A. et J.P. Saucier, 1998.** Paysages régionaux du Québec méridional. Les publications du Québec, Québec.
- Sander, I.L., 1979.** Regenerating oaks with the shelterwood system. pp. 54-60 *In* : H. Holt (Ed.). Regenerating oaks in upland forests. The 1979 John S. Wright For. Conf. Proc. Purdue Univ., W. Lafayette, IN.
- Sander, I.L., 1990.** Northern Red Oak in Silvics of North America Hardwood. Vol. 2, Forest Service, USDA, p. 727-733.
- Schlesinger, R.C., I.L. Sander et K.R. Davidson, 1993.** Oak regeneration potential increased by shelterwood treatments. USDA Forest Service, North Central For. Expt. Sta. 149-153.
- Teclaw, R.M. et J.G. Isebrands, 1993.** An artificial regeneration system for establishing northern red oak on dry-mesic sites in Lake States, USA. *Ann. Sci. For.* 50:543-552.
- Thomson, J.R. et R.C. Schultz, 1995.** Root system morphology of *Quercus rubra* L. planting stock and 3-years field performances in Iowa. *New For.* 9 : 225-236.
- Tubbs, C.H et D.R. Houston.** American Beech – *Fagus grandifolia* Ehrh. *In* : Silvics of the forest trees.
- Tworcoski, T.J., D.W. Smith et D.J. Parrish, 1986.** Regeneration of Red Oak, White Oak, and White Pine by Underplanting Prior to Canopy Removal in Virginia Piedmont. *South. J. Appl. For.* 10:206-210.
- Ward, J.S., 1992.** Response of woody regeneration to thinning mature upland oak stands in Connecticut, USA. *For. Ecol. Manage.* 49 : 219-231.

# ANNEXE 1. CARACTÉRISTIQUES ÉCOPHYSIOLOGIQUES DES PRINCIPALES ESPÈCES RENCONTRÉES DANS LE DISPOSITIF

Espèces	Tolérance à l'ombre	Croissance juvénile	Exigences de site	Réurrence des bonnes années semencières	Reproduction végétative	Germination retardée
Chêne rouge	Moyenne	Moyenne	Moyenne	3 à 5	Élevée	Aucune
Érable à sucre	Élevée	Faible à moyenne	Élevée	3 à 7	Moyenne	Aucune
Érable rouge	Moyenne	Moyenne	Faible	1	Élevée	2 ans **
Érable de Pennsylvanie	Élevée	Moyenne	Moyenne	-	Moyenne	2 ans **
Hêtre à grandes feuilles	Élevée	Faible	Moyenne	2 à 5	Faible (rejets)	2 ans **
					Moyenne (drageons)	
Bouleau jaune	Moyenne	Moyenne	Moyenne à élevée	1 à 3	Faible	2 ans **
Bouleau à papier	Faible	Élevée	Moyenne	2 à 4	Moyenne	2 ans **
Peuplier faux-tremble	Faible	Élevée	Faible	4 à 5	Élevée	2 ans **
Cerisier tardif	Faible	Élevée	Moyenne à élevée	3 à 4	Élevée	3-5 ans
Cerisier de Pennsylvanie	Faible	Élevée	Faible	--	Moyenne	> 30 ans
Frêne d'Amérique	Moyenne	Moyenne	Élevée	2 à 5	Moyenne à élevée	2 ans
Pin blanc	Moyenne	Moyenne	Faible à moyenne	3 à 5	Aucune	Aucune
Pruche de l'est	Élevée	Faible	Moyenne	2 à 4	Aucune	Aucune

\*\* Faible pourcentage reporté. Ne doit pas être considéré comme une source significative de régénération

## ANNEXE 2. CARACTÉRISTIQUES ÉCOPHYSIOLOGIQUES DU CHÊNE ROUGE

---

Le chêne rouge, en raison de sa faible capacité à compétitionner en très jeune âge, pose une problématique unique parmi les espèces feuillues rencontrées dans le sud-ouest du Québec.

Ce n'est pas tant au niveau de la germination que le chêne présente des difficultés à se régénérer, puisque de bons taux de germination sont rencontrés aux 3 à 5 ans (tableau 1), lors des bonnes années semencières (Sander, 1990). Mais même si les jeunes semis de chêne tolèrent bien l'ombre, le chêne a rapidement besoin de lumière pour se développer à son rythme optimal (Muller, 1987; Sander, 1979) et l'intensité lumineuse au sol apparaît alors comme le principal facteur limitant la survie des semis lors des années subséquentes à l'établissement.

La raison pour laquelle le chêne est un faible compétiteur lors des premières années de croissance réside dans la stratégie écologique de son espèce (Larsen *et al.*, 1998). Celle-ci est de type « tolérante au stress », c'est-à-dire que l'espèce a choisi d'investir dans les organes qui lui permettront de résister dans une plus large mesure à des stress importants. Cette stratégie se reflète d'ailleurs dans ses caractéristiques morphologiques : capacité à stocker les nutriments, croissance lente, faible plasticité phénotypique, etc. (Dey et Parker, 1996).

La haute tolérance du chêne par rapport à des ressources limitées peut s'expliquer par des réserves importantes au niveau racinaire qui atténuent l'influence de l'environnement sur la croissance des semis (Kolb *et al.*, 1990). Cette tolérance au stress permet au chêne de s'adapter à des conditions de site plus sèches ou encore moins productives. Cette caractéristique du chêne lui permet également, lorsque la tige principale meurt, de former une nouvelle tige à partir de ses réserves et de bourgeons dormants situés au collet, (Dey et Parker, 1996).

Comme le chêne rouge alloue plus de ressources à la croissance racinaire qu'à la croissance de ses branches, la croissance en hauteur des semis de cette essence est généralement lente en jeune âge (Tworkoski *et al.*, 1986). Cette croissance orientée vers les racines est d'ailleurs typique d'une espèce adaptée à des conditions environnementales pauvres : en présence de ressources limitées, l'arbre réagit souvent en modifiant l'organe responsable de la capture de la ressource qui

est limitante (racines pour l'eau, pousse annuelle pour la lumière). Un milieu ombragé formera des tiges plus hautes et un milieu limité en eau favorisera plutôt un système racinaire bien développé.

Le chêne rouge est une espèce qui possède la capacité à réaliser des débourrements successifs, c'est-à-dire que le bourgeon terminal formé sur la pousse annuelle peut débourrer plus d'une fois au cours de la saison de croissance si les conditions de croissance optimales sont rencontrées (Dey et Parker, 1996; Crow, 1988). Sur le terrain toutefois, c'est rarement le cas. La mortalité de la pousse est fréquente durant l'hiver, ce qui mène au fait que la majorité des semis naturels sont issus de rejets (Crow, 1988).

Les chênes possèdent une forte habilité à rejeter, ce qui leur confère un avantage lorsque survient une perturbation telle qu'une coupe ou un feu. Toutes les tiges ont cette capacité et celle-ci diminue à mesure que la tige grossit (Larsen *et al.*, 1998). En général, on estime qu'elle est maximale sur les tiges de jeune âge et qu'elle diminue à mesure que l'arbre vieillit. En terme de diamètre, on estime que les tiges dont le diamètre varie entre 10 et 15 cm présentent les rejets les plus vigoureux (Johnson, 1977; Dey et Parker, 1996).