

**DISPOSITIF DE CPE 1996 À DENHOLM –
SUIVI À L'ÂGE DE 18 ANS, SOIT 5 ANS
APRÈS UN DÉGAGEMENT À
L'EUROPÉENNE VISANT À FAVORISER LA
RÉGÉNÉRATION DU CHÊNE ROUGE**

Présenté au :

**Ministère des Forêts de la Faune et des Parcs
Direction de la gestion des forêts de l'Outaouais**
Sébastien Meunier, ing.f., M.Sc.

Par :



Centre d'enseignement et de recherche
en foresterie de Sainte-Foy inc.

Donald Blouin, ing.f., M.Sc.

Guy Lessard, ing.f., M.Sc.

Frank Grenon, Ph.D.

Emmanuelle Boulfroy, M.Sc.

Mots-clés : dégagement, dégagement à l'européenne, coupes progressives, chêne rouge, , conversion de peuplements.

Référence à citer :

Blouin D., G. Lessard, F. Grenon et E. Boulfroy. 2018. Dispositif de CPE 1996 à Denholm – Suivi à l'âge de 18 ans, soit 5 ans après un dégagement à l'européenne visant à favoriser la régénération du chêne rouge. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2018-08 41 pages.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
REMERCIEMENTS	v
RÉSUMÉ	vi
INTRODUCTION.....	1
OBJECTIFS	3
1. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	4
1.1. Hypothèses sur la composition, la densité et la distribution	4
1.2. Hypothèses sur la dimension des tiges	4
1.3. Hypothèses sur la compétition et le niveau de dégagement des tiges	5
1.4. Hypothèse générale sur le besoin de dégagement.....	5
2. MÉTHODES	6
2.1. Secteur à l'étude	6
2.2. Dispositif expérimental	6
3. RÉSULTATS	12
3.1. Portrait du peuplement	12
3.2. Portrait des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties	15
4. DISCUSSION	25
4.1. Réponses aux hypothèses	25
4.2. Synthèse sur les effets du dégagement.....	31
4.3. Synthèse générale du scénario pour l'axe de conversion de la stratégie d'aménagement.....	35
5. RECOMMANDATIONS	40
5.1. Scénario d'aménagement.....	40
5.2. Scénario sylvicole actuel	40
5.3. Modalités de dégagement	41
5.4. Optimisation du scénario de conversion.....	41
5.5. Recherche en sylviculture	41
5.6. Déploiement de l'axe de conversion	42
CONCLUSION	43
RÉFÉRENCES.....	44

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation du dispositif expérimental de chêne rouge de Denholm	6
Figure 2. Dispositif de suivi du dégagement du chêne rouge montrant la répartition des blocs, des traitements et des placettes établies en 2009 et 2014	8
Figure 3. Méthode pour déterminer la libre croissance d'une tige d'avenir.....	10
Figure 4. Comparaison par essence de la densité par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties	16
Figure 5. DHP par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties	17
Figure 6. Accroissement en DHP par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties.....	18
Figure 7. Hauteur par essences et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties	19
Figure 8. Accroissement en hauteur par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties	20
Figure 9. Hauteur sans branches par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties.....	21
Figure 10. Rayon de la cime par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties.....	22
Figure 11. Proportion de tiges libre de croître par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties.....	23
Figure 12. Proportion d'un carré occupée par un cercle où le diamètre du cercle égale la longueur du côté du carré (79%).....	33
Figure 13. Proportion en essences des 500 plus belles tiges à l'hectare bien répartie.	36

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Composition du peuplement avant intervention (S.T.).....	7
Tableau 2. Description des traitements	9
Tableau 3. Portrait de la densité par essence et traitement à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)(tiges de 1m et plus de hauteur)	12
Tableau 4. Portrait de la densité par groupe d'essence et traitement à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)(tiges de 1m et plus de hauteur).....	13
Tableau 5. Portrait de la distribution (%) par essence et traitement à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)(tiges de 1m et plus de hauteur).....	13
Tableau 6. Portrait de la distribution (%) par groupe d'essence et traitement à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)(tiges de 1m et plus de hauteur)	14
Tableau 7. Portrait du DHP moyen (cm) par essence et traitement à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)(tiges de 1m et plus de hauteur).....	14
Tableau 8. Portrait du DHP moyen (cm) par groupe d'essence et traitement à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)(tiges de 1m et plus de hauteur)	15
Tableau 9. Portrait des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)	15
Tableau 10. DHP moyen (mm) des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement).....	16
Tableau 11. Accroissement en DHP (mm) par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties	17
Tableau 12. Hauteur moyenne (cm) des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement).....	18
Tableau 13. Accroissement en hauteur (cm) des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)	19
Tableau 14. Hauteur sans branches par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties	20
Tableau 15. Rayon de la cime (cm) par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties	21
Tableau 16. Proportion des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties libre de croître à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement).....	22
Tableau 17. Synthèse des paramètres étudiés pour le chêne rouge	32
Tableau 18. Synthèse des paramètres pour chêne rouge parmi les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties.....	32
Tableau 19. Synthèse des paramètres étudiés pour l'érable rouge	34
Tableau 20. Synthèse des paramètres pour l'érable rouge parmi les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties.....	35

REMERCIEMENTS

Le CERFO remercie la Conférence régionale des élus de l'Outaouais pour le financement de la première partie de ce projet fait par le biais du programme PDRF en 2014 et les équipes de Nova Sylva pour la réalisation des inventaires sur le terrain. Le CERFO remercie également le MFFP bureau régional de l'Outaouais pour le financement de la deuxième partie du projet et particulièrement Monsieur Sébastien Meunier pour son encadrement et sa collaboration à la réalisation de chacune des étapes du projet.

RÉSUMÉ

La région de l'Outaouais ayant entrepris un virage pour favoriser le chêne rouge et le pin blanc, le dispositif expérimental de coupes progressives avec enrichissement sous couvert, établi en 1996 à Denholm en collaboration avec les entreprises Pro-Folia et le MFFP, apporte un tout nouvel éclairage. Il s'inscrit également dans l'axe **Conversion de peuplements par régénération artificielle sous couvert** proposé dans *Stratégie d'aménagement forestier pour l'augmentation de la résistance des forêts aux changements climatiques* (Lessard et al., 2018).

En 2009 (8 ans après la coupe finale), suite aux constats que 61 % du dispositif était régénéré en essences désirées (une diminution depuis 2001), mais que 52 % de ces tiges n'étaient pas libres de croître (Blouin, Bournival et Lessard, 2009), un nouveau dispositif de recherche a été établi pour comparer deux densités de dégagement à l'européenne (400 ti/ha et 800 ti/ha) avec un témoin (aucune intervention). Le dégagement à l'européenne s'effectue sur le tiers supérieur des tiges à dégager pour une mise en lumière, conservant un gainage pour limiter la croissance des branches et favoriser l'élagage naturel.

L'intensité d'intervention de dégagement à l'européenne de 800 ti/ha, dans un peuplement qui n'avait été traité depuis l'installation de la régénération que par la coupe finale de mise en lumière avec protection de la régénération installée, est sortie significativement positive pour le chêne rouge avec actuellement 840 ti/ha et une distribution de 66 % en chêne rouge dont 63% sont *libres de croître*. Les résultats après 5 ans suggèrent déjà qu'un autre dégagement, cette fois de 400 ti/ha, sera cependant nécessaire dès 2018.

Le peuplement initial comportait 4,7% de chêne rouge et 50,2 % de hêtre en 1996. L'utilisation du procédé de régénération par coupes progressives avec enrichissement de plants et de glands de chêne rouge a permis d'amorcer la **conversion en chênaie à chêne rouge et érable à sucre**. Si on considère les 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties, le chêne rouge représente 48% de ces tiges suivi par le hêtre et l'érable rouge. L'application d'un autre dégagement et d'un régime d'éclaircie commerciale permettront de s'approcher de l'objectif de production du 2/3 de chêne dans le peuplement final sur un horizon projeté de 80 ans.

Le rapport propose plusieurs recommandations pour la poursuite du scénario et l'optimisation du scénario actuel qui ont permis de diminuer la présence du hêtre dans l'étage dominant comme le suggère l'avis scientifique de la Direction de la recherche forestière du MFFP (DRF, 2017). Il est notamment recommandé de procéder à l'avenir à un dégagement hâtif entre 4 et 7 ans, plutôt qu'attendre 13 ans. Fait important à noter, la conversion n'est qu'un des moyens nécessaires à l'augmentation de la résistance aux changements climatiques.

INTRODUCTION

En 1996, dans l'ancienne aire commune 72-01 (Lessard et al., 1999), plusieurs peuplements forestiers feuillus soulevaient des interrogations quant à la méthode officielle de les traiter : ceux-ci n'avaient ni la structure, ni une répartition de vigueur adéquate pour être considérés *jardinables* à la première intervention. D'autre part, d'anciens rapports de coupe révélaient une proportion plus grande de chêne rouge et de pin blanc sur les sommets secs que celle qu'on retrouve actuellement.

Dans ce contexte, l'industriel de l'époque, Les entreprises Pro-folia, avait mandaté le CERFO pour installer un dispositif afin d'étudier l'installation du chêne rouge, particulièrement les hypothèses concernant le lit de germination et la nécessité d'ouvrir le couvert.

Une coupe progressive d'ensemencement (CPE) visant à favoriser la présence du chêne rouge (*Quercus rubra* [L.]) a été réalisée. Les résultats avaient démontré que le maintien de 15 à 30 semenciers de chêne rouge bien distribués à l'hectare (dans un couvert résiduel d'environ 50%) permet l'installation d'une régénération naturelle de chêne rouge suite à la coupe progressive d'ensemencement et le débroussaillage de la régénération préétablie indésirable afin d'assurer l'entrée de la lumière jusqu'au sol. Les travaux de scarifiage légers permettaient de tripler la quantité de chêne rouge établie en passant de 6 990 tiges à l'hectare à plus de 20 970 tiges à l'hectare. Les activités de plantation et d'ensemencement manuel de glands apparaissent également comme une option intéressante dans les secteurs où les semenciers sont moins nombreux ou absents et contribuent au succès de régénération en chêne rouge.

La coupe finale a été effectuée en 2001. Deux suivis de la régénération ont été réalisés, soit en 2001 et en 2008. Les résultats de 2008 indiquaient qu'une distribution de 61 % du dispositif était régénéré en essences désirées, mais que 52 % de ces tiges n'étaient pas libres de croître (Blouin, Bournival et Lessard, 2009). De plus, les résultats indiquaient que dans tous les traitements, la densité et le coefficient de distribution en chêne rouge avaient diminué entre 2001 et 2008. Face à ces constats, un dégagement à l'europpéenne a été réalisé à l'automne 2009, soit 13 ans après la coupe d'ensemencement et 8 ans après la coupe finale, pour permettre aux essences désirées de profiter d'une mise en lumière complète. Un nouveau dispositif de recherche a donc été établi pour comparer deux densités de dégagement à l'europpéenne (400 ti/ha et 800 ti/ha) avec un témoin (aucune intervention). Pour faire le suivi des traitements, un réseau de placettes permanentes a été établi.

Les résultats du suivi de 2009 démontrent que le dégagement à l'européenne a été convenablement réalisé, permettant ainsi d'atteindre un ratio important de tiges d'avenir et d'essences désirées, libres de croître. En 2014, cinq des onze unités expérimentales comportent moins de 400 tiges par hectare de chêne rouge. Par contre, si l'ensemble des essences désirées sont considérées, la totalité des unités expérimentales a plus de 400 tiges à l'hectare d'essences désirées. L'intervention sylvicole a également eu un effet positif sur le dégagement des cimes. Est-ce que le dégagement des cimes permettra au chêne d'augmenter sa croissance en hauteur et de dépasser ses compétiteurs ?

Par ailleurs, la région de l'Outaouais a entrepris un virage pour favoriser le chêne rouge et le pin blanc : d'abord dans le cadre d'une fiche VOIC (MFFP 2017)), où, pour des fins de restauration de la biodiversité, il est prescrit que les peuplements comprenant plus de 25% en surface terrière des deux espèces combinées doivent viser la production de ces espèces ; ensuite dans la stratégie de production de bois. Ce projet s'inscrit également dans la recherche de moyen au remplacement du hêtre par des essences à promouvoir tel que recommandé dans l'avis scientifique de la Direction de la recherche du MFFP (DRF, 2017).

Enfin, un projet financé par le programme d'innovation forestière du Centre canadien sur la fibre de bois (Lessard *et al.*, 2018) a permis de proposer des éléments de stratégies d'aménagements et de stratégies sylvicoles pour augmenter la résistance aux changements climatiques en favorisant ces espèces. Le dispositif actuel couvre l'axe suivant :

- **La conversion de peuplements** par la régénération artificielle sous couvert. pour les peuplements avec un bon potentiel de production de chêne rouge, avec une faible **présence de chêne rouge et de pin blanc** (< 25% en surface terrière) et un **couvert protecteur pour la régénération** (critère minimum de 55% et plus).

OBJECTIFS

Ce projet, initié, il y a plus de 15 ans, vise à préciser les scénarios de coupe progressive et les traitements d'éducation afin de favoriser la production de chêne rouge dans des peuplements mal régénérés en essences désirées de l'érablière à tilleul. Un des axes principaux de la stratégie d'aménagement proposée s'applique ici soit la **conversion de peuplement**.

Plus spécifiquement, le suivi de 2014 a pour objectifs, pour différentes intensité de dégagement à l'européenne

- 1) de comparer les effets sur la composition de la régénération
- 2) de comparer les effets sur la dimension des tiges désirées et leur accroissement
- 3) de comparer les effets sur la compétition
- 4) de comparer l'état actuel du degré d'oppression (libre de croître).
- 5) de projeter l'évolution anticipée suite au traitement

1. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Le présent rapport repose sur la validation d'hypothèses de recherche. Elles sont ici présentées par catégories.

1.1. HYPOTHÈSES SUR LA COMPOSITION, LA DENSITÉ ET LA DISTRIBUTION

1.1.1. Composition et densité :

- La plus forte densité de CHR, des essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha dégagées);
- La plus forte densité d'ERS et de HEG est dans T0 (témoin);
- Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, la plus forte densité de CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha dégagées);

1.1.2. Composition et distribution :

- La plus forte distribution de CHR, des essences désirées longévives ou non se retrouve dans T2 (800 ti/ha);
- La plus forte distribution de résineux est dans T0 (témoin);
- La plus faible distribution des espèces compétitives est dans T2 (800 ti/ha);
- Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, la plus forte distribution de CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha dégagées);

1.2. HYPOTHÈSES SUR LA DIMENSION DES TIGES

- La plus grande hauteur du CHR, des essences désirées longévives ou non, est dans T2;
- Le plus grand DHP du CHR, des essences désirées longévives ou non, est dans T2;
- Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, le DHP moyen le plus élevé du CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha dégagées);
- Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, l'accroissement en DHP moyen le plus élevé du CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha dégagées);

- Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, la hauteur moyenne la plus élevée du CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha dégagées);
- Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, l'accroissement en hauteur moyenne le plus élevé du CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha dégagées);
- Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, la plus grande hauteur de tronc sans branche du CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2;
- Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, la plus large cime du CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha).

1.3. HYPOTHÈSES SUR LA COMPÉTITION ET LE NIVEAU DE DÉGAGEMENT DES TIGES

- Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, la plus grande proportion de CHR et des autres essences désirées longévives ou non, libre de croître, est dans T2 (800 ti/ha).
- Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, la majorité de la compétition provient du HEG dans tous les traitements (incluant le témoin);

1.4. HYPOTHÈSE GÉNÉRALE SUR LE BESOIN DE DÉGAGEMENT

- Le CHR, les essences désirées longévives ou non, ont besoin d'un 2^e dégagement dans tous les traitements;
- Il y a suffisamment de CHR, d'essences désirées longévives ou non, pour constituer la nouvelle cohorte du peuplement dans le traitement T2 seulement.

2. MÉTHODES

2.1. SECTEUR À L'ÉTUDE

Le dispositif est établi en Outaouais au nord de la municipalité de Denholm, sur l'aire commune 72-01 (figure 1). Il est situé dans le domaine bioclimatique de l'érablière à tilleul et dans la région écologique des Collines de la Basse-Gatineau (Robitaille et Saucier, 1998). 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.

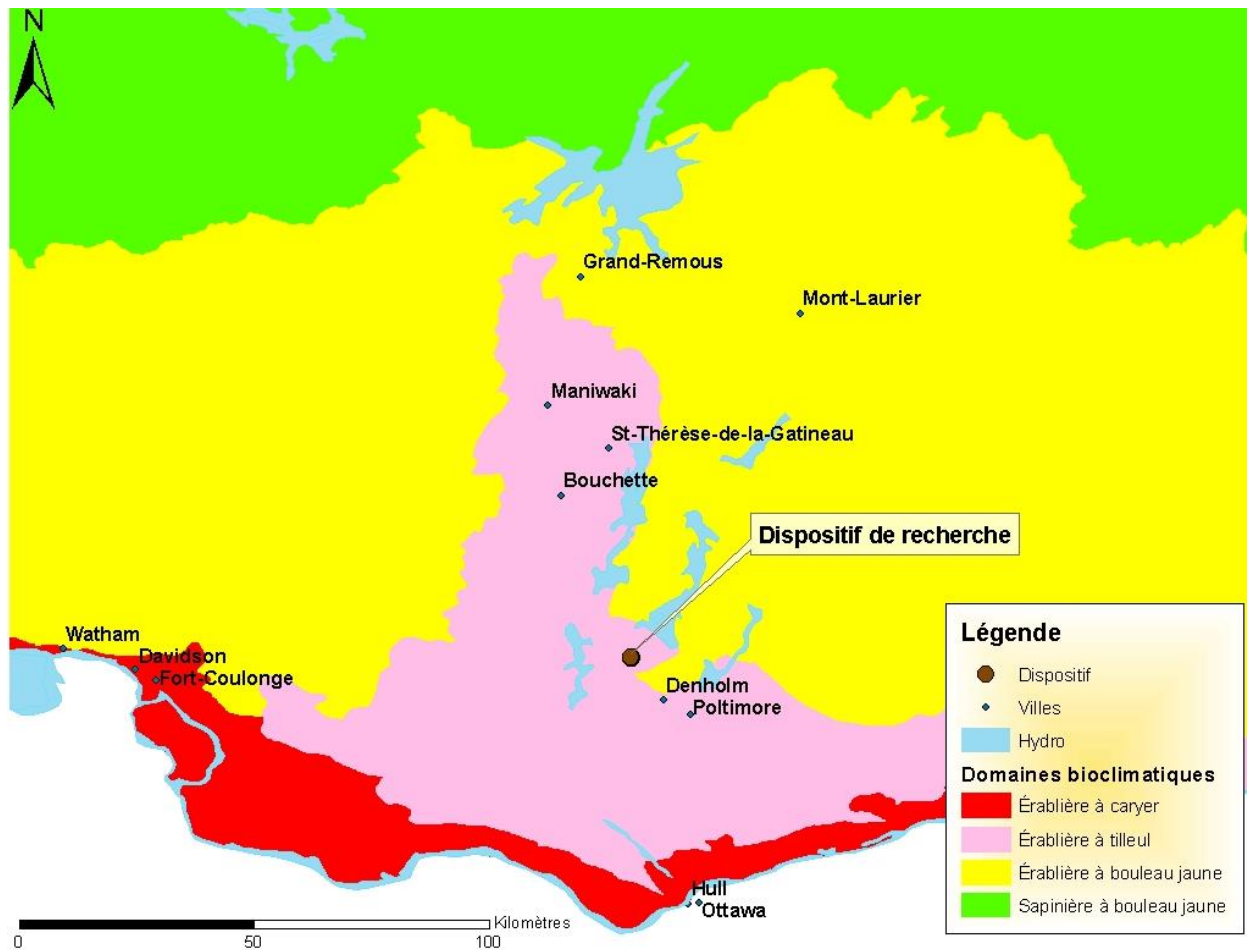


Figure 1. Localisation du dispositif expérimental de chêne rouge de Denholm

2.2. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

2.2.1. Portrait initial en 1996

En 1996, l'inventaire préliminaire a permis de confirmer qu'il s'agissait d'une érablière à feuillus tolérants d'une surface terrière moyenne de 25,3 m²/ha. Cet inventaire (tableau 1) a permis de

confirmer que le hêtre à grandes feuilles occupait 50,2 % de la surface terrière alors que l'érable à sucre occupe 30,0 % et le chêne rouge 4,7 %.

Tableau 1. Composition du peuplement avant intervention (S.T.)

Essences	Surface terrière m ² /ha	%
HEG	12,7	50,2
ERS	7,6	30,0
ERR	2,2	8,7
BOJ	0,9	3,6
CHR	1,2	4,7
CET	0,1	0,4
Autres	0,6	2,4
Total	25,3	100,0

Quelques semenciers en essences désirées (CHR, BOJ, CET) sont présents sur le site. Les gaulis sont composés principalement de hêtre à grandes feuilles, d'érable de Pennsylvanie et d'érable à sucre de 1 à 5 m de hauteur. Aucune régénération en chêne rouge, en bouleau jaune et en cerisier tardif n'a été observée parmi la régénération préétablie.

Une CPE (coupe progressive d'ensemencement) a été pratiquée en 1996 en visant le maintien de 50% à 60% de couvert et le maintien des essences désirées comme semenciers (en ordre de priorité CHR-CET-BOJ-ERS) et la récolte prioritaire du hêtre à grandes feuilles, de l'érable rouge et ensuite des autres espèces compagnes comme l'érable à sucre. Suite à la CPE, il y a eu débroussaillage complet de la régénération préétablie constituée presque uniquement d'essences non désirées, suivi d'un léger brassage du sol par le passage d'une débusqueuse munie de chaîne et circulant en lacet entre les arbres et suivi d'un ensemencement de glands (3000 glands/ha) ou de la plantation de CHR (800 plants/ha). (Lessard *et al.*, 1999). La coupe finale a eu lieu à l'hiver 2001 permettant de protéger la régénération en développement et de la mettre en lumière (Blouin *et al.*, 2003).

2.2.2. Description des traitements de dégagement en 2009

Le dispositif expérimental couvre une superficie de 2,1 ha et les détails des travaux réalisés en 2009 sont présentés dans le rapport de 2010 (Blouin *et al.*, 2010). Deux modalités de dégagement à l'européenne sont comparées à des stations témoin non éclaircies dans un dispositif en blocs complets aléatoire (figure 2). Le dégagement à l'européenne conserve les tiges non-nuisibles sur pied. Cette technique permet de conserver une pression latérale sur la

tige d'avenir et ainsi inhiber le développement des branches tout en stimulant la croissance en hauteur.



Figure 2. Dispositif de suivi du dégagement du chêne rouge montrant la répartition des blocs, des traitements et des placettes établies en 2009 et 2014

Le dispositif expérimental est constitué de 11 unités expérimentales (trois unités n'ayant subi aucune intervention de dégagement) et font office de témoin, quatre ont été traitées par un dégagement à l'européenne qui visait une densité résiduelle en espèces désirées se situant à près de 400 ti/ha et quatre ont été traitées par un dégagement à l'européenne qui visait une densité résiduelle de 800 ti/ha en espèces désirées (tableau 2).

Tableau 2. Description des traitements

Traitements	Description
Témoïn (TEM)	Aucune intervention
Traitement 1 (T1)	Dégagement à l'européenne de 400 ti/ha 5 m entre les tiges résiduelles (minimum 3,5 m, maximum 6 m) Priorité : CET, CHR, BOJ, ERS, BOP, ERR, HEG, SAB, PET
Traitement 2 (T2)	Dégagement à l'européenne de 800 ti/ha 3,5 m entre les tiges résiduelles (minimum 2 m, maximum 4,5 m) Priorité : CET, CHR, BOJ, ERS, BOP, ERR, HEG, SAB, PET

2.2.3. Collecte de données 5 ans après dégagement en 2014

Le suivi des traitements s'est fait dans 80 placettes semi-permanentes (42 implantées en 2009 et 38 implantées en 2014) réparties dans les 11 unités expérimentales (figure 2). Dans ces placettes, les 210 arbres d'avenir mesurés en 2009 avaient été identifiés par une fiche métallique positionnée du côté de la placette, un ruban d'hiver bleu, un ruban d'hiver jaune et une étiquette numérotée. Les tiges d'avenir avaient également été marquées au DHP avec de la peinture Nelson jaune.

Les placettes sont constituées de deux cercles concentriques de 2,82 m (25 m²) et de 5,64 m (100 m²) de rayon. La placette de 2,82 m est utilisée pour évaluer la densité (ti/ha) toutes essences confondues, tandis que la placette de 5,64 m est utilisée pour évaluer les caractéristiques des tiges d'avenir (5 tiges bien réparties (à plus de 3 mètres l'une de l'autre) par placette de 5,64 m) d'essences désirées (CHR, CET, BOJ ou ERS, lorsque présent) parmi les tiges dominantes et co-dominantes de la cohorte. Les informations suivantes des tiges d'avenir ont été notées : essence, hauteur, DHP (gallon circonférentiel), largeur de la cime (4 rayons), largeur de l'ouverture de la cime (jusqu'au double du rayon), hauteur de la dernière branche vivante, ainsi que si la tige est libre de croître (figure 3) et, dans la négative, l'essence qui lui fait le plus de compétition, sa distance et sa hauteur.

2.2.4. Notion de « libre de croître »

La notion de libre de croître se définit comme suit :

Libre de croître : Caractéristiques environnementales favorables au développement d'une tige d'avenir.

Non libre de croître : Lorsqu'une partie d'une tige nuisible est présente dans un cylindre de 1,0 m de rayon à partir de la limite extérieure de la cime, et ce, à partir du 2/3 de la hauteur totale de la tige d'avenir (figure 3).

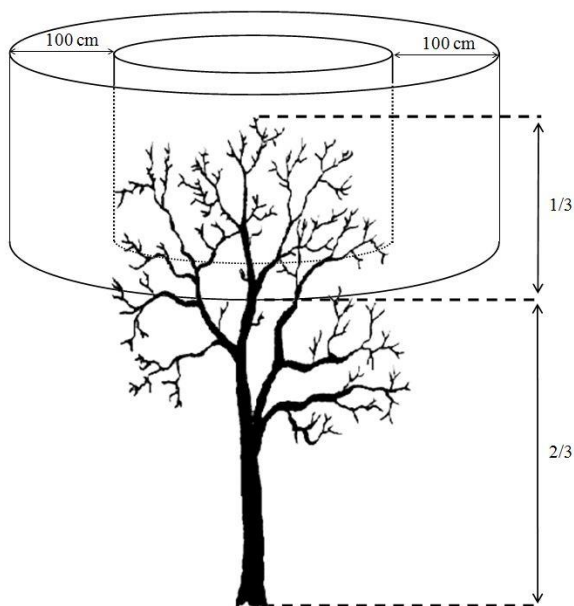


Figure 3. Méthode pour déterminer la libre croissance d'une tige d'avenir

2.2.5. Notion des 500 plus belles tiges à l'hectare

Les 500 plus belles tiges à l'hectare peuvent être considérées comme étant des tiges correspondant aux critères suivants. En ordre de priorité : être d'une essence désirée (CHR, CET, BOJ, BOP ou ERS, lorsque présente), une autre essence (ERR, HEG) à défaut de la présence d'une tige d'une essence désirée, faisant partie des tiges dominantes et co-dominantes de la cohorte, distancée à plus de 3 mètres l'une de l'autre, ayant la plus belle configuration en terme de rectitude du fut et la plus forte dimension (dhp et hauteur), la cime la plus symétrique possible et avec la meilleure position hiérarchique (libre de croître) versus les tiges compétitrices autour d'elle.

C'est donc 5 tiges répondant à ces caractéristiques qui ont été choisies dans chacune des placettes de 100 m² (5,64 m de rayon) représentant ainsi les 500 plus belles tiges à l'hectare du peuplement et constitueront potentiellement le peuplement futur. Il est à noter que ce sont les tiges choisies en 2009 après le dégagement qui ont été remesurées en 2014. Les tiges mortes ont été remplacées par de nouvelles tiges et serviront de référence pour les mesurages futures.

2.2.6. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec la procédure glimmix de SAS 9.4. Les blocs ont été utilisés comme variable aléatoire. Le seuil utilisé pour identifier un effet comme étant significatif est $p < 0.05$. Pour les graphiques présentés sous forme d'histogrammes, les lettres différentes au-dessus des barres représentent une différence significative et la moustache représente l'écart-type. Dans les tableaux de la section Résultats, ce sont les moyennes et les différences significatives entre les traitements par essence qui sont présentés.

Pour les analyses, les groupes d'essence sont constitués de :

- Essences désirées longévives : PIB, CHR, BOJ, TIL (DESt)
- Essences désirées non-longévives : CET, BOP, PEG (DESi)
- ERS
- HEG
- Résineux : EPB, SAB (RES)
- Essences non désirées : ERR, FRA, FRN, OSV, SAL (iDES)
- Essences de compétition : ERP, PRP, VIL (COMP)

Ce sont les tiges de 2 à 14 cm de DHP qui ont été considérées pour les analyses.

Également, un portrait des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties a été réalisé pour les différents traitements.

3. RÉSULTATS

3.1. PORTRAIT DU PEUPEMENT

On présente dans cette section la densité et la distribution par essence et groupes d'essences.

3.1.1. Densité par essence

Le tableau 3 présente la densité de tiges par traitement par essence des tiges de plus de 1 mètre de hauteur 5 ans après le dégagement soit à l'âge de 18 ans. Il est possible d'observer que le chêne rouge, le cerisier tardif et le bouleau jaune sont présents dans une matrice constituée en grande partie en érable de Pennsylvanie, en érable rouge et en hêtre à grandes feuilles.

Tableau 3. Portrait de la densité par essence et traitement à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)(tiges de 1m et plus de hauteur)

Essences	Témoin	Dég 400 ti/ha	Dég 800 ti/ha	Moyenne
BOJ	300 A ¹	329 A	338 A	322
BOP	180 A	46 A	203 A	143
CET	313 A	252 A	157 A	241
CHR	637 A	137 B	840 A	538
EPB	0 A	0 A	15 A	5
ERP	3934 AB	4857 A	2404 B	3732
ERR	3405 B	1990 B	6231 A	3875
ERS	2993 A	822 B	456 B	1424
FRA	0 A	0 A	15 A	5
FRN	16 A	0 A	0 A	5
HEG	7209 A	3961 B	4064 B	5078
OSV	361 A	50 A	312 A	241
PRP	15 A	15 A	0 A	10
SAB	15 A	15 A	0 A	10
SAL	0 A	0 A	31 A	10
TIL	29 A	0 A	0 A	10
VIL	0 A	44 A	15 A	20
Total	19407	12518	15082	15669

¹ : Les analyses statistiques sont linéaires et les lettres représentent les différences significatives entre les traitements au niveau de probabilité de 95%.

Le tableau 4 présente la densité de tiges par traitement pour les essences désirées, les essences désirées non longévives, les non désirées, les essences de compétition et le nombre total de tiges de plus de 1m de hauteur. L'érable à sucre et le hêtre sont défavorisés par le dégagement sans différenciation entre les intensités. La compétition semble favorisée par le dégagement à 400 tiges à l'hectare. Les essences désirées longévives sont favorisées dans le dégagement à 800 tiges à l'hectare

Tableau 4. Portrait de la densité par groupe d'essence et traitement à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)(tiges de 1m et plus de hauteur)

Groupes	Témoin		Dég 400 ti/ha		Dég 800 ti/ha		Moyenne
COMP	3945	AB	4917	A	2419	B	3760
DESi	503	A	315	A	362	A	394
DESt	948	AB	470	B	1176	A	865
ERS	2993	A	822	B	456	B	1424
HEG	7209	A	3961	B	4064	B	5078
iDES	3812	A	2032	A	6594	A	4146
RES	15	B	15	B	16	A	15
Total	19425		12533		15087		15682

3.1.2. Distribution par essence

Le tableau 5 présente la distribution des tiges par traitement par essence des tiges de plus de 1m de hauteur. Le chêne rouge présente une distribution significativement plus élevée à 66% avec le traitement à 800 tiges à l'hectare.

Tableau 5. Portrait de la distribution (%) par essence et traitement à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)(tiges de 1m et plus de hauteur)

Essences	Témoin		Dég 400 ti/ha		Dég 800 ti/ha		Moyenne
BOJ	31	A	27	A	38	A	32
BOP	31	A	11	A	23	A	22
CET	38	A	32	A	23	A	31
CHR	46	AB	22	B	66	A	45
EPB	0	A	0	A	4	A	1
ERP	89	A	96	A	88	A	91
ERR	61	A	71	A	81	A	71
ERS	53	A	55	A	45	A	51
FRA	0	A	0	A	4	A	1
FRN	4	A	0	A	0	A	1
HEG	93	A	93	A	100	A	95
OSV	18	A	7	A	16	A	14
PRP	4	A	4	A	0	A	2
SAB	4	A	4	A	0	A	3
SAL	0	A	0	A	4	A	1
TIL	7	A	0	A	0	A	2
VIL	0	A	4	A	4	A	3

Le tableau 6 présente la distribution des tiges par traitement pour les essences désirées, les essences désirées non longévives, les non désirées et les essences de compétition des tiges de

plus de 1m de hauteur. Le groupe des essences désirées longévives est significativement favorisé avec une distribution de 81% dans le dégagement à 800 tiges à l'hectare.

Tableau 6. Portrait de la distribution (%) par groupe d'essence et traitement à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)(tiges de 1m et plus de hauteur)

Groupes	Témoin		Dég 400 ti/ha		Dég 800 ti/ha		Moyenne
COMP	89	A	96	A	88	A	91
DESi	49	A	41	A	39	A	43
DESt	65	A	37	B	81	A	61
ERS	53	A	55	A	45	A	51
HEG	93	A	93	A	100	A	95
iDES	76	A	71	A	81	A	76
RES	4	A	4	A	4	A	4

3.1.3. DHP par essence

Le tableau 7 présente le DHP moyen des tiges par traitement par essence des tiges de plus de 1m de hauteur. Le DHP moyen de l'ostryer est significativement plus faible quand il y a dégagement sans égard à l'intensité du traitement. Le DHP moyen de l'érable rouge est significativement plus faible pour le dégagement à 800 tiges à l'hectare. Celui du bouleau blanc est significativement plus élevé pour le traitement à 400 tiges à l'hectare. Il n'y a pas d'effet significatif pour le chêne rouge et les autres essences longévives désirées.

Tableau 7. Portrait du DHP moyen (cm) par essence et traitement à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)(tiges de 1m et plus de hauteur)

Essences	Témoin		Dég 400 ti/ha		Dég 800 ti/ha		Moyenne
BOJ	4,7	A	5,5	A	5,2	A	5,1
BOP	4,3	B	8,7	A	4,9	AB	6,0
CET	4,9	A	3,8	A	3,2	A	4,0
CHR	4,5	A	4,8	A	4,0	A	4,4
ERP	2,9	A	2,9	A	2,5	A	2,8
ERR	3,8	A	3,6	A	2,6	B	3,3
ERS	2,6	A	2,8	A	2,8	A	2,7
HEG	2,6	A	2,7	A	2,5	A	2,6
OSV	5,7	A	2,0	B	3,3	B	3,7

Le tableau 8 présente le DHP moyen des tiges par traitement pour les essences désirées, les essences désirées non longévives, les non désirées et les essences de compétition des tiges de plus de 1m de hauteur. Seul le DHP des essences non désirées est significativement plus faible dans le 800 tiges à l'hectare. Il n'y a pas de différences significatives pour toutes les autres essences et les autres traitements.

Tableau 8. Portrait du DHP moyen (cm) par groupe d'essence et traitement à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)(tiges de 1m et plus de hauteur)

Groupes	Témoin		Dég 400 ti/ha		Dég 800 ti/ha		Moyenne
COMP	2,9	A	2,9	A	2,5	A	2,8
DESi	5,1	A	5,8	A	4,5	A	5,2
DESt	4,5	A	5,3	A	4,5	A	4,8
ERS	2,6	A	2,8	A	2,8	A	2,7
HEG	2,6	A	2,7	A	2,5	A	2,6
iDES	4,2	A	3,6	A	2,6	B	3,5

3.2. PORTRAIT DES 500 PLUS BELLES TIGES À L'HECTARE BIEN RÉPARTIES

Cette section présente le portrait et les résultats d'analyse de comparaison des traitements par essence des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties établies en 2009 et remesurées en 2014.

3.2.1. Densité par essence

L'observation des 500 plus belles tiges/ha bien réparties du peuplement à l'âge de 18 ans permet de constater que le traitement de dégagement de 800 ti/ha dirige la composition en espèce et maintient parmi ces tiges : 50% en chêne rouge, 10% en cerisier tardif et 10% en bouleau jaune; contre 25% en chêne rouge, 20% en cerisier tardif, 20% en bouleau jaune dans la portion non dégagée (tableau 9). La densité est significativement plus élevée pour le chêne rouge dans le traitement à 800 tiges à l'hectare, mais significativement moins élevée pour l'érable à sucre dans ce traitement. Pour l'érable rouge, la densité est significativement plus élevée dans le traitement de 400 tiges à l'hectare (figure 4). À noter que les tiges mortes ont été remplacées par de nouvelles tiges mais celles-ci ne sont pas présentées ici puisqu'elles ne pouvaient être utilisées pour les calculs d'accroissement.

Tableau 9. Portrait des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)

Essences	Témoin			Dég 400 ti/ha			Dég 800 ti/ha		
BOJ	92	A	18%	63	A	13%	50	A	10%
BOP	8	A	2%	6	A	1%	7	A	1%
CET	108	A	22%	64	A	13%	42	A	8%
CHR	133	AB	27%	73	B	15%	239	A	48%
ERR	25	B	5%	108	A	22%	71	AB	14%
ERS	92	A	18%	88	A	18%	7	B	1%
HEG	33	A	7%	95	A	19%	84	A	17%
Mortes	8		2%	3		1%	0		0%
Total	500		100%	500		100%	500		100%

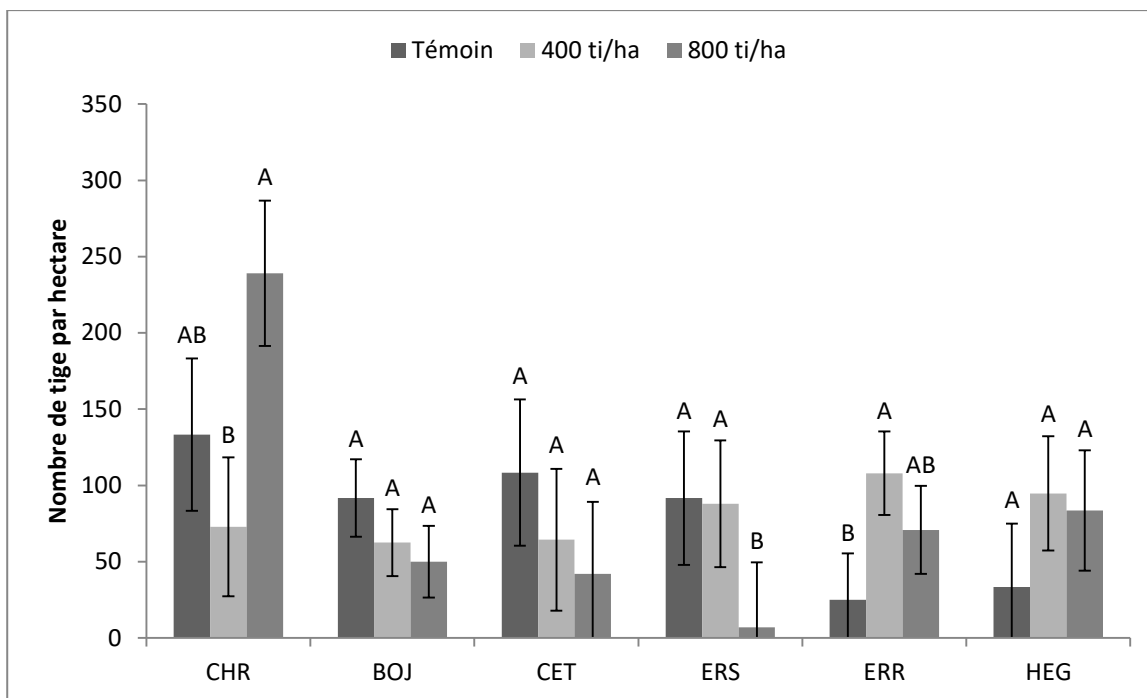


Figure 4. Comparaison par essence de la densité par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties

3.2.2. DHP par essence

Les dimensions en diamètre ne semblent pas affectées significativement par le dégagement (tableau 10). Le dégagement à 400 tiges à l'hectare semble favoriser le cerisier tardif et l'érable rouge. Le DHP plus élevé pour l'érable à sucre n'est pas significatif (figure 5).

Tableau 10. DHP moyen (mm) des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)

Essences	Témoïn		Dég 400 ti/ha		Dég 800 ti/ha		Moyenne
BOJ	81	A	85	A	77	A	81
CET	72	AB	92	A	65	B	76
CHR	53	A	61	A	65	A	59
ERR	55	B	89	A	67	B	70
ERS	65	A	71	A	105	A	80
HEG	47	A	63	A	60	A	57
Moyenne	62		77		73		71

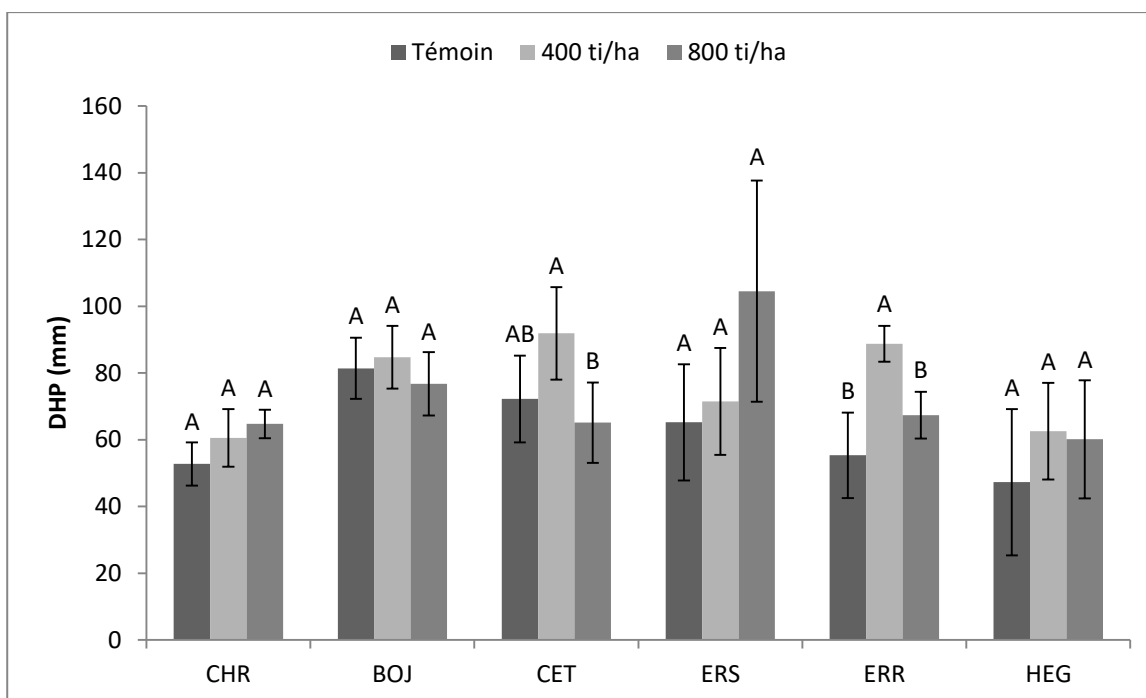


Figure 5. DHP par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties

3.2.3. Accroissement en DHP par essence

Le tableau 11 présente les résultats des accroissements en DHP sur 5 ans. Il est significativement plus élevé pour le chêne rouge pour le dégagement à 800 tiges/ha. Le traitement à 400 tiges/ha semble favoriser significativement par contre l'érable rouge et le hêtre (figure 6).

Tableau 11. Accroissement en DHP (mm) sur 5 ans par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties

Essences	Témoïn		Dég 400 ti/ha		Dég 800 ti/ha		Moyenne
BOJ	30	A	35	A	37	A	34
CET	28	A	37	A	31	A	32
CHR	19	B	29	AB	33	A	27
ERR	19	B	43	A	33	AB	32
ERS	28	A	50	A	49	A	42
HEG	11	B	25	A	26	AB	21
Moyenne	22		36		35		31

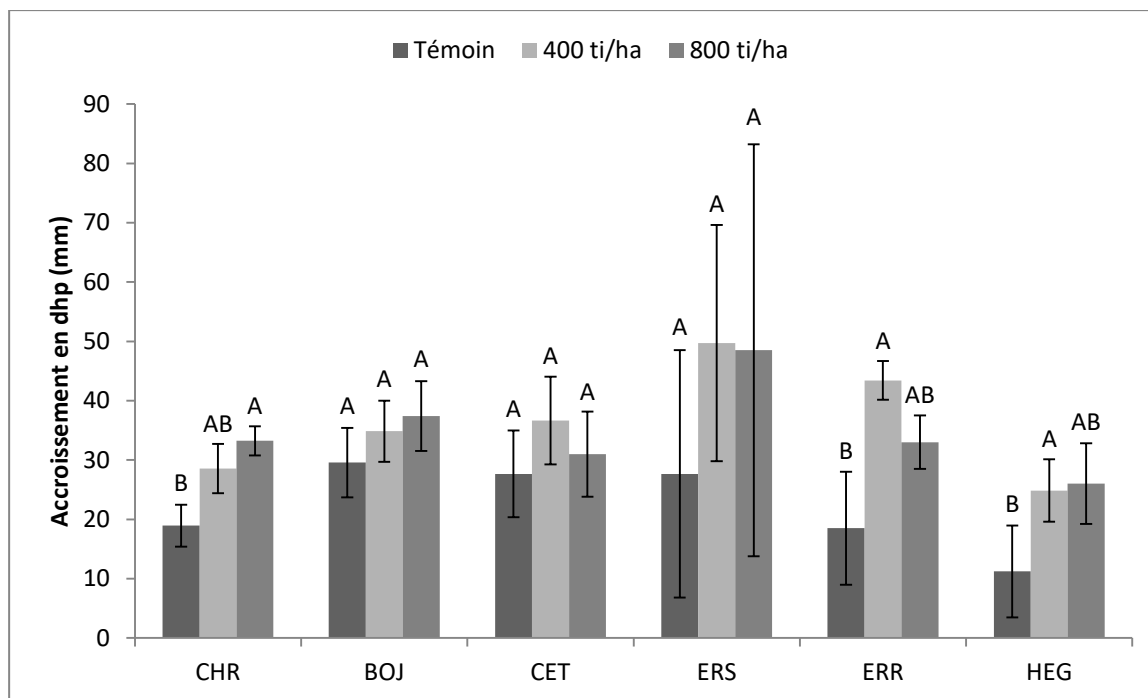


Figure 6. Accroissement en DHP sur 5 ans par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties

3.2.4. Hauteur par essence

Les dimensions en hauteur ne semblent pas affectées significativement par le dégagement (tableau 12) à part l'érable rouge dans le traitement à 400 tiges/ha (figure 7).

Tableau 12. Hauteur moyenne (cm) des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)

Essences	Témoिन		Dég 400 ti/ha		Dég 800 ti/ha		Moyenne
BOJ	976	A	926	A	810	A	904
CET	778	A	800	A	674	A	751
CHR	695	A	729	A	699	A	707
ERR	707	B	1014	A	739	B	820
ERS	772	A	597	A	945	A	771
HEG	570	A	598	A	618	A	595
Total	749		777		748		758

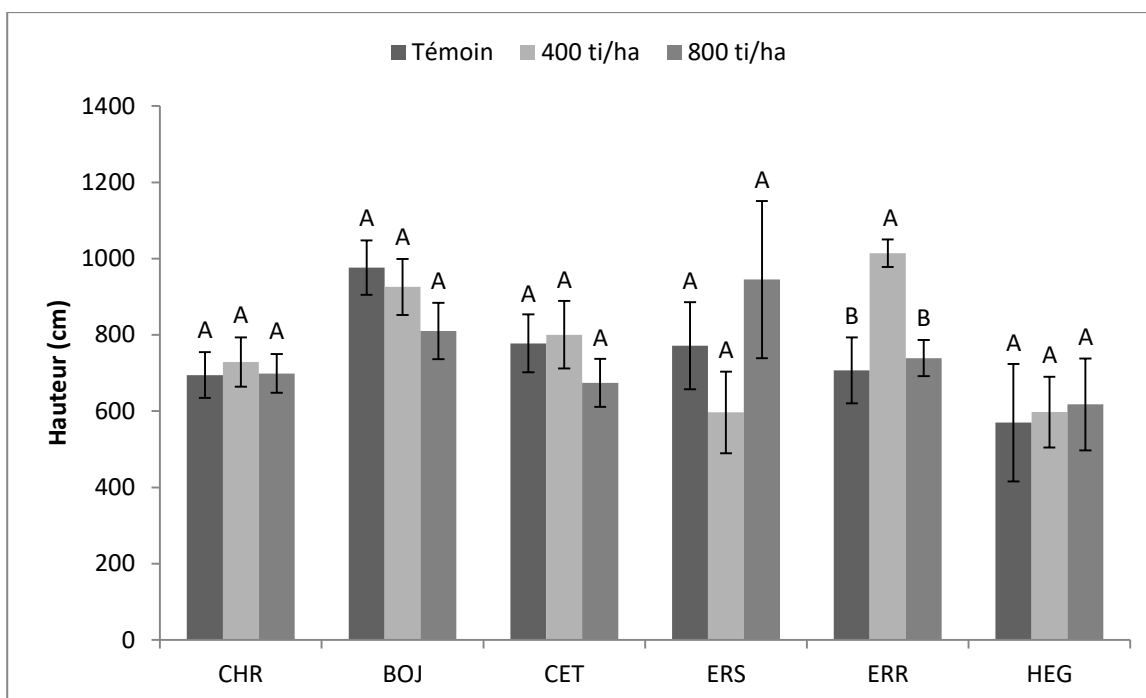


Figure 7. Hauteur par essences et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties

3.2.5. Accroissement en hauteur par essence

Le tableau 13 présente l'accroissement en hauteur sur 5 ans par essence. La seule différence significative pour toutes les essences et tous les traitements se trouve pour l'érable rouge, favorisé dans le traitement à 400 tiges à l'hectare (figure 8).

Tableau 13. **Accroissement en hauteur (cm) sur 5 ans des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)**

Essences	Témoïn		Dég 400 ti/ha		Dég 800 ti/ha		Moyenne
BOJ	178	A	208	A	239	A	208
CET	227	A	203	A	159	A	196
CHR	222	A	261	A	208	A	230
ERR	158	AB	306	A	135	B	200
ERS	156	A	74	A	268	A	166
HEG	53	A	53	A	58	A	55
Moyenne	165		184		178		176

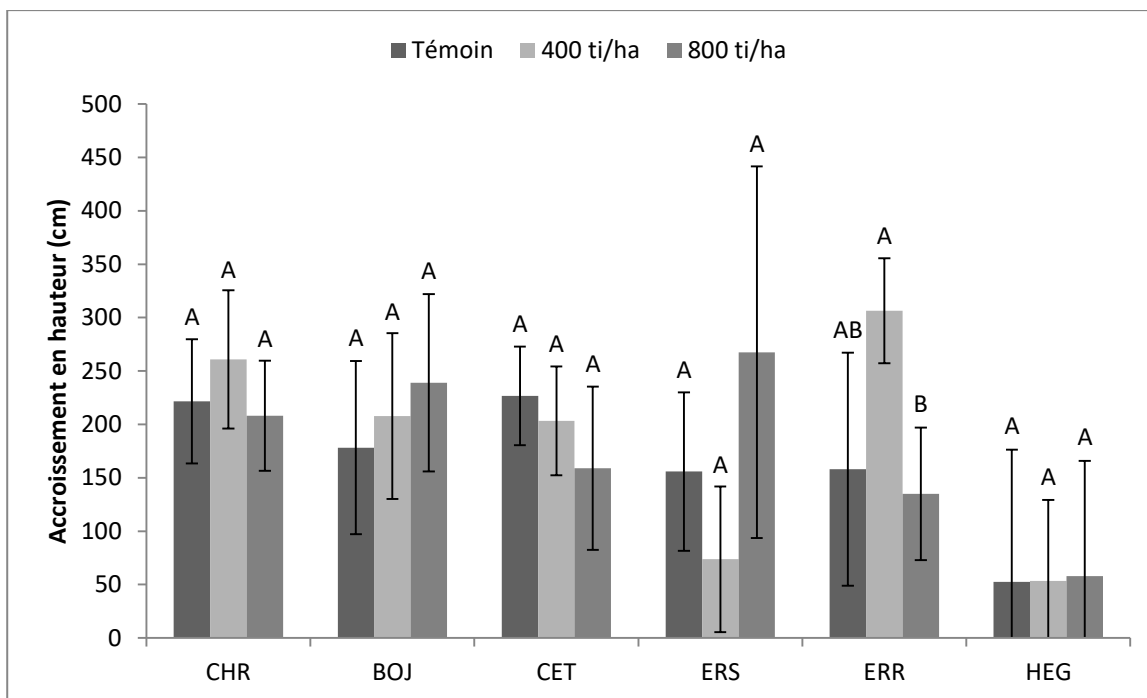


Figure 8. Accroissement en hauteur sur 5 ans par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties

3.2.6. Hauteur sans branches par essence

Le tableau 14 présente la hauteur sans branches. Elle est significativement plus élevée pour le bouleau jaune dans le témoin, ce qui signifie que l'espèce est défavorisée par le dégagement pour ce paramètre. Pour le cerisier, le dégagement à 400 tiges/ha semble favoriser sa hauteur sans branches. Il n'y a pas d'autres résultats significatifs (figure 9).

Tableau 14. Hauteur sans branches par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties

Essences	Témoïn		Dég 400 ti/ha		Dég 800 ti/ha		Moyenne
BOJ	294	A	237	B	190	B	240
CET	233	AB	281	A	176	B	230
CHR	260	A	277	A	270	A	269
ERR	265	A	229	A	204	A	233
ERS	245	A	174	A	155	A	191
HEG	104	A	118	A	147	A	123
Moyenne	234		219		190		214

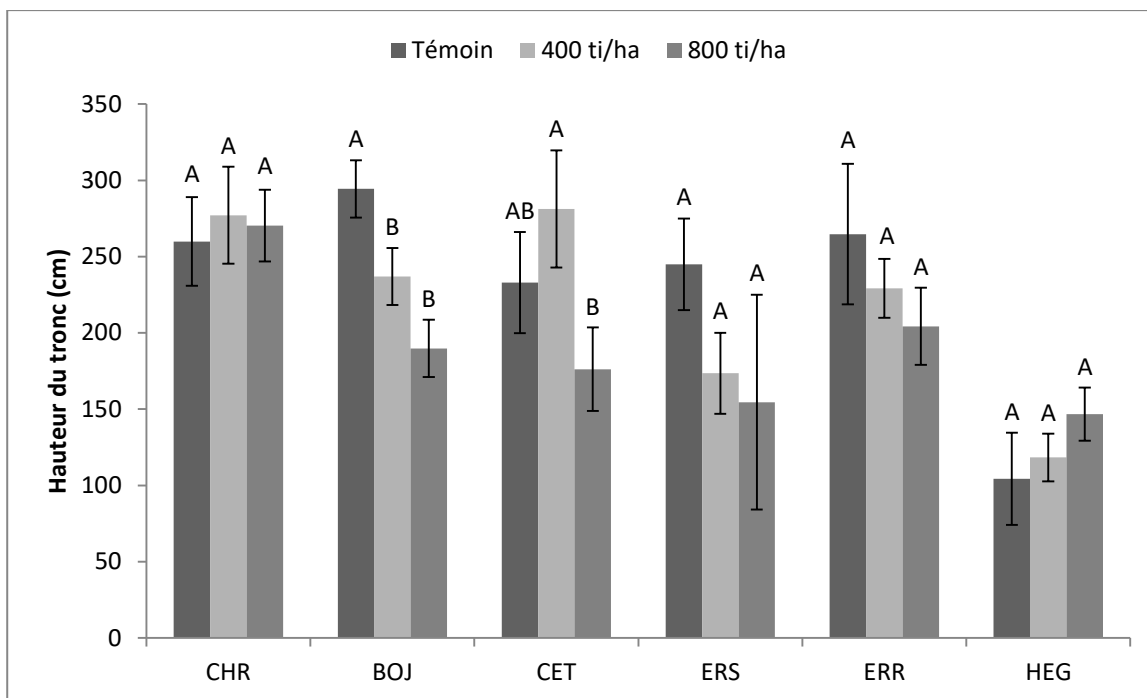


Figure 9. Hauteur sans branches par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties

3.2.7. Rayon de la cime par essence

Le rayon de la cime est présenté au tableau 15. Le dégagement favorise un rayon de cime plus élevé pour l'érable rouge et le cerisier tardif, particulièrement le dégagement à 400 tiges/ha. Le rayon de cime est significativement plus élevé pour l'érable à sucre pour le traitement à 800 tiges/ha (figure 10).

Tableau 15. Rayon de la cime (cm) par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties

Essences	Témoïn		Dég 400 ti/ha		Dég 800 ti/ha		Moyenne
BOJ	98	A	117	A	110	A	108
CET	88	B	130	A	98	AB	105
CHR	92	A	97	A	104	A	98
ERR	73	B	131	A	99	AB	101
ERS	82	B	81	B	138	A	100
HEG	80	A	116	A	103	A	100
Moyenne	86		112		109		102

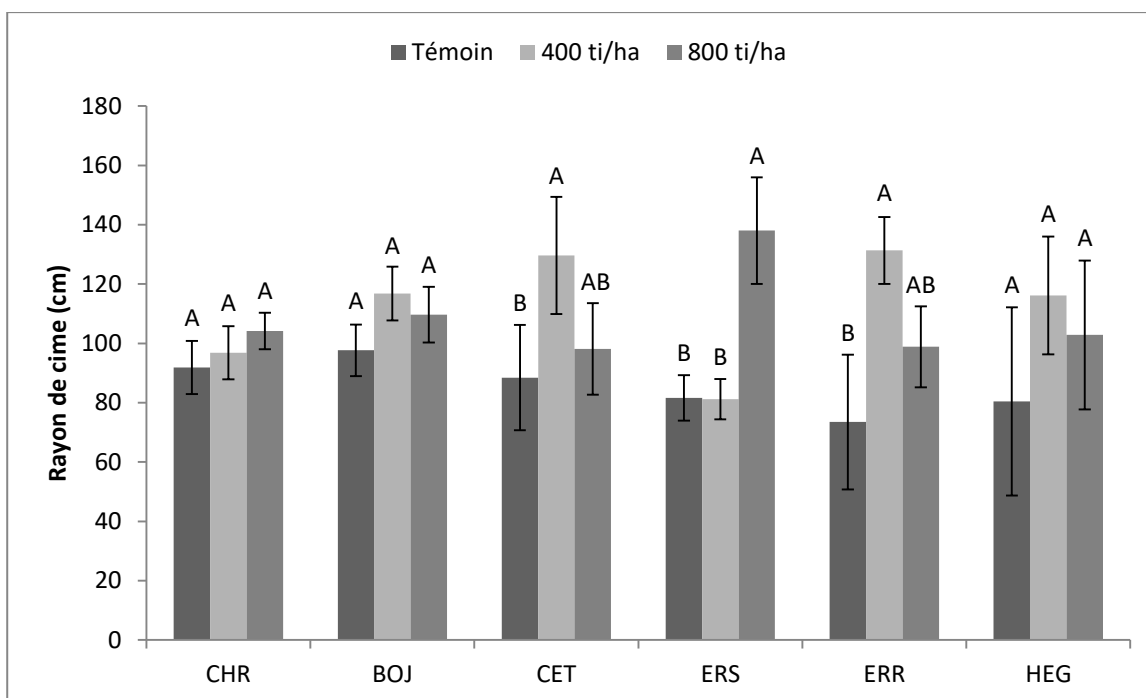


Figure 10. Rayon de la cime par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties

3.2.8. Libre de croître par essence

Cinq ans après ce dégagement, l'effet du dégagement se fait toujours sentir avec plus de 68% des tiges d'avenir considérées libres de croître contre seulement 35% des tiges dans la portion non dégagée (tableau 16). Il est significativement plus élevé pour le dégagement à 800 tiges à l'hectare pour le chêne rouge. Par contre, il n'y a pas d'effet significatif de l'intensité de traitement pour les autres essences (figure 11). En comparant la proportion de tiges libre de croître suite au dégagement et 5 ans plus tard, il est possible de constater qu'en moyenne 10% moins de tiges sont libres de croître 5 ans après le dégagement alors que 35% des tiges sont devenues libres de croître dans le témoin (tableau 17).

Tableau 16. Proportion des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties libre de croître à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)

Essences	Témoin		Dég 400 ti/ha		Dég 800 ti/ha		Moyenne
BOJ	27%	A	56%	A	68%	A	50%
BOP	100%	A	50%	A	83%	A	78%
CET	35%	A	60%	A	33%	A	43%
CHR	29%	B	44%	AB	63%	A	45%
ERR	17%	B	79%	A	72%	A	56%
ERS	36%	A	33%	A	100%	A	56%
HEG	0%	B	60%	A	58%	A	39%
Total	35%		55%		68%		53%

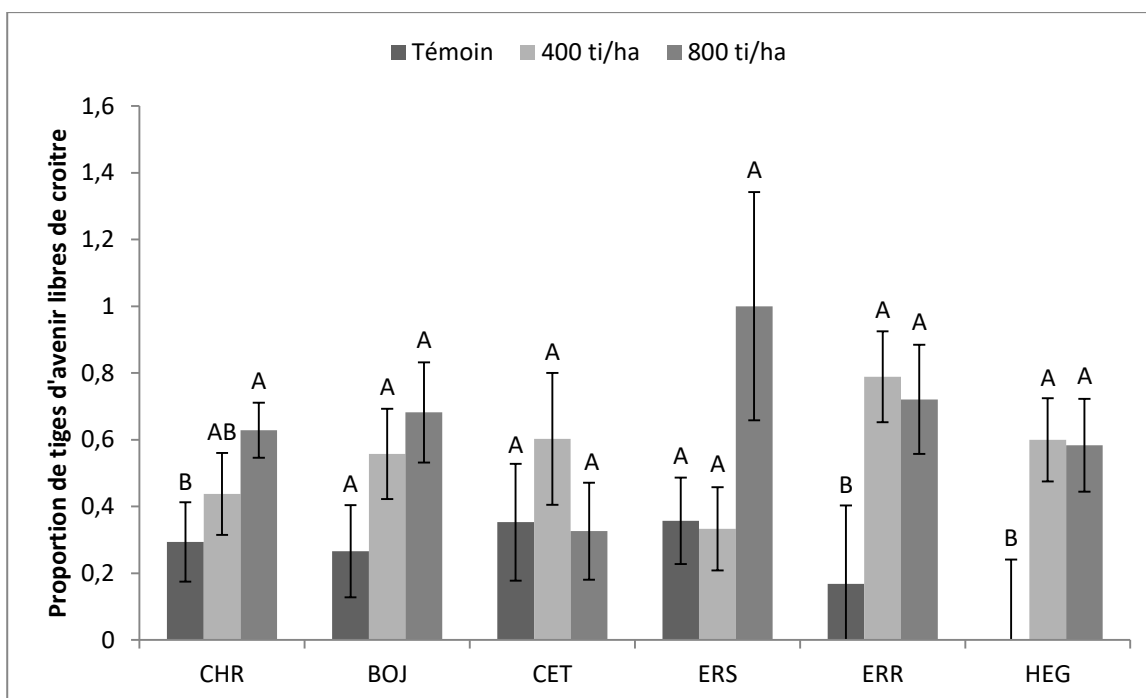


Figure 11. Proportion de tiges libre de croître par essence et par traitement aux seins des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties

Tableau 17. Comparaison entre 2009 (après dégagement) et 2014 (5 ans après dégagement) de la proportion des 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties libre de croître

Essences	Témoïn		Dég 400 ti/ha		Dég 800 ti/ha	
	2009	2014	2009	2014	2009	2014
BOJ	0%	27%	70%	56%	58%	68%
BOP	0%	100%	100%	50%	0%	83%
CET	0%	35%	75%	60%	67%	33%
CHR	0%	29%	48%	44%	83%	63%
ERR	17%	17%	79%	79%	100%	72%
ERS	0%	36%	68%	33%	100%	100%
HEG	0%	0%	71%	60%	100%	58%
Total	0%	35%	65%	55%	77%	68%

Dans le tableau 18, il est possible de remarquer qu'en moyenne, 58% de la compétition faite aux plus belles tiges à l'hectare bien réparties non libre de croître est faite par une autre tige d'essence désirée, soit : à 14% par le BOJ, 5% par le BOP, 9% par le CET, 17% par le CHR, 12% par l'ERS et 1% par le TIL.

Tableau 18. Proportion des essences des tiges compétitrices aux 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties non libre de croître à l'âge de 18 ans (5 ans après un dégagement)

Essences	Témoin	Dég 400 ti/ha	Dég 800 ti/ha	Moyenne
BOJ	16%	10%	17%	14%
BOP	11%	3%	0%	5%
CET	7%	15%	6%	9%
CHR	11%	10%	34%	17%
ERP	9%	8%	3%	7%
ERR	22%	27%	8%	20%
ERS	16%	12%	6%	12%
HEG	4%	15%	17%	12%
OSV	4%	0%	6%	3%
TIL	0%	0%	3%	1%
Total	100%	100%	100%	100%

4. DISCUSSION

Cette section est en lien avec les hypothèses posées au départ du projet. Une discussion sur les scénarios complète la section.

4.1. RÉPONSES AUX HYPOTHÈSES

4.1.1. Hypothèses sur la composition, la densité et la distribution

4.1.1.1. Composition et densité

La plus forte densité de CHR, des essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha dégagées)

Chêne rouge : NON

Il n'y a pas de différence significative avec le témoin. Par contre, le chêne rouge est moins présent en nombre de tiges/hectares dans le T1 (400 ti/ha dégagées), celui-ci étant en plus faible quantité avant même le traitement de dégagement de 2009.

Essences désirées longévives : OUI

Les essences désirées longévives sont favorisées dans le dégagement à 800 tiges à l'hectare. Par contre, elles sont en nombre inférieur de tiges/hectares dans le T1 (400 ti/ha dégagées)

Essences désirées non longévives : NON

Il n'y a pas de différences significatives dégagées ou non

La plus forte densité d'ERS et de HEG est dans T0 (témoin)

ERS et HEG : OUI

L'érable à sucre et le hêtre sont défavorisés par le dégagement sans différenciation entre les intensités.

Les essences de compétition sont le plus défavorisées dans le T2 (800 ti/ha)

COMP : OUI

Les espèces de compétition sont significativement inférieures en nombre. Par contre, la compétition semble favorisée par le dégagement à 400 tiges à l'hectare.

Les espèces résineuses sont défavorisées par le dégagement

RES : NON

Le nombre de tige est même significativement supérieur dans le T2 (800 ti/ha)

Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare bien réparties, la plus forte densité de CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha dégagées)

Chêne rouge : OUI

Le nombre de tiges est significativement plus élevé dans le T2 (800 ti/ha). Mais il est significativement moins élevé dans le T1 (400 ti/ha dégagées).

Autres essences désirées longévives : NON

Il n'y a pas de différences significatives, notamment pour le BOJ. Il n'y a pas de PIB et TIL dans les 500 ti/ha les plus belles.

Essences désirées non longévives NON

Il n'y a pas de différences significatives pour le CET et le BOP

4.1.1.2. Composition et distribution

La plus forte distribution de CHR, des essences désirées longévives ou non, se retrouve dans T2 (800 ti/ha).

Chêne rouge : OUI

Elle est favorisée dans le dégagement à 800 tiges à l'hectare. Par contre, la distribution est inférieure dans T1 (400 ti/ha).

Essences désirées longévives : NON

Il n'y a pas de différences significatives dans l'ensemble pour le T2 (800 ti/ha), ni le T1 (400 ti/ha).

Essences désirées non longévives : NON

Il n'y a pas de différences significatives dans l'ensemble pour le T2 (800 ti/ha), ni le T1 (400 ti/ha).

La plus faible distribution des espèces compétitives est dans T2 (800 ti/ha)

COMP : NON

Il n'y a pas de différences significatives.

4.1.2. Hypothèses sur la dimension des tiges

4.1.2.1. DHP et accroissement en DHP

Le plus grand DHP du CHR, des essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha dégagées).

Chêne rouge : NON

Pas de différences significatives

Essences désirées longévives : NON

Il n'y a pas de différences significatives dans l'ensemble pour le T2 (800 ti/ha), ni le T1 (400 ti/ha).

Essences désirées non longévives : Non

Il n'y a pas de différences significatives dans l'ensemble pour le T2 (800 ti/ha), ni le T1 (400 ti/ha). Par contre, pour le bouleau blanc, le DHP est significativement plus élevé dans le T1 (400 ti/ha).

Le plus faible DHP des essences non-désirées, est dans T2 (800 ti/ha dégagées).

iDES : OUI

Le résultat est significatif et concerne principalement l'érable rouge.

Mais il ne diminue pas significativement dans le T1 (400 ti/ha). L'ostryer apparait le plus affecté par les deux dégagements.

Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, la DHP moyen le plus élevé du CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha dégagées).

Chêne rouge : NON

Pas de différences significatives

Autres essences désirées longévives : NON

Il n'y a pas de différences significatives de DHP moyen du bouleau jaune pour le T2 (800 ti/ha), ni le T1 (400 ti/ha).

Essences désirées non longévives : NON

Pour le cerisier tardif, le DHP moyen est significativement plus faible pour le T2 (800 ti/ha), et significativement plus élevé dans le T1 (400 ti/ha).

A noter que pour l'érable rouge, ce sont les mêmes observations que pour le cerisier tardif.

Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, l'accroissement en DHP moyen le plus élevé du CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha dégagées)

Chêne rouge : OUI

La différence est significative aussi avec le T1 (400 ti/ha)

Autres essences désirées longévives ou non : NON

Pas de différences significatives.

Le dégagement a favorisé l'accroissement en diamètre de l'érable rouge et du hêtre, mais plus particulièrement dans le T1 (400ti/ha)

4.1.2.2. Hauteur et accroissement en hauteur

Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, la hauteur moyenne la plus élevée du CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha dégagées)

Chêne rouge, autres essences désirées longévives ou non : NON

Pour aucune des espèces désirées, on retrouve des résultats significatifs.

Le dégagement a favorisé significativement une hauteur moyenne plus levée pour l'érable rouge, plus particulièrement dans le T1 (400 ti/ha).

Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, l'accroissement en hauteur moyenne le plus élevé du CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha dégagées)

Chêne rouge, autres essences désirées longévives ou non : NON

Mêmes résultats pour les essences désirées et l'érable rouge que pour la hauteur.

Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, la plus grande hauteur de tronc sans branche du CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha).

Chêne rouge : NON

Aucune différence significative.

Autres essences désirées longévives : NON

Pour le bouleau, plus l'intensité de dégagement est élevée, plus la hauteur sans branche diminue significativement.

Essences désirées non longévives : OUI

Dans le cas du cerisier tardif, le dégagement du T2 (800 ti/ha) est significativement plus élevé.

Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, la plus large cime du CHR et des autres essences désirées longévives ou non, est dans T2 (800 ti/ha).

Chêne rouge : NON

Aucune différence significative pour le chêne rouge.

Érable à sucre : OUI

Seul le dégagement du T2 (800 ti/ha) a un effet significatif et important sur la largeur de cime.

Cerisier tardif : NON

Érable rouge : NON

Pour ces deux espèces, le dégagement a favorisé une cime significativement plus développée, mais significativement plus élevée dans le T1 (400 ti/ha).

4.1.3. Hypothèses sur la compétition et le niveau de dégagement des tiges

Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties la plus grande proportion de CHR et des autres essences désirées longévives ou non, libre de croître, est dans T2 (800 ti/ha).

Chêne rouge : OUI

Le dégagement a un effet nettement significatif sur la proportion de chêne rouge libre de croître, et ce particulièrement dans T2 (800 ti/ha), où les 2/3 des tiges sont encore dégagées après 5 ans.

Par contre, la compétition demeure importante et un dégagement serait à nouveau nécessaire pour optimiser le maintien éventuel d'une dominance de cette espèce. Un dégagement serait d'autant plus nécessaire dans le T1 (400 ti/ha) où moins de la moitié des tiges sont libres de croître.

Pour les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties, la majorité de la compétition provient du HEG dans tous les traitements (incluant le témoin)

NON

Il y a peu de compétition par le hêtre et l'érable rouge dans le témoin.

Par contre, le dégagement a un effet très significatif sur leur liberté de croître, engendrant un fort risque de compétition potentielle.

4.1.4. Hypothèses générales sur le besoin de dégagement

Le CHR, les essences désirées longévives ou non, ont besoin d'un 2^e dégagement dans tous les traitements;

Chêne rouge, autres essences désirées longévives ou non : OUI

Que ce soit pour le chêne rouge ou les autres essences désirées, avec moins du 2/3 des tiges d'avenir libre de croître 5 ans après le dégagement, un 2^e dégagement est à planifier rapidement afin de conserver leur position dominante dans le futur peuplement. d'autant plus que ces données datent déjà de 2014.

Il y a suffisamment de CHR, d'essences désirées longévives ou non, pour constituer la nouvelle cohorte du peuplement dans le traitement T2 seulement.

Chêne rouge, essences désirées longévives ou non : OUI

En considérant que le peuplement futur sera potentiellement constitué d'individus recrutés parmi les 500 plus belles tiges qui sont actuellement bien distribuées à l'hectare et que celles-ci représentent plus de 70% de la composition et que le 2/3 de celles-ci étaient libre de croître 5 ans après le 1^e dégagement, il est possible de prétendre que ces tiges formeront l'étage dominant du peuplement futur en considérant la réalisation d'un 2^e dégagement leur assurant le maintien de cette position. Il est encore cependant possible de modifier la composition par un dégagement approprié.

4.2. SYNTHÈSE SUR LES EFFETS DU DÉGAGEMENT

Cette sous-section discute des effets du dégagement et des deux intensités de dégagement expérimentés. Nous rappelons que le peuplement comportait initialement 4,7% de chêne rouge et que l'objectif est une conversion en chênaie à chêne rouge et érable à sucre. Nous posons comme objectif : 200 arbres à maturité et plus de 150 chênes rouges à l'hectare, soit une chênaie à chêne rouge.

4.2.1. Avantage du traitement T2 (800 ti/ha)

Cette intensité de traitement se distingue particulièrement pour ses effets sur plusieurs paramètres importants pour le chêne rouge notamment son nombre de tiges/ha, son coefficient de distribution et l'accroissement en diamètre. De plus, 2/3 des tiges sont libres de croître 5 ans après le dégagement. Les tableaux 19 et 20 présentent une synthèse des paramètres étudiés

pour cette essence. On remarque également qu'il n'y a pas d'effets significatifs sur plusieurs paramètres comme le diamètre moyen, la hauteur ou la dimension de cime. Le chêne rouge est-il lent à réagir au dégagement ? Plusieurs experts l'ont effectivement mentionné durant l'atelier provincial tenu sur le chêne rouge (Lessard et al., 2018) dans le cas où le chêne est supprimé depuis quelques années. Certains auteurs nord-américains mentionnent que la régénération de chêne rouge peut bénéficier :

- d'un dégagement hâtif. Certains auteurs proposent 3 ans (Paquette et al., 2006; Johnson 1984).
- de plusieurs interventions successives. Même si les effets peuvent se manifester même après 10 ans (Schuler, 2006), un ou deux dégagements successifs par puits de lumière peuvent être nécessaires pour poursuivre les effets positifs de cette intervention

Tableau 19. Synthèse des paramètres étudiés pour le chêne rouge

Paramètre	Témoïn		Dég. 400 ti/ha		Dég. 800 ti/ha		Moyenne
N ti/ha (>1m)	637	A ¹	137	B	840	A	538
Distribution (%)	46	AB	22	B	66	A	45
DHP moyen (cm)	4,5	A	4,8	A	4,0	A	4,4

¹ : Les analyses statistiques sont linéaires et les lettres représentent les différences significatives entre les traitements au niveau de probabilité de 95%.

Tableau 20. Synthèse des paramètres pour le chêne rouge parmi les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties

Paramètre (500 plus belles ti/ha bien réparties)	Témoïn		Dég. 400 ti/ha		Dég. 800 ti/ha		Moyenne
N ti/ha (>1m)	133	AB ¹	73	B	239	A	
% des tiges	27		15		48		
DHP moyen	53	A	61	A	65	A	59
Acc DHP moyen (mm)	19	B	29	AB	33	A	27
Hauteur (cm)	695	A	729	A	699	A	710
Acc en hauteur (cm)	222	A	261	A	208	A	230
Hauteur sans branche (cm)	260	A	277	A	270	A	269
Rayon de la cime (cm)	92	A	97	A	104	A	98
Libre de croître (%)	29	B	44	AB	63	A	45

¹ : Les analyses statistiques sont linéaires et les lettres représentent les différences significatives entre les traitements au niveau de probabilité de 95%.

Une des explications possibles est l'effet de la proximité des 800 tiges dégagées, réparties uniformément sur un hectare (l'espacement moyen entre les tiges est de 3,5 m) :

- Si on calcule la superficie occupée par le dégagement d'une tige (πR^2) avec un rayon de 1,8 m, on obtient une superficie de 10,2 m².
- Or si on compare la superficie d'un cercle ayant un diamètre de 3,6 m avec la superficie d'un carré de 3,6 m de côté, on constate que le cercle occupe 78,5 % de la superficie (10,2/12,96), comme l'illustre la figure suivante.

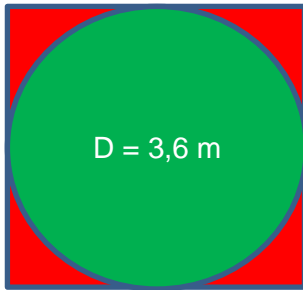


Figure 12. Proportion d'un carré occupée par un cercle où le diamètre du cercle égale la longueur du côté du carré (78,5%)

- Avec 800 ti/ha, la superficie dégagée théorique atteint 8160 m² soit 81,6 % d'un hectare. En pratique, ceci implique que les cercles dégagés se touchent pratiquement entre eux, permettant ainsi de doubler souvent le rayon de dégagement, accentuant la mise en lumière des cimes de chêne rouge et prolongeant probablement l'effet du dégagement. Ces effets ne sont pas présents pour le T1 dégageant 400 ti/ha où la superficie dégagée représente seulement 40,8 % de la superficie.
- Cette intensité de 800 ti/ha s'approche presque d'un dégagement systématique en plein avec cependant comme avantage de maintenir une plus grande diversité avec 21,5 % de superficie non traitée (partie rouge du carré de la figure 12).

La compétition provient principalement du hêtre (5078 ti/ha, distribution 95 %), de l'érable rouge (3875 ti/ha, distribution 71 %) et de l'érable de Pennsylvanie (3732 ti/ha, distribution 91 %), ce qui apparaît très important comparativement aux 538 ti/ha, (distribution 45 %) de chêne rouge.

Cette compétition était peut-être en dessous du 1/3 supérieur dégagé; soudainement mise en lumière, elle a probablement poussée pour venir *compétitionner* la cime des arbres dégagés. Il y aurait également des tiges en bordure qui ont poussé en élargissant leur cime vers les cimes des arbres précédemment dégagés.

4.2.2. Particularité du traitement T1 (400 ti/ha)

Pour le nombre de tiges à l'hectare, le traitement T2 (800 tiges/ha) a entraîné une plus grande propension de l'éérable rouge. Mais il semble que ce soit le seul paramètre où ce traitement a favorisé l'éérable rouge (tableau 21).

À la lecture des tableaux 21 et 22, on remarque que pour les 500 plus belles tiges, bien réparties, le traitement T1 (400 ti/ha) est très favorable à l'éérable rouge pour le diamètre, la hauteur et une plus grande cime. En même temps, ce traitement présente une densité et une distribution significativement plus faible pour le chêne que le T2 (800 ti/ha), même significativement plus faible que pour le témoin. Le nombre de tiges/ha du ERP y est aussi le plus élevé et le DHP moyen du BOP également. Présent parmi les 500 plus belles tiges à l'hectare bien distribuée, le cerisier tardif présente dans le traitement T1 (400 ti/ha) un DHP moyen, une hauteur sans branche et un rayon de cime plus élevés que dans les autres traitements (T2 et témoin).

Nettement, ce traitement offre des conditions avantageuses pour certaines essences profitant de l'apport de lumière du dégagement. **Mais pourquoi ces essences de lumière profitent-elles dans une intensité de dégagement moindre ?**

La réponse se retrouve dans le fait qu'environ 40% de la superficie est traitée, donc que la dynamique naturelle favorise, dans le 60% résiduel, les espèces de lumière qui poursuivent leur croissance et profitent également du dégagement des tiges d'avenir. À l'opposé, nous l'avons mentionné plus haut, le traitement plus intensif traite plus de superficie, en fait presque la totalité de l'hectare. Ainsi plus de tiges d'éérable rouge, de bouleau blanc et de cerisier tardif sont favorisées à l'hectare et se classent dans les 500 plus belles tiges bien réparties.

Tableau 21. Synthèse des paramètres étudiés pour l'éérable rouge

Paramètre	Témoin		Dég. 400 ti/ha		Dég. 800 ti/ha		
N ti/ha (>1m)	3405	B ¹	1990	B	6231	A	3875
Distribution (%)	61	A	71	A	81	A	71
DHP moyen	3,8	A ¹	3,6	A	2,6	B	3,3

¹ : Les analyses statistiques sont linéaires et les lettres représentent les différences significatives entre les traitements au niveau de probabilité de 95%.

Tableau 22. Synthèse des paramètres pour l'érable rouge parmi les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien réparties

Paramètre (500 plus belles tiges/ha bien réparties)	Témoin		Dég. 400 ti/ha		Dég. 800 ti/ha		
N ti/ha (>1m)	25	B ¹	108	A	71	AB	
% des tiges	5		22		14		
DHP moyen	5,5	B	8,9	A	6,7	B	7,0
Acc DHP moyen (mm)	19	B	43	A	33	AB	32
Hauteur (cm)	7,1	B	10,1	A	7,4	A	9,2
Acc en hauteur (cm)	158	AB	306	A	135	B	200
Hauteur sans branche (cm)	265	A	229	A	204	A	233
Rayon de la cime (cm)	73	B	131	A	99	AB	101
Libre de croître (%)	17	B	79	A	72	A	56

¹ : Les analyses statistiques sont linéaires et les lettres représentent les différences significatives entre les traitements au niveau de probabilité de 95%.

4.3. SYNTHÈSE GÉNÉRALE DU SCÉNARIO POUR L'AXE DE CONVERSION DE LA STRATÉGIE D'AMÉNAGEMENT.

4.3.1. Peuplement cible

Nous rappelons que le peuplement comportait initialement 4,7% de chêne rouge et 50,2% de hêtre à grandes feuilles. L'objectif d'aménagement est une **conversion en chênaie à chêne rouge et érable à sucre**. Cette proposition de composition s'inscrit dans la lignée de l'avis scientifique de la Direction de la recherche forestière (2017) où le remplacement du hêtre est recommandé. Parmi les avantages de cette espèce (Lessard et al, 2018), nous retrouvons :

- Trois fois plus de valeur qu'une érablière à maturité;
- Une espèce dont les fruits possèdent une certaine valeur de remplacement des faines de hêtres (ex : apport protéiné pour les ours avant l'hiver);
- Meilleures résistances aux sécheresses de printemps en lien avec les changements climatiques.

Nous posons comme cible mesurable de l'objectif, l'obtention d'une chênaie à chêne rouge et d'érable à sucre, avec 200 arbres au total et plus de 130 chênes rouges (2/3) avec un diamètre de 50 cm à 120 ans.

4.3.2. Rappel du scénario en cours

La séquence actuelle de traitements sylvicoles réalisés est la suivante :

- Coupe progressive d'ensemencement en 1996 (martelage positif des semenciers par le MFFP, 41% de prélèvement). Habituellement un couvert résiduel d'approximativement 50% d'ouverture devrait être maintenu.
- Débroussaillage de toute la superficie.
- Scarifiage léger par circulation en S de la débusqueuse 640. Les branches ont été poussées en andains.
- Enrichissement avec des glands ou des plants.
- Coupe finale à l'hiver 2001 (5 ans).
- Pas de dégagement hâtif entre 1999 et 2003.
- Dégagement à l'européenne en 2009 (différentes intensité) (13 ans)
- Suivi du traitement en 2014 (18 ans).

4.3.3. Composition actuelle et projection

Lorsqu'on examine les 500 plus belles tiges à l'hectare, bien répartie, du traitement T2 (Dég 800 ti/ha), le peuplement comporte 48 % de chêne rouge et 239 (± 48) tiges à l'hectare. Il y a 63 (± 8) % des CHR qui sont libres de croître.

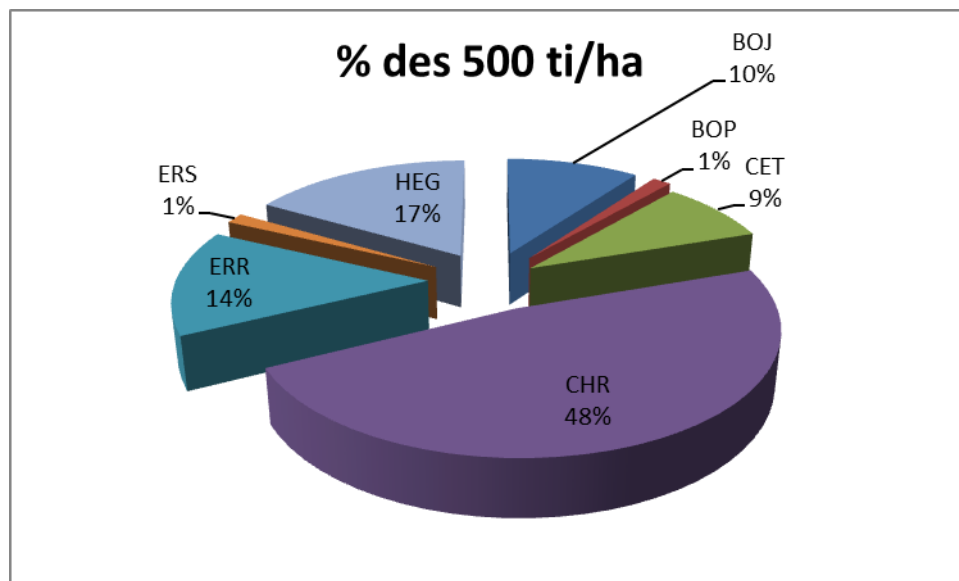


Figure 13. Proportion en essences des 500 plus belles tiges à l'hectare bien répartie.

Soixante-huit pourcent (68%, 338 ti/ha) du peuplement est composé d'espèces désirées, soit en ordre décroissant le chêne rouge, le bouleau jaune, le cerisier tardif et le bouleau blanc compléter par l'érable à sucre (1%). Le hêtre et l'érable rouge sont encore très présents avec le tiers des arbres du peuplement.

La production d'une bille de bois d'œuvre par tiges semble déjà possible avec les hauteurs sans branches moyennes de 2,69 m.

4.3.4. Horizon projeté

Les chênes rouges du traitement T2 ont un DHP de 6,5 cm en 18 ans (1996-2014).

Si l'accroissement actuel en diamètre est de 33 mm en 5 ans (0,66 cm/an)¹, pour atteindre un diamètre de 40 cm (encore 34,5 cm à acquérir), cela devrait prendre 52 ans (34,5/0,66). À titre d'ordre de grandeur, on a donc un scénario sylvicole qui pourrait produire du 40 cm en 70 ans si la croissance actuelle se maintient. Cela nécessitera des éclaircies commerciales très probablement. Il est fortement recommandé d'utiliser le nomogramme de densité ontarien pour réguler le régime d'éclaircie commerciale qui peut débuter dès que l'état du peuplement permettra une récolte suffisante.

À titre de comparaison, le peuplement actuel présenterait un indice de qualité de station de 15m à 50 ans (actuellement 7 m à 18 ans). Pour cet indice, on retrouve 197 m³/ha à 85 ans (selon Gauthier 1974 in Lessard 2003)

4.3.5. Prochains traitements

Un second dégagement serait nécessaire le plus tôt possible pour bien gérer le risque, surtout que les résultats datent déjà de quelques années ! Il pourrait s'effectuer sur 400 ti/ha cette fois en prévision de la constitution du peuplement prêt pour l'éclaircie commerciale.

Il pourrait être réalisé encore une fois à l'européenne pour dégager le tiers supérieur des cimes et maintenir un couvert latéral pour favoriser un élagage naturel. Il serait bon d'exécuter

¹ Le taux de croissance en diamètre serait habituellement entre 0,55 à 1,0 cm annuellement (Sanders, 1976 in Lessard et al, 2004).

également des tailles de formations et des élagages, si l'obtention d'une seconde bille de bois d'œuvre est possible.

L'objectif de l'ensemble de ce traitement est de pouvoir augmenter encore plus la proportion de chêne rouge dans le peuplement final et diminuer la quantité de hêtre et d'érable rouge.

Puis, l'adoption d'un régime d'éclaircie commerciale est proposée, pour assurer une croissance régulière en bois d'œuvre, grâce à la sélection de tiges d'avenir et leur détournement. L'utilisation d'un nomogramme de densité est fortement recommandée, notamment pour le calcul des espacements cibles à chaque éclaircie (Lessard et al, 1999).

4.3.6. Optimisation du scénario sylvicole

Pour augmenter la proportion de chêne rouge et diminuer les coûts de dégager 800 ti/ha au lieu de 400 tiges/ha, un dégagement hâtif (4 à 7 ans) pourrait représenter une opportunité intéressante. En effet, une étude au secteur Brazeau démontre que dès 8 ans après l'installation d'une régénération satisfaisante (les coefficients de distribution des 500 plus belles tiges à l'hectare atteignant 93% (débroussaillage et ensemencement) et 83% (débroussaillage et plantation), seul respectivement 4% ou 0% étaient libres de croître (Blouin et al., 2018). L'attente actuelle entre l'installation de la régénération en 1996 et le dégagement de 2011 a probablement été trop longue, obligeant le sylviculteur à dégager plus de tiges à l'hectare ; ce travail demande même à être repris rapidement de 5 à 10 ans après.

Ce dégagement hâtif semble faire l'unanimité tant dans la littérature (Thiffault et Hébert, 2013 et Cogliastro et Paquette 2012 in Ferrer *et al*, 2018 ; Lupien, 2008) que chez les experts (cf. résultats de l'atelier dans Lessard et al, 2018).

Le contrôle de la prédation semble également une avenue à explorer pour contrôler la prolifération de d'autres espèces comme le hêtre. Cet effet a été observé dans plusieurs secteurs de l'Outaouais (Lessard, 1997;Lupien, 2008). Plusieurs pistes peuvent être explorées (Lessard *et al.*, 1999) :

- Un contrôle de 33 à 39 cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*) par kilomètre carré est suggéré (Marquis in Hannah, 1988 in Lessard et al, 1999). Le problème sera plus important si la pression de la chasse est trop faible ou s'il y a un ravage hivernal à proximité;

- La pose de clôtures électriques (batteries ou des panneaux solaires) au début du processus de régénération (Marquis et al., 1992 in Lessard et al., 1999);
- La fertilisation aérienne favorise également la régénération si on l'applique durant la seconde ou la troisième année après l'ouverture du peuplement, ce qui permettait au semis de croître assez rapidement pour qu'ils soient hors de portée du chevreuil. Fertiliser donne aussi l'occasion de produire une végétation riche utilisée par le chevreuil, ôtant ainsi de la pression sur le développement des semis d'intérêt (Marquis et al., 1992 in Lessard et al., 1999).
- L'utilisation d'une cohorte plus abondante de semis et gaules est une autre mesure pour sauvegarder quelques recrues.
- Ne pas dégager la régénération de chêne rouge en présence d'abondance de chevreuil (Gordon et al., 1995).

Pour l'établissement du prélèvement des coupes progressives, il est maintenant fortement recommandé de ne pas utiliser un prélèvement en surface terrière. Comme la cible résiduelle est de 50% de couvert, peu importe le couvert de départ, des abaques de distances entre les arbres ont été préparés (Lessard et al., 2018).

Pour le détail de l'analyse des coûts de ce scénario, nous vous référerons au rapport sur la stratégie d'aménagement pour augmenter la résistance des forêts aux changements climatiques (Lessard et al., 2018).

5. RECOMMANDATIONS

La présence de dispositifs expérimentaux datant de plusieurs années est précieuse pour amorcer la validation de scénarios sylvicoles intensifs à long terme. Le dispositif de Denholm a permis de tirer les recommandations suivantes.

5.1. SCÉNARIO D'AMÉNAGEMENT

1. Le projet a permis de confirmer que l'axe de la conversion de peuplement proposé dans le rapport collectif du CERFO pour l'augmentation de la résistance de forêt outaouaise est réalisable avec des interventions ciblées et limitées et ce, à des coûts raisonnables **Cet axe mérite d'être déployé.**
2. Il s'agit également d'une **piste d'intensification avec des coûts limités**, nécessitant toutefois une planification d'entretien de chemins à proximité.
3. Le projet s'inscrit également directement dans l'esprit de l'avis scientifique de la DRF (2017) qui propose le remplacement du hêtre par d'autres espèces désirées à promouvoir, en l'occurrence ici, le chêne rouge. Il s'agit d'un argument supplémentaire pour le déploiement de l'axe de conversion de peuplement.

5.2. SCÉNARIO SYLVICOLE ACTUEL

4. **L'ajout artificiel de régénération de chêne rouge**, par ensemencement ou par plants, combiné à une mise en lumière par la coupe de débroussaillage permet l'établissement d'une cohorte intéressante en essences désirées. Il s'agit d'un scénario pertinent, mais où toutes les étapes sont importantes.
5. La **mise en lumière par la coupe finale 5 ans après la CPE** permet aux chênes et aux autres essences désirées déjà installés de se maintenir en partie dans la cohorte en développement.
6. **Le dégagement à l'âge de 13 ans** semble favoriser la composition du peuplement en développement avec le maintien d'une bonne proportion de chêne rouge observé à l'âge de 18 ans.

5.3. MODALITÉS DE DÉGAGEMENT

7. Pour s'assurer d'une constitution d'une cohorte de tiges utiles, dominée par le chêne rouge, l'intensité de dégagement à 800 ti/ha apparait la meilleure, en lien avec les objectifs de production visés.
8. L'utilisation de modalité à l'européenne favorise le gainage pour l'élagage naturel et le maintien d'une diversité d'espèces

5.4. OPTIMISATION DU SCÉNARIO DE CONVERSION.

9. Un dégagement à l'européenne (nettoisement) **plus hâtif, soit entre 4 et 7 ans** constituerait un atout à explorer pour la recherche du plein boisement en chêne rouge.
 - a. Il permettrait un dégagement entre 13 et 18 qui pourrait **concentrer ses efforts sur un nombre plus limité de tiges** (ex : 400 ti/ha). La méthode moins coûteuse de production situative (Schütz, 2005) pourrait être préférée à la méthode de créer une cohorte de tiges utiles sur toute la superficie.
10. Au moment d'intervenir, **une taille de formation et un élagage** devraient être intégrés aux travaux, pour favoriser l'obtention d'une plus grande hauteur sans branches :
 - a. Au moment du dégagement hâtif
 - b. Au moment du dégagement entre 13 et 18 ans.
11. Un **régime d'éclaircie commerciale** devrait faire partie du scénario sylvicole, retenu par l'aménagiste (Meadows et Goelz, 2006).

5.5. RECHERCHE EN SYLVICULTURE

Quelques pistes de recherche sont proposées :

12. Un dégagement à l'européenne hâtif (nettoisement) entre 4 et 7 ans constituerait un atout à explorer pour la recherche du plein boisement en chêne rouge.
13. La méthode de débroussaillage pourrait être probablement mieux optimisée.
14. L'expérimentation de révolutions plus courtes (ex : 70-80 ans) au côté des révolutions plus longues (ex : 120 ans et plus) pourrait offrir un étalement de la production de chêne rouge de qualité sur le territoire. Il pourrait être intéressant de réaliser de nouvelles simulations dans MERIS avec des cas concrets.

15. Le moment où démarrer le régime de l'éclaircie mérite d'être exploré. Plus tôt, il empêche la réduction de croissance due à l'oppression, mais produit une récolte de plus petit bois coûteux et plus difficile à écouler.
16. Le broutage demeure un facteur de risque majeur et la recherche appliquée pour l'anticiper et l'atténuer devrait être l'une des priorités.
17. Poursuivre la réalisation d'une revue de littérature autour du dégagement en bas âge dans des conditions similaires à celles de l'Outaouais.

5.6. DÉPLOIEMENT DE L'AXE DE CONVERSION

Pour favoriser le déploiement de ces nouvelles pratiques, il est proposé :

18. D'organiser un webinaire avec les principaux résultats de cette étude et du scénario
19. D'organiser une tournée sylvicole : du site de Denholm et autres sites de démonstration concernant le chêne rouge à proximité.
20. De préparer un sommaire exécutif ou une technote distribués à grande échelle.

CONCLUSION

Le peuplement initial comportait initialement 4,7% de chêne rouge en 1996. L'utilisation du procédé de régénération par coupes progressives a permis de réaliser la **conversion en chênaie à chêne rouge et érable à sucre**, conformément à l'un des principaux axes de la stratégie d'aménagement pour l'augmentation de la résistance des forêts aux changements climatiques.

Plus spécifiquement, le présent projet a permis de recommander une intensité d'intervention de dégagement à l'européenne de 800 ti/ha, dans un peuplement qui n'avait été traité après l'installation de la régénération que par la coupe finale de mise en lumière avec protection de la régénération installée. Cette recommandation est basée sur les effets sur la distribution, le nombre de tiges/ha, l'accroissement en diamètre et la liberté de croissance du chêne rouge.

Des recommandations pour la poursuite du scénario, et l'optimisation du scénario actuel ont été proposées pour augmenter la performance et diminuer les coûts. Si le déploiement de cette pratique devrait contribuer à augmenter la résistance des forêts aux changements climatiques ; il est important de poursuivre les recherches sur les autres moyens également.

RÉFÉRENCES

Blouin, D., A. Patry et G. Lessard (2003). Suivi de la coupe finale dans un dispositif de coupe progressive d'ensemencement du chêne rouge sur les sommets de l'aire commune 72-01, Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERFO 2003-): 68 p.

Blouin, D., J. Laliberté, et al. (2010). Dégagement de la régénération de chêne rouge, 13 ans après une coupe progressive d'ensemencement et 8 ans après la coupe finale, Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO 2010-10): 30 p.

Direction de la recherche forestière, 2017. Expansion du hêtre à grandes feuilles et déclin de l'érable à sucre au Québec : portrait de la situation, défis et pistes de solution. Avis scientifique du comité chargé d'étudier l'écologie et la sylviculture des peuplements contenant du hêtre et de l'érable. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Avis scientifique, 146 p.

Ferrer, F., G. Lessard, G., E. Bouffroy et D. Blouin. 2018. Développement de stratégies sylvicoles pour la production de peuplements résilients et tolérants constitués de chêne rouge et de pin blanc. État des connaissances sur l'Enrichissement en pin blanc (*Pinus strobus*, L.) et chêne rouge (*Quercus rubra*, L.) des sommets sensibles à la sécheresse de l'Outaouais. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. Rapport 2018-05. 29 pages + 4 annexes.

Gordon, A. M., J.A. Simpson et P. A. Williams, 1995. A six-years response of red oak seedlings planted under a shelterwood in central Ontario. Can. J For. Vol. 25: 603-613.

Johnson, P. S., 1984. Responses of planted northern red oak to three overstory treatments. Revue canadienne de recherche forestière, 1984, 14(4): 536-542.

Lessard, G., D. Blouin, et al. (1997). Système de régénération par coupe progressive : Étude de la coupe finale dans une érablière à hêtre de l'Outaouais, Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO 97-02): 67 p.

Lessard, G., D. Blouin, et al. (1999). Étude de différents travaux complémentaires à la coupe progressive dans les érablières à chêne rouge de l'Outaouais, Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERFO 99-03): 53 p.

Lessard, G., D. Blouin, P. Bournival et E. Bouffroy, 2018. Régénération de chêne rouge dans une érablière de sommet. Suivi après 8 ans de la régénération après ensemencement, plantation et préparation de terrain (UAF 64-52, secteur Brazeau). Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy (CERFO). Rapport 2018-10. 52 pages.

LESSARD, G., J. DUBOIS et G. van der KELEN (2004). Mesures d'harmonisation dans les secteurs de forêt habitée à l'ouest du Lac La Boule. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2004-09. 49 p. + 5 annexes.

Lessard, G., E. Boulfroy, G. Joanisse, F. Ferrer et D. Blouin 2018. Développement de stratégies sylvicoles pour la production de peuplements résilients et tolérants constitués de chêne rouge et de pin blanc. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. Rapport 2018-06. 97 pages.

Lupien, P., 2008. Conduites sylvicoles dans les zones feuillues et mixtes du Québec. Guide d'accompagnement. Fonds d'information de recherche et de développement de la forêt privée mauricienne (FIRDFPM), Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie, Trois-Rivières.

Meadows, J. S. et J.C.G. Goelz, 2006. Fourth-year effects of thinning on growth and epicormic branching in a red oak-sweetgum stand on a minor streambottom site in west-central Alabama. Gen. Tech. Rep. SRS-48. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. pp. 201-208.

Paquette, A., A. Bouchard et A. Cogliastro, 2006. Successful under-planting of red oak and black cherry in early-successional deciduous shelterwoods of North America. Ann. For. Sci. 63 (2006) 823-831.

Schuler, T. M., 2006. Crop tree release improves competitiveness of northern red oak growing in association with black cherry. Northern Journal of Applied Forestry, Volume 23, Issue 2, 1 June 2006, Pages 77-82.

Schütz, J.-Ph., 2005. Est-il possible de maîtriser les coûts des opérations culturales : le rôle primordial des rationalisations biologiques ? Forêt Wallonne no 78. Septembre/octobre. 9 p.

Schütz, J.-Ph et Oldeman, R. A. A. Gestion durable par automation biologique des forêts. Revue forestière française, 1996, S, fascicule thématique " La gestion durable des forêts tempérées", 1996.

Thiffault, N., Hébert, F., 2013. Le dégagement et le nettoyage, Le guide sylvicole du Québec: Les concepts et l'application de la sylviculture. Les Publications du Québec, Québec