

PROGRAMME DE FINANCEMENT DE LA RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT EN AMÉNAGEMENT FORESTIER

Rapport final

SUIVI DU BOIS SUR PIED DANS UNE CPE EFFECTUÉE EN 2002 - DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL DE DUCHESNAY

Présenté à :

Ministère des Forêts, Faune et Parcs
Paul Bouchard, ing.f.

Par :



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

Frank Grenon, biol. Ph.D.
Guy Lessard, ing.f. M.Sc.
Mélanie Ruel, ing.f.
Donald Blouin, ing.f. M.sc.

Mars 2016

Mots-clés : coupes progressives, coupe finale, sylviculture, bouleau jaune, érablière à hêtre, Station forestière de Duchesnay, scénarios sylvicoles

Référence à citer :

Grenon, F., G. Lessard, M. Ruel et D. Blouin. 2016. Suivi du bois sur pied dans une CPE effectuée en 2002 - Dispositif expérimental de Duchesnay. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) Rapport 2016-03. 52 pages + 1 annexe.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	i
LISTE DES FIGURES.....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	iv
REMERCIEMENTS	v
RÉSUMÉ.....	vi
INTRODUCTION.....	1
OBJECTIFS	3
1. MÉTHODES	4
1.1. Localisation du dispositif	4
1.2. Portrait du peuplement traité en 2002	5
1.3. Description du dispositif expérimental	8
1.4. Traitements réalisées sur le terrain en 2002.....	11
1.4.1. Le martelage.....	11
1.4.2. Détermination de l'espace pour le martelage positif	12
1.4.3. La récolte.....	13
1.4.4. L'élimination des gaules	13
1.4.5. Le scarifiage	14
1.4.6. Évaluation comparative des coûts des différents scénarios	14
1.5. Suivi de la régénération en 2003.....	15
1.6. Suivi de la régénération en 2008.....	15
1.7. Description du dégagement à l'européenne en 2010 et suivi 2011.....	15
1.8. Suivi du bois sur pied 2014.....	18
2. RÉSULTATS ET DISCUSSION	20
2.1. Description du bois sur pied.....	20
2.2. Description des chicots et des arbres à valeur faunique.....	24
2.3. Caractéristiques des arbres-études	27
2.4. Croissance des tiges résiduelles	29
2.5. Évolution anticipée des volumes et de la qualité par simulation	31
2.6. Récolte proposée	36
3. SCÉNARIO SYLVICOLE	38
3.1. La coupe progressive uniforme (<i>Uniform Shelterwood</i>).....	38
3.2. Potentiel de récolte du peuplement résiduel	39

3.3.	Problématique de récolte du peuplement résiduel et de la protection de la régénération.....	41
3.4.	Effet potentiel du couvert sur la régénération installée.....	43
3.5.	Intérêt ou non du maintien du couvert résiduel.....	44
3.6.	Importance et pistes pour la rétention	45
3.7.	Choix final.....	48
3.8.	Brève discussion sur les deux modalités d'intervention de 2002	49
4.	RECOMMANDATIONS	50
	CONCLUSION	51
Annexe 1 :	Marquage positif utilisé dans les procédés de régénérations par coupes progressives par micropeuplement (régulières ou irrégulières) Joannis et al., 2012.	54

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Localisation du dispositif de coupe progressive d'ensemencement de la station forestière de Duchesnay	4
Figure 2	Distribution diamétrale des tiges (S.T.=25, DHP max : 60 cm) en 2002	6
Figure 3	Distribution diamétrale des espèces en 2002	6
Figure 4.	Dispositif expérimental de la coupe progressive d'ensemencement à la station de Duchesnay	10
Figure 5.	Localisation des superficies dégagées à l'automne 2010.....	16
Figure 6.	Plan de sondage pour l'inventaire réalisé au printemps 2011.....	17
Figure 7.	Plan de sondage 2014.....	18
Figure 8.	Description sommaire de l'état du bois sur pied suite à la récolte de 40 % du couvert.....	21
Figure 9.	Description sommaire de l'état du bois sur pied suite à la récolte 40% de la surface terrière.....	22
Figure 10.	Description sommaire de l'état du bois sur pied dans le témoin	23
Figure 11.	Densité de chicots par traitement	24
Figure 12.	Hauteur moyenne et diamètre moyen des chicots par traitement	25
Figure 13.	Densité d'arbres à valeur faunique par traitement	26
Figure 14.	Diamètre moyen des arbres à valeur faunique par traitement.....	26
Figure 15.	Hauteur moyenne et diamètre moyen des arbres-études par traitement	27
Figure 16.	Surface des cimes des arbres-études par traitement.....	28
Figure 17.	Hauteur sans branches des arbres-études par traitement.....	28
Figure 18.	Croissances triennales des arbres-études (dhp \geq 24cm) toutes essences selon le traitement	29
Figure 19.	Croissances triennales des arbres-études (dhp \geq 24cm) de bouleau jaune selon le traitement	30
Figure 20.	Croissances triennales des arbres-études (dhp \geq 24cm) d'érable à sucre selon le traitement	30
Figure 21.	Prévision moyenne (SaMARE et ARTEMIS) sur 20 ans des volumes toutes essences par qualité.....	33
Figure 22.	Prévision moyenne (SaMARE et ARTEMIS) sur 20 ans des volumes de bouleau jaune par qualité	34
Figure 23.	Prévisions sur 20 ans de la valeur totale moyenne sur pied par traitement calculées avec MÉRIS par hectare (A) et par m ³ (B).....	35
Figure 24.	Relation entre la surface terrière avant la coupe finale et la réduction après coupe du nombre de tiges en régénération (50 cm et plus de hauteur).....	42
Figure 25.	Relation entre le nombre de tiges marchandes avant la coupe finale et la réduction après coupe du nombre de tiges en régénération (50 cm et plus de hauteur)	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Caractéristiques du peuplement traité en 2002	5
Tableau 2 :	Distribution de la vigueur par classe de diamètre (%) en 2002	7
Tableau 3 :	Distribution de la vigueur par essence (tiges de plus de 30 cm (%)) en 2002.....	8
Tableau 4 :	Régénération préétablie sous couvert en 2002	8
Tableau 5 :	Répartition des traitements par parcelle	9
Tableau 6 :	Nombre d'unités expérimentales considérées pour chacun des types de prélèvement et de préparation de terrain	11
Tableau 7 :	Calendrier des activités.....	12
Tableau 8 :	Nombre de cimes mesurées par classe de diamètre.....	12
Tableau 9 :	Prévision sur 20 ans de la surface terrière et volume total sur pied par traitement	31
Tableau 10 :	Volumes (m ³ /hectare) de récolte estimée par essence et qualité selon le traitement	36
Tableau 11 :	Valeur (\$/hectare) de la récolte estimée par essence et qualité selon le traitement	37
Tableau 12 :	Rentabilité de la récolte estimée selon le traitement	37
Tableau 13 :	Scénario de futaie régulière avec coupes progressives uniformes (Description des étapes constituant un scénario sylvicole d'aménagement équienné intensif pour le bouleau jaune)	40

REMERCIEMENTS

Le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) tient à remercier le ministère de la Faune, de la Forêt et des Parcs (MFFP) pour son soutien financier dans le cadre du Programme de financement de la recherche et développement en aménagement forestier (PFRDAF), et, plus particulièrement, M. Paul Bouchard, ingénieur forestier au MFFP.

Nous tenons également à remercier MM. René Dion et Jean Dupuis de la SÉPAQ, le groupement forestier de Portneuf ainsi que Sertech (Pierre Brousseau) pour les travaux d'inventaire forestier.

Nous désirons également remercier les participants et partenaires pour le travail sur les carottes. Elles ont été préparées par les étudiants David Langlais, Hugo Tremblay et Antoine Desrosiers puis mesurées au laboratoire de dendrométrie de la faculté de foresterie de l'Université Laval.

RÉSUMÉ

À la station écotouristique de Duchesnay, un régime de coupes à blanc par bande a été amorcé au début des années 80 dans des peuplements dégradés. Comme la régénération des bandes résiduelles pouvaient présenter certains risques d'être mal régénérées et étant donné l'importance de la fonction paysage pour l'écotourisme, l'option de coupes progressives (CPE) est envisagée, permettant de maintenir un couvert qui sert alors de sources de semences et d'abris pour la régénération. Un dispositif de CPE a été installé en 2002 dans des bandes résiduelles étudiant à la fois les prélèvements et la préparation de terrain. En 2010, un dégagement à l'européenne (nettoisement) a été effectué sur la moitié de toutes les unités expérimentales afin d'évaluer l'effet de ce traitement sur la régénération en essences désirées. Jusqu'ici, trois suivis de la régénération ont été réalisés : en 2003 (un an après intervention), en 2008 (6 ans après intervention) et en 2010 (8 ans après intervention).

Une fois l'étape de l'établissement de la régénération accomplie, trois scénarios sont possibles dans le traitement de CPE : effectuer une ou des coupes secondaires (augmenter l'apport en lumière tout en conservant un couvert), effectuer la coupe finale (libérer complètement la régénération) ou laisser le peuplement résiduel en place s'il ne nuit pas à la régénération.

En 2013-2014, afin d'étudier l'évolution du peuplement résiduel et choisir l'option la plus pertinente, un inventaire du bois sur pied a permis de mesurer :

- l'accroissement moyen par classe de DHP;
- l'évolution de la vigueur moyenne;
- la rentabilité de la récolte;
- l'intérêt faunique potentiel du peuplement.

Selon l'état actuel des peuplements et les prévisions qui ont été faites, la coupe finale du procédé de régénération par coupes progressives est proposée pour être réalisée prochainement afin de libérer la régénération établie. Parmi les arguments retenus, on retrouve :

- Valeur sur pied à l'hectare en décroissance;
- 30 à 40 % du volume est classé M, prêt à récolter;
- Volume de récolte intéressant, de qualité et de valeur;
- Libérer la régénération désirée en bouleau jaune installée qui :
 - ne nécessite plus la protection de couvert, nécessaire au stade d'installation;
 - vient d'être dégagée de la compétition de HEG et d'ERP;
 - risque à nouveau d'être entravée si elle continue de pousser sous couvert;

- est affranchie d'une éventuelle compétition de cerisier de Pennsylvanie ou de framboisier.

Afin de limiter la perte de régénération suite à la récolte (abondance de cime), les recommandations du rapport (Lessard et al., 1997) ont été appliquées, soit de ne pas dépasser un prélèvement de plus de 12 m²/ha. La rétention de 3 à 7 m²/ha peut également servir à conserver des legs biologiques et des arbres à attribut faunique. Inspiré de Joannis *et al.* (2015), des seuils de rétention sont proposés pour les chicots, les arbres à cavités, les arbres avec trous d'alimentation, les arbres fruitiers, les arbres avec nids d'oiseaux, les arbres prédominants (vétérans), les arbres de vigueur MS de 35 cm et plus (futurs chicots) et les résineux seuls ou isolés dans les matrices feuillues.

Un suivi est proposé pour vérifier les besoins de dégagement et le broutage. Ce travail est destiné à servir de guide pour les sylviculteurs lorsqu'ils doivent prescrire et exécuter la coupe finale d'un procédé de régénération par coupes progressives dans les peuplements feuillus.

INTRODUCTION

Au cours des dernières années, les préoccupations de régénération d'espèces en régression dans les forêts feuillues et mixtes du Québec ont conduit les aménagistes à explorer des traitements sylvicoles jusqu'ici utilisés de manière plus anecdotique. Plusieurs de ces traitements, comme la coupe progressive, ont pour objectif de favoriser l'installation de la régénération des espèces semi-tolérantes telles que le bouleau jaune, le pin blanc ou le chêne rouge.

À la station écotouristique de Duchesnay, un régime de coupes à blanc par bande a été amorcé au début des années 80 dans des peuplements dégradés. Comme la régénération des bandes résiduelles pouvaient présenter certains risques d'être mal régénérées et étant donné l'importance de la fonction paysage pour l'écotourisme, l'option de coupes progressives est envisagée. Ces coupes permettent de maintenir un couvert qui sert alors de sources de semences et d'abris pour la régénération. Plusieurs questions demeurent quant à la gestion de ce couvert dans le temps.

Dans ce contexte, un dispositif de coupe progressive d'ensemencement (CPE) a été installé en 2002 dans des bandes résiduelles. Trois types d'intensités de prélèvement du couvert (40 % du couvert, 40 % de la surface terrière et aucun) combinés à trois types de préparation de terrain (aucun, débroussaillage ou débroussaillage et scarifiage) ont été étudiés. En 2010, un dégagement à l'europpéenne (nettoisement) a été effectué sur la moitié de toutes les unités expérimentales afin d'évaluer l'effet de ce traitement sur les tiges désirées. Jusqu'ici, trois suivis de la régénération ont été réalisés : en 2003 (un an après intervention), en 2008 (6 ans après intervention) et en 2010 (8 ans après intervention). Les résultats indiquent la présence d'un grand nombre de tiges à l'hectare qui varie en fonction des modalités et des traitements. Le bouleau jaune est plus abondant lorsqu'il y a eu un débroussaillage sur toute la superficie combinée à un scarifiage.

Une fois l'étape de l'établissement de la régénération accomplie, trois scénarios sont possibles dans le traitement de CPE :

- effectuer une ou des coupes secondaires (augmenter l'apport en lumière tout en conservant un couvert);
- effectuer la coupe finale (libérer complètement la régénération) ou laisser les semenciers en place, s'ils ne nuisent pas à la régénération (pas assez nombreux pour justifier la récolte (s'ils ne nuisent pas));
- pas assez en bon état pour justifier la récolte (s'ils ne nuisent pas à la régénération), laisser des arbres à valeur fauniques.

Afin d'étudier l'évolution du peuplement résiduel à la suite d'une CPE et pour évaluer la pertinence de réaliser une coupe secondaire ou finale, un inventaire du bois sur pied s'avère nécessaire. Ce dernier permettra de déterminer les scénarios de CPE envisageables pour favoriser le bouleau jaune.

OBJECTIFS

En 2013-2014, le projet a pour objectif de faire le suivi du dispositif et d'étudier l'impact des CPE sur les semenciers en évaluant :

- l'accroissement moyen par classe de DHP;
- l'évolution de la vigueur moyenne;
- la rentabilité de la récolte;
- l'intérêt faunique potentiel du peuplement.

Avec le suivi de 2013-2014, la détermination de la prochaine étape à réaliser dans ce peuplement est discutée (coupe secondaire, coupe finale ou aucune intervention) ainsi que les scénarios sylvicoles pertinents pour le bouleau jaune.

1. MÉTHODES

1.1. LOCALISATION DU DISPOSITIF

Le secteur à l'étude est situé à la station écoforestière de Duchesnay, à environ 40 km au nord-ouest de la ville de Québec dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune et la région écologique 4d (Figure 1). Il est situé dans l'unité de paysage régionale # 55 intitulée Lac Saint-Joseph et Saint-Tite-des-Caps. Les précipitations moyennes annuelles sont de 1 200 à 1 600 mm par année, la température annuelle moyenne est de 2,5°C, la saison de croissance est de 150 à 170 jours par année et les degrés-jours de croissance varient entre 1 800 et 2 600°C (Robitaille et Saucier, 1998). À noter, que la sous-région écologique, où il se situe, est nettement plus arrosée que la plaine du St-Laurent (indice d'aridité plus faible).

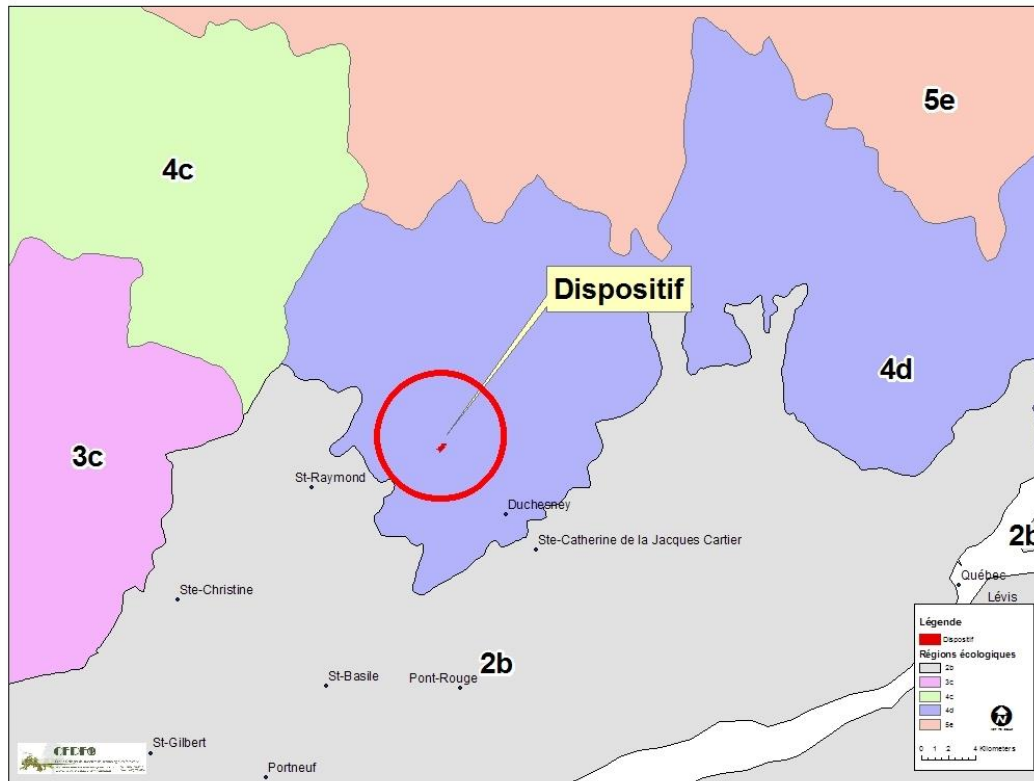


Figure 1. Localisation du dispositif de coupe progressive d'ensemencement de la station forestière de Duchesnay

1.2. PORTRAIT DU PEUPEMENT TRAITÉ EN 2002

Le dispositif a été implanté en 2002 dans des bandes résiduelles dégradées d'une coupe par bande amorcée au début des années 80. Le peuplement qui composait les bandes résiduelles avant l'intervention de 2002 était une vieille érablière à bouleau jaune et hêtre (*Betulo alleghaniensis – Aceretum sacchari fagetosum*, Brown), située sur une pente moyenne exposée à l'ouest. L'essence dominante en surface terrière était le hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh.), suivi de l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) et du bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britt.) en proportions semblables (Tableau 1). La surface terrière totale est de 24,9 m²/ha, typique de ce peuplement. Le diamètre moyen quadratique est de 29,6 cm; celui du hêtre, essence dominante, est de 38,2 cm.

Tableau 1 : Caractéristiques du peuplement traité en 2002

	BOJ	ERS	HEG	Total
Surface terrière (m ² /ha)	6,5	7,6	10,5	24,9
Proportion relative (%)	26,2	30,5	42,3	100
DHP quadratique (cm)	32,3	28,4	38,2	29,6

La distribution diamétrale des tiges avant les interventions de 2002 est présentée à la figure 2. La courbe est inéquienne et deux courbes de référence (1,09 et 1,12) sont présentées, pour un diamètre maximum de 60 cm et une surface terrière de 25m²/ha (mémoire no 96 de Majcen *et al.*, 1990).

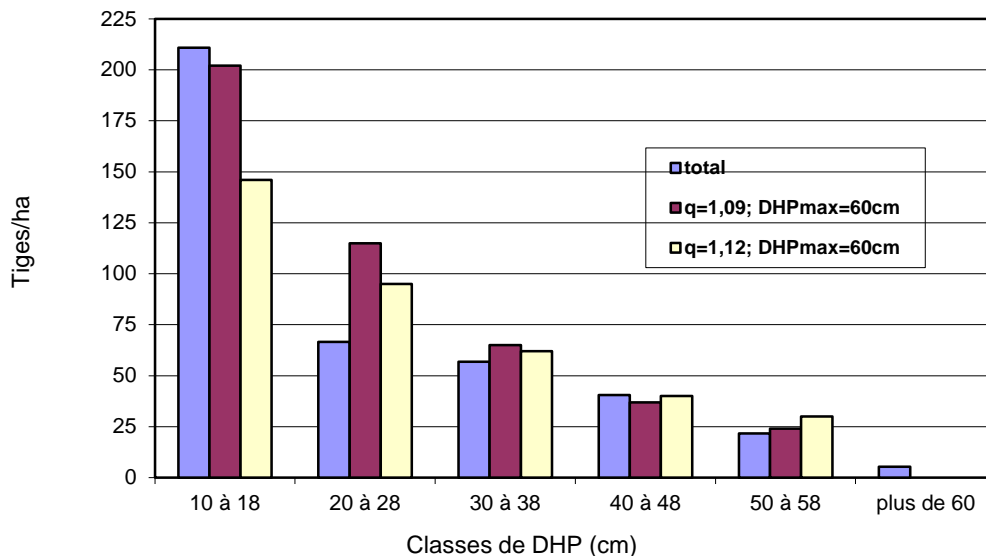


Figure 2 Distribution diamétrale des tiges (S.T.=25, DHP max : 60 cm) en 2002

La figure 3 présente la distribution diamétrale des essences en 2002 avant intervention. L'érable à sucre dominait dans les faibles classes et le hêtre dans les fortes classes.

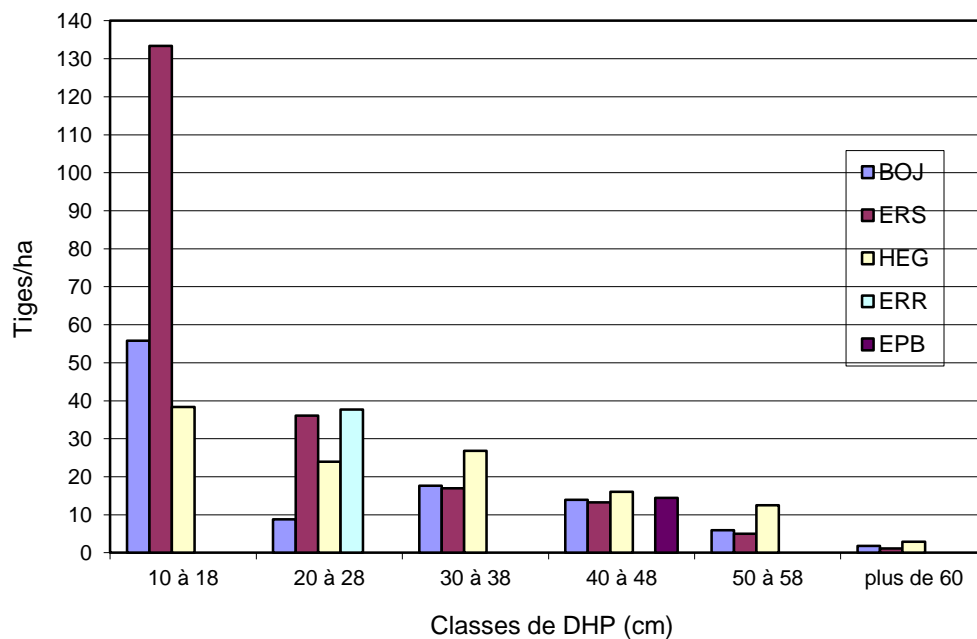


Figure 3 Distribution diamétrale des espèces en 2002

Pour l'ensemble des classes de diamètre, 61 % des tiges étaient de vigueur I ou II, mais cette proportion diminuait au fur et à mesure que l'on augmentait de classe de diamètre (Tableau 2). Ces données reflétaient un peuplement contenant plusieurs tiges vigoureuses de faible dimension ainsi que plusieurs tiges de forte dimension, mais de faible vigueur (Figure 3).

Tableau 2 : Distribution de la vigueur par classe de diamètre (%) en 2002

Classe de DHP	Vigueur			
	I	II	III	IV
10 à 18	37,2	38,4	0,0	24,4
20 à 28	27,5	23,3	17,9	31,3
30 à 38	31,8	21,7	24,1	22,4
40 à 48	32,5	8,4	28,6	28,4
50 à 58	21,1	2,4	24,7	51,8
60 et plus	0,0	14,6	45,4	40,0
Total	33,0	28,3	11,2	27,3

La distribution de la vigueur par essence est présentée au tableau 3. Pour les tiges supérieures à 30 cm, la vigueur et la qualité du bouleau jaune étaient excellentes, mais une très forte proportion d'érables et de hêtres étaient de faible vigueur. Ces données confirment les observations de Moore et al. (2000) et l'on constate toujours du dépérissement à la Station forestière de Duchesnay. Par ailleurs, une très forte proportion des tiges de hêtre est atteinte par la maladie corticale. Les observations sur le terrain avaient permis aussi de remarquer de nombreuses tiges de hêtre brisées à mi-hauteur, probablement en raison de carie de tronc avancée.

Tableau 3 : Distribution de la vigueur par essence (tiges de plus de 30 cm (%)) en 2002

Essence	Vigueur			
	I	II	III	IV
Bouleau jaune	79,2	0,0	18,1	2,7
Érable à sucre	21,7	0,0	65,2	13,1
Hêtre à grandes feuilles	1,7	31,2	8,2	58,9
Total	28,8	13,7	26,6	30,2

La régénération préétablie sous couvert était essentiellement composée de hêtre à grandes feuilles (Tableau 4). La variabilité de la distribution des gaules le long d'un gradient perpendiculaire à la bande est aussi présentée. L'érable à sucre et le bouleau jaune profitent d'un effet de bordure puisqu'ils sont plus fréquents vers l'extérieur de la bande. Cet effet est d'autant amplifié par un dépérissement accéléré des arbres matures en bordure de la bande.

Tableau 4 : Régénération préétablie sous couvert en 2002

Position	BOJ	ERE	ERP	ERS	HEG	Total
centre	123	77	443	203	2423	3377
intermédiaire	210	77	333	167	2510	3350
extérieur	530	83	470	360	2303	3973
moyenne	288	79	416	243	2412	3567

1.3. DESCRIPTION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif couvre une superficie de 12,7 hectares et il est réparti sur deux bandes de 110 mètres de largeur. Les deux bandes ont été subdivisées en 16 unités de 75 mètres de longueur et de 110 m de largeur (Figure 4) (tableau 5). Pour les analyses, seulement 14 unités ont été retenues puisque les unités A1 et A8 étaient trop différentes. L'unité A-1 avait été traitée pour

l'élimination du gaulis de hêtre par M. Pierre Ricard et les étudiants du Cégep et la régénération en bouleau jaune qui y était installée avait besoin d'une ouverture du couvert pour poursuivre sa croissance.

L'unité A-8 qui est traversée par un ancien chemin forestier, la rendant différente des autres blocs, a été traitée par une coupe de jardinage à 30 % et présentera aux visiteurs une image de ce qu'aurait pu être le secteur s'il avait été traité en jardinage. Les parcelles A-4 et A-5 ont été conservées comme témoins et servent aussi à protéger l'encadrement visuel de la piste de ski de fond. Ces parcelles permettront aux visiteurs de constater l'importance du gaulis de hêtre qui n'a pas été perturbé par les travaux de coupe.

Comme illustré au tableau suivant (Tableau 6), trois types d'intensité de prélèvement (40 % du couvert, 40 % de la surface terrière et aucun) associés à trois types de préparation de terrain (aucune, débroussaillage, et débroussaillage et scarifiage) ont été étudiés. Concrètement, le prélèvement de 40 % d'ouverture du couvert a été réalisé en régularisant l'espacement entre les tiges résiduelles utilisées pour l'ensemencement. Le nombre de tiges à l'hectare a été calculé à partir de la formule suivante :

Tableau 5 : Répartition des traitements par parcelle

Parcelle	Superficie (Ha)	Traitement	Intensité de coupes
A-1	0,96	Aucun	40 % de la surface terrière
A-2	0,76	Débroussaillage	40 % de la surface terrière
A-3	0,72	Débroussaillage	40 % du couvert
A-4	0,83	Aucun	Aucun
A-5	0,92	Aucun	Aucun
A-6	0,77	Débroussaillage et scarifiage	40 % de la surface terrière
A-7	0,65	Débroussaillage et scarifiage	40 % du couvert
A-8	0,71	Aucun	Coupe de jardinage à 30 % ST
A-9	0,81	Aucun	40 % de la surface terrière
A-10	0,63	Aucun	40 % du couvert
B-2	0,85	Débroussaillage et scarifiage	40 % de la surface terrière
B-3	0,84	Débroussaillage et scarifiage	40 % du couvert
B-4	0,69	Aucun	40 % du couvert
B-5	0,89	Aucun	40 % de la surface terrière
B-6	0,86	Débroussaillage	40 % du couvert
B-7	0,81	Débroussaillage	40 % de la surface terrière



Figure 4. Dispositif expérimental de la coupe progressive d'ensemencement à la station de Duchesnay

Tableau 6 : Nombre d'unités expérimentales considérées pour chacun des types de prélèvement et de préparation de terrain

	40 % du couvert	40 % de la surface terrière	Témoin	Total
Débroussaillage	2	2	0	4
Débroussaillage et scarifiage	2	2	0	4
Témoin	2	2	2	6
Total	6	6	2	14

1.4. TRAITEMENTS RÉALISÉS SUR LE TERRAIN EN 2002

Deux types de martelage ont été réalisés pour planifier la récolte des tiges. Les autres traitements expérimentés pour régénérer adéquatement le bouleau jaune dans ce peuplement d'érablière à bouleau jaune et hêtre comprennent le débroussaillage (scie à chaîne et débroussailleuse) ainsi que le scarifiage.

1.4.1. Le martelage

Deux types de martelage sont utilisés dans le cadre du projet :

- Un martelage négatif conventionnel, identifiant les tiges à récolter sur la base d'un prélèvement cible en surface terrière de 40 % (norme toujours en vigueur). Il vise principalement la récolte des grosses tiges dépérissantes de hêtre. Les tiges d'érable et de bouleau jaune venaient alors compléter le prélèvement.
- Un martelage positif, visant un contrôle de l'ouverture du couvert, et identifiant les tiges à conserver pour le maintien d'un couvert résiduel de 60 % (ouverture visée de 40 % du couvert). Il régularise l'espacement entre les tiges résiduelles d'essences désirées qui serviront à l'ensemencement ou comme couvert de protection. Dans l'inventaire réalisé en 2002 avant intervention, un relevé des dimensions des cimes a été réalisé pour les trois principales essences présentes, de manière à déterminer un espacement moyen à conserver entre les tiges pour l'obtention d'un couvert de 60 %.) (section suivante). Le martelage a été effectué de façon à conserver les tiges désirées, en défavorisant le hêtre ainsi que les tiges moins bien conformées.

Les données récoltées dans les parcelles ont été compilées à l'aide du logiciel Tige afin d'évaluer les volumes de bois générés par les différents types de martelage.

Le tableau 7 présente le calendrier des activités alors que la répartition des traitements et les superficies sont présentées au tableau 5.

Tableau 7 : Calendrier des activités

Traitement	Période
Martelage	Août 2002
Récolte	15 octobre au 8 novembre 2002
Débroussaillage manuel	4 au 14 novembre 2002
Scarifiage	11 au 13 novembre 2002

1.4.2. Détermination de l'espacement pour le martelage positif

Pour l'ensemble des secteurs utilisés comme dispositif, la largeur des cimes a été mesurée selon leur projection au sol parmi les arbres dominants de qualité. La mesure retenue pour chaque cime correspond à la moyenne des mesures du diamètre le plus petit de la cime et du diamètre le plus grand. Cette méthode nous donne les indications nécessaires permettant de savoir combien de semenciers à l'hectare devaient être laissés pour atteindre une couverture résiduelle de 60 % après coupe.

Le nombre de tiges à l'hectare du tableau est calculé à partir de la formule suivante :

$$N = \frac{60\% \times 10\,000 \text{ m}^2 (1 \text{ ha})}{\text{superficie d'une cime moyenne des arbres résiduels}}$$

Au total, le nombre d'échantillons de projections de cime mesurées est présenté au tableau 8. Les tiges mesurées ont été bien réparties au niveau des deux bandes ainsi qu'en fonction de la pente, de manière à obtenir une moyenne représentative de l'ensemble des tiges des deux bandes.

Tableau 8 : Nombre de cimes mesurées par classe de diamètre

Classe de diamètre	BOJ	ERS	HEG
20-28	5 arbres	5 arbres	5 arbres
30-38	5 arbres	5 arbres	5 arbres
40-48	5 arbres	5 arbres	5 arbres
50 et plus	5 arbres	5 arbres	5 arbres

Un facteur de correction a été retenu pour se donner une certaine marge de manœuvre pour gérer les risques suivants :

- interstices entre les cimes;
- irrégularité de la distribution naturelle obligeant à conserver à l'occasion des tiges à une distance inférieure si elles se retrouvent à côté d'une ouverture du couvert.

1.4.3. La récolte

La récolte pour la coupe d'ensemencement a été réalisée manuellement, des techniques d'abattage directionnel et de débardage par sentiers espacés, minimisant les blessures aux tiges résiduelles, ont été utilisées, afin d'éviter l'effet de fauchage. Les sentiers ont été clairement identifiés sur le terrain et des arbres martelés ont été conservés sur pied à la bordure des sentiers de manière à prévenir les blessures lors du débardage. Deux équipes de travailleurs ont réalisé les travaux de récolte.

La dimension des débusqueuses variait légèrement d'une équipe à l'autre (Timberjack 240 et 450). Les consignes visaient une circulation de la machinerie limitée aux principaux sentiers de débardage. Les deux sentiers de débardage de chaque bande avaient été positionnés à près de 25 m de la bordure de la bande, de manière à couvrir l'ensemble du secteur avec le câble. Il a toutefois été permis de reculer d'une longueur de machine à l'intérieur des secteurs boisés, de manière à faciliter la récolte du bois. Lors de l'ébranchage, la consigne était de récupérer un maximum de bois jusqu'à 10 cm de diamètre. Le bois était débardé en longueur jusqu'à de petites jetées où il était tronçonné de façon à récupérer un maximum de bois de sciage.

1.4.4. L'élimination des gaules

Pour l'élimination des gaules, la saison automnale n'est cependant pas propice pour le badigeonnage ce qui nous force à abandonner cette alternative. Son efficacité sur le drageonnement futur des arbres parents aurait pu être évaluée. Les travaux ont été réalisés par deux ouvriers sylvicoles à l'aide de débroussailleuses et terminés à la scie à chaîne pour les gaules de fort diamètre. Une étude de productivité sommaire a permis de déterminer la surface traitée de façon quotidienne dans les conditions rencontrées.

L'élimination des gaules a été réalisée suite à la récolte de bois. S'il en avait été autrement, les déplacements du bûcheron sur le parterre de coupe auraient été encore plus dangereux.

1.4.5. Le scarifiage

La préparation de terrain a été effectuée à l'aide d'une pelle mécanique sur un maximum de superficie, de manière à générer le plus grand nombre de microsites propices à la germination du bouleau jaune tout en réalisant la mise en andain des gaules coupées. Lors des travaux, la consigne donnée à l'opérateur de la pelle mécanique était de perturber la litière de feuilles de manière à la mélanger légèrement avec le sol minéral. L'opération visait un scarifiage léger favorisant l'installation du bouleau jaune et non un scarifiage moyen qui aurait probablement favorisé le drageonnement du hêtre ou, encore, un profond qui aurait brisé les racines du hêtre, limitant ainsi son drageonnement, mais qui aurait probablement exposé trop de sols minéraux, diminuant la qualité du lit de germination. Le scarifiage a été évalué à l'aide de parcelles de 1,13 m de rayon comme prescrit par les méthodes d'échantillonnage pour le suivi des interventions forestières exercice 2001-2002.

1.4.6. Évaluation comparative des coûts des différents scénarios

Les coûts d'exécution de travaux de récolte, de débroussaillage et de scarifiage ont été évalués en dollars par hectare traité. Cette évaluation permettra de comparer le coût global des différentes combinaisons de traitement. Il sera alors possible de comparer le succès de régénération au coût à l'hectare du traitement.

Afin de mieux comprendre l'analyse des coûts, les paramètres suivants doivent être considérés. Les travaux de récolte ont été réalisés à forfait et payés en fonction de la quantité de bois de sciage livrée dans la cour de la Station Écotouristique de Duchesnay. Cette façon de procéder vise à ce qu'un maximum de bois de sciage soit récupéré, puisque le contractant est payé au m³ de bois de sciage. Le coût de la récolte est donc évalué à l'hectare sur la base du nombre de m³ moyen de sciage récolté par hectare. Toutefois, comme les bois de qualité pâte et chauffage étaient conservés par le contractant, le coût à l'hectare ne représente pas le coût réel encouru. Concernant les coûts pour les travaux de débroussaillage, les frais sont liés au salaire horaire des ouvriers sylvicoles alors que dans le cadre de la préparation de terrain, un taux à l'hectare avait été établi lors du contrat.

1.5. SUIVI DE LA RÉGÉNÉRATION EN 2003

À la fin de l'été 2003, un premier suivi de la régénération a été effectué à l'aide de deux grappes de 10 placettes de 4 m² par unité expérimentale. Les grappes ont été réalisées le long de virées qui ont été disposées systématiquement dans les unités expérimentales. Le paramètre principal du suivi était le dénombrement de la régénération par classe de dimension (0-15 cm de hauteur, 15 cm à 1,5 m de hauteur, gaules de 2-4-6-8 cm de DHP). Une évaluation oculaire de la densité du couvert a été réalisée sur trois placettes par unité expérimentale. Les résultats ont, ensuite, été compilés pour déterminer les coefficients de distribution et la densité des semis et des gaules pour chaque traitement.

1.6. SUIVI DE LA RÉGÉNÉRATION EN 2008

En 2008, un deuxième suivi de la régénération a été réalisé (Blouin *et al.*, 2009). L'inventaire des semis a été effectué par la réalisation de 3 grappes de 10 microplacettes de 4 m² par unité expérimentale disposées systématiquement le long de trois virées placées, elles aussi, systématiquement dans les unités expérimentales. Lors de cet inventaire de régénération, le dénombrement des tiges a été effectué dans quatre microplacettes sur dix alors que la vérification de la présence des essences a été réalisée dans toutes les microplacettes évaluées. De plus, si la situation le permettait, un arbre d'avenir était sélectionné, la présence de broutage était notée et une évaluation de la libre croissance de l'arbre était effectuée. Lorsque l'arbre d'avenir était non libre de croître, une mesure de son plus proche compétiteur était effectuée en prenant soin de noter sa distance, sa hauteur et son essence.

1.7. DESCRIPTION DU DÉGAGEMENT À L'EUROPÉENNE EN 2010 ET SUIVI 2011

En octobre 2010, des travaux de dégagement à l'europpéenne ont été planifiés sur la moitié de chacune des unités expérimentales (figure 5) afin de permettre la comparaison de l'évolution de la régénération des superficies sans dégagement à l'europpéenne et celles avec un dégagement (Blouin *et al.*, 2011). La portion non dégagée permet de fournir un portrait de l'évolution « naturelle » de la CPE ainsi que des différentes modalités de prélèvement du couvert et de préparation de terrain. Ainsi, le nombre d'unités expérimentales analysées a doublé (14 UE au départ; 28 UE après dégagement).

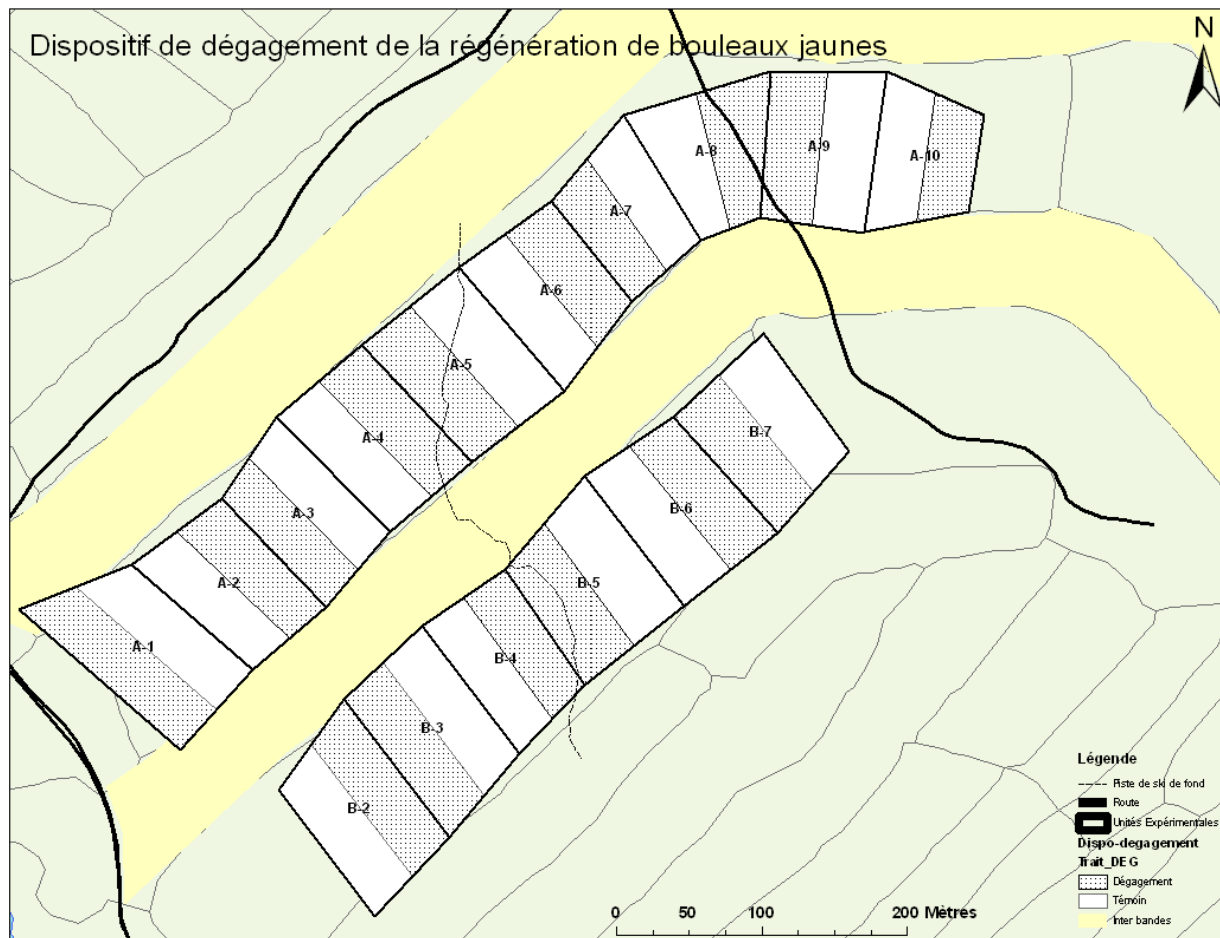


Figure 5. Localisation des superficies dégagées à l’automne 2010

À la fin mai 2011, un inventaire comprenant 60 grappes de 10 microplacettes de 4 m² a été effectué pour évaluer les travaux de dégagement réalisés à l’automne 2010. Deux grappes par unité expérimentale ont été planifiées systématiquement le long de deux virées placées, elles aussi, systématiquement dans les unités expérimentales (figure 6). Les départs et les arrivées des virées étaient indiqués sur la carte et devaient être marqués sur le terrain en accrochant un ruban bleu sur une branche d’arbre. De plus, le centre de toutes les microplacettes était marqué par un ruban orange planté dans le sol.

Lors de cet inventaire de régénération, le dénombrement des tiges a été effectué dans quatre microplacettes (2, 4, 7 et 9) alors que la vérification de la présence des essences a été réalisée dans les dix. De plus, pour l’ensemble de la superficie de chacune des microplacettes, la proportion des tiges de bouleau jaune et d’érable à sucre broutées et rabattues (dans le cas où il y avait un dégagement à l’européenne) a été notée par classe de 10 % (observation oculaire). Pour chacune d’elles, il était indiqué si elle se trouvait dans un ancien sentier de débardage ou non.

Enfin, une tige d'avenir de bouleau jaune ou d'érable à sucre, lorsqu'il n'y avait pas de bouleau jaune, a été identifiée dans chacune des microplacettes. Pour cette tige, on mesurait sa hauteur et on vérifiait si elle était broutée, rabattue et libre de croître. Dans le cas où elle n'était pas libre, l'essence et la hauteur du principal compétiteur étaient notées. Il faut mentionner qu'il a été demandé aux techniciens d'identifier, en priorité, une essence non désirée comme compétiteur à la tige d'avenir. Dans les cas où seule une tige en essence désirée était en compétition avec la tige d'avenir identifiée (par exemple, une tige de moindre qualité ou une tige se trouvant à l'extérieur de la microplacette), l'essence et la hauteur de cette tige étaient indiquées.

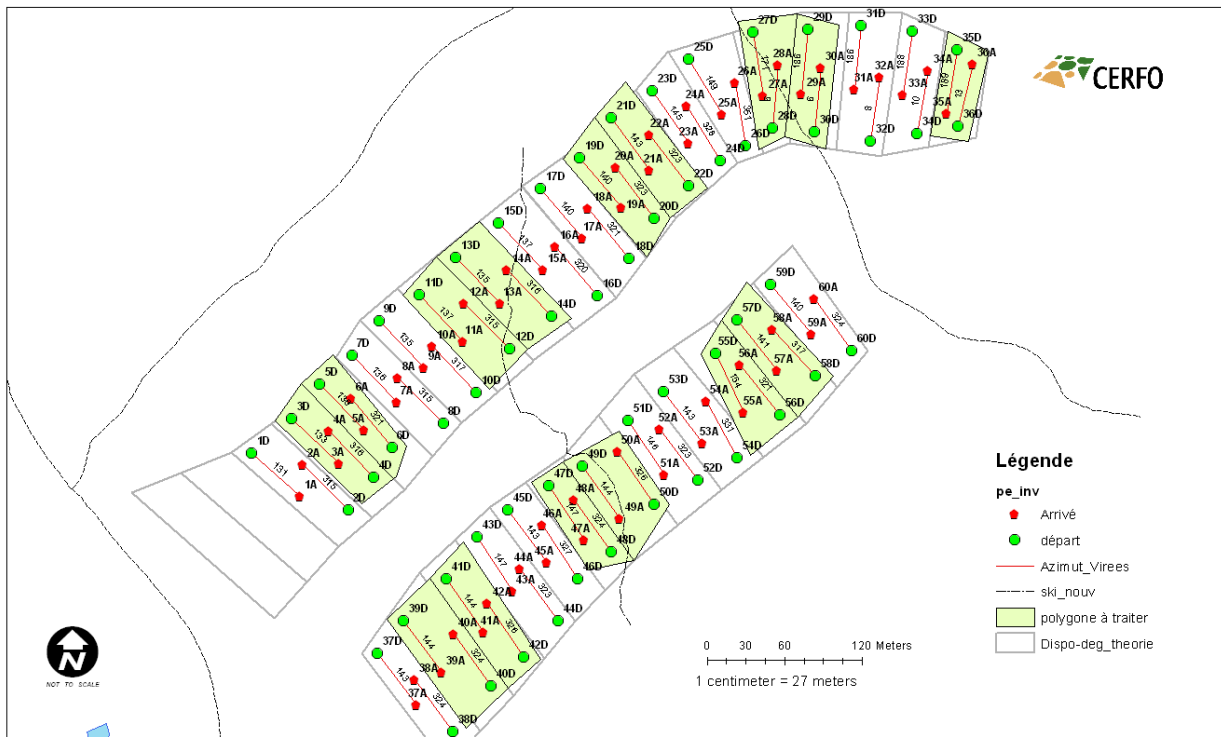


Figure 6. Plan de sondage pour l'inventaire réalisé au printemps 2011¹

¹ Le « D » indique le départ de la virée et le « A » l'arrivée; l'azimut est indiqué sur la virée.

1.8. SUIVI DU BOIS SUR PIED 2014

Un inventaire du bois sur pied a été réalisé afin de déterminer la suite du scénario sylvicole dans le dispositif. Il permet d'évaluer la qualité du peuplement actuel et son potentiel de croissance. L'inventaire comprend 32 placettes à rayon fixe de 11,28, soit 2 placettes par UE (Figure 7). Les mesures effectuées sont :

- Essence;
- DHP;
- vigueur (1 à 6);
- qualité (A, B, C, D);
- classification œuvre/pâte;
- classification MSCR;
- dépérissement de la cime en évaluant le pourcentage de défoliation;
- classes de 25 % : 0, 1 à 25, 26 à 50, 51 à 75, 75 et plus;
- valeur faunique des arbres résiduels (chicots, cavités, présence de nid et faunique).

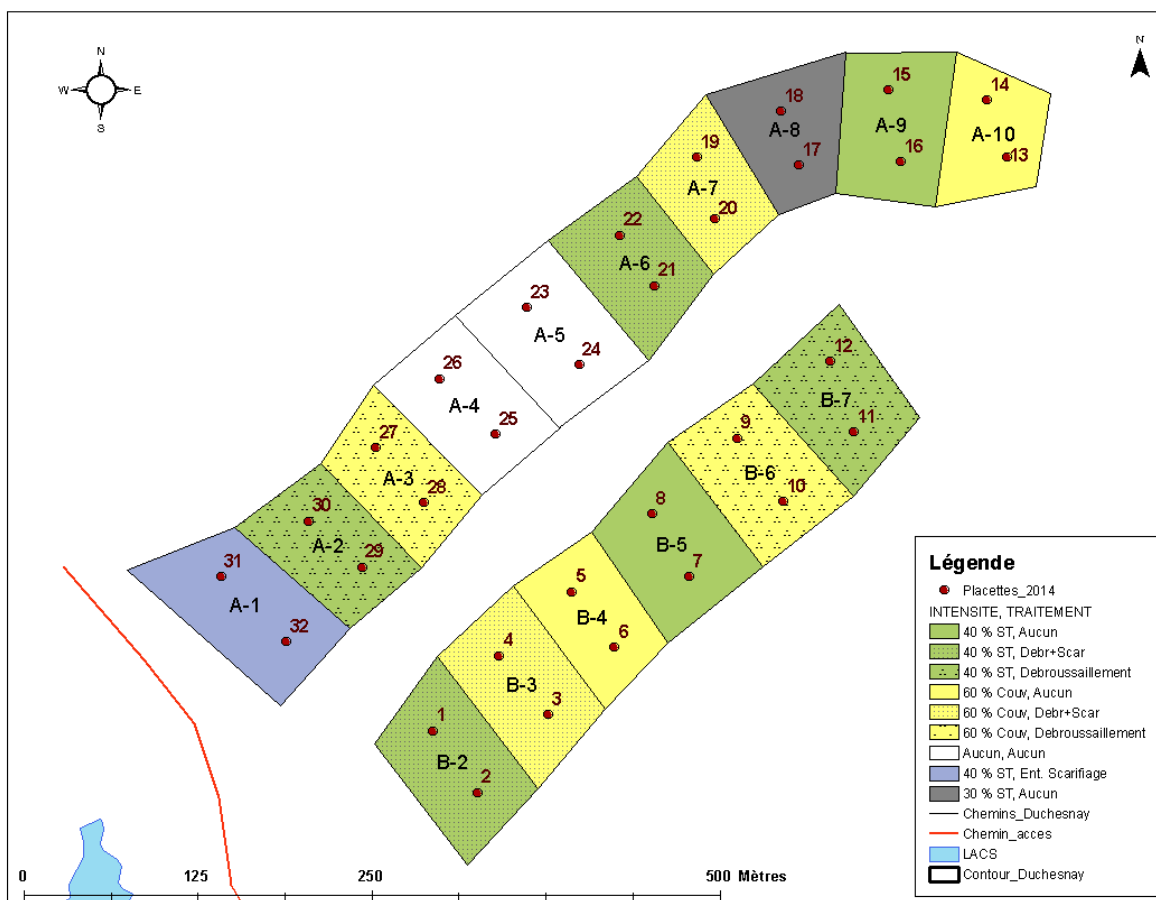


Figure 7. Plan de sondage 2014

Il y a quatre observations d'arbre par placette, comprenant les mesures suivantes :

- **DHP** avec un gallon circonférentiel (mm);
- **Hauteur** (à 10 cm près);
- Hauteur de la **plus basse branche vivante** formant la cime (à 10 cm près);
- **Carotte des 25 derniers cernes annuels à 1 m de hauteur;**
- Mesurer le **diamètre de la cime** par projection au sol sur 2 axes (nord-sud et est-ouest) (à 10 cm près avec un gallon de 5 ou 10 m);
- Évaluer l'état d'oppression de la cime (nombre de faces opprimées).

Les résultats ont été compilés sous forme de portrait. Aucune analyse statistique n'a été réalisée puisque l'objectif n'était pas de comparer les traitements entre eux.

Les prédictions de croissance ont été réalisées à l'aide des modèles SaMARE et ARTÉMIS. Les résultats présentés sont les moyennes des résultats obtenus à partir de ces deux modèles.

Les calculs de valeur et de rentabilité ont été réalisés à l'aide de l'outil MÉRIS 1.5.2 du Bureau de mise en marché des bois du gouvernement du Québec.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. DESCRIPTION DU BOIS SUR PIED

Les trois figures suivantes présentent des compilations d'informations concernant le bois sur pied, soit ceux du traitement initial de récolte de 40 % du couvert (Figure 8), de récolte de 40 % de la surface terrière (Figure 9) et du témoin (Figure 10) respectivement.

On constate que la surface terrière actuelle est de 14,6 m²/ha dans le 40 % de couvert, de 18,5 m²/ha dans le 40 % de S.T., alors qu'elle est de 29,1 m²/ha dans le témoin.

La vigueur est relativement faible, particulièrement dans le 40 % de couvert où 47 % de la surface terrière est classée M ou S et de 43 % dans le 40 % de S.T. Bien que la vigueur soit relativement faible, la proportion de bois de qualité est intéressante en raison de la présence importante de gros bois sur pied. Dans tous les cas, la majeure partie des placettes ont une structure de gros bois et de petits bois/gros bois. De plus, le diamètre moyen du bouleau jaune dans les blocs ayant eu une récolte en 2002 varie entre 30 et 41 cm. Les diamètres moyens de l'érable à sucre sont eux aussi élevés, à 31 cm dans les deux cas.

Ces données permettent d'anticiper :

- Un bon potentiel de survie (53 et 57 % de tiges classées C et R), une portion non négligeable de tige en perdition M).
- Des dommages potentiels importants à la régénération, en raison de la surface terrière élevée, si la totalité du couvert résiduel est prélevée (abondance de cimes)
- Une valeur de récolte intéressante dans ces blocs, avec une bonne proportion de bouleau jaune.

Description sommaire

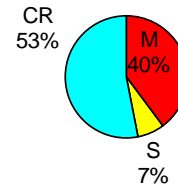
UAF 3151	NO_UE	2
----------	-------	---

4,39 ha	Nb PE 12
---------	----------

Portrait initial global

	Surface terrière (m ² /ha)		Densité (ti/ha)		Volume (m ³ /ha)	
	moy	2et*	moy	2et	moy	2et
Total	14.6	14.1	204	321	113	123
Feuillus	14.6	14.1	204	321	113	123
Résineux	0.0	0.0	0	0	0	0
M	5.8	14.0	44	53	49	123
S	1.0	4.4	10	33	8	34
CR	7.8	8.7	150	281	57	67

% surface terrière MSCR



Portrait par essence

Essence	Surface		Densité		dhp	
	moy	2et	moy	2et	moy	2et
BOJ	7.3	16.8	56	48	41	43
EPR	0.0	0.0	0	0	0	0
ERS	4.7	8.3	63	78	31	27
HEG	2.6	5.9	85	266	20	21
Total	14.6	14.1	204	321	30	35

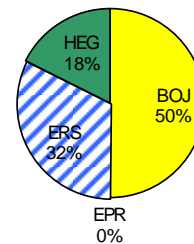
Tiges et surface terrière par Classes de DHP

Classe DHP	Densité		Surface		Volume	
	moy	2et	moy	2et	moy	2et
10_16	92	257	1.2	3.3	5.0	14.3
18_22	27	54	0.8	1.6	4.6	9.5
10_22	119	289	2.0	4.2	9.7	20.3
24_28	15	26	0.8	1.4	5.8	10.3
30_38	35	62	3.3	5.8	25.5	46.0
40_48	21	47	3.3	7.3	27.2	61.3
50_58	10	33	2.5	8.0	20.1	63.4
60+	4	19	2.8	15.5	25.2	135.4
24+	85	84	12.7	14.6	103.7	127.1
Total	204	321	14.6	14.1	113.4	122.9

	Classes CR (m ² /ha)				Total
	<7	>14	10-14	7-9	
NB PE	5	1	2	4	12

Structures diamétrales selon triangle des structures : fréquences des PE

Structure	Structure totale				Structure essences désirées			
	Perches désirées		Total	% PE	Perches désirées		Total	% PE
	<150	>150			<150	>150		
Perche	1	0	1	8%	1	0	1	8%
PB	0	0	0	0%	0	0	0	0%
PB-BM	0	0	0	0%	0	0	0	0%
BM	1	0	1	8%	1	0	1	8%
BM-GB	1	0	1	8%	1	0	1	8%
GB	3	0	3	25%	2	0	2	17%
PB-GB	4	1	5	42%	5	1	6	50%
EQ	1	0	1	8%	1	0	1	8%
Total	11	1	12	100%	11	1	12	100%



% surface terrière par essence

Volumes à l'hectare par essences et types de produits

m ³ /ha	BOJ		ERS		HEG		EPR	
	Moy	2et	Moy	2et	Moy	2et	Moy	2et
Total	59.7	146.7	34.1	63.5	19.6	48.1	0.0	0.0
Pâte	24.1	55.3	15.3	21.5	16.3	39.6	0.0	0.0
Déroulage	1.6	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sciage	17.1	34.1	14.5	35.5	1.0	2.6	0.0	0.0
F1	1.8	4.7	2.3	8.8	0.0	0.1	0.0	0.0
F2	7.2	16.0	4.8	13.2	0.0	0.1	0.0	0.0
F3	6.9	11.6	7.1	14.2	0.9	2.5	0.0	0.0
F4	1.1	2.7	0.3	0.6	0.0	0.1	0.0	0.0

* 2et = étendue des données (2 fois l'écart type)

Figure 8. Description sommaire de l'état du bois sur pied suite à la récolte de 40 % du couvert

Description sommaire

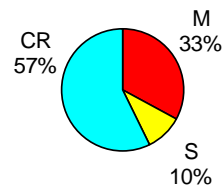
UAF 3151	NO_UE	1
----------	-------	---

5,85 ha	Nb PE 12
---------	----------

Portrait initial global

	Surface terrière (m ² /ha)		Densité (ti/ha)		Volume (m ³ /ha)	
	moy	2et*	moy	2et	moy	2et
Total	18.5	6.7	298	225	140	60
Feuillus	18.3	6.6	292	216	139	59
Résineux	0.1	0.6	6	23	1	3
M	6.1	10.5	58	107	50	91
S	1.8	6.6	21	51	15	55
CR	10.6	9.9	219	223	75	74

% surface terrière MSCR



Portrait par essence

Essence	Surface		Densité		dhp	
	moy	2et	moy	2et	moy	2et
BOJ	7.6	11.5	110	171	30	30
EPR	0.1	0.6	6	23	17	4
ERS	6.8	7.4	90	81	31	30
HEG	3.8	9.0	92	196	23	24
Total	18.5	6.7	298	225	28	29

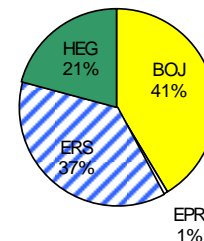
Tiges et surface terrière par Classes de DHP

Classe DHP	Densité		Surface		Volume	
	moy	2et	moy	2et	moy	2et
10_16	127	239	1.7	3.2	7.4	13.3
18_22	48	66	1.5	2.2	9.5	14.0
10_22	175	244	3.3	3.7	16.9	19.2
24_28	33	65	1.8	3.5	13.0	25.0
30_38	44	57	3.9	5.5	30.7	44.0
40_48	21	36	3.0	5.3	24.6	45.0
50_58	17	33	3.5	6.7	29.9	58.1
60+	8	25	3.0	9.1	24.8	73.9
24+	123	89	15.2	7.4	123.0	63.7
Total	298	225	18.5	6.7	139.9	59.7

	Classes CR (m ² /ha)				Total
	<7	>14	10-14	7-9	
NB PE	3	4	3	2	12

Structures diamétrales selon triangle des structures : fréquences des PE

Structure	Structure totale				Structure essences désirées			
	Perches désirées		Total	% PE	Perches désirées		Total	% PE
	<150	>150			<150	>150		
Perche	0	0	0	0%	0	0	0	0%
PB	2	0	2	17%	1	0	1	8%
PB-BM	0	0	0	0%	0	0	0	0%
BM	1	1	2	17%	0	1	1	8%
BM-GB	1	0	1	8%	1	0	1	8%
GB	3	0	3	25%	3	0	3	25%
PB-GB	2	1	3	25%	4	1	5	42%
EQ	1	0	1	8%	1	0	1	8%
Total	10	2	12	100%	10	2	12	100%



% surface terrière par essence

Volumes à l'hectare par essences et types de produits

m ³ /ha	BOJ		ERS		HEG		EPR	
	Moy	2et	Moy	2et	Moy	2et	Moy	2et
Total	57.9	98.2	49.5	57.8	31.7	85.1	0.8	3.1
Pâte	23.7	33.9	23.1	21.2	25.9	68.6	0.0	0.2
Déroulage	1.8	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sciage	17.4	30.6	19.5	29.2	1.8	5.2	0.7	2.7
F1	1.8	5.4	2.7	6.6	0.1	0.2	0.0	0.0
F2	7.1	14.4	6.0	11.2	0.1	0.2	0.6	2.3
F3	7.7	12.4	10.2	13.6	1.6	4.8	0.1	0.3
F4	0.9	1.4	0.5	0.6	0.1	0.2	0.0	0.1

* 2et = étendue des données (2 fois l'écart type)

Figure 9. Description sommaire de l'état du bois sur pied suite à la récolte 40 % de la surface terrière

Description sommaire

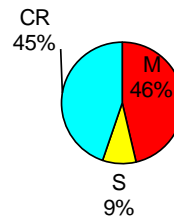
UAF 3151	NO_UE	3
----------	-------	---

1,75 ha	Nb PE	4
---------	-------	---

Portrait initial global

	Surface terrière (m ² /ha)		Densité (ti/ha)		Volume (m ³ /ha)	
	moy	2et*	moy	2et	moy	2et
Total	29.1	12.8	431	189	234	92
Feuillus	29.0	12.6	419	149	234	92
Résineux	0.1	0.5	13	50	0	1
M	13.5	10.2	106	48	118	100
S	2.6	1.2	38	29	23	14
CR	13.0	18.2	288	247	93	144

% surface terrière MSCR



Portrait par essence

Essence	Surface		Densité		dhp	
	moy	2et	moy	2et	moy	2et
BOJ	5.3	6.3	88	65	28	27
EPR	0.1	0.5	13	50	11	2
ERS	10.4	15.4	81	63	40	26
HEG	13.3	8.6	250	71	26	29
Total	29.1	12.8	431	189	29	31

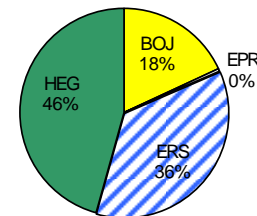
Tiges et surface terrière par Classes de DHP

Classe DHP	Densité		Surface		Volume	
	moy	2et	moy	2et	moy	2et
10_16	188	155	2.1	2.0	7.8	8.0
18_22	38	50	1.2	1.3	7.9	8.9
10_22	225	147	3.3	1.9	15.7	7.9
24_28	44	75	2.2	3.4	15.4	23.2
30_38	75	108	6.9	8.7	59.4	71.3
40_48	44	63	6.2	8.9	54.9	76.9
50_58	31	48	7.0	10.3	57.3	83.8
60+	13	29	3.7	8.4	31.7	73.6
24+	206	75	25.8	12.8	218.7	95.8
Total	431	189	29.1	12.8	234.3	92.4

	Classes CR (m ² /ha)				Total
	<7	>14	10-14	7-9	
NB PE	1	1	1	1	4

Structures diamétrales selon triangle des structures : fréquences des PE

Structure	Structure totale				Structure essences désirées			
	Perches désirées		Total	% PE	Perches désirées		Total	% PE
	<150	>150			<150	>150		
Perche	0	0	0	0%	0	0	0	0%
PB	0	0	0	0%	0	0	0	0%
PB-BM	0	0	0	0%	0	0	0	0%
BM	1	0	1	25%	1	0	1	25%
BM-GB	0	0	0	0%	0	0	0	0%
GB	2	0	2	50%	1	0	1	25%
PB-GB	1	0	1	25%	1	0	1	25%
EQ	0	0	0	0%	1	0	1	25%
Total	4	0	4	100%	4	0	4	100%



% surface terrière par essence

Volumes à l'hectare par essences et types de produits

m ³ /ha	BOJ		ERS		HEG		EPR	
	Moy	2et	Moy	2et	Moy	2et	Moy	2et
Total	38.8	49.3	78.7	119.5	116.5	83.6	0.4	1.4
Pâte	16.5	20.1	30.4	42.5	90.2	65.7	0.0	0.2
Déroulage	1.5	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sciage	12.0	13.1	35.8	53.0	9.2	6.4	0.3	1.1
F1	1.4	3.4	6.1	10.6	0.4	0.3	0.0	0.0
F2	4.9	6.9	11.8	16.9	0.6	0.4	0.0	0.1
F3	5.1	5.5	17.2	24.7	7.8	5.5	0.2	1.0
F4	0.5	0.4	0.7	0.9	0.4	0.3	0.0	0.0

* 2et = étendue des données (2 fois l'écart type)

Figure 10. Description sommaire de l'état du bois sur pied dans le témoin

2.2. DESCRIPTION DES CHICOTS ET DES ARBRES À VALEUR FAUNIQUE

La densité de chicots par traitement est présentée à la figure 11. On voit que dans le témoin et le 40 % de S.T. la densité de chicots est autour de 15, ce qui correspond à la cible établie dans l'Objectif de protection et de mise en valeur no 4 (OPMV 4) comme étant un niveau suffisant pour maintenir la biodiversité actuellement.

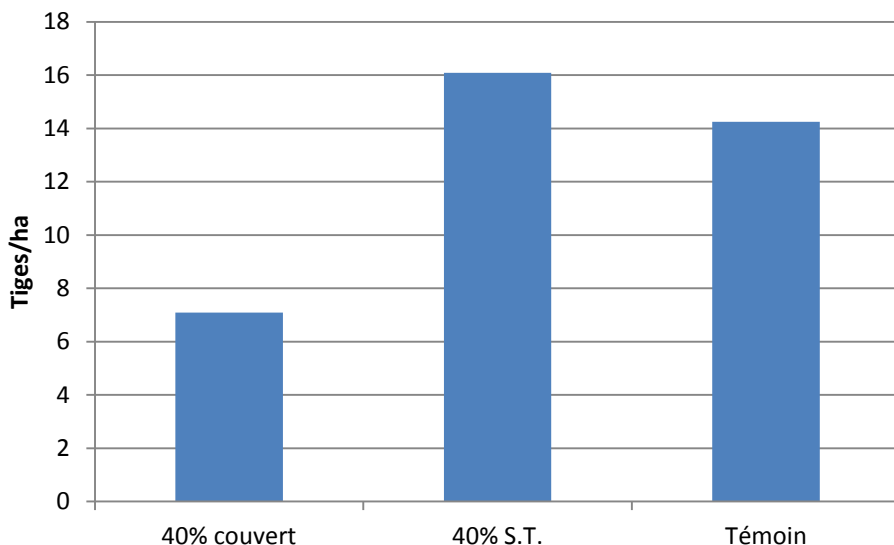


Figure 11. Densité de chicots par traitement

Par contre, dans le 40 % de couvert, la densité est plus faible. Il sera donc important de maintenir des tiges résiduelles et/ou des arbres à valeur faunique dans ces blocs pour assurer un recrutement de chicots dans les années à venir afin de compenser la perte graduelle de cet attribut important pour une variété d'espèces fauniques.

Le nombre de chicots est un élément important, mais la taille de ces derniers l'est tout autant. La figure 12 présente les caractéristiques de ces chicots. On remarque que le diamètre moyen est près ou supérieur à 30 centimètres, ce qui est souhaitable. On remarque également que la hauteur moyenne est inférieure à 15 m dans tous les cas, cela signifie que la majeure partie des chicots ont probablement la tête cassée, signe qu'ils ont un état de dégradation assez avancé. Cela vient mettre l'accent sur la nécessité d'assurer un remplacement de ces chicots à court et moyen terme.

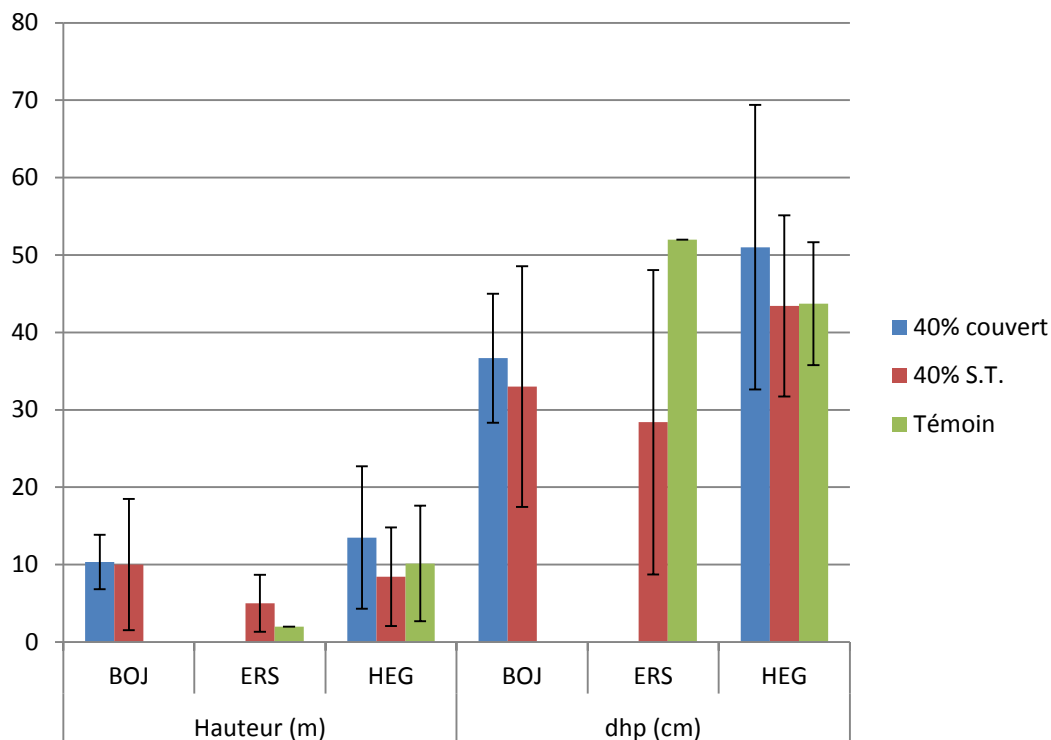


Figure 12. Hauteur moyenne et diamètre moyen des chicots par traitement

Les arbres à valeur faunique constituent d'excellents candidats pour remplacer les chicots à court terme. La figure 13 présente les densités d'arbres fauniques dans les différents traitements. On remarque que leur nombre est similaire autant dans les blocs traités que dans le témoin. De plus, ils sont en nombre presque équivalents aux chicots. Comme ces tiges sont les principales candidates pour éventuellement remplacer les chicots, leur taille est importante.

La figure 14 présente le diamètre moyen des arbres à valeur faunique selon leur essence dans chacun des trois traitements. De manière générale, les diamètres de ces tiges, particulièrement celles de bouleau jaune dans les coupes partielles, sont plus faibles que les chicots. Il sera donc important de compléter le recrutement éventuel de chicots par d'autres tiges de plus fort diamètre.

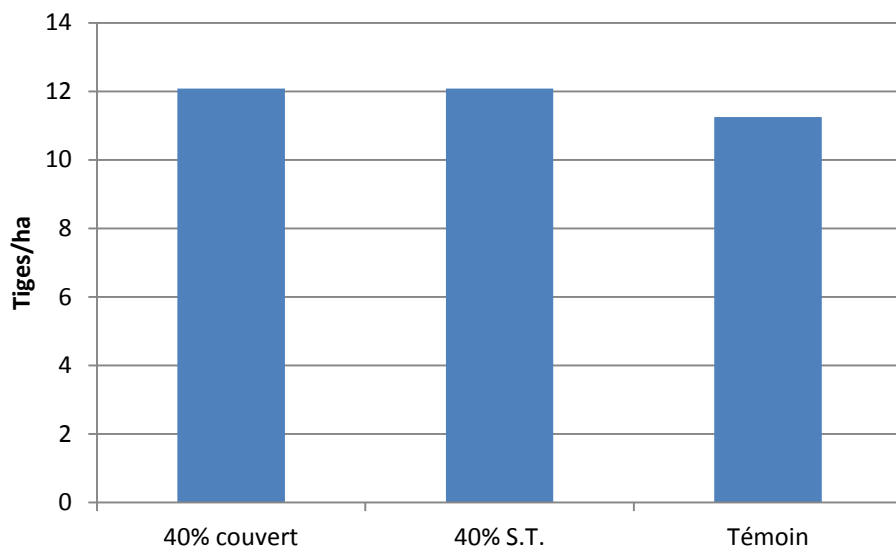


Figure 13. Densité d'arbres à valeur faunique par traitement

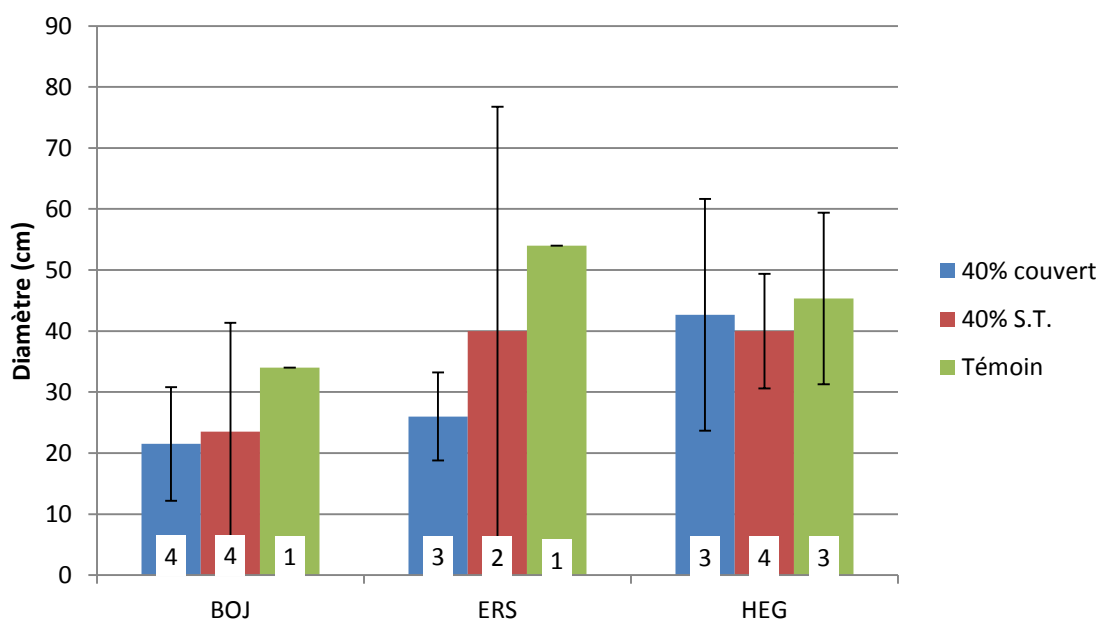


Figure 14. Diamètre moyen des arbres à valeur faunique par traitement

2.3. CARACTÉRISTIQUES DES ARBRES-ÉTUDES

Les caractéristiques de hauteur et de diamètre des arbres-études sont présentées à la figure 15.

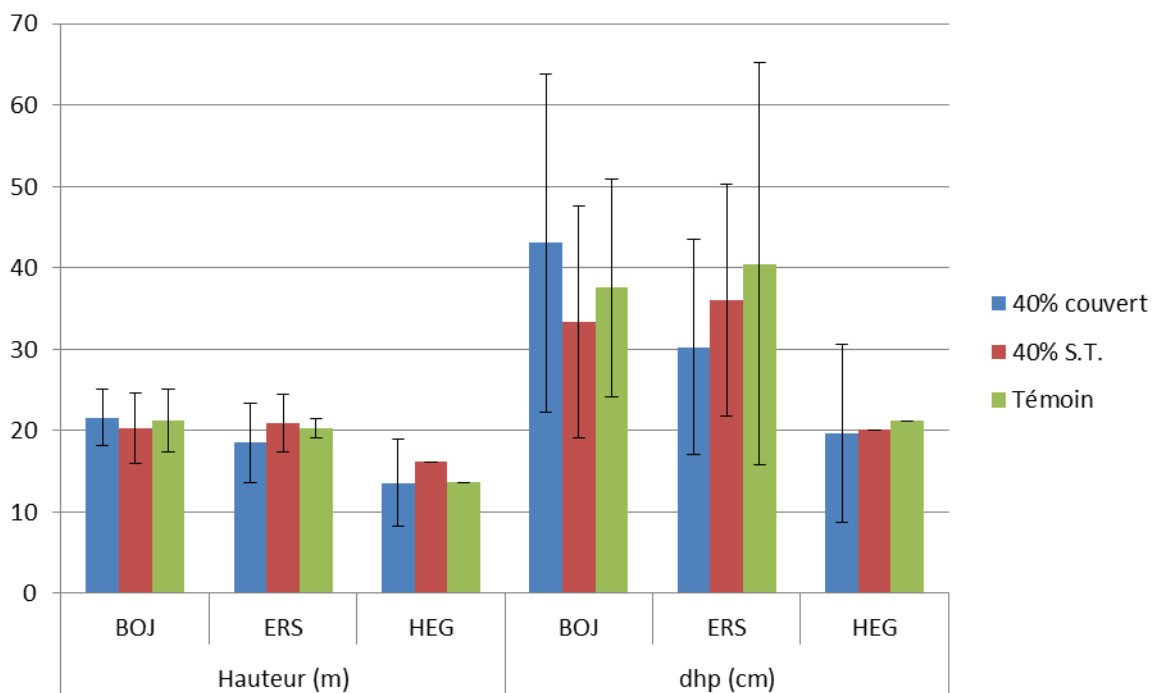


Figure 15. Hauteur moyenne et diamètre moyen des arbres-études par traitement

On remarque que les résultats obtenus à partir des arbres-études pour les diamètres moyens sont similaires à ceux des compilations des placettes présentées aux figures 8, 9 et 10. On remarque aussi que les hêtres ont une hauteur moyenne plus faible.

La taille plus faible du hêtre est aussi perceptible pour la dimension des cimes qui sont présentées à la figure 16. Les bouleaux tendent à avoir les cimes légèrement plus grandes que celles des érables.

Pour ce qui est de la hauteur sans branches, elle se situe autour de 6 mètres pour les bouleaux et les érables dans tous les traitements (Figure 17). Les hêtres présentent une hauteur sans branches plus faible dans les coupes partielles, mais cela vient principalement du fait qu'ils sont moins hauts (Figure 15).

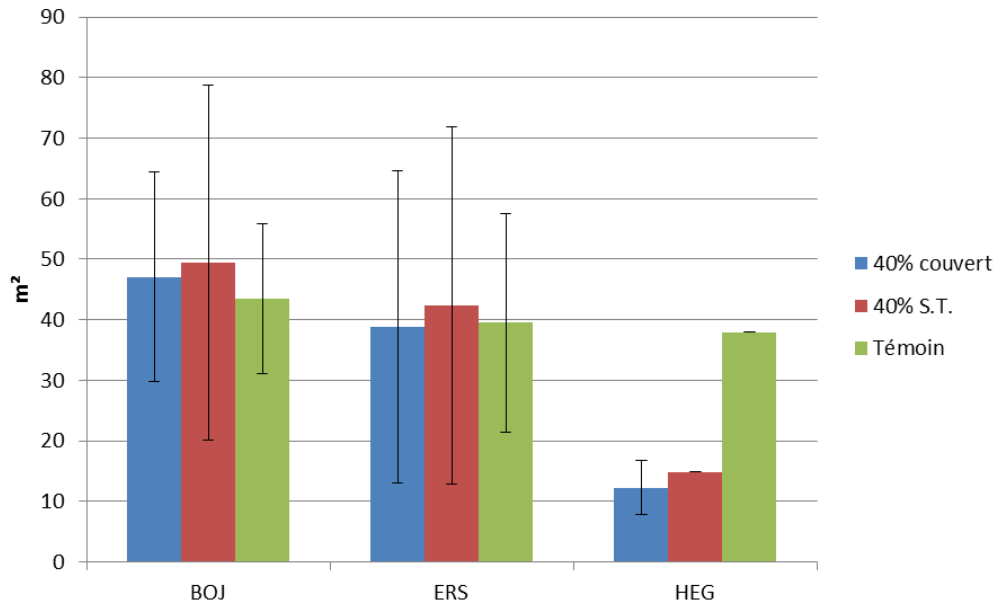


Figure 16. Surface des cimes des arbres-études par traitement

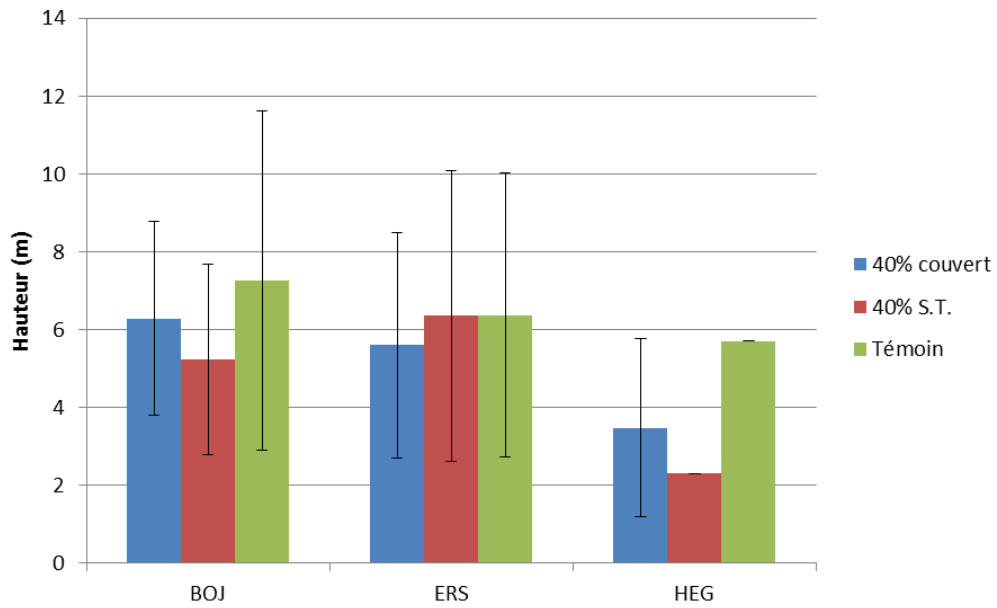


Figure 17. Hauteur sans branches des arbres-études par traitement

2.4. CROISSANCE DES TIGES RÉSIDUELLES

Les croissances triennales des 25 dernières années des arbres-études de 24 cm et plus de DHP sont présentées à la figure 18 pour chaque traitement. On remarque qu'il n'y a pas d'écart entre les témoins et les arbres traités suite à la coupe de 2002. Il y a eu une augmentation de la croissance à partir de 2002 dans tous les cas, sauf pour le 40 % de couvert qui présente une augmentation progressive relativement constante pour l'ensemble de la période mesurée.

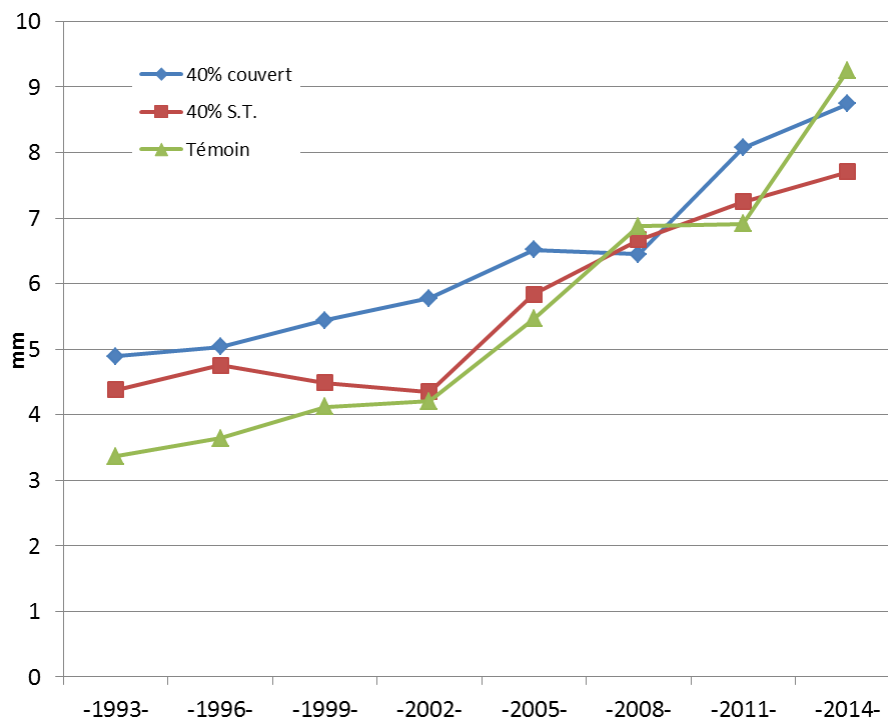


Figure 18. Croissances triennales des arbres-études (dhp >= 24 cm) toutes essences selon le traitement

Lorsque l'on regarde la croissance des bouleaux jaunes seulement (Figure 19), le modèle est très similaire à celui observé pour l'ensemble des tiges, qui semble influencé justement par le comportement du bouleau jaune, essence dominante. Pour ce qui est des érables (Figure 20), les croissances sont très près les unes des autres.

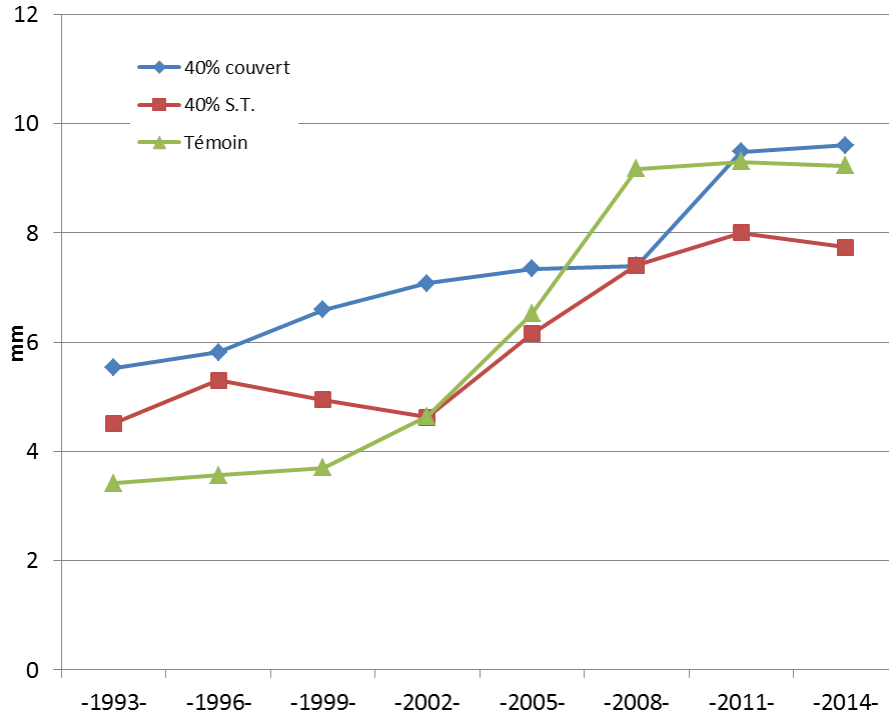


Figure 19. Croissances triennales des arbres-études (dhp>=24cm) de bouleau jaune selon le traitement

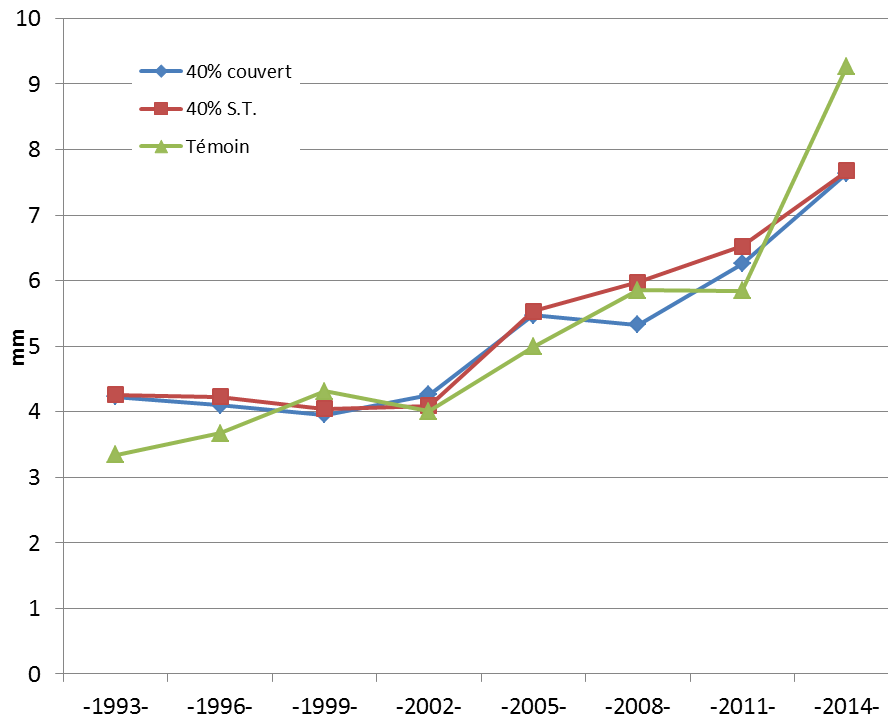


Figure 20. Croissances triennales des arbres-études (dhp>=24cm) d'érable à sucre selon le traitement

Quelques hypothèses peuvent être avancées :

- Le traitement 40 % S.T. a semblé favoriser les croissances triennales du bouleau jaune et, étant donné la forte présence du bouleau jaune, les croissances triennales totales.
- La forte croissance du bouleau jaune dans le témoin pourrait s'expliquer par la présence importante de HEG déperissant, apportant progressivement un effet d'éclaircie. Déjà en 2002, le témoin présentait 58,9 % de tiges non vigoureuses (dont la mortalité était anticipée d'ici 20 ans), de peu de qualité. Le témoin présente actuellement une surface terrière de 13,3m²/ha, alors que les portions traitées du dispositif présentent 2,6 et 3,6. La maladie corticale du hêtre a justement progressé rapidement dans le secteur de Duchesnay. Plusieurs érables à sucre aussi étaient non vigoureux en 2002 (65,2 %).
- Pour le traitement 40 % couvert, la canopée était en réalité beaucoup plus ouverte. Le choc thermique a pu entraîner l'insolation de plusieurs tiges, ce qui a, d'ailleurs, été remarqué par un changement des écorces du côté sud. La croissance est demeurée constante.
- Autre hypothèse posée pour l'augmentation de la croissance à partir de 2002 tant dans les témoins que dans les coupes partielles pourrait être lié à une augmentation de la disponibilité en éléments nutritifs; comme la station est en pente et que les témoins sont à mi-pente, il est possible que ces derniers aient profité d'un lessivage d'éléments nutritifs engendrés par les coupes en amont.

2.5. ÉVOLUTION ANTICIPÉE DES VOLUMES ET DE LA QUALITÉ PAR SIMULATION

Les simulations d'évolution des peuplements réalisées à partir de SaMARE et ARTÉMIS ont été combinées pour obtenir une moyenne par pas de 10 ans sur un horizon de 20 ans afin de déterminer le moment opportun pour réaliser une coupe secondaire ou finale. Le tableau 9 présente les surfaces terrières et les volumes totaux par période pour chaque traitement.

Tableau 9 : Prévion sur 20 ans de la surface terrière et volume total sur pied par traitement

	Année	Traitements		
		40 % couvert	40 % S.T.	Témoin
Surface terrière	2015	14.6	18.5	29.1
	2025	14.5	20.5	28.3
	2035	17.1	22.8	28.1
Volume total	2015	118.1	145.9	244.5
	2025	112.2	163.5	243.7
	2035	130.6	181.7	239.4

On remarque que la faible surface terrière dans le 40 % de couvert combinée à la forte proportion de tiges M et S amène une réduction de la surface terrière dans 10 ans qui se traduit par une réduction du volume total sur pied de 3,5 m³ par hectare. Par contre, une légère augmentation de la surface terrière est prévue dans la période suivante avec un volume sur pied dans 20 ans de 131 m³ par hectare, ce qui correspond à un accroissement annuel net d'à peine 0,6 m³ par hectare.

Dans le 40 % S.T., la mortalité prévue est moins importante et l'accroissement annuel moyen sur les 20 prochaines années est près de 1,8m³ par hectare. Pour le témoin, la mortalité dépasse la croissance sur l'ensemble de l'horizon de simulation.

Comme le diamètre moyen est relativement élevé dans les deux traitements, il est intéressant de regarder plus en détail l'évolution de la qualité des bois sur l'horizon de simulation. La figure 21 présente l'évolution des volumes sur pied pour le déroulage, le sciage et la pâte dans chacun des trois traitements. Lorsque l'on regarde en détail les résultats, on remarque que dans tous les cas la proportion de sciage tend à diminuer sur l'horizon de simulation. Ainsi, dans le 40 % S.T., bien que l'accroissement annuel soit de 1.8m³ par hectare, le sciage lui ne croît que d'un peu plus de 0.3m³ par hectare par année.

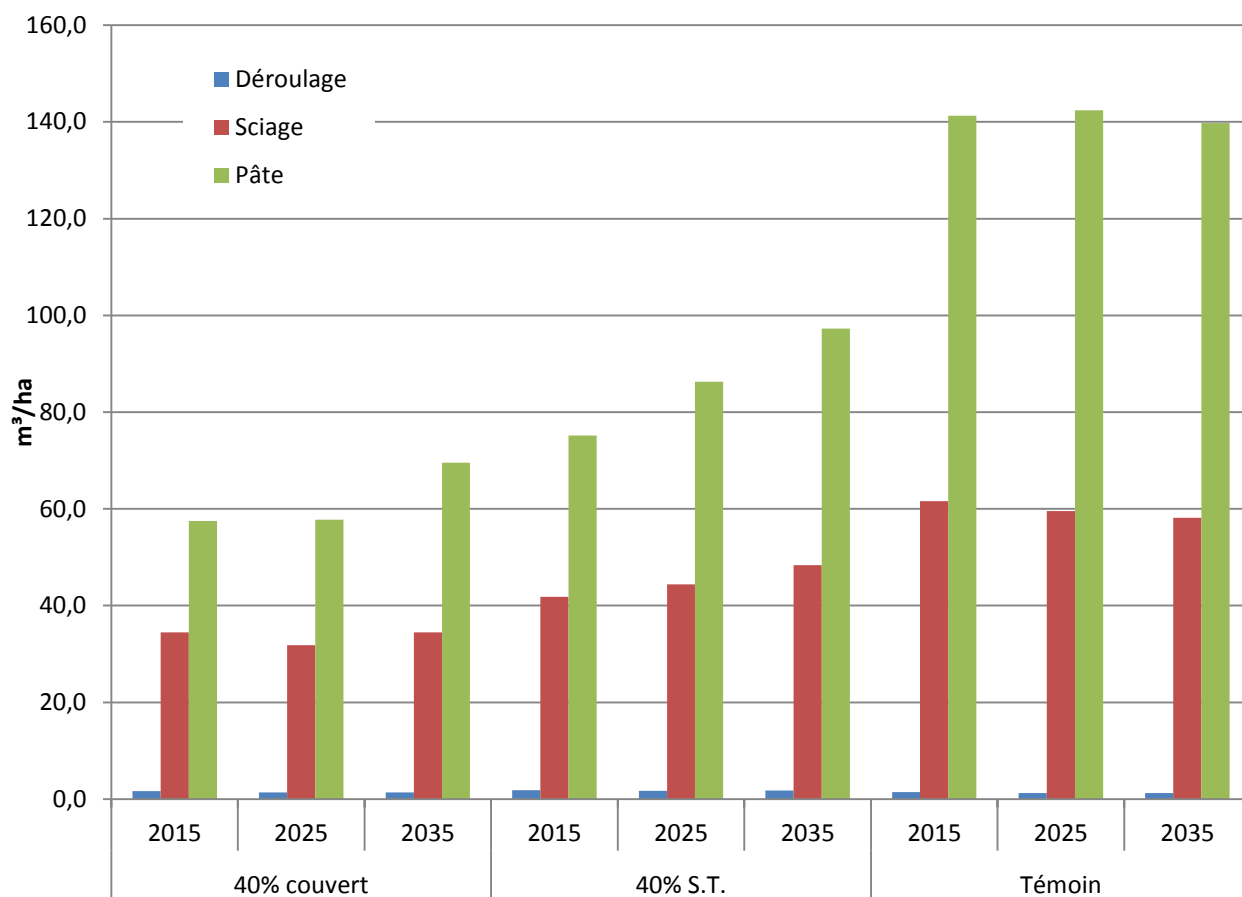


Figure 21. Prévision moyenne (SaMARE et ARTEMIS) sur 20 ans des volumes toutes essences par qualité

Comme la production ciblée pour le site est le bouleau jaune, il est intéressant de regarder les prévisions pour cette essence en particulier (Figure 22). La réduction du sciage anticipée en 2025 pour l'ensemble des essences dans le 40 % de couvert est encore plus marquée pour le bouleau jaune avec une réduction de près de 4 m³ par hectare. Dans le 40 % S.T., l'augmentation des volumes est principalement de qualité pâte. L'évolution différente dans la proportion des qualités peut engendrer des différences au niveau de la valeur du peuplement.

Les résultats de valeur prévue des peuplements calculés à partir de MÉRIS sont présentés à la figure 23. On remarque que la valeur actuelle du 40 % couvert et du 40 % S.T est d'environ 750 \$/ha.

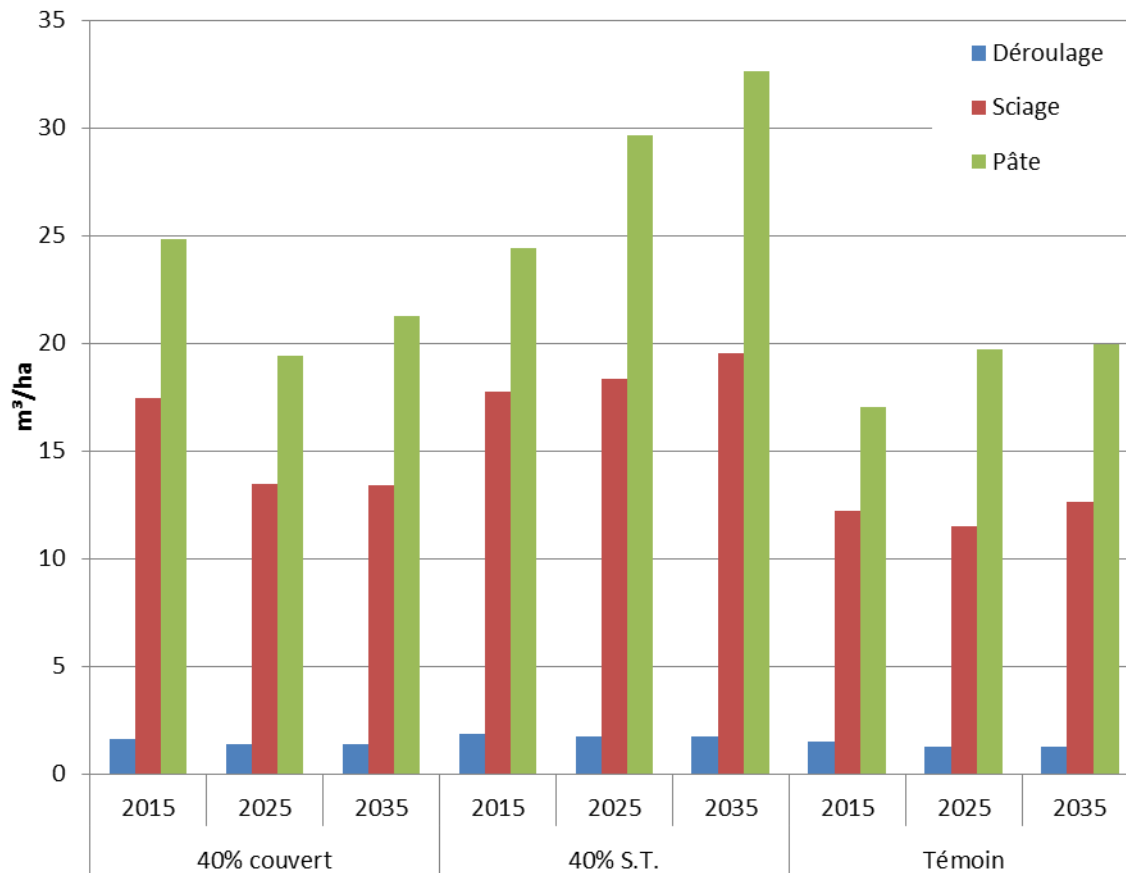
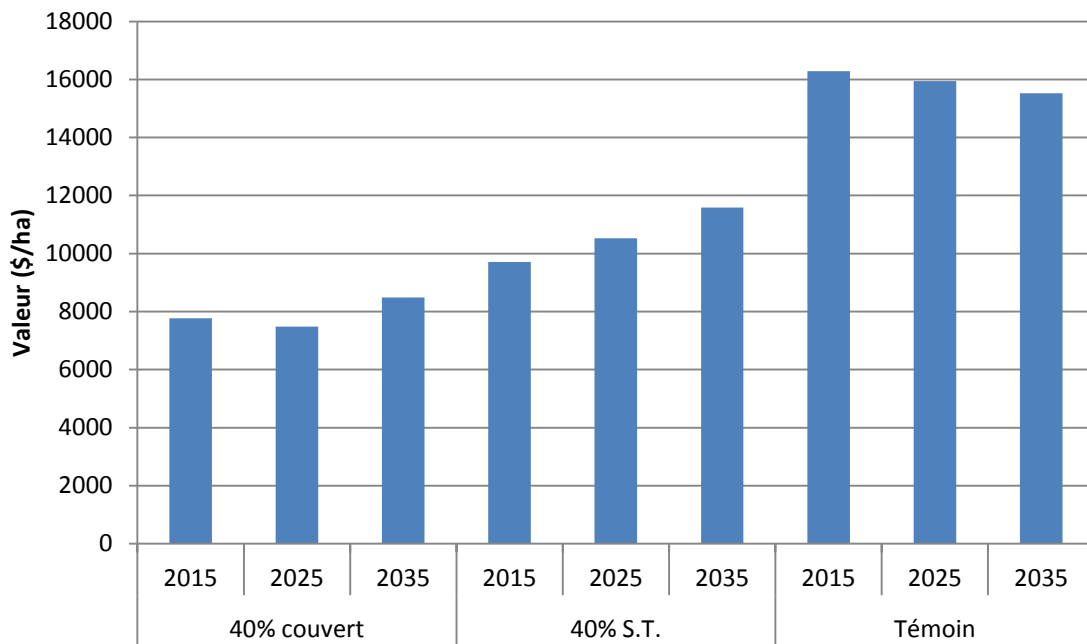


Figure 22. Prédiction moyenne (SaMARE et ARTEMIS) sur 20 ans des volumes de bouleau jaune par qualité

Bien que le volume et la valeur par hectare diminuent en 2005 pour le 40 % couvert, la valeur par m³ elle augmente ce qui démontre bien l'importance de la proportion de sciage dans l'évaluation de la valeur. Pour le 40 % S.T., la valeur et le volume tendent à augmenter avec le temps, mais la comme la proportion de bois de pâte augmente plus rapidement que le sciage, **la valeur prévue par m³ elle tend à diminuer.**

À la lumière que ces résultats, il est clair que le potentiel de croissance tant en volume qu'en valeur du peuplement résiduel n'est pas intéressant et même négatif dans le cas du 40 % de couvert.

A)



B)

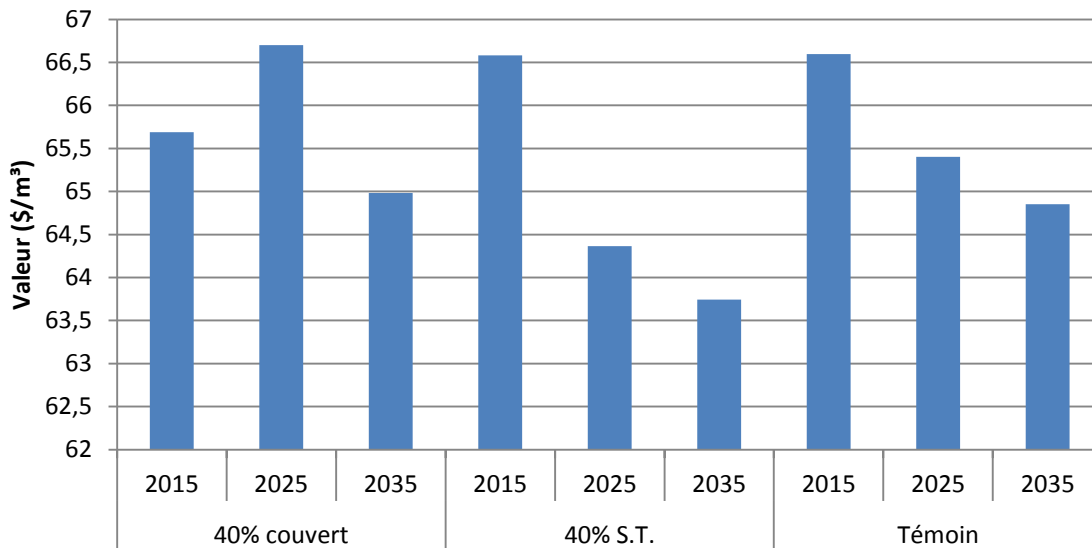


Figure 23. Prévisions sur 20 ans de la valeur totale moyenne sur pied par traitement calculées avec MÉRIS par hectare (A) et par m³ (B)

2.6. RÉCOLTE PROPOSÉE

Anticipant des risques de destruction partielle de la régénération étant donné les volumes importants sur pied ainsi que dans le but d'assurer le recrutement des chicots, une récolte avec rétention de 5 m²/ha de surface terrière résiduelle composée d'arbres à valeur faunique de forte dimension et de tiges de faible qualité. Une simulation a été effectuée dans MÉRIS afin d'évaluer les volumes qui pourraient être récoltés en appliquant un tel prélèvement (Tableau 10).

Tableau 10 : Volumes (m³/hectare) de récolte estimée par essence et qualité selon le traitement

	Déroulage	Sciage	F1	F2	F3	F4	Pâte	Total
40 % couvert	1.6	28.6	4.4	10.9	12.0	1.3	34.7	64.9
BOJ	1.6	16.6	1.9	7.2	6.4	1.0	21.9	40.1
ERS	0.0	11.5	2.5	3.7	5.1	0.2	8.4	19.9
Autres	0.0	0.5	0.0	0.0	0.4	0.0	4.4	4.9
40 % S.T.	1.9	40.5	5.1	13.9	20.0	1.4	50.7	93.0
BOJ	1.9	17.5	1.9	7.2	7.6	0.9	17.9	37.3
ERS	0.0	21.5	3.1	6.7	11.2	0.5	20.0	41.5
Autres	0.0	1.4	0.1	0.1	1.2	0.1	12.9	14.3
Témoin	1.5	61.3	8.8	18.8	32.0	1.7	127.6	190.4
BOJ	1.5	12.2	1.5	5.0	5.2	0.5	12.4	26.1
ERS	0.0	39.8	6.9	13.3	19.0	0.7	32.3	72.1
Autres	0.0	9.3	0.4	0.6	7.8	0.4	82.9	92.2

Le tableau 11 présente la valeur anticipée des produits récoltés pour chaque traitement.

Tableau 11 : Valeur (\$/hectare) de la récolte estimée par essence et qualité selon le traitement

	Déroulage	Sciage	F1	F2	F3	F4	Pâte	Total
40 % couvert	355	3155	709	1317	1042	86	2164	5673
BOJ	355	1539	257	760	454	67	1366	3259
ERS	0	1582	450	555	560	18	524	2106
Autres	0	33	1	2	28	1	274	308
40 % S.T.	407	4541	825	1766	1848	102	3163	8111
BOJ	407	1603	256	753	539	55	1114	3124
ERS	0	2844	566	1008	1228	43	1246	4090
Autres	0	93	4	5	81	4	803	897
Témoin	323	7148	1485	2553	2987	123	7960	15430
BOJ	323	1127	199	528	366	35	771	2221
ERS	0	5387	1260	1988	2077	61	2015	7402
SEPM	0	12	0	2	11	0	2	14
Autres	0	622	26	35	534	26	5171	5793

La récolte selon les modalités utilisées présente une rentabilité intéressante avec un bénéfice net pour les coupes finales de 1 693 \$ et 2 612 \$ pour le 40 % de couvert et le 40 % S.T. respectivement (Tableau 12). Par contre, ces estimations ne prennent pas en compte les coûts de transport et sont basées sur des frais fixes de 661 \$/ha.

Tableau 12 : Rentabilité de la récolte estimée selon le traitement

	Superficies (ha)	Produits (\$/ha)	Redevances (\$/ha)	Frais fixes (\$/ha)	Bénéfices Net (\$/ha)	Bénéfices net (\$/ha)
40 % couvert	4.4	5673	445	661	1693	19.75
40 % S.T.	5.8	8111	605	661	2612	22.45
Témoin	1.8	15430	904	661	5167	22.47

3. SCÉNARIO SYLVICOLE

Comme mentionné dans l'introduction, l'étape de l'établissement de la régénération accomplie, trois scénarios du régime de la futaie régulière sont en théorie possibles dans la suite de ce procédé de régénération par coupes progressives :

- Effectuer la coupe finale (libérer complètement la régénération);
- Laisser le peuplement résiduel en place s'il ne nuit pas à la régénération (tiges pas assez nombreuses ou pas assez en bon état pour justifier la récolte (s'ils ne nuisent pas à la régénération)), laisser des arbres à valeur fauniques;
- Effectuer une ou des coupes secondaires (augmenter l'apport en lumière tout en conservant un couvert et en bénéficiant d'un gain en valeur supplémentaire).

En fait, un autre scénario aurait pu être une conversion en régime de la futaie irrégulière afin d'étaler la période de régénération plus de la moitié de la révolution et d'effectuer une ou des coupes secondaires (augmenter l'apport en lumière tout en conservant un couvert). Une brosse de régénération de bouleau jaune ayant déjà été établie, la préoccupation sylvicole actuelle est plutôt de la libérer.

Cette section discute des trois options en futaie régulière.

3.1. LA COUPE PROGRESSIVE UNIFORME (*UNIFORM SHELTERWOOD*)

Dans le régime de la futaie régulière, la coupe progressive uniforme constitue une option intéressante pour régénérer efficacement le bouleau jaune (Tableau 13). En effet, ce procédé représente une méthode de choix pour régénérer des essences semi-tolérantes à l'ombre (OMNR, 1998). Elle est également reconnue depuis longtemps, en Amérique du Nord, pour son efficacité à régénérer les feuillus tolérants (Leffelman et Hawley, 1925). Le tableau 13 décrit les étapes pour aménager le bouleau jaune de façon intensive; la coupe progressive constitue la première étape pour installer une régénération abondante. La coupe progressive est un procédé de régénération utilisé dans le régime de la futaie régulière et comprend théoriquement plusieurs étapes : la coupe préparatoire, la coupe d'ensemencement, la coupe secondaire (ou coupe de mise en lumière) et la coupe finale. Au minimum, la coupe progressive comporte une coupe d'ensemencement et une coupe finale. Cette intervention permet l'établissement du nouveau peuplement avant la fin de la révolution du peuplement en place (OIFQ, 2009). Le couvert partiel résiduel permet à la fois de fournir les semences et d'influencer le microclimat favorisant l'installation des essences désirées.

Dans un contexte où l'on souhaite intensifier les pratiques sylvicoles, il devient prioritaire de constituer une cohorte libre de croître dans le but d'assurer leur survie. La compétition peut effectivement être très agressive et mener à beaucoup de mortalité (Crcha et Trottier, 1991). Plusieurs rapports et remesurages, notamment en Estrie et en Mauricie, signalent la disparition rapide de nombreux bouleaux jaunes au profit d'autres espèces intolérantes, lorsque ceux-ci ne sont pas dégagés. Dans la sapinière à bouleau jaune, les principales essences sont l'érable à épis (*Acer spicatum* Lam.), le cerisier de Pennsylvanie (*Prunus pensylvanica* L.) et la viorne à feuilles d'aulne (*Viburnum alnifolium* Marsh.) (Gastaldello, 2005).

La décision de réaliser un dégagement doit tenir compte de plusieurs considérations (OIFQ, 2009), soit : le degré de tolérance à l'ombre de l'essence favorisée, le stade de développement de l'essence à privilégier dans le peuplement, le taux de croissance de celle-ci, l'abondance et le type des essences compétitrices, leur longévité, leur résilience et leur développement maximal. Le dégagement à l'européenne a pour objectifs : (1) de contrôler la composition du futur peuplement (en favorisant les BOJ); (2) d'assurer des conditions de pleine lumière pour le bouleau jaune; (3) de forcer la croissance en hauteur plutôt qu'en diamètre; (4) d'encourager l'élagage naturel (Tableau 13).

3.2. POTENTIEL DE RÉCOLTE DU PEUPEMENT RÉSIDUEL

Comme mentionné dans la section précédente, la récolte du peuplement résiduel, même avec une rétention de 5 m²/ha, selon les modalités utilisées, présente une rentabilité intéressante avec un bénéfice net pour les coupes finales de 1 693 \$ et 2 612 \$ dans les deux situations.

De 65 et 93 m³/ha sont respectivement récoltés dans les deux traitements, dont 37 et 40 m³/ha en bouleau jaune.

Pour une coupe partielle, le volume sur pied et la valeur sont insuffisants dans le cas du traitement 40 % couvert et assez limite pour le traitement 40 % S.T. Le peuplement résiduel s'en trouverait sous stocké.

Plus important encore, les simulations tendent à démontrer qu'il y aurait dégradation de la valeur sur pied avec le temps.

Tableau 13 : Scénario de futaie régulière avec coupes progressives uniformes (Description des étapes constituant un scénario sylvicole d'aménagement équienné intensif pour le bouleau jaune)

Étapes du scénario	Traitements sylvicoles à réaliser	Descriptions et quelques modalités	Objectifs visé
Établissement d'une régénération de BOJ très abondantes sur toute la superficie	Coupes progressives uniformes	Coupe d'ensemencement Maintien de 50-60 % de recouvrement de la canopée.	Couvert protecteur pour doser lumière et humidité, tout en contrôlant les essences compétitives de lumière.
		Coupe finale (5 à 15 après la coupe) Protection de la régénération : -hiver si possible -abattage directionnel -sentiers espacés.	Libération de la cohorte de BOJ pour favoriser la croissance en hauteur et sa survie.
	Coupe à blanc par bandes	Orientation Est-Ouest des bandes, largeur maximale de 60 m, automne.	Maintien des semenciers à proximité. Protection partielle contre l'insolation et la colonisation des essences de lumière.
	Coupe avec semenciers	Rétention de semenciers et de certains legs biologiques.	Installation d'une régénération sur toute la superficie.
	Débroussaillage, et préparation de terrain arrachage.	Coupe mécanique ou arrachage des gaules Préparation de terrain par scarifiage ou brassage lors du débusquage par arbre entier.	Contrôle mécanique de certaines espèces de compétitions comme l'ERE. Favoriser la germination des graines et l'installation des semis de l'essence désirée.
Constitution d'une cohorte libre de croître	Dégagement à l'européenne (nettoisement) (dégagement systématique également possible)	Élimination de l'étage supérieur d'essences de compétition qui dominent les BOJ.	Contrôler la composition du peuplement et augmenter la proportion de BOJ. Assurer des conditions de pleine lumière pour le BOJ.
		Conservation d'un bourrage de tiges de remplacement.	Forcer l'accroissement en hauteur plutôt qu'en diamètre. Encourager l'élagage naturel.
Éducation des gaules (lorsque les gaules ont 3 à 8 cm de DHP)	Dégagement	Dégagement de la cime de 500 tiges à l'hectare.	Maintenir ou augmenter la proportion de BOJ. Maintenir le positionnement hiérarchique des tiges d'avenir. Éviter le ralentissement de la croissance en diamètre.

	Taille de formation (optionnelle)	Suppression des doubles ou multiples têtes et des branches qui risquent de prendre un trop fort développement au détriment du tronc.	Produire des futs droits. Maximiser les longueurs utilisables.
	Élagage (optionnel)	Suppression des branches mortes ou vivantes près du tronc. Conservation de 40 % de cime vivante par rapport à la hauteur totale.	Produire du bois cylindrique, sans défaut interne et sans nœud dans les premières billes.
Éducation des perches (lorsque les troncs ont atteint une hauteur de 3 billes de bois d'œuvre)	Éclaircie commerciale	Détourage des cimes (cf diagramme de densité du bouleau jaune pour le nombre de tiges à dégager en fonction du diamètre moyen).	Favoriser la croissance des arbres d'avenir. Rééquilibrer les cimes.
Éducation des futs	Éclaircie commerciale	Détourage des cimes (cf diagramme de densité du bouleau jaune pour le nombre de tiges à dégager en fonction du diamètre moyen).	Favoriser la croissance des arbres d'avenir. Rééquilibrer les cimes.

3.3. PROBLÉMATIQUE DE RÉCOLTE DU PEUPEMENT RÉSIDUEL ET DE LA PROTECTION DE LA RÉGÉNÉRATION

Dans la région de l'Outaouais, comme dans plusieurs autres régions feuillues et mélangées du Québec, plusieurs peuplements forestiers se sont dégradés suite à d'anciennes coupes à diamètre limite où les plus beaux sujets avaient été récoltés. En raison d'une proportion trop faible de tiges vigoureuses, les bénéficiaires de l'aire commune 72-02 ont opté, dans certains cas, pour le procédé de régénération par coupes progressives. En pratique, cette intervention est apparue problématique puisque, lors de la coupe définitive, l'impact visuel est important et la régénération difficile à protéger.

Un projet de recherche a été instauré afin d'établir une méthode opérationnelle pour la coupe finale qui permet à la fois de préserver la régénération, de minimiser l'impact visuel et de maintenir une certaine rentabilité à l'opération (Lessard *et al.*, 1997). Suite à la coupe, une densité très satisfaisante de régénération en feuillus tolérants (tiges blessées exclues) a été maintenue (plus de 17 000 tiges/ha de plus de 50 cm de hauteur) et la distribution a été très peu modifiée

(plus de 93 %). Les parcelles situées à 5 m sont surtout affectées par la sortie de la débusqueuse des sentiers et l'effet de fauchage lorsqu'il n'y a pas eu d'abattage directionnel. Les parcelles à 15 m sont affectées par les cimes des arbres abattus. Le nombre de tiges marchandes avant la coupe affecte directement la perte de régénération : la régénération préétablie se doit d'être abondante en essences désirées et bien distribuées. Au chapitre de l'esthétique, une régénération de plus de 3 m de hauteur avant la récolte et le peu de superficie occupée par les sentiers (16 %) ont limité l'impact visuel. Quant à la productivité obtenue, elle est comparable à la production habituelle de la coupe de jardinage : l'efficacité accrue du débardage minimise le temps et les efforts.

Deux techniques assurent la réussite de la CPRS feuillue: l'abattage directionnel et l'espacement des sentiers. Parmi les moyens essentiels pour appliquer ces techniques, on retiendra d'une part, la sensibilisation et la formation des équipes et d'autre part, une supervision stricte, mais réaliste. De plus, la considération des saisons de coupe et des milieux plus fragiles pourrait être intégrée dans la planification.

Les figures 24 et 25 présentent la relation entre la surface terrière où le nombre de tiges à l'hectare et la réduction du nombre de tiges en régénération (50 cm et plus de hauteur).

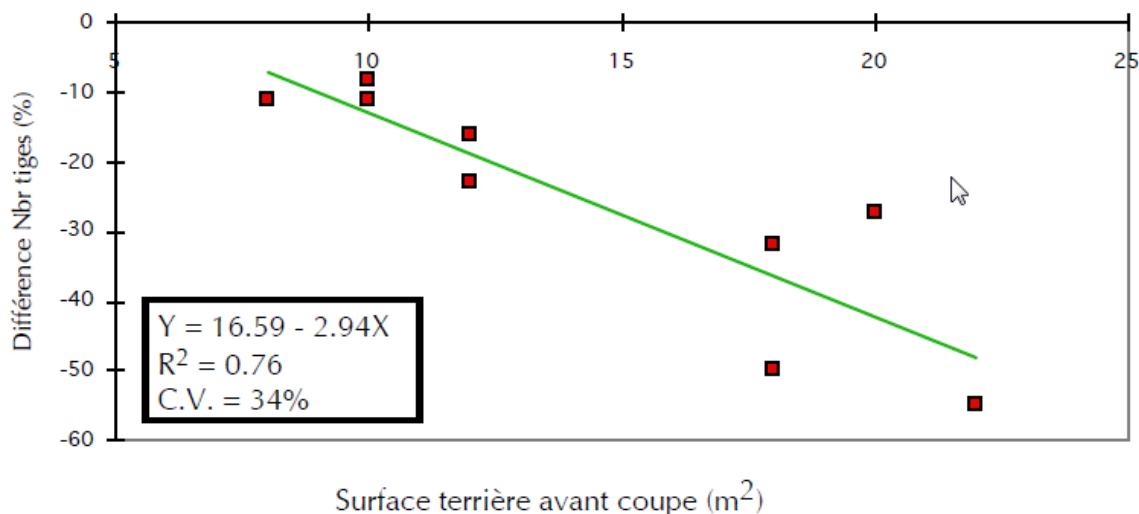


Figure 24. Relation entre la surface terrière avant la coupe finale et la réduction après coupe du nombre de tiges en régénération (50 cm et plus de hauteur)

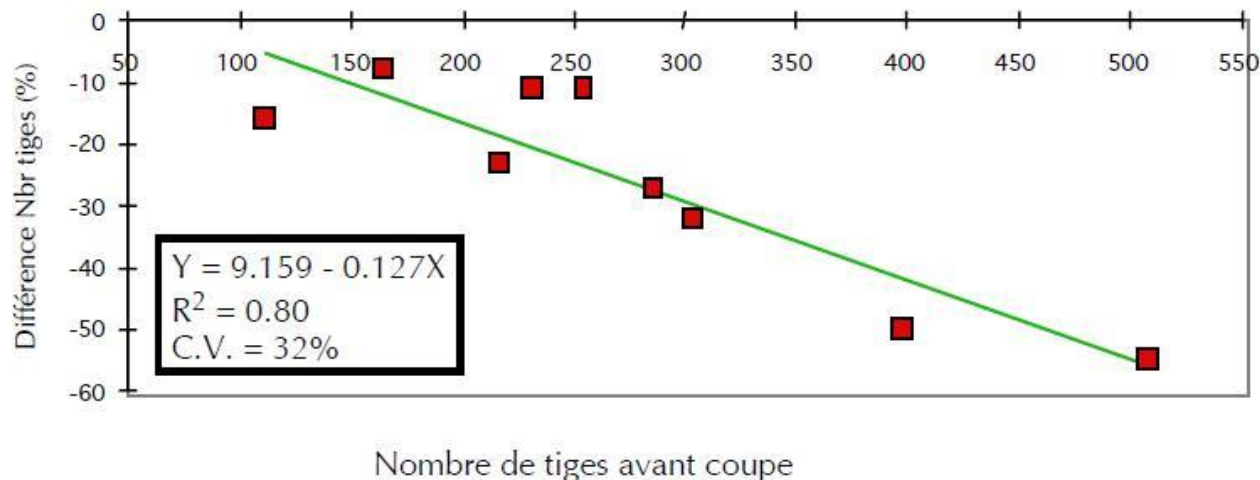


Figure 25. Relation entre le nombre de tiges marchandes avant la coupe finale et la réduction après coupe du nombre de tiges en régénération (50 cm et plus de hauteur)

Plus la surface terrière où le nombre de tiges résiduelles sur pied sont élevés, plus la réduction de la régénération après la coupe est élevée. Ceci s'explique par l'abondance des cimes feuillues de grandes superficies, répandues sur le sol ainsi que par la circulation importante de la machinerie qui doit quitter les sentiers.

Dans les coupes partielles feuillues, un maximum de 14 m²/ha devrait être récolté afin de limiter la destruction de la régénération en deçà de 30 % du nombre de tiges totales. L'abondance de régénération de bouleau jaune est essentielle pour la suite du scénario, dans ce cas-ci, avec des surfaces terrières initiales de 14,6 m²/ha et de 18,5 m²/ha. Ainsi en arrondissant et en prenant 12 m²/ha comme maximum de prélèvement, la rétention cible serait entre 3 et 7 m²/ha.

3.4. EFFET POTENTIEL DU COUVERT SUR LA RÉGÉNÉRATION INSTALLÉE

Avant 2002, l'abondance de la régénération en hêtre à grandes feuilles et la quasi-absence de régénération en espèces désirées avaient entraîné l'implantation d'un dispositif expérimental de coupe progressive d'ensemencement (CPE). Dans le rapport (Meunier *et al.*, 2002), il était noté que :

Dans le nord de son aire de distribution, le hêtre à grandes feuilles possède une capacité élevée à s'établir par drageonnement sous un couvert fermé (Ward, 1961; Held 1983; Beaudet *et al.*, 1999). Dans ce peuplement, le nombre moyen de gaules de hêtre est supérieur à 2 400 tiges/ha. *Une quantité élevée de tiges de hêtre établies*

sous couvert est considérée comme un obstacle majeur à un procédé de régénération des feuillus tolérants et semi-tolérants (Kelty et Nyland, 1981; Ostrofsky et McCormack, 1986; Jones et al., 1989; Lessard et al, 1999).

Les résultats du suivi de 2003 démontrent que suite à la coupe d'ensemencement du procédé de régénération par coupes progressives, on voit l'implantation d'un nombre très élevé de tiges à l'hectare ainsi qu'une distribution élevée en bouleau jaune, particulièrement lorsqu'il y a eu débroussaillage de toute la superficie suivi d'un scarifiage, le tout combiné à une bonne année semencière. Le suivi de 2008 indiquait la nécessité d'un dégagement des bouleaux jaunes pour préserver les acquis. Et entre 2008 et 2010, il semble y avoir eu une proportion non négligeable de mortalité naturelle des tiges de bouleau jaune.

Le dispositif de dégagement à l'européenne (nettoisement) installé en 2010 (Blouin et al., 2011), a permis d'ajuster la composition en essences en diminuant la proportion (densité et coefficient de distribution) d'essences non désirées, en particulier, celle du hêtre à grandes feuilles. De plus, tel qu'indiqué dans le protocole d'exécution des travaux, une pression latérale a été conservée après le dégagement puisqu'une importante densité des tiges a été conservée. Enfin le dégagement à l'européenne a permis de rendre les tiges d'avenir plus libres de croître comparativement aux portions non traitées.

Naturellement malgré le dégagement, le bouleau jaune ne pousse pas de manière optimale sous couvert alors que la croissance d'érable de Pennsylvanie et de hêtre à grandes feuilles demeure importante sous couvert. De plus, il cherche la lumière et risque de développer des formes prostrées, une branchaison importante et bon nombre de fourches.

Ainsi les avantages conférés par le dégagement à l'européenne pourraient bien n'être que temporaires en l'absence d'une ouverture du couvert résiduel.

3.5. INTÉRÊT OU NON DU MAINTIEN DU COUVERT RÉSIDUEL

Dans les traitements, la vigueur du peuplement est assez bonne avec 53 et 57 %, le bouleau jaune représente 50 et 41 %, le diamètre moyen est de 29,6 cm en croissance, les volumes et les surfaces terrières sont également en croissance.

Mais, la valeur sur pied est en décroissance, telle que présenté à figure 12, et ce, dans tous les traitements. Il y a donc peu d'intérêt en termes de production de bois à maintenir le peuplement sur pied.

Les seuls intérêts sont d'ordre paysager, de biodiversité et pour la faune qui utilise les chicots : le maintien du couvert conservera pour quelques décades un couvert partiel, une diversité de structure et la possibilité de recrutement d'arbres fauniques et de chicots.

3.6. IMPORTANCE ET PISTES POUR LA RÉTENTION

La rétention d'arbres est nécessaire pour protéger la régénération quand les surfaces terrières feuillues sur pied sont trop élevées. Mais la rétention d'arbres et d'îlots dans les coupes finales sert également plusieurs objectifs en lien avec la biodiversité :

- Biodiversité faunique (ex. : arbres à attributs fauniques, habitats);
- Biodiversité végétale (ex. : rétention d'espèces en raréfaction pour favoriser leur reproduction);
- Biodiversité structure (ex. : rétention de grands arbres pour la structure verticale; d'îlots résineux ou d'îlots feuillus en croissance pour la structure spatiale).

La biodiversité faunique dans la rétention est abordée sous l'angle des arbres à attributs fauniques, vocable plutôt englobant, comprend :

- Chicots;
- Arbres à cavités;
- Arbres avec trous d'alimentation;
- Arbres fruitiers;
- Arbres avec nids d'oiseaux;
- Arbres prédominants;
- Arbres de vigueur MS de 35 cm et plus (futurs chicots);
- Inclusion de résineux seuls ou isolés.

Dans un récent rapport, le CERFO s'est penché sur le *Portrait des arbres à valeur faunique dans l'érablière à bouleau jaune, en vue de les intégrer dans les prescriptions sylvicoles*. (Joanisse et al., 2015). On y retrouve notamment quelques recommandations de rétention pour les coupes partielles dont certaines peuvent être reprises.

Pour l'espèce focale grand pic, il est recommandé de:

- Maintenir une surface terrière de grosses tiges (≥ 40 cm) d'au moins 2,5 m²/ha;
- Maintenir des tiges en croissances dans la classe 30-40 cm pour compléter;
- Maintenir 2,5 chicots de plus de 40 cm et de 16 chicots de plus de 25 cm;

- Maintenir des arbres à cavités ou des tiges moribondes, soit 10 tiges/ha de plus de 25 cm et 2,5 tiges à l'hectare de plus de 40 cm.

Pour le maintien d'attributs généraux, les modalités suivantes pour les coupes partielles peuvent servir de référence :

Chicots :

Il est recommandé de :

- S'assurer dans les instructions de martelage ou de récolte de conserver de grosses tiges qui formeront de futurs gros chicots et de gros débris ligneux, soit des tiges moribondes (10 > 25 cm et 1 > 40 cm);
- Maintenir les modalités lors des opérations de récolte pour protéger les chicots sur pieds lorsque ces derniers ne sont pas dangereux;
- Pour simplifier l'inventaire en forêts feuillues et mélangées, mesurer seulement les gros chicots (>25 cm de DHP) car ces derniers sont utilisés dans le calcul des IQH;
- Pour déterminer la rétention moyenne des chicots lors des différents types d'opérations, mesurer les chicots avant et après intervention.

Îlots résineux en peuplements feuillus :

Puisque les îlots résineux en peuplements feuillus sont importants pour la faune, il est recommandé de :

- Maintenir 4 m²/ha de résineux pour assurer la présence d'îlots de 2 à 10 résineux;
- Ajouter dans les consignes de martelage et de récolte afin de maintenir quelques îlots résineux par hectare (10) bien distribués dans les peuplements à dominance de feuillus;
- Indiquer un indice de présence d'îlots résineux lors de la photo-interprétation.

Arbres à cavités :

Les arbres à cavités procurent des habitats pour une multitude d'espèces. Il est recommandé de :

- Lors du martelage et des opérations, maintenir sur pied quelques gros arbres à cavité (1 > 40 cm) ou à potentiel de cavité par hectare (10 tiges MS > 25 cm et 1 tige MS > 40 cm), arbre ayant souvent peu de valeur économique;
- L'identification des cavités avec le code de défaut MSCR a tendance à sous-estimer le nombre de tiges avec cavités, l'utilisation de tiges MS dans les IQH semble convenable.

Grosses tiges, vétérans et prédominant :

Les grosses tiges, les vétérans et les arbres prédominants servent plusieurs fonctions structurant dont de perchoir. Comme il est déjà fait dans quelques régions, il est recommandé de :

- S'assurer de maintenir quelques grosses tiges à l'hectare dont un vétéran/prédominant feuillu et un vétéran/prédominant résineux;
- Dans le cas d'éclaircie, maintenir quelques grosses tiges permet de maintenir des attributs structuraux.

Ainsi, si on rassemble les quantités recommandées précédemment, on obtient :

- 1 vétéran/prédominant feuillu et 1 vétéran/prédominant résineux;
- 1 gros arbre à cavité > 40 cm ainsi que 10 tiges MS > 25 cm et 1 tige MS > 40 cm à potentiel de cavité par hectare;
- 4 m²/ha de résineux pour assurer la présence d'îlots de 2 à 10 résineux (ex : pin blanc, thuya, pruche ou épinettes);
- Grosses tiges moribondes (10 tiges > 25 cm et 1 tige > 40 cm) qui formeront de futurs gros chicots et gros débris ligneux.

Lors de la coupe finale des diverses coupes progressives, on peut également intégrer certaines modalités de rétention d'arbres (ex. : espèces plus rares pour ensemercer), de groupes d'arbres et de micropeuplements (pour augmenter la stabilité des arbres en rétention ou pour permettre à certains groupes de poursuivre leur croissance).

3.7. CHOIX FINAL

Donc, concernant les trois options, voici, en résumé, les éléments argumentaires :

Conserver le couvert et ne pas intervenir :

- Valeur à l'hectare en décroissance;
- Perte de 30 à 40 % du volume de M;
- **Nuisance pour la régénération désirée en bouleau jaune installée** qui ne nécessite plus la protection de couvert nécessaire au stade d'installation.

Réaliser une coupe partielle (coupe secondaire) :

- Volume insuffisant dans un cas;
- Peuplement résiduel pas assez stocké, risque d'insolation, etc.;
- La croissance et la survie de bouleau jaune encore entravée par le couvert.

Réaliser la coupe finale du procédé de régénération par coupes progressives :

- Libération de la régénération déjà haute et affranchie en partie d'une éventuelle compétition de cerisier de Pennsylvanie ou de framboisier;
- Volume de récolte intéressant, de qualité et de valeur;
- Problématique de paysage atténuée par le maintien des témoins pour la piste de ski de fond et la hauteur des vieilles bandes considérées comme des peuplements;
- Comme la surface terrière résiduelle est relativement élevée, une récolte de l'ensemble des tiges résiduelles pourrait porter un préjudice important à la régénération établie ;
- À moyen terme, il risque d'y avoir une réduction importante du nombre de gros chicots et une rétention permettant le recrutement de cet attribut est souhaitable.

Une coupe finale avec protection de la régénération sera donc l'option à privilégier en s'assurant de maintenir une rétention significative entre 3 et 7 m²/ha, choisie selon les principes suggérés à la section précédente (3.6).

3.8. BRÈVE DISCUSSION SUR LES DEUX MODALITÉS D'INTERVENTION DE 2002

Comme le projet porte principalement sur l'évaluation du bois sur pied et sur les choix d'option à considérer pour la suite du scénario, l'emphase a porté sur ce sujet. Par contre, il a été constaté que des différences majeures étaient observées entre les deux traitements, entraînant des points de départ différents pour l'analyse des scénarios.

Or pour le bouleau jaune, la littérature suggère une cible de 50 % de couvert résiduel pour l'installation de la régénération dans une CPE (synthétisée dans Lupien, 2008). Au départ, chacune des modalités poursuit des objectifs différents :

- **40 % S.T.** Les modalités de cette CPE visaient un prélèvement cible de 40 % de la surface terrière en mettant l'emphase sur la récolte des tiges défectueuses et peu longévives. L'accent est aussi mis sur les tiges à prélever, avec un martelage négatif. La cible de couvert résiduel est ainsi approximative, le prélèvement constant tendant à créer des portions plus sombres et plus ouvertes, selon la variabilité présente dans le peuplement.
- **40 % couvert.** Les modalités de cette CPE, qui aurait peut-être dû s'appeler 60 % de couvert, visaient à constituer un couvert protecteur, avec 60 % de couvert résiduel, peu importe le point de départ. Le 60 % est prescrit au lieu du 50 % pour tenir compte de bris, blessures ou d'erreurs éventuelles lors des opérations forestières.

En termes de cible de 50 %, la modalité de **40 % S.T.** en est beaucoup plus près, bien que variable. Pour l'autre modalité **40 % couvert**, il semble que les consignes retenues n'étaient pas adaptées à l'objectif puisque le résultat obtenu a été une canopée beaucoup trop ouverte, n'offrant plus le couvert protecteur, notamment contre les espèces de lumière. Actuellement, le CERFO a développé une approche d'espacements variables qui donnent de meilleurs résultats pour la constitution d'un couvert protecteur (Joanisse et al., 2012). Le prélèvement varie selon ce qui est rencontré au fur et à mesure dans le peuplement, mais le couvert résiduel, soit l'objectif de la coupe, est plus uniforme. De plus, les tiges d'avenir sont systématiquement détournées. Les modalités sont présentées à l'annexe 1.

4. RECOMMANDATIONS

Selon l'état actuel des peuplements et les prévisions faites, la coupe finale du procédé de régénération par coupes progressives devrait être réalisée prochainement pour libérer la régénération établie.

Pour minimiser les dommages à la régénération désirée installée sous couvert, les modalités suivantes sont recommandées :

- Utiliser l'abattage directionnel;
- Espacer les sentiers;
- Ne pas récolter plus de 12 m²/ha;
- Résiduel minimum 3 m²/ha (40% couvert);
- Résiduel minimum 7 m²/ha (40% S.T.);
- Ou un résiduel global de 5 m²/ha peut être utilisé.

Pour agir comme legs biologiques et comme arbres à attribut faunique, les recommandations sont :

- 1 vétéran/prédominant feuillu et 1 vétéran/prédominant résineux;
- 1 gros arbre à cavité > 40 cm ainsi que 10 tiges MS > 25 cm et 1 tige MS > 40 cm à potentiel de cavité par hectare;
- 4 m²/ha de résineux pour assurer la présence d'îlots de 2 à 10 résineux (ex : pin blanc, thuya, pruche ou épinette);
- Grosses tiges moribondes (10 tiges > 25 cm et 1 tige > 40 cm) qui formeront de futurs gros chicots et gros débris ligneux.

Pour des considérations d'encadrement visuel, il est recommandé de :

- Conserver entiers les blocs témoins qui sont situés le long de la piste de ski de fond;
- Les bandes coupées en 1981, donc de 35 ans, constituent maintenant des peuplements de 15 à 17 m de hauteur.

Pour le suivi :

- vérifier les besoins de dégagements de bouleau jaune et le broutement.

Pour les futures coupes progressives implantées, lors de la coupe d'ensemencement :

- utiliser la cible de 60 % de couvert avec les modalités par espacements variables, présentées à l'annexe 1.

CONCLUSION

Le projet a permis de décrire le bois sur pied suite aux diverses coupes partielles expérimentées dans les bandes résiduelles d'une coupe à blanc par bande de 1981 à Duchesnay.

Selon l'état actuel des peuplements et les prévisions faites, la coupe finale du procédé de régénération par coupes progressives est proposée pour être réalisée prochainement afin de libérer la régénération établie. Des modalités pour minimiser les dommages à la régénération désirée installée sous couvert, pour conserver des legs biologiques et des arbres à attribut faunique, pour l'encadrement visuel et pour l'implantation de futures coupes progressives sont proposées.

Un suivi est proposé pour vérifier les besoins de dégagement et le broutage.

RÉFÉRENCES

- Beudet, M., Messier, C., Paré, D., Brisson, J. et Bergeron, Y. 1999.** *Possible mechanisms of sugar maple regeneration failure and replacement by beech in the Boise-des-Muir old-growth forest, Quebec.* *Ecoscience* 6: 264-271.
- Bellefleur, P. et LaRocque, G. 1983a.** *Comparaison de la croissance d'espèces ligneuses en milieu ouvert et sous couvert forestier.* *Can. J. For. Res.* 13: 508-513.
- Blouin, D., G. Lessard, P. Bournival, et M. Ruel, 2009.** *Dispositif de coupe progressive d'ensemencement favorisant le bouleau jaune à la station forestière de Duchesnay – Suivi après 5 ans de la régénération.* CERFO. Rapport 2009-16. 56 pages + 1 annexe.
- Blouin, D., M. Ruel, P. Bournival, et G. Lessard, 2011.** *Éducation du bouleau jaune dans un dispositif expérimental de coupe progressive d'ensemencement à la station forestière de Duchesnay.* CERFO. Rapport 2011-23. 54 pages + 6 annexes.
- Crcha, J., et F. Trottier. 1991.** *Guide de traitements sylvicoles - Les feuillus tolérants.* Service des techniques d'intervention forestière, ministère des Forêts. 55 pages.
- Held, M.E. 1983.** *Pattern of beech regeneration in the east-central United States.* *Bull. Torrey Bot. Club.*
- Gastaldello, P. 2005.** *Remise en production des bétulaies jaunes résineuses dégradées : Étude du succès d'installation de la régénération et des variations biophysiques et physiologiques à l'intérieur du lit de germination.* Mémoire de maîtrise, Université Laval.
- Gastaldello, P., J.-C. Ruel, et J.-M. Lussier. 2007.** *Remise en production des bétulaies jaunes résineuses dégradées : étude du succès d'installation de la régénération.* *For. Chron.* 83 : 742-753.
- Joanisse, G., G. Lessard, D. Blouin, S. Coté et P. Bournival. 2012.** *Développement de la sylviculture du bouleau jaune en futaie irrégulière - 1ère année : phase d'implantation.* CERFO. Rapport 2012-09. 115 pages + 9 annexes.
- Joanisse, G., P. Bournival, P., G. Lessard, D. Blouin et M. Ruel. 2015.** *Portrait des arbres à valeur faunique dans l'érablière à bouleau jaune, en vue de les intégrer dans les prescriptions sylvicoles.* Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2015-09. 165 pages et 9 annexes.
- Jones R.H., Nyland, R.D. et Raynal D.J. 1989.** *Responses of American beech regeneration to selection cutting of northern hardwoods in New York.* *North. J. Appl. For.* 6 : 34-36.
- Kelty, J. et Nyland, R.D. 1981.** *Regenerating Adirondack northern hardwoods by shelterwood cutting and control of deer density.* *J. For.* 79 : 22-26.
- Lessard, G., D. Blouin et H. Vallée, 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). Rapport 1997-02. 67 pages et 4 annexes.
- Lessard, G., Blouin, D., Desjardins, J., Zenaddochio, N. et Van der Kelen, G. 1999.** *Étude de l'impact de divers travaux sylvicoles sur la régénération de feuillus tolérants dans l'Outaouais.* CERFO. Rapport de recherche no. 3312.
- Lupien, P., 2008.** *Conduites sylvicoles dans les zones feuillues et mixtes du Québec: guide d'accompagnement.* Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie, Trois-Rivières. 363p.
- Majcen, Z. 1990.** *Choix des tiges à marquer pour le jardinage d'érablières inéquiennes: guide technique.* Ministère de l'énergie et des ressources (Forêts), Direction de la recherche et du développement, service de recherche appliquée. Mémoire no 96, 96 pages.
- Meunier, S., D. Gravel, G. Lessard, D. Blouin et A. Patry. 2002.** *Étude sur les traitements sylvicoles favorisant la régénération du bouleau jaune à la Station forestière de Duchesnay.* Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2002-14. 28 pages + 1 annexe.
- Moore, J. D., Camiré C. et Ouimet R. 2000.** *Effects of liming on the nutrition, vigor, and growth of sugar maple at the Lake Clair Watershed, Québec, Canada.* *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 725-732.

- OIFQ, 2009.** *Manuel d'aménagement forestier. Nouvelle édition entièrement revue et augmentée.* Les Éditions MultiMondes. 1540 pages.
- OMNR, 1998.** *A silvicultural guide for the tolerant hardwood forest in Ontario.* Queen's Printer for Ontario, Toronto. 500 pages.
- Ostrofsky, W.D. et McCormack, M.L. Jr. 1986.** *Silvicultural management of beech and the beech bark disease.* North. J. Appl. For. 3: 89-91.
- Ruel, J.C. et Pineau, M. 1994.** La coupe à blanc par bandes et la coupe progressive : état actuel des connaissances. *dans* D'Aoust, L. et Doucet, R. La régénération de la zone de la forêt mixte : compte rendu du Colloque no 112 de l'ACFAS.
- Ward, R. T. 1961.** *Some aspects of regeneration habits of the American beech.* Ecology 42:828-832.

Annexe 1 : Marquage positif utilisé dans les procédés de régénérations par coupes progressives par micropeuplement (régulières ou irrégulières) Joannis et al., 2012.

- a. Marquage positif (circonférence bleue) des tiges de 18 cm et plus : identification des tiges d'avenir idéalement **d'essences désirées** que l'on choisit de favoriser et d'éclaircir, et constituant le couvert principal ou supérieur du peuplement résiduel.

La méthode utilisée² vise la distribution des tiges d'avenir selon ces espacements³ :

Classes de diamètre	Feuillus	Classes de diamètre	Résineux
60 cm et plus	14 à 15 m		
50 à 58 cm	11 à 13 m		
40 à 48 cm	9 à 10 m		
30 à 38 cm	7 à 8 m	30 cm +	5 à 6 m
24 à 28 cm	5 à 7 m	18 à 28 cm	4 à 5 m
8 à 22 cm	3 à 4 m	8 à 16 cm	2 à 3 m

1. Les tiges de 8 à 16 cm feuillues et résineuses ne sont pas martelées.
2. Une surface terrière minimale de 14 m²/ha doit être maintenue, sauf dans les cas de trouée de libération ou dans les portions de peuplements qui n'ont pas ce minimum.

Ordre de priorité des tiges à conserver par le martelage positif

PRU, PIB (CR), BOJ (CR), EPR (CR), EPB (CR), THO (CR), ERS (CR), BOP (CR), FRN (CR),

PIB (S), BOJ (S), EPR (S), EPB (S), THO (S), ERS (S), BOP (S), FRN (S).

3. En l'absence d'une tige de ces essences de classes C-R-S, une tige de classe M peut être conservée pour une fonction de complément de couvert (remplissage).
4. Le cas échéant, une tige d'une autre essence sera maintenue afin de conserver un couvert suffisant pour exercer un contrôle du climat lumineux, en priorisant les espèces les plus longévives ainsi que les tiges les plus vigoureuses et de plus fortes dimensions (ex. HEG, ERR, SAB, PEU).

² En plus des variations d'espacement en fonction des diamètres et des essences, la protection des îlots en croissance et la libération des îlots en régénération créent une diversification des structures.

³ Espacement = l'espacement entre les tiges en fonction de la dimension des tiges et de leur coefficient d'espace vital. Ces espacements sont ajustés de manière à former 50 à 60 % de couvert résiduel après coupe dans les portions où l'on désire installer la régénération et autour de 70 % pour les portions de peuplements en croissance.

5. En présence d'un drainage imparfait (4 et 5), prioriser les essences résineuses (EPB, EPR, EPN, THO) et le frêne noir (FRN).
6. Ne pas trop dégager les bouleaux, qui sont particulièrement sensibles à l'insolation.
7. Dans le cas où le choix doit être fait entre une EPR et un BOJ de même classe :
 - 1 fois sur 3, marteler positivement le BOJ;
 - 1 fois sur 3, marteler positivement l'EPR;
 - 1 fois sur 3, marteler positivement le BOJ et l'EPR.

Modalités particulières et de sécurité

8. Des modalités pour des objectifs de sécurité, telles que préconisées par les certifications du BNQ, sont retenues, soit le maintien sur pied des arbres dangereux pour les travailleurs. Les arbres dangereux, s'ils ont une canopée, sont considérés dans les espacements et devront être martelés en priorité.
9. Des modalités pour des objectifs de diversité, telles que préconisées par les certifications du BNQ, sont retenues, soit le maintien de :
 - Arbres à valeur faunique;
 - Chicots (tous les chicots de plus de 30 cm sont protégés au moment du marquage).
10. Le maintien d'un prédominant à l'hectare pour chacune de ces espèces : EPB, EPR et BOJ.
11. Pour cette phase d'ensemencement, le maintien des semenciers pour l'installation de la régénération désirée devrait permettre en même temps le maintien d'une proportion importante des arbres vigoureux de gros diamètre et les arbres moins vigoureux qui font office de remplissage.
12. Une modalité particulière de rétention d'arbres est prévue dans les portions en libération.
13. Le maintien de certaines espèces comme le bouleau blanc, bien que n'étant pas typique d'une fin de succession, propre aux vieilles forêts, permet d'apporter quelques éléments épars de diversité végétale.
14. Pour assurer une structure optimale pour la faune, un des éléments à considérer serait de maintenir intacts certains bouquets résineux (précepte du skip) notamment pour maintenir une certaine opacité ou obstruction latérale, particulièrement en hiver. Pour l'instant, des modalités sont encore à développer à ce sujet.

En présence d'îlots de régénération

Pour les feuillus (et pins blancs), un îlot de régénération est défini comme suit :

15. Gaulis (2 à 6 cm) : **20 gaules par 100 m²** dont **10 d'essences objectifs (BOJ, PIB, EPB, EPR, ERS, BOP¹²)**.
16. Perches (8 à 18 cm) : 4 à 6 tiges d'essences objectifs **R ou C ayant un potentiel de déroulage (BOJ, PIB, EPB, EPR, ERS, BOP)**.

Pour les résineux d'essences désirées, un îlot de régénération est défini ici en une tache de régénération dense (obstruction latérale = opaque) de plus d'un mètre de hauteur.

Consignes :

17. Toutes les tiges marchandes (24 cm et plus) se trouvant au-dessus de l'îlot de régénération sont non martelées positivement et seront récoltées, jusqu'à l'obtention d'une ouverture maximale de 500 m², **à l'exception** des épinettes blanches (CR), des thuyas (CR), des épinettes rouges (CR) et des pins blancs (CR) qui sont martelés positivement à des fins d'ensemencement, de rétention pour la biodiversité et de gain de valeur marchande anticipée.
18. Pour les talles de perches denses d'essences désirées, marquer positivement le pourtour pour délimiter l'îlot. L'opérateur pourra, lorsque possible, récolter quelques perches de l'îlot en évitant de traverser celui-ci, dans le but de desserrer cette portion de peuplement et favoriser sa croissance. Pour les îlots où les tiges sont non martelées positivement, circuler dans les talles de perches.
19. Pour les gaules denses, le marquage n'est pas nécessaire, sauf si le marteleur juge qu'il y a un danger de les détruire lors de l'abattage.