



## Effets après 5 ans de l'éclaircie commerciale et de l'amendement du sol sur la production de jeunes érablières en Estrie

Steve Bédard<sup>1</sup>, Martin-Michel Gauthier, François Guillemette et Rock Ouimet

### Résumé

Les jeunes peuplements de structure équiennne à dominance d'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) occupent une proportion importante du sud de la province de Québec. Toutefois, bien que la situation géographique de ces peuplements soit favorable à une sylviculture plus intensive, on en sait peu sur les effets des traitements sylvicoles comme l'éclaircie commerciale (EC) et l'amendement du sol dans ces peuplements. Un dispositif expérimental a donc été établi en Estrie, dans des peuplements composés d'érables à sucre et de bouleaux jaunes (*Betula alleghaniensis* Britt.). Il comprend 5 traitements : un témoin sans intervention (surface terrière [ST] moyenne de 21,5 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup>), une EC modérée, une EC de forte intensité, une EC modérée avec amendement et une EC forte avec amendement (ST résiduelles moyennes de 13,1, 11,6, 13,9 et 11,4 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup>, respectivement). L'amendement était composé de 8 tonnes de boue de chaux et de 15 tonnes de biosolides papetiers à l'hectare. Les résultats après 5 ans montrent que l'accroissement annuel périodique net (AAN), calculé sur la base de la surface terrière du peuplement, est significativement plus grand dans les traitements d'EC que dans le témoin sans intervention. L'augmentation de la production dans les traitements d'EC s'explique par une mortalité plus faible, un recrutement plus fort et un meilleur accroissement en diamètre des arbres. Le gain d'accroissement est particulièrement important pour les arbres de la classe de diamètre de hauteur de poitrine (DHP) de 10 à 18 cm situés à 5 m et moins du centre des sentiers de débardage. Toutefois, aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les traitements d'EC avec ou sans amendement pour l'accroissement en diamètre des arbres durant la période étudiée.

Mots-clés : Éclaircie commerciale, abattage mécanisé, érable à sucre, bouleau jaune, accroissement, amendement du sol.

### Abstract

Young even-aged stands dominated by sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) cover large parts of southern Quebec (Canada). Although their geographical position makes these stands suitable for more intensive silvicultural scenarios, little is known about the effects of treatments such as commercial thinning and soil amendment in these stands. Thus, we established an experiment in stands dominated by sugar maple and yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britt.) located in the Estrie region. The design includes 5 treatments: an untreated control (mean basal area: 21.5 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup>), a moderate and a heavy commercial thinning (mean residual basal areas: 13.1 and 11.6 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup>, respectively), and the same two thinning intensities combined with soil amendment (mean residual basal areas: 13.9 and 11.4 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup>, respectively). The soil amendment was composed of lime mud (8 t·ha<sup>-1</sup>) and paper biosolids (15 t·ha<sup>-1</sup>). After 5 years, net periodic annual increment, calculated on the basis of stand basal area, was significantly greater in the thinned treatments than in the untreated control. The increase in production was caused by reduced mortality, increased ingrowth and greater tree diameter growth in the thinned treatments. Trees in the 10–18 cm class of diameter at breast height (DBH) and located within 5 m of the center of the logging trails showed the largest growth increase. No significant difference was observed between thinning treatments with or without soil amendment for tree diameter growth during the study period.

**Keywords:** Commercial thinning, mechanized cutting, sugar maple, yellow birch, growth, soil amendment.

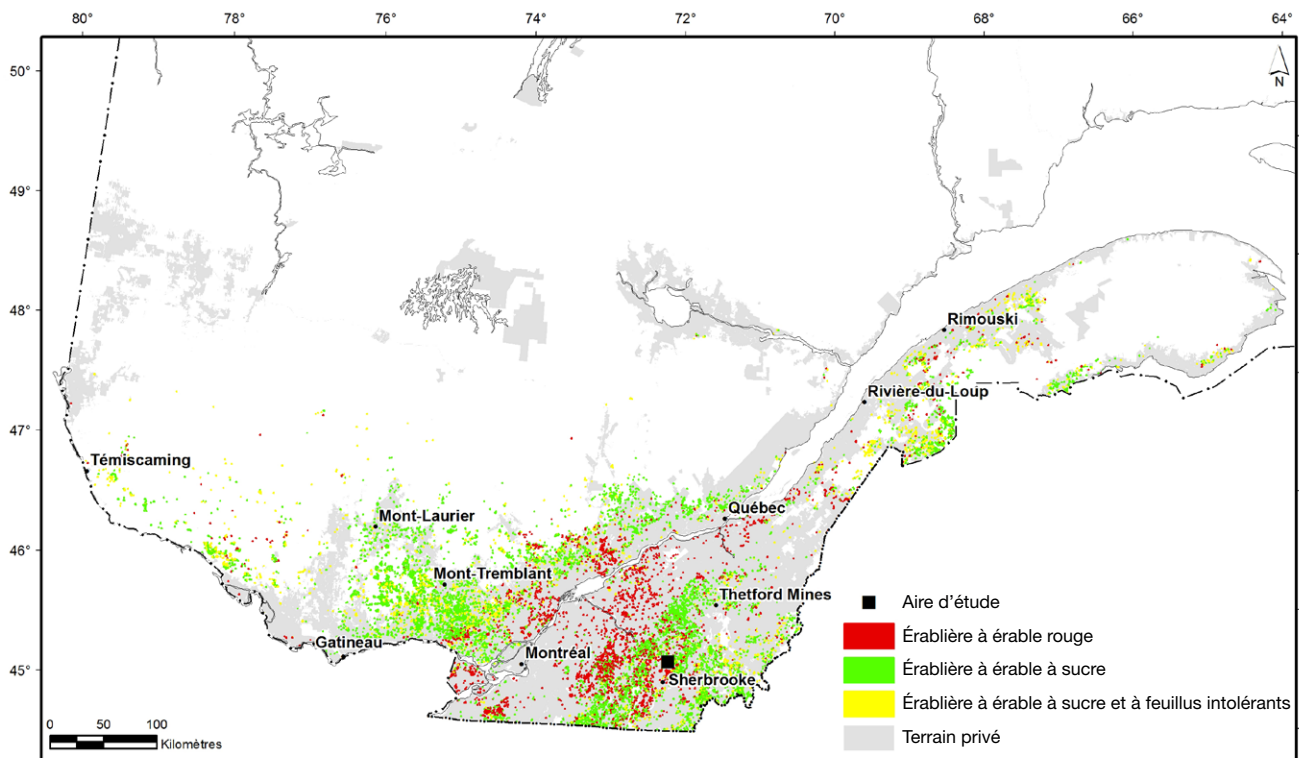
<sup>1</sup> Correspondance : [steve.bedard@mffp.gouv.qc.ca](mailto:steve.bedard@mffp.gouv.qc.ca)



## 1. Introduction

Les jeunes peuplements naturels (âgés de 30 à 50 ans) de structure équiennne à dominance d'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) et d'érable rouge (*Acer rubrum* L.) occupent une superficie d'environ 120 000 ha au Québec, principalement dans la zone habitée du sud de la province (Figure 1). Cette situation géographique rend ces peuplements accessibles, grâce à un réseau routier bien développé. Elle permet aussi de réduire les coûts de transformation de la fibre, en raison de la proximité des usines et de la présence d'un marché de bois de trituration, qui favorise l'utilisation des bois de plus faibles dimensions. Le climat méridional permet aussi d'anticiper une bonne production de bois de qualité supérieure. Malgré ces conditions favorables, les jeunes peuplements ont souvent une densité très élevée, ce qui limite leur croissance et engendre une mortalité par autoéclaircie. De plus, certains sols dans ces régions sont appauvris en cations basiques, ce qui peut réduire la vigueur et la croissance des peuplements à dominance d'érable à sucre (Duchesne et al. 2002). Il devient donc important de développer des traitements sylvicoles qui favoriseront une production accrue de ces jeunes peuplements.

L'éclaircie commerciale (EC) est un type de coupe qui permet de récolter une partie des arbres d'un peuplement de structure équiennne parvenu à prématurité, dans le but de répartir le potentiel de croissance sur un nombre limité d'arbres (Laflièche et al. 2013). Dans les peuplements de feuillus, l'objectif principal à long terme est de favoriser l'accroissement des arbres de meilleure qualité afin qu'ils atteignent plus rapidement le diamètre à maturité pour la production de bois d'œuvre de grande valeur ( $\approx 45$  cm, Guillemette 2016). Les effets de l'éclaircie sur les peuplements peuvent varier selon le type d'éclaircie réalisée, l'âge du peuplement, sa densité, sa composition en essences et la qualité de la station (Smith et al. 1997). Pour des peuplements de feuillus âgés de 45 à 69 ans, il a été démontré que l'EC de type sélective, c'est-à-dire visant à enlever les arbres de mauvaise qualité et ceux exerçant une forte concurrence à proximité des arbres à conserver, peut favoriser l'accroissement net en diminuant la mortalité et en favorisant la croissance en diamètre des arbres résiduels (Erdmann et Oberg 1973, Leak et Yamasaki 2012, Pothier 1996). Par contraste, une éclaircie dite « par le haut », c'est-à-dire qui vise le prélèvement des tiges dominantes, peut entraîner une diminution de la production, alors qu'une



**Figure 1.** Répartition géographique des peuplements à dominance d'érable à sucre et d'érable rouge âgés de 30 à 50 ans dans la province de Québec, d'après la cartographie du quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional (MFFP 2015).

éclaircie dite « par le bas », c'est-à-dire qui vise le prélèvement des tiges dominées, n'aura que peu d'effets sur la production du peuplement (Marquis et Ernst 1991).

Dans un scénario de sylviculture intensive, l'EC pourrait être faite en plus bas âge (30–35 ans), suivant ou non une éclaircie précommerciale, et être répétée aux 15 à 20 ans afin de maintenir un nombre suffisant d'arbres d'avenir vigoureux et aptes à réagir à l'ouverture du couvert. De plus, on peut penser que l'éclaircie jumelée à un amendement du sol pourrait favoriser davantage l'accroissement et la vigueur des érables à sucre, notamment lorsque le sol présente des carences en cations basiques (Long et al. 2011, Moore et al. 2012). L'EC réalisée en bas âge pourrait également servir de première intervention dans un scénario visant à convertir un peuplement vers une structure inéquienne (Bédard et Guillemette 2013, Nyland 2003, Schütz 2001).

À notre connaissance, aucune étude au Québec n'a démontré de façon empirique ou quantitative les effets de l'EC mécanisée dans de jeunes érablières de 30 à 35 ans, avec ou sans amendement du sol. À l'automne 2009, afin d'estimer ces effets et d'en définir les modalités d'application, nous avons mis en place un dispositif expérimental pour tester les principales hypothèses suivantes :

- 1) l'EC favorise le maintien d'un peuplement vigoureux, car elle réduit la mortalité et augmente l'accroissement net par rapport à des peuplements témoins sans intervention;
- 2) l'EC permet d'augmenter l'accroissement en diamètre des tiges par rapport aux peuplements témoins sans intervention;
- 3) l'accroissement en diamètre augmente avec l'intensité de l'EC;
- 4) l'EC combinée à un amendement du sol favorise davantage l'accroissement en diamètre des tiges que l'EC sans amendement.

## 2. Matériel et méthodes

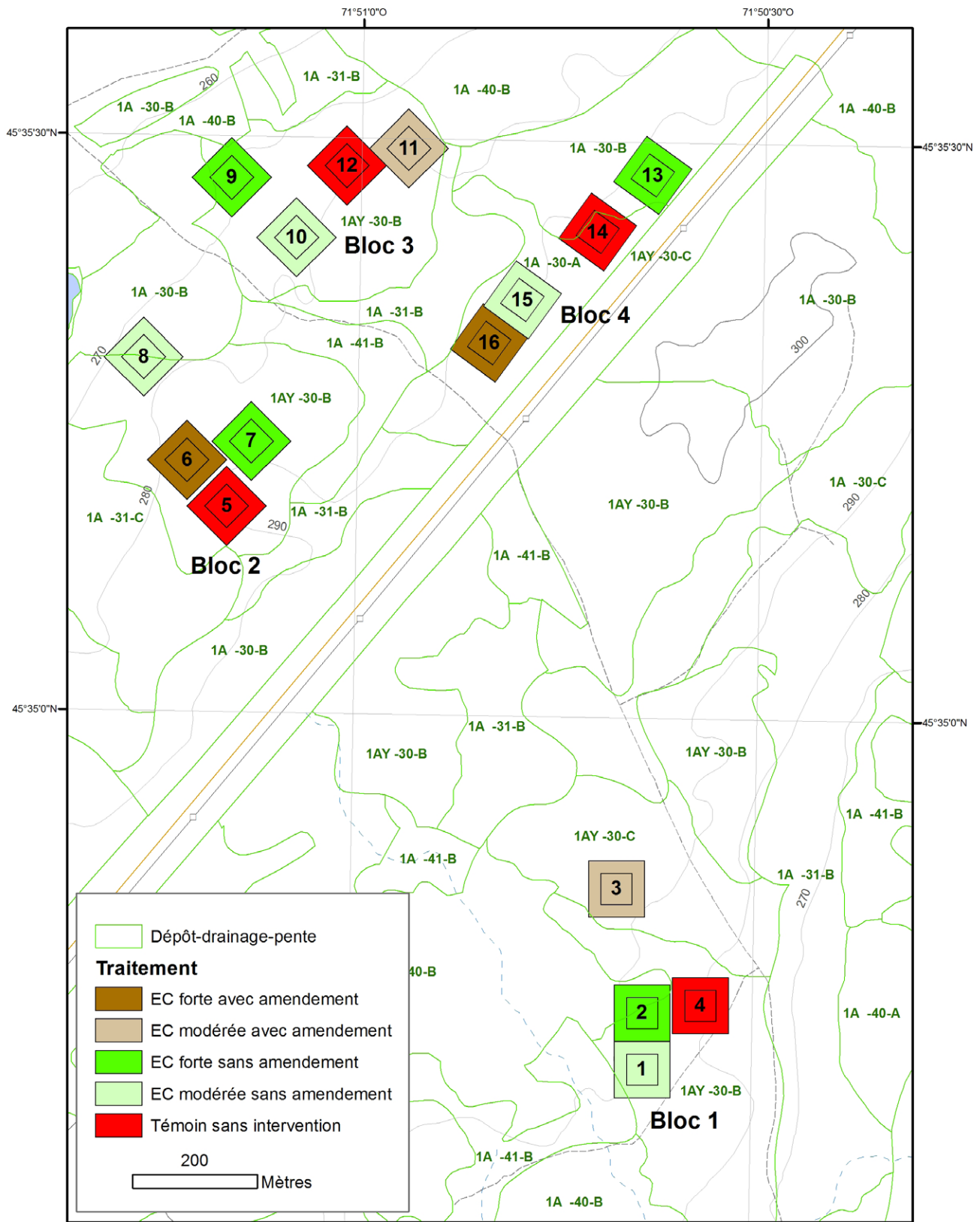
### 2.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est situé dans la forêt de Watopeka, qui se trouve près de la ville de Windsor, en Estrie (lat. 45° 35' 30" N., long. 71° 51' 0" O.). Cette forêt, propriété de la compagnie Domtar, fait partie du sous-domaine bioclimatique de l'érablière à tilleul de l'Est, dans la région écologique 2 c-Coteaux de l'Estrie et la sous-région écologique 2 c-T (Saucier et al. 1998). Dans cette région, les peuplements de feuillus représentent près de 50 % du couvert forestier et sont composés d'érablières. Le hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh.), le frêne d'Amérique (*Fraxinus americana* L.) et le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britt.) sont les principales essences compagnes de l'érable à sucre (Gosselin 2007). La température annuelle moyenne de la région est de 5 °C, et les précipitations annuelles moyennes sont de 1 000 mm (Gosselin 2007).

Le dispositif a été établi en 2009 dans des érablières à bouleau jaune âgées d'environ 35 ans et issues d'une coupe totale. Selon la carte écoforestière du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP 2015), les peuplements étudiés se situent sur un till épais (1A, classe modale supérieure à 1 m) avec drainage modéré (classe de drainage 30) et sur de faibles pentes (classe de pente B, inclinaison de 4 à 8 %, figure 2). Ce dispositif compte 5 traitements répartis dans 16 unités expérimentales (UE) distribuées en 4 blocs (Figure 2). Les traitements ont été attribués de manière aléatoire au sein de chacun des blocs et se définissent ainsi :

- témoin sans intervention (n = 4 UE);
- EC de forte intensité sans amendement (n = 4 UE);
- EC modérée sans amendement (n = 4 UE);
- EC forte avec amendement (n = 2 UE);
- EC modérée avec amendement (n = 2 UE).

L'amendement était composé de boue de chaux et de biosolides papetiers (voir la section 2.4 pour plus de détails). Les surfaces terrières résiduelles prévues après l'éclaircie étaient respectivement de 12 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup> pour l'éclaircie forte et de 15 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup> pour l'éclaircie modérée. Ces surfaces terrières correspondent respectivement aux lignes C et B du diagramme de gestion de la densité de Leak et al. (2014), c'est-à-dire le seuil de densité minimale pour le maintien du peuplement (C) et celui de densité optimale pour favoriser la croissance de l'étage supérieur (B).



## 2.2. Méthode de prise de données dendrométriques

Les unités expérimentales ont une superficie de 0,8 ha (90 × 90 m) et comprennent chacune une placette centrale de 0,25 ha (50 × 50 m) dans laquelle les mesures dendrométriques et les échantillonnages de sol ont été pris. L'essence a été notée, le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) a été mesuré au millimètre près à l'aide d'un ruban forestier, et la classe de vigueur a été évaluée sur tous les arbres marchands (c'est-à-dire ayant un DHP  $\geq$  9,1 cm) dans cette placette centrale.

La classe de vigueur (Majcen *et al.* 1990) permet d'évaluer le risque de mortalité de l'arbre d'ici la prochaine intervention (15 à 25 ans) ainsi que son potentiel pour la production de bois d'œuvre (Fortin *et al.* 2008b, 2009). La vigueur est évaluée en examinant le houppier et en observant les blessures et défauts sur le tronc ou les racines. Ainsi, si plus du tiers du houppier présente de la défoliation ou un dommage ou si l'on observe un signe ou un symptôme de carie sur le tronc ou la tige, l'arbre est considéré comme non vigoureux. Si l'arbre semble dépourvu de dommages ou de symptômes, il est

considéré comme vigoureux. Les classes de vigueur sont définies comme suit :

- Classe 1 : arbre vigoureux avec potentiel de bois d'œuvre;
- Classe 2 : arbre vigoureux sans potentiel de bois d'œuvre;
- Classe 3 : arbre non vigoureux avec potentiel de bois d'œuvre;
- Classe 4 : arbre non vigoureux sans potentiel de bois d'œuvre;
- Classe 5 : arbre vigoureux (essence résineuse);
- Classe 6 : arbre non vigoureux (essence résineuse).

La détermination de la classe de vigueur demande également l'évaluation du potentiel du tronc pour la production de bois d'œuvre, selon sa rectitude et la présence de défauts externes pouvant causer de la coloration et de la carie. On considère qu'un arbre possède un potentiel de bois d'œuvre s'il présente au moins une section de 1,8 m de long sur le tronc principal et si au moins une des 4 faces de cette section ne présente ni défaut ni réduction associée à la carie.



**Figure 3.** Équipements utilisés : a) abatteuse multifonctionnelle pour la récolte; b) porteur forestier pour le débardage; c) et d) porteur forestier avec épandeur pour l'amendement du sol (Photos : Domtar).

Les mesures dendrométriques ont servi à calculer le diamètre moyen quadratique (Dq) et le volume marchand brut (VMB) pour chaque essence. Les arbres ont également été localisés par rapport au centre de la placette. La hauteur totale a été mesurée à l'aide d'un hypsomètre sur 98 bouleaux jaunes et 104 érables à sucre répartis dans les classes de DHP et dans chacune des placettes. La prise de données dendrométriques dans les placettes s'est faite avant la coupe (été 2009), après la coupe (printemps 2010) et 5 ans après la coupe (fin de l'été 2014).

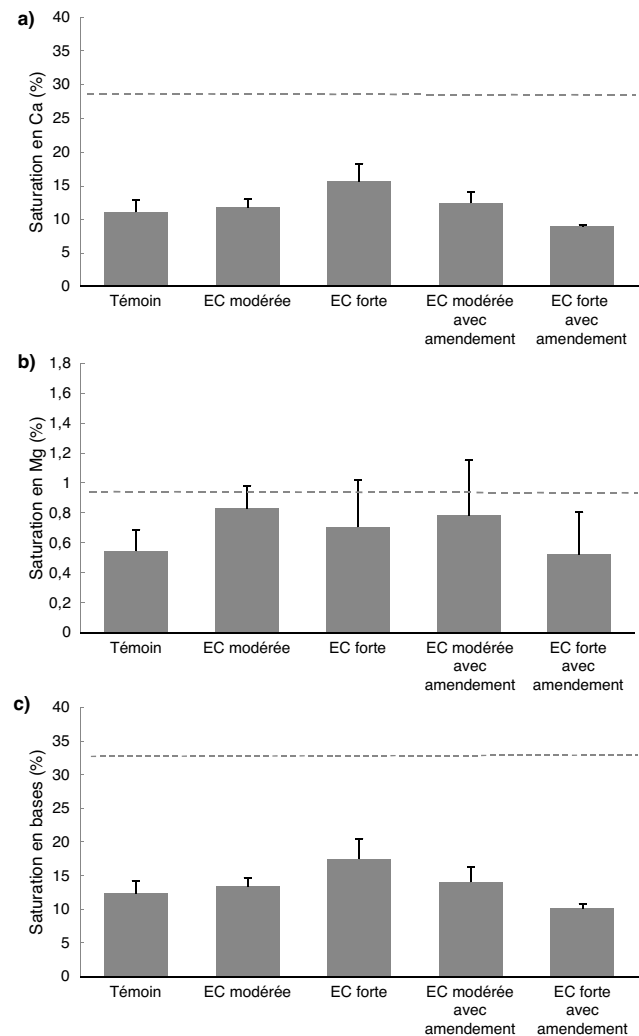
Tout le secteur a été martelé négativement à l'aide de peinture : les tiges à abattre, soit celles comportant des défauts ou provenant d'essences non désirées, ont été marquées, jusqu'à l'atteinte de la surface terrière cible. Ainsi, les objectifs de cette éclaircie commerciale (la première dans le peuplement) étaient de récolter les pertes anticipées par la mortalité, d'améliorer la composition du peuplement, puis d'implanter un réseau de sentiers en vue des prochaines éclaircies. Les travaux de récolte ont été réalisés à l'hiver 2010 à l'aide d'une abatteuse multifonctionnelle et d'un porteur (Figures 3a et b). Le patron de récolte était constitué de sentiers larges d'environ 4 m et espacés en moyenne de 22 m (20 à 25 m).

### 2.3. Prise de données sur les sols et amendement

Avant la coupe en 2009, 4 échantillons de sols (profondeur : 0–20 cm) ont été prélevés dans chaque placette afin d'en connaître les propriétés physico-chimiques (pH eau [1:1 v/v]; éléments échangeables par extraction au sel neutre  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1N). Selon les seuils de carence proposés par Ouimet *et al.* (2013) pour l'horizon B, les résultats de l'analyse des sols montrent des valeurs en deçà des seuils de carence et témoignent de la pauvre fertilité du site (Figure 4).

À l'été 2010, le sol a été amendé en mode opérationnel à l'aide d'un épandeur monté sur un transporteur forestier (Figures 3c et d). L'application s'est effectuée en 2 étapes : d'abord, 8 tonnes à l'hectare de boue de chaux ont été déversées, puis 15 tonnes à l'hectare de biosolides papetiers ont été ajoutées. L'amendement avait un pH alcalin ( $\text{pH} \geq 8,0$ ) et a fourni  $4629 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de calcium (Ca),  $161 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  d'azote (N),  $85 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de phosphore (P) et  $13 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de potassium (K) (Tableau 1). Compte tenu de l'équipement utilisé, la quantité de matière que recevaient les arbres variait en fonction de leur distance par rapport aux sentiers. Après l'épandage,

nous avons observé qu'une forte proportion de la matière avait été répandue dans les sentiers de 4 m de largeur (45 %) et à leur bordure (35 % de 0 à 5 m des bordures du sentier). Cette proportion diminuait fortement à plus de 5 m des bordures du sentier (15 % de 5 à 10 m, 5 % de 10 à 15 m et une quantité négligeable à plus de 15 m des bordures du sentier). Par conséquent, les arbres situés dans une bande de 3 m de largeur en bordure du sentier sont ceux qui bénéficient le plus de l'amendement. En effet, leurs racines se trouvent principalement sous le sentier et dans la bande de 0 à 5 m en bordure du sentier.



**Figure 4.** Propriétés des sols avant traitement dans le dispositif (valeurs moyennes et erreurs types pour l'ensemble des placettes de chaque traitement) : a) saturation en calcium (Ca); b) saturation en magnésium (Mg); c) saturation en bases. La ligne en pointillés indique le seuil de carence proposé pour l'horizon B par Ouimet *et al.* (2013). EC = Éclaircie commerciale.

**Tableau 1.** Composition chimique de l'amendement des sols.

Composé	Unité	Boue de chaux	Biosolides papetiers	Taux d'application (kg·ha <sup>-1</sup> )
Produit appliqué	t·ha <sup>-1</sup>	8	15	23 000
Carbone total (C)	%	2,0	26	4 060
Calcium (Ca)	kg·t <sup>-1</sup>	420	85	4 629
Aluminium (Al)	kg·t <sup>-1</sup>	0,8	10,6	165
Azote total (N Kjeldahl)	kg·t <sup>-1</sup>	0,04	10,71	161
Phosphore total (P)	kg·t <sup>-1</sup>	6,8	2,0	85
Sodium (Na)	kg·t <sup>-1</sup>	6,2	1,4	71
Magnésium (Mg)	kg·t <sup>-1</sup>	4,2	2,0	63
Fer (Fe)	kg·t <sup>-1</sup>	0,8	3,0	50
Potassium (K)	kg·t <sup>-1</sup>	0,3	0,7	13
Manganèse (Mn)	kg·t <sup>-1</sup>	0,4	0,4	9
Zinc (Zn)	kg·t <sup>-1</sup>	0,01	0,21	3
Bore (B)	kg·t <sup>-1</sup>	0,01	0,01	0,3
Chrome (Cr)	kg·t <sup>-1</sup>	0,01	0,02	0,3
Cuivre (Cu)	kg·t <sup>-1</sup>	0,002	0,020	0,3
Plomb (Pb)	kg·t <sup>-1</sup>	0,003	0,015	0,2
Nickel (Ni)	kg·t <sup>-1</sup>	0,01	0,01	0,2
Arsenic (As)	kg·t <sup>-1</sup>	0,005	0,004	0,1
Cadmium (Cd)	kg·t <sup>-1</sup>	0,001	0,004	0,1

Note : Les taux d'application pour le nitrate (N-NO<sub>3</sub>), le mercure (Hg), le cobalt (Co), le molybdène (Mo) et le sélénium (Se) étaient de moins de 0,01 kg ha<sup>-1</sup>, et ceux pour les dioxines et les furannes étaient de 0,01 × 10<sup>-9</sup>·kg·ha<sup>-1</sup>.

## 2.4. Traitement des données et analyses statistiques

Seules les données des arbres marchands ont fait l'objet d'analyses statistiques. À l'échelle du peuplement, les données de surface terrière (m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup>) et de volume marchand brut (m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>) ont été additionnées en fonction des composantes de l'accroissement annuel périodique proposées par Erdmann et Oberg (1973) :

- **accroissement annuel périodique des survivants (AAS)** : arbres qui avaient 9,1 cm et plus de DHP au moment de la mesure après l'EC et qui étaient toujours vivants lors du suivi quinquennal;
- **accroissement annuel périodique des recrues (AAR)** : arbres dont le DHP a atteint 9,1 cm au cours de la période quinquennale;
- **accroissement annuel périodique brut (AAB)** : somme de l'AAS et de l'AAR;
- **mortalité annuelle périodique (MAP)** : arbres vivants après l'EC et qui sont morts au cours de la période quinquennale;

- **accroissement annuel périodique net (AAN)** : différence entre l'AAB et la MAP, ce qui correspond à la production du peuplement.

Les accroissements ont été calculés à partir des mesures de DHP prises au ruban forestier. Une relation hauteur-diamètre locale a été étalonnée pour les principales essences à l'aide des données récoltées sur les arbres échantillons dans le dispositif. Le VMB a été estimé à partir des équations de Perron (2003).

Des analyses de variance ont été effectuées afin de vérifier l'existence de différences significatives ( $p < 0,05$ ) entre les traitements pour les composantes de l'accroissement annuel périodique (en surface terrière et en volume marchand brut, à l'échelle du peuplement, de même qu'en diamètre, à l'échelle de l'arbre). Les classes de DHP (10–18 cm, 20–28 cm) ont été utilisées afin de vérifier l'effet de l'EC sur l'accroissement en diamètre, selon le stade de développement des arbres dans le peuplement. Le traitement a été spécifié comme effet fixe, et le bloc, comme effet aléatoire. En présence d'un effet

significatif de traitement, 4 comparaisons d'intérêt ont été faites afin de préciser les différences entre les traitements :

- 1) EC modérée sans amendement vs témoin;
- 2) EC forte sans amendement vs témoin;
- 3) EC forte sans amendement vs EC modérée sans amendement;
- 4) EC modérée avec amendement vs EC forte avec amendement.

Puisque les comparaisons n° 3 et 4 n'étaient pas significatives pour l'ensemble des variables analysées, les 2 traitements d'amendement ont été combinés pour former 2 comparaisons supplémentaires :

- 5) (EC forte sans amendement + EC modérée sans amendement) vs (EC forte avec amendement + EC modérée avec amendement);
- 6) (EC forte avec amendement + EC modérée avec amendement) vs témoin.

Le seuil de signification des comparaisons multiples a été ajusté afin de tenir compte du nombre de comparaisons effectuées dans le modèle avec une méthode de simulation disponible dans SAS (Littell *et al.* 2006, Westfall *et al.* 1999). Pour tenir compte des différences potentielles de surface terrière entre les traitements avant la coupe, celle-ci a été testée comme covariable dans les analyses de variance. L'effet de la surface terrière avant la coupe n'étant significatif dans aucune analyse, la covariable a ensuite été retirée. Les postulats d'homogénéité de la variance et de normalité des résidus ont été vérifiés : aucune transformation de la variable dépendante n'a été nécessaire pour les respecter. Les analyses statistiques ont été effectuées avec la version 9.4 du logiciel SAS (SAS Institute Inc. 2013). Des statistiques descriptives ont été utilisées afin d'illustrer l'effet des traitements d'EC sur les arbres d'avenir.

Une analyse supplémentaire de l'accroissement annuel en diamètre des arbres a été effectuée afin de fournir des précisions quant à l'effet de l'amendement des sols par rapport à l'effet de lisière causé par les sentiers de récolte. Les arbres ont été classés selon leur distance par rapport au centre du sentier le plus près ( $\leq 5$  m ou  $> 5$  m). L'effet de la distance ainsi que l'interaction entre les traitements et la distance ont ensuite été testés au moyen d'analyses de variance. Étant donné qu'aucun sentier n'était présent dans les unités expérimentales du traitement témoin, celles-ci ont été enlevées de l'analyse.

## 3. Résultats

### 3.1. Portrait avant et après la coupe

Avant la coupe, la surface terrière marchande moyenne variait de 21,4 à 22,3  $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$  et le volume marchand brut moyen variait de 134 à 140  $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$  dans les peuplements (Tableau 2). La majeure partie de la surface terrière était composée d'érables à sucre, de bouleaux jaunes, d'érables rouges et de hêtres à grandes feuilles. La répartition de la surface terrière entre les essences est demeurée relativement stable durant les 5 premières années après la coupe. Les surfaces terrières mesurées après ces éclaircies étaient plus faibles que celles planifiées pour l'EC modérée (15  $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$ ) et forte (12  $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$ ) : leur valeur moyenne était de 13,9 et 13,1  $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$  après les traitements d'EC modérée avec et sans amendement, respectivement, et de 11,4 et 11,6  $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$  après les traitements d'EC forte avec et sans amendement, respectivement (Tableau 2). Ces écarts sont expliqués par la sous-estimation des pertes attribuables aux sentiers de récolte. En moyenne, la densité a été réduite de 37 % dans les traitements d'EC modérée avec et sans amendement (de 912–916 arbres· $\text{ha}^{-1}$  avant la coupe à 574–578 arbres· $\text{ha}^{-1}$  après la coupe, tableau 2) et de 49 % dans les traitements d'EC forte (de 942–997 arbres· $\text{ha}^{-1}$  à 466–513 arbres· $\text{ha}^{-1}$ ).

Selon les unités expérimentales, de 64 à 140 arbres· $\text{ha}^{-1}$  ont été blessés lors de la récolte, pour une moyenne de 108 arbres· $\text{ha}^{-1}$  (11,5 % du nombre d'arbres avant la coupe), tous traitements confondus (données non présentées). Les valeurs correspondantes en surface terrière sont de 1,2 à 3,4  $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$ , avec une valeur moyenne de 2,4  $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$  (11,0 % de la surface terrière initiale). Toutefois, la majorité de ces blessures étaient soit mineures, soit portées à des arbres déjà non vigoureux. Ainsi, la surface terrière des arbres vigoureux et blessés au point d'être reclassés comme non vigoureux correspondait au tiers de celle de l'ensemble des arbres blessés (0,8  $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Des 322 arbres endommagés que nous avons répertoriés, 75 % l'ont été au tronc, 10 % ont perdu des branches basses, 6 % ont été blessés au pied, 4 % ont perdu une bonne part de leur houppier et 5 % ont subi des blessures à plus d'un endroit.

La présence avant la coupe d'un grand nombre d'arbres défectueux (classes de vigueur 2, 3 et 4) a permis d'améliorer la proportion d'arbres vigoureux dans les peuplements éclaircis grâce au martelage négatif et à la récolte de ces arbres (Tableau 3).



**Tableau 2.** Caractéristiques dendrométriques moyennes et composition en essences selon le traitement et la période de mesure (MES) : surface terrière marchande moyenne (ST), densité, diamètre moyen quadratique (Dq) et volume marchand brut moyen (VMB).

Traitement*	MES	ST (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	Densité (arbres·ha <sup>-1</sup> )	Dq (cm)	VMB (m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	Essence <sup>†</sup> (% de la ST)							
						ERS	BOJ	ERR	HEG	FI	FM	FT	RES
Témoin	Avant	21,4	910	17,3	134	39,2	31,7	14,6	4,5	7,1	2,8	0,0	0,1
	Après	21,5	902	17,4	136	39,3	31,9	14,5	4,5	6,8	2,8	0,0	0,1
	5 ans	23,5	827	19,0	156	40,6	29,3	15,7	4,5	6,6	3,4	0,0	0,0
EC modérée sans amendement	Avant	21,5	916	17,3	135	40,3	30,4	6,9	6,7	8,4	7,2	0,0	0,0
	Après	13,1	578	17,0	81	42,6	31,0	7,0	5,4	5,9	8,1	0,0	0,0
	5 ans	16,2	594	18,6	107	44,7	28,6	7,4	5,3	6,1	7,8	0,0	0,0
EC forte sans amendement	Avant	22,2	997	16,8	136	42,0	26,2	10,5	6,4	6,5	7,4	0,1	0,8
	Après	11,6	513	17,0	72	45,5	28,1	7,3	4,1	2,9	10,7	0,0	1,3
	5 ans	15,2	558	18,6	100	45,2	28,5	7,1	4,8	2,7	10,6	0,0	1,1
EC modérée avec amendement	Avant	22,0	912	17,5	140	51,3	21,7	10,3	4,5	8,9	3,4	0,0	0,0
	Après	13,9	574	17,6	88	57,2	17,4	12,4	3,4	4,9	4,7	0,0	0,0
	5 ans	18,1	632	19,1	121	55,6	17,4	13,1	4,7	4,6	4,6	0,0	0,0
EC forte avec amendement	Avant	22,3	942	17,4	136	35,9	29,7	14,7	9,2	10,1	0,4	0,0	0,0
	Après	11,4	466	17,7	73	45,7	29,4	13,2	4,6	7,1	0,0	0,0	0,0
	5 ans	15,5	536	19,2	104	45,4	28,8	13,7	5,7	6,4	0,0	0,0	0,0

\* EC = éclaircie commerciale.

† ERS = érable à sucre; BOJ = bouleau jaune; ERR = érable rouge; HEG = hêtre à grandes feuilles; FI = feuillus intolérants : cerisier tardif (*Prunus serotina* Ehrh.), bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marsh.), peuplier à grandes dents (*Populus grandidentata* Michx.), peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.); FM = feuillus semi-tolérants : frêne d'Amérique, frêne de Pennsylvanie (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.), tilleul d'Amérique (*Tilia americana* L.); FT = feuillus tolérants : ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana* [Mill.] K. Koch); RES = résineux : épinette rouge (*Picea rubens* Sarg.), pruche (*Tsuga canadensis* [L.] Carr.). Les essences non commerciales ne sont pas présentées.

**Tableau 3.** Surface terrière marchande moyenne (ST) répartie par classe de vigueur, selon le traitement et la période de mesure (MES).

Traitement*	MES	ST (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	Classe de vigueur <sup>†</sup>											
			1						2					
			3						4					
Témoin	Avant	21,4	45,2	18,5	5,1	31,1	0,0	0,1	9,8	3,9	1,1	6,6	0,0	0,0
	Après	21,5	40,9	13,9	5,5	39,6	0,0	0,1	9,0	3,0	1,2	8,3	0,0	0,0
	5 ans	23,5	47,6	8,7	8,6	35,2	0,0	0,0	11,4	2,0	2,0	8,1	0,0	0,0
EC modérée sans amendement	Avant	21,5	50,7	17,1	5,7	26,5	0,0	0,0	10,9	3,8	1,3	5,5	0,0	0,0
	Après	13,1	61,9	14,2	2,8	21,1	0,0	0,0	8,1	1,9	0,4	2,7	0,0	0,0
	5 ans	16,2	62,6	8,2	7,3	21,9	0,0	0,0	10,2	1,3	1,2	3,5	0,0	0,0
EC forte sans amendement	Avant	22,2	45,3	21,6	5,2	26,9	0,7	0,1	10,1	4,8	1,2	5,9	0,2	0,0
	Après	11,6	60,4	18,8	2,7	16,8	1,3	0,0	7,0	2,2	0,3	1,9	0,2	0,0
	5 ans	15,2	61,8	13,2	5,9	17,8	1,3	0,0	9,4	2,0	0,9	2,7	0,2	0,0
EC modérée avec amendement	Avant	22,0	38,8	25,9	1,2	34,1	0,0	0,0	8,4	5,7	0,3	7,6	0,0	0,0
	Après	13,9	45,2	27,3	5,0	22,5	0,0	0,0	6,3	3,8	0,7	3,1	0,0	0,0
	5 ans	18,1	52,5	21,2	7,6	18,6	0,0	0,0	9,5	3,9	1,4	3,4	0,0	0,0
EC forte avec amendement	Avant	22,3	39,2	23,2	4,6	33,0	0,0	0,0	8,7	5,1	1,1	7,4	0,0	0,0
	Après	11,4	52,9	24,1	0,9	22,2	0,0	0,0	6,1	2,8	0,1	2,5	0,0	0,0
	5 ans	15,5	59,8	11,0	3,1	26,1	0,0	0,0	9,4	1,7	0,5	4,0	0,0	0,0

\* EC = éclaircie commerciale.

† 1 : arbre vigoureux avec potentiel de bois d'œuvre; 2 : arbre vigoureux sans potentiel de bois d'œuvre; 3 : arbre non vigoureux, avec potentiel de bois d'œuvre; 4 : arbre non vigoureux sans potentiel de bois d'œuvre; 5 : arbre vigoureux (essence résineuse); 6 : arbre non vigoureux (essence résineuse).

La proportion de la surface terrière appartenant aux arbres vigoureux et de qualité (classe 1) s'est accrue de 6,4 à 15,1 % selon l'intensité de l'EC, pour atteindre des valeurs de 45,2 à 61,9 % après la coupe, et ce, malgré le fait que la surface terrière pour cette classe ait légèrement diminué. Au cours des 5 années qui ont suivi la coupe, la surface terrière des arbres de la classe 1 a augmenté de 2,1 à 3,3 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup>, une hausse semblable à celle notée dans le témoin sans intervention (2,4 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup>).

### 3.2. Accroissement quinquennal à l'échelle du peuplement

Les AAN en surface terrière et en volume marchand brut (Tableau 4) variaient selon le traitement ( $p = 0,002$  et  $0,013$ , tableau 5). Les comparaisons multiples indiquent que l'AAN en surface terrière était plus grand dans tous les traitements d'EC par rapport au témoin. Le gain d'AAN en surface terrière dans les traitements d'EC, comparativement au témoin, varie de 0,24 à 0,45 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup> selon le traitement. L'AAN en surface terrière était légèrement plus grand dans les 2 traitements d'EC avec amendement que dans les mêmes EC sans amendement, mais l'écart n'était pas significatif ( $p = 0,199$ ). L'AAN en

volume marchand brut dans l'EC forte sans amendement était plus grand que dans le témoin ( $p = 0,045$ ). L'AAN en volume marchand brut dans la combinaison des traitements d'EC forte avec amendement et d'EC modérée avec amendement était plus grand que dans le témoin ( $p = 0,001$ ). Par rapport au témoin, les gains d'AAN en volume étaient de 1,6 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup> pour le traitement d'EC forte sans amendement, de 2,5 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup> pour l'EC modérée avec amendement et de 2,1 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup> pour l'EC forte avec amendement (Tableau 4).

Lorsqu'on considère les composantes de l'accroissement, on constate qu'il n'y a aucun effet du traitement sur l'AAB en surface terrière ou en volume ( $p = 0,235$  et  $0,287$ , tableau 5). On observe un effet significatif du traitement sur l'AAS en surface terrière ( $p = 0,043$ ), mais pas sur l'AAS en volume marchand brut ( $p = 0,107$ ). Les comparaisons multiples d'intérêt pour l'AAS en surface terrière n'ont révélé aucune différence significative entre les traitements. Cela indique que la ou les différences significatives peuvent être observées pour des comparaisons de traitements de moindre intérêt. Un effet du traitement a aussi été identifié pour l'AAR en surface terrière ( $p = 0,048$ ). Les comparaisons multiples ont indiqué

**Tableau 4.** Accroissements annuels périodiques nets (AAN) en surface terrière et en volume marchand brut, et composantes de ceux-ci (moyenne  $\pm$  erreur type) selon le traitement, pour la première période quinquennale après la coupe.

Traitement*	n	Surface terrière marchande† (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> ·an <sup>-1</sup> )				
		AAN	AAS	AAR	AAB	MAP
Témoin	4	0,39 $\pm$ 0,04	0,76 $\pm$ 0,04	0,04 $\pm$ 0,02	0,79 $\pm$ 0,06	0,40 $\pm$ 0,05
EC modérée sans amendement	4	0,63 $\pm$ 0,07	0,67 $\pm$ 0,04	0,09 $\pm$ 0,02	0,76 $\pm$ 0,05	0,13 $\pm$ 0,04
EC forte sans amendement	4	0,71 $\pm$ 0,07	0,67 $\pm$ 0,04	0,10 $\pm$ 0,02	0,78 $\pm$ 0,04	0,06 $\pm$ 0,02
EC modérée avec amendement	2	0,84 $\pm$ 0,01	0,79 $\pm$ 0,004	0,13 $\pm$ 0,03	0,92 $\pm$ 0,04	0,08 $\pm$ 0,03
EC forte avec amendement	2	0,81 $\pm$ 0,03	0,71 $\pm$ 0,03	0,14 $\pm$ 0,01	0,86 $\pm$ 0,04	0,04 $\pm$ 0,01
Traitement	n	Volume marchand brut (m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> ·an <sup>-1</sup> )				
		AAN	AAS	AAR	AAB	MAP
Témoin	4	4,1 $\pm$ 0,4	6,8 $\pm$ 0,4	0,1 $\pm$ 0,1	6,9 $\pm$ 0,4	2,8 $\pm$ 0,3
EC modérée sans amendement	4	5,2 $\pm$ 0,4	5,8 $\pm$ 0,4	0,3 $\pm$ 0,1	6,1 $\pm$ 0,4	0,9 $\pm$ 0,2
EC forte sans amendement	4	5,7 $\pm$ 0,5	5,8 $\pm$ 0,4	0,3 $\pm$ 0,1	6,1 $\pm$ 0,4	0,4 $\pm$ 0,1
EC modérée avec amendement	2	6,6 $\pm$ 0,1	6,6 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,1	7,0 $\pm$ 0,2	0,4 $\pm$ 0,2
EC forte avec amendement	2	6,2 $\pm$ 0,1	6,1 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,01	6,5 $\pm$ 0,1	0,3 $\pm$ 0,04

\* EC = éclaircie commerciale.

† AAN = accroissement annuel périodique net; AAS = accroissement annuel périodique des survivants; AAR = accroissement annuel périodique des recrues; AAB = accroissement annuel périodique brut; MAP = mortalité annuelle périodique.

**Tableau 5.** Résultat des analyses de variance sur l'effet du traitement sur les accroissements annuels périodiques nets (AAN) en surface terrière et en volume marchand brut, ainsi que leurs composantes, pour la première période quinquennale après la coupe. Les valeurs de  $p$  inférieures à  $< 0,05$ , qui dénotent un effet significatif du traitement, apparaissent en caractères gras.

Mesure	Variable*	DL num.†	DL dén.†	Valeur de F	Valeur de $p$
Accroissements périodiques en surface terrière	AAN	4	8,7	10,7	<b>0,002</b>
	AAS	4	8,2	4,0	<b>0,043</b>
	AAR	4	11,0	3,4	<b>0,048</b>
	AAB	4	8,5	1,7	0,235
	MAP	4	11,0	14,8	<b>&lt; 0,001</b>
Accroissements périodiques en volume marchand brut	AAN	4	8,6	6,1	<b>0,013</b>
	AAS	4	8,4	2,7	0,107
	AAR	4	11,0	3,1	0,062
	AAB	4	8,4	1,5	0,287
	MAP	4	11,0	20,9	<b>&lt; 0,001</b>

\* AAN = accroissement annuel périodique net; AAS = accroissement annuel périodique des survivants; AAR = accroissement annuel périodique des recrues; AAB = accroissement annuel périodique brut; MAP = mortalité annuelle périodique.

† DL num. = degrés de liberté au numérateur; DL dén. = degrés de liberté au dénominateur.

**Tableau 6.** Accroissement annuel périodique en diamètre à hauteur de poitrine (DHP) pour chaque traitement, selon l'essence et la classe de DHP.

Essence*	Classe de DHP	Accroissement annuel périodique en DHP, pour chaque traitement† (moyenne $\pm$ erreur type, en mm·an <sup>-1</sup> )				
		Témoin	EC modérée sans amendement	EC forte sans amendement	EC modérée avec amendement	EC forte avec amendement
ERS	10–18 cm	2,3 $\pm$ 0,5	4,0 $\pm$ 0,4	4,0 $\pm$ 0,2	4,0 $\pm$ 0,1	5,1 $\pm$ 0,5
	20–28 cm	3,5 $\pm$ 0,7	5,6 $\pm$ 0,4	5,3 $\pm$ 0,2	5,6 $\pm$ 0,1	5,2 $\pm$ 0,5
BOJ	10–18 cm	2,8 $\pm$ 0,2	4,0 $\pm$ 0,5	4,1 $\pm$ 0,6	4,5 $\pm$ 0,4	4,6 $\pm$ 0,5
	20–28 cm	4,7 $\pm$ 0,5	5,3 $\pm$ 0,2	5,3 $\pm$ 1,0	7,4 $\pm$ 1,0	5,9 $\pm$ 0,7
Toutes	10–18 cm	2,7 $\pm$ 0,3	3,9 $\pm$ 0,2	4,3 $\pm$ 0,2	4,3 $\pm$ 0,3	5,0 $\pm$ 0,1
	20–28 cm	4,3 $\pm$ 0,2	5,4 $\pm$ 0,3	6,0 $\pm$ 0,2	6,1 $\pm$ 0,3	6,2 $\pm$ 0,2
	30 cm et plus	4,4 $\pm$ 0,5	6,8 $\pm$ 1,7	5,1 $\pm$ 0,3	5,7 $\pm$ 0,1	8,3 $\pm$ 2,1
	Toutes	3,1 $\pm$ 0,2	4,3 $\pm$ 0,1	4,7 $\pm$ 0,1	4,8 $\pm$ 0,1	5,3 $\pm$ 0,3

\* ERS = érable à sucre; BOJ = bouleau jaune.

† EC = éclaircie commerciale.

que le recrutement était plus fort dans les traitements EC avec amendement que dans le témoin ( $p = 0,019$ ). Toutefois, pour l'AAR en volume marchand brut, aucun effet significatif du traitement n'a été décelé ( $p = 0,062$ , tableau 5). Les MAP en surface terrière et en volume marchand brut, quant à elles, étaient beaucoup plus fortes dans le traitement témoin que dans l'ensemble des traitements d'EC ( $p < 0,001$ , tableau 5).

### 3.3. Accroissement quinquennal en diamètre des arbres

Les résultats d'accroissement annuel périodique en DHP sont présentés dans les tableaux 6 et 7, et ceux des analyses de variance correspondantes se trouvent au tableau 8. Un effet significatif du

traitement a été décelé pour l'accroissement en diamètre, toutes essences confondues, pour les classes de DHP 10–18 cm, 20–28 cm, et pour l'ensemble des classes de diamètre ( $p < 0,001$ , tableau 8). Les comparaisons multiples ont révélé que l'accroissement en DHP, toutes essences confondues, était plus grand dans les traitements d'EC que dans le témoin. Le gain d'accroissement en DHP varie de 0,7 à 3,9 mm par année par rapport au témoin, selon la classe de diamètre et l'intensité de l'éclaircie (Tableau 6). Pour l'érable à sucre, l'effet du traitement est significatif dans les 2 classes de DHP ( $p = 0,008$  et  $0,003$ , tableau 8) avec des gains de 1,7 à 2,1 mm·an<sup>-1</sup> selon la classe de DHP et l'intensité d'éclaircie. Pour le bouleau jaune, aucun effet significatif de traitement n'a été décelé ( $p = 0,078$  et  $0,245$ ).

**Tableau 7.** Accroissement annuel périodique en diamètre à hauteur de poitrine (DHP), par essence et classe de DHP, selon la distance des arbres par rapport au centre du sentier de récolte le plus près.

Essence*	Classe de DHP	Distance de l'arbre par rapport au centre du sentier	n <sup>†</sup>	Accroissement annuel périodique en DHP (moyenne ± erreur type, en mm·an <sup>-1</sup> )
ERS	10–18 cm	≤ 5 m	12	4,6 ± 0,2
		> 5 m	12	4,0 ± 0,2
	20–28 cm	≤ 5 m	12	5,5 ± 0,2
		> 5 m	12	5,4 ± 0,2
BOJ	10–18 cm	≤ 5 m	12	4,6 ± 0,3
		> 5 m	12	4,0 ± 0,3
	20–28 cm	≤ 5 m	9 <sup>‡</sup>	6,2 ± 0,5
		> 5 m	12	5,6 ± 0,5

\* ERS = érable à sucre; BOJ = bouleau jaune.

† n = nombre d'unités expérimentales pouvant être considérées dans l'analyse (c.-à-d. dans lesquelles il y avait au moins un arbre).

‡ Trois unités expérimentales n'avaient pas de tiges de BOJ dans la classe de DHP de 20–28 cm.

**Tableau 8.** Résultat des analyses de variance sur l'accroissement annuel périodique en diamètre à hauteur de poitrine (DHP). Le trait pointillé sert à séparer le résultat de l'analyse réalisée sur l'ensemble des traitements (EC et témoin) de celle réalisée sur les traitements d'éclaircie seulement (EC et DIST). Les valeurs de *p* inférieures à 0,05, qui dénotent un effet significatif, apparaissent en caractères gras.

Essence / Classe de DHP*	Effet <sup>†</sup>	DL num. <sup>‡</sup>	DL dén. <sup>‡</sup>	Valeur de F	Valeur de <i>p</i>
Toutes / Toutes	TRT	4	11,0	19,3	< <b>0,001</b>
Toutes / 10–18 cm	TRT	4	9,0	16,3	< <b>0,001</b>
Toutes / 20–28 cm	TRT	4	11,0	11,0	< <b>0,001</b>
ERS / 10–18 cm	TRT	4	8,7	7,0	<b>0,008</b>
	EC	3	14,3	3,3	0,051
	DIST	1	13,0	6,9	<b>0,020</b>
	EC × DIST	3	13,0	0,5	0,667
ERS / 20–28 cm	TRT	4	8,2	9,8	<b>0,003</b>
	EC	3	13,2	4,0	<b>0,033</b>
	DIST	1	12,9	0,3	0,589
	EC × DIST	3	12,9	1,6	0,243
BOJ / 10–18 cm	TRT	4	8,3	3,1	0,078
	EC	3	13,5	1,2	0,352
	DIST	1	12,8	4,9	<b>0,045</b>
	EC × DIST	3	12,8	0,9	0,448
BOJ / 20–28 cm	TRT	4	11,0	1,6	0,245
	EC	3	13,0	2,6	0,099
	DIST	1	13,0	0,1	0,754
	EC × DIST	3	13,0	1,9	0,177

\* Toutes = toutes classes de DHP ou toutes essences confondues; ERS = érable à sucre; BOJ = bouleau jaune.

† TRT = tous les traitements, y compris le témoin; EC = traitements d'éclaircie commerciale; DIST = distance par rapport au sentier dans les traitements d'éclaircie commerciale.

‡ DL num. = degrés de liberté au numérateur; DL dén. = degrés de liberté au dénominateur.

L'accroissement en DHP des perches d'érables à sucre et de bouleaux jaunes (DHP de 10–18 cm) était plus grand près d'un sentier (effet DIST :  $p = 0,020$  pour l'ERS et  $0,045$  pour le BOJ, tableau 8). Le gain moyen d'accroissement en DHP était de  $0,6 \text{ mm}\cdot\text{an}^{-1}$  pour les 2 essences (Tableau 7). L'accroissement en DHP des plus gros arbres (DHP de 20–28 cm) n'a

pas varié selon la distance par rapport au sentier ( $p = 0,589$  et  $p = 0,754$ , tableau 8). De plus, aucune interaction significative n'a été décelée entre le traitement et la distance, ce qui signifie que l'effet de la distance par rapport aux sentiers est similaire dans tous les traitements d'EC, avec ou sans amendement ( $p = 0,177$  à  $0,667$ , tableau 8).

## 4. Discussion

### 4.1. Effets à l'échelle du peuplement

L'EC, telle que pratiquée avec un martelage négatif et la récolte des arbres de faible vigueur, a permis d'augmenter la proportion d'arbres vigoureux de la classe 1 au sein des peuplements. Cette indication est importante, car des études précédentes ont démontré que les arbres vigoureux avec potentiel de bois d'œuvre ont une probabilité beaucoup plus faible de mourir et peuvent fournir des produits de bois plus intéressants (Fortin *et al.* 2008b, 2009). Les arbres de la classe 1 appartenant à une essence désirée sont ceux qui forment le capital forestier en croissance (CFC). Selon Leak *et al.* (1987), il faudrait que ce CFC occupe au moins 40 % de la surface terrière des peuplements (dans le cas présent : environ  $9 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) afin de maintenir ceux-ci dans un scénario sylvicole intensif. Dans les peuplements à l'étude, la surface terrière initiale des arbres de la classe 1 atteignait tout juste ce seuil. Par conséquent, il n'y avait pas vraiment de marge de manœuvre permettant de sacrifier de tels arbres lors de l'EC — d'où le choix de pratiquer un martelage négatif en ciblant des arbres défectueux. Néanmoins, une partie des arbres de la classe 1 ont été blessés ou ont dû être récoltés dans les sentiers. Malgré tout, la surface terrière perdue s'est déjà pratiquement rétablie au cours de cette première période quinquennale. Cependant, la surface terrière des arbres de la classe 1 a aussi augmenté dans les peuplements témoins.

Les comparaisons entre les traitements montrent que l'accroissement net est significativement plus grand après une EC. Ce gain d'accroissement par rapport aux peuplements témoins s'explique principalement par une diminution de la mortalité, une augmentation du recrutement et un gain d'accroissement en diamètre des arbres. Il semble donc que la récolte prioritaire des arbres non vigoureux ait permis de diminuer la mortalité. De plus, l'EC a permis de dégager les arbres afin de favoriser le développement des houppiers, et ainsi, de favoriser l'accroissement en diamètre des arbres marchands. L'ouverture du couvert a aussi permis la pénétration de la lumière dans les strates inférieures, ce qui a favorisé l'accroissement des gaules et donc, augmenté le recrutement. Des gains d'accroissement périodique net après EC ont également été obtenus dans des études similaires, mais avec des peuplements plus âgés. Par exemple, Erdmann et Oberg (1973) ont étudié sur 15 ans les effets d'éclaircies commerciales pratiquées 45 ans après une coupe totale dans des érablières du Wisconsin, dont la composition

s'apparentait à celle de notre étude. Les AAN étaient de  $0,53 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  dans les peuplements témoins et de  $0,71 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  dans les peuplements éclaircis à une surface terrière résiduelle de  $13,8 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  (soit l'équivalent de notre éclaircie modérée). Cela représente un gain d'AAN de  $0,18 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ , ce qui est moins que le gain de  $0,32 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  obtenu pour l'éclaircie modérée dans notre étude. Dans des érablières âgées de 60 ans au New Hampshire, Leak et Yamasaki (2012) rapportaient aussi, sur une période de 10 ans, des AAN de  $0,16 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  dans les peuplements témoins et de  $0,60 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  dans des peuplements éclaircis à une surface terrière résiduelle de  $18,4 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , ce qui représente un gain de  $0,44 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ . Au Québec, dans une érablière à bouleau jaune âgée de 50 ans, à Duchesnay, Pothier (1996) a observé un AAN de  $0,40 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  sur une période de 20 ans, après une EC à une surface terrière résiduelle de  $16,7 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  comparativement à seulement  $0,05 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  dans le peuplement témoin; cela représente un gain d'AAN de  $0,35 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ . Ce gain est en grande partie attribuable à une diminution de la mortalité et à une augmentation de l'accroissement en diamètre des tiges dans les peuplements éclaircis. Les différences d'accroissement entre ces précédentes études peuvent être attribuables à plusieurs facteurs tels que la situation géographique, l'âge des peuplements, leur composition et leur structure, la durée de la période d'observation et la qualité de la station.

### 4.2. Effets à l'échelle de l'arbre

Comme certains écrits l'ont démontré (p. ex. Pothier 1996), l'accroissement en DHP des érables à sucre est significativement plus grand après EC que dans le traitement témoin. Cet effet n'a toutefois pas été statistiquement significatif pour le bouleau jaune dans la présente étude. Néanmoins, la tendance est semblable à celle observée pour l'érable à sucre. On note toutefois une plus grande variation d'accroissement en diamètre pour le bouleau jaune, notamment dans la classe de DHP de 10–18 cm. Il n'est pas certain que l'accroissement plus grand obtenu pour l'érable à sucre soit attribuable uniquement à la réaction des arbres à l'EC; il pourrait aussi s'expliquer par la rétention des arbres les plus vigoureux, lesquels sont susceptibles de s'accroître plus rapidement (Fortin *et al.* 2008a). Néanmoins, l'analyse de la distance par rapport aux sentiers a permis de conclure à un effet significatif des sentiers sur l'accroissement des perches de la classe de DHP de 10–18 cm situées près du sentier. Ainsi, ce gain ne serait pas uniquement attribuable à la sélection des arbres, qui s'est faite indépendamment des sentiers,

mais aussi à la réaction des arbres à l'ouverture accrue du couvert en bordure d'un sentier. Toutefois, cet effet n'a pas été observé pour les arbres de plus forte dimension (classe de DHP 20–28 cm). Ce résultat différent s'explique probablement par la plus faible densité initiale de arbres de cette classe de DHP, comparativement à la classe de DHP de 10–18 cm, ainsi que par leur position déjà dominante avant l'EC. Ainsi, il est possible que les plus gros arbres aient subi moins de compétition avant l'EC et, par conséquent, qu'ils n'aient pas autant bénéficié du dégagement de leur houppier. De ce fait, le gain d'accroissement des arbres de la classe de DHP de 20–28 cm après l'EC, pour l'érable à sucre, serait surtout attribuable à un effet de sélection. Ces hypothèses pourront être vérifiées ultérieurement de manière plus explicite par le prélèvement des carottes sur les arbres pour mesurer leur accroissement avant l'EC.

Dans notre étude, l'absence de différences significatives entre les traitements d'EC modérée et forte découle probablement du simple fait que la surface terrière résiduelle ne variait pas suffisamment entre les 2 intensités d'éclaircie. Le plan initial prévoyait un plus grand écart ( $3 \text{ m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$ ), mais la récolte des arbres pour la création des sentiers a été plus importante que prévue, ce qui a réduit davantage la surface terrière résiduelle dans le traitement d'EC modérée.

Malgré les bonnes valeurs d'AAN obtenues pour les EC avec amendement, les premières analyses statistiques ne permettent pas de conclure à un effet positif et significatif de l'amendement du sol sur l'accroissement. Cette absence d'effet pourrait être attribuable à une réaction différée des arbres au traitement, bien que dans certaines conditions, on ait déjà observé une réaction des arbres dès la première année suivant un amendement de  $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Moore *et al.* 2000). Toutefois, il est possible que les sols de notre étude présentent moins de carences que ceux de l'étude de Moore *et al.* (2000), réalisée à Duchesnay. De telles différences pourraient expliquer le peu d'effet de l'amendement sur la croissance des arbres dans notre étude. De plus, les effets de l'amendement sur la croissance de l'érable à sucre observés par Moore *et al.* (2000) l'ont été dans des peuplements sans intervention d'EC et sur des arbres matures, alors que dans notre étude, les arbres sont encore relativement jeunes. Par ailleurs, considérant que l'application de l'amendement n'a pas été uniforme dans les placettes et qu'elle était principalement concentrée dans les sentiers et aux abords de ceux-ci, certains arbres ont été plus exposés aux produits répandus que d'autres. L'analyse effectuée en tenant compte

de la distance par rapport au sentier ne permet pas de conclure que les arbres situés près des sentiers avec amendement ont eu un meilleur accroissement en DHP que ceux dans la même situation, mais sans amendement. Ce raisonnement s'appuie sur l'absence d'interaction significative entre le type d'EC avec ou sans amendement et la distance par rapport au sentier. Il est donc possible que les effets combinés de l'EC et des sentiers sur l'accroissement des arbres viennent masquer celui de l'amendement. Qui plus est, le faible nombre d'unités expérimentales pour les traitements d'EC avec amendement, soit 2 par intensité de prélèvement, pourrait aussi expliquer le fait qu'aucune différence significative n'ait été détectée. Seule l'analyse dendrochronologique permettra de trancher cette question.

### 4.3. Perspectives de croissance future

Il est difficile d'estimer les perspectives de croissance future pour ce dispositif. Les études publiées contiennent peu d'information sur les effets à long terme d'une éclaircie commerciale dans un peuplement aussi jeune que 35 ans. Les informations les plus pertinentes sont celles des études du Wisconsin (Erdmann et Oberg 1973) et du New Hampshire (Leak et Yamasaki 2012) citées précédemment. Selon celles-ci, les accroissements observés au cours de la 1<sup>re</sup> période quinquennale dans le dispositif pourraient se maintenir pendant encore une décennie. En effet, la surface terrière des peuplements éclaircis demeure faible. Par conséquent, l'espace disponible devrait permettre une augmentation du diamètre des houppiers, ce qui pourrait minimiser les pertes par la mortalité attribuable à l'autoéclaircie. De plus, la proportion d'arbres à faible risque de mortalité (classes de vigueur 1, 2 et 5) est encore très élevée : près de 75 % dans les peuplements éclaircis et de 56 % dans les peuplements témoins. Cependant, avec l'augmentation de la surface terrière totale et de celle des arbres défectueux, la mortalité pourrait augmenter progressivement. Il est également possible que l'AAR diminue, ce qui réduirait l'accroissement net. Ainsi, il faut s'attendre à ce que l'accroissement des peuplements éclaircis se rapproche de celui observé dans les peuplements témoins lorsque la surface terrière sera près de  $22 \text{ m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$ . Cette surface terrière pourra être obtenue 15 à 20 ans après la première EC. Nous croyons qu'une nouvelle éclaircie sera nécessaire afin de prévenir la perte de vigueur des arbres, puisqu'elle maintiendrait l'espacement nécessaire à l'expansion des houppiers. De cette façon, l'objectif ne sera pas de recouvrer le volume marchand brut du témoin, mais de maximiser la productivité du peuplement en place.

Il est important de rappeler que l'objectif poursuivi à long terme avec un régime d'éclaircies commerciales dans les peuplements à l'étude est d'obtenir plus rapidement des arbres matures (DHP d'au moins 45 cm) et de belle qualité. Selon le diagramme de gestion de la densité des peuplements de feuillus proposé par Leak *et al.* (2014), il serait possible d'espérer produire environ 150 arbres·ha<sup>-1</sup> de ce DHP moyen en fin de révolution. Étant donné qu'il s'écoulera plusieurs décennies entre la première EC ( $\approx 530$  tiges·ha<sup>-1</sup>, DHP moyen de 17 cm) et l'état final visé ( $\approx 150$  tiges·ha<sup>-1</sup>, DHP moyen de 45 cm), il y a encore beaucoup d'incertitude quant aux gains qui résulteront, à terme, de cette première éclaircie. Toutefois, les effets observés au cours de cette première période quinquennale correspondent à ceux recherchés à long terme, soit une meilleure croissance en DHP des arbres associée à une diminution de la densité du peuplement et à une augmentation de la qualité (arbres de vigueur 1). De plus, les principaux objectifs à court terme visés par une première éclaircie, soit la réduction des pertes par mortalité et l'implantation d'un réseau de sentiers en vue des prochaines éclaircies, ont été atteints. La composition des peuplements a été peu modifiée par cette première éclaircie, mais la densité est encore suffisamment forte pour laisser place à une ou deux autres éclaircies commerciales qui pourraient cibler davantage cet aspect. Les prochaines EC devraient permettre de dégager un nombre déterminé d'arbres d'avenir (vigueur 1) afin d'atteindre les objectifs de qualité.

Dans un autre scénario, si l'objectif d'aménagement envisagé est de convertir la structure du peuplement vers une structure irrégulière ou jardinée, les prochaines interventions devront aussi favoriser le développement des nouvelles cohortes et assurer un apport suffisant de lumière en sous-étage, ce qui implique de maintenir une densité plus faible que dans le scénario précédent. La première EC réalisée dans le cadre de cette étude peut s'inscrire dans un tel scénario.

## 5. Conclusion

Les effets à court terme de l'EC appliquée à de jeunes érablières sont positifs : le traitement a permis d'augmenter la surface terrière des arbres d'avenir et de favoriser la production des peuplements. Cette augmentation de production est tributaire de l'effet positif des EC sur l'accroissement en DHP des tiges et sur la réduction de la mortalité, vraisemblablement associée à un prélèvement ciblé des tiges les moins vigoureuses et à une réduction de la densité du peuplement. L'hypothèse que l'accroissement en diamètre augmente en fonction de l'intensité de l'EC est difficilement vérifiable, en raison de la faible différence de densité obtenue entre les deux intensités d'EC que nous avons expérimentées.

Les effets positifs anticipés de l'amendement du sol sur l'accroissement ne sont pas clairement significatifs. De futures analyses dendrochronologiques et foliaires permettront sans doute de préciser l'effet de l'amendement sur la vigueur et la croissance des arbres. La poursuite du suivi de ce dispositif et les prochaines analyses permettront de mieux estimer les effets à plus long terme de l'EC et de l'amendement du sol sur la croissance, la qualité et la vigueur des arbres.

## Remerciements

Nous tenons à remercier l'équipe technique de la DRF, composée de MM. Jocelyn Hamel, Étienne Boulay, Pierre Laurent, Pierrot Boulay, Éric Labrecque, Jean-François Leblond et William Michaud, pour l'établissement et le mesurage du dispositif, ainsi que les étudiants, stagiaires et consultants de la compagnie Domtar pour leur travail sur le terrain. De plus, nous remercions MM. Patrick Cartier, Christian Guimont, Éric Lapointe, Raymond Vanier et André Gravel de la même compagnie pour leur collaboration et leur appui. Nous remercions aussi Mme Josianne DeBlois pour son aide lors des analyses statistiques ainsi que M. Jean Noël et Mme Véronique Poirier pour le traitement des données géomatiques. Nous remercions finalement Mme Marie-Claude Lambert pour son travail comme éditrice associée, les réviseurs anonymes qui ont commenté le manuscrit, de même que Mmes Maripierre Jalbert, Nathalie Langlois, Viviane St-Arnaud et Denise Tousignant pour l'édition et la mise en page de ce document. Ce projet a été principalement financé par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, dans le cadre du projet 142332023. La compagnie Domtar a aussi fourni à l'occasion du personnel pour assister notre équipe sur le terrain.

## Références bibliographiques

- Bédard, S. et F. Guillemette, 2013. *Chapitre 22 – L'éclaircie jardinatoire*. Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 548-565.
- Duchesne, L., R. Ouimet et D. Houle, 2002. *Basal area growth of sugar maple in relation to acid deposition, stand health, and soil nutrients*. J. Environ. Qual. 31: 1676-1683.
- Erdmann, G.G. et R.R. Oberg, 1973. *Fifteen-year results from six cutting methods in second-growth northern hardwoods*. U.S.D.A. Forest Service, North Central Experiment Station. Saint Paul, MN (États-Unis). Research Paper n° NC-100. 12 p. [<https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/10621>]
- Fortin, M., S. Bédard, J. DeBlois et S. Meunier, 2008a. *Accounting for error correlations in diameter increment modelling: a case study applied to northern hardwood stands in Quebec, Canada*. Can. J. For. Res. 38: 2274-2286.
- Fortin, M., S. Bédard, J. DeBlois et S. Meunier, 2008b. *Predicting individual tree mortality in northern hardwood stands under uneven-aged management in southern Quebec, Canada*. Ann. For. Sci. 65: 205.
- Fortin, M., F. Guillemette et S. Bédard, 2009. *Predicting volumes by log grades in standing sugar maple and yellow birch trees in southern Quebec, Canada*. Can. J. For. Res. 39: 1928-1938.
- Gosselin, J., 2007. *Guide de reconnaissance des types écologiques de la région écologique 2c-Coteaux de l'Estrie*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction des inventaires forestiers, Division de la classification écologique et productivité des stations. 186 p. [<https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/guide-ecologique-2c.pdf>]
- Guillemette, F., 2016. *Diamètres à maturité pour l'érable à sucre et le bouleau jaune au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière n° 145. 14 p. [[mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Guillemette-Francois/Note145.pdf](https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Guillemette-Francois/Note145.pdf)]
- Lafèche, V., C. Larouche et F. Guillemette, 2013. *Chapitre 15 – L'éclaircie commerciale*. Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. Québec, QC. p. 300-327.
- Leak, W.B. et M. Yamasaki, 2012. *80 years of thinning research on northern hardwoods in the Bartlett Experimental Forest, New Hampshire*. U.S.D.A. Forest Service, Northern Research Station. Research Paper n° NRS-20. 8 p. [<https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/40927>]
- Leak, W.B., D.S. Solomon et P.S. DeBald, 1987. *Silvicultural guide for northern hardwood types in the Northeast (revised)*. U.S.D.A. Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. Research Paper n° NE-603. 36 p. [<https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/4421>]
- Leak, W.B., M. Yamasaki et R. Holleran, 2014. *Silvicultural guide for northern hardwoods in the northeast*. U.S.D.A. Forest Service, Northern Research Station. General Technical Report n° NRS-132. 46 p. [[https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/gtr/gtr\\_nrs132.pdf](https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/gtr/gtr_nrs132.pdf)]
- Long, R.P., S.B. Horsley et T.J. Hall, 2011. *Long-term impact of liming on growth and vigor of northern hardwoods*. Can. J. For. Res. 41: 1295-1307.
- Littell, R.C., G.A. Milliken, W.W. Stroup, R.D. Wolfinger et O. Schabenberger, 2006. *SAS for mixed models, second edition*. Cary, NC (États-Unis). SAS Institute Inc. 828 p.
- Majcen, Z., Y. Richard, M. Ménard et Y. Grenier, 1990. *Choix des tiges à marquer pour le jardinage d'érablières inéquiennes. Guide technique*. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources (forêts), Direction de la recherche et du développement. Mémoire de recherche forestière n° 96. 95 p. [[mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Divers/Memoire96.pdf](https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Divers/Memoire96.pdf)]
- Marquis, D.A. et R.L. Ernst, 1991. *The effects of stand structure after thinning on the growth of an Allegheny hardwood stand*. For. Sci. 37: 1182-1200.



- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015. *Norme de stratification écoforestière quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction des inventaires forestiers. 101 p. [<https://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/norme-stratification.pdf>]
- Moore, J.-D., C. Camiré et R. Ouimet, 2000. *Effects of liming on the nutrition, vigor, and growth of sugar maple at the Lake Clair Watershed, Quebec, Canada*. Can. J. For. Res. 30: 725-732.
- Moore, J.-D., R. Ouimet et L. Duchesne, 2012. *Soil and sugar maple response 15 years after dolomitic lime application*. For. Ecol. Manage. 281: 130-139.
- Nyland, R.D., 2003. *Even- to uneven-aged: the challenges of conversion*. For. Ecol. Manage. 172: 291-300.
- Ouimet, R., J.-D. Moore et L. Duchesne, 2013. *Mise à jour des seuils de fertilité des sols pour diagnostiquer les carences en calcium, potassium et phosphore chez l'érable à sucre*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière n° 137. 17 p. [[mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Ouimet-Rock/Note137.pdf](http://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Ouimet-Rock/Note137.pdf)]
- Perron, J.Y., 2003. *Tarif de cubage général : volume marchand brut. Troisième publication*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction des inventaires forestiers. 55 p. [[mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/tarif-de-cubage-64.pdf](http://mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/tarif-de-cubage-64.pdf)]
- Pothier, D., 1996. *Accroissement d'une érablière à la suite de coupes d'éclaircie : résultats de 20 ans*. Can. J. For. Res. 26: 543-549.
- SAS Institute Inc., 2013. *SAS 9.4 Online Documentation*. Cary, NC (États-Unis). SAS Institute Inc. [[support.sas.com/documentation/94/index.html](http://support.sas.com/documentation/94/index.html)]
- Saucier, J.-P., J.-F. Bergeron, P. Grondin et A. Robitaille, 1998. *Les régions écologiques du Québec méridional (3<sup>e</sup> version) : Un élément du système hiérarchique de classification écologique du territoire mis au point par le ministère des Ressources naturelles du Québec*. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. Encart de l'Aubelle n° 124. Sainte-Foy, QC. 12 p.
- Schütz, J.-P., 2001. *Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests*. For. Ecol. Manage. 151: 87-94.
- Smith, D.M., B.C. Larson, M.J. Kelty et M.S. Asthon, 1997. *The practice of silviculture: Applied forest ecology, ninth edition*. John Wiley & Sons Inc. New York, NY (États-Unis). 537 p.
- Westfall, P.H., R.D. Tobias, D. Rom, R.D. Wolfinger et Y. Hochberg, 1999. *Multiple comparisons and multiple tests using the SAS system*. Cary, NC (États Unis). SAS Institute Inc. 416 p.



La Direction de la recherche forestière a pour mandat de participer activement à l'orientation de la recherche et à l'amélioration de la pratique forestière au Québec, dans un contexte d'aménagement forestier durable, en réalisant des travaux de recherche scientifique appliquée. Elle développe de nouvelles connaissances, du savoir-faire et du matériel biologique et contribue à leur diffusion ou leur intégration au domaine de la pratique. Elle subventionne aussi des recherches en milieu universitaire, le plus souvent dans des créneaux complémentaires à ses propres travaux.

On peut citer ce texte en indiquant la référence.

Citation recommandée :

Bédard, S., M.-M. Gauthier, F. Guillemette et R. Ouimet, 2018. *Effets après 5 ans de l'éclaircie commerciale et de l'amendement du sol sur la production de jeunes érablières en Estrie*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière n° 149. 18 p.

ISSN 0834-4833

ISBN : 978-2-550-80326-3

ISBN (pdf) : 978-2-550-80327-0

G.F.D.C. : 242--015(714)

L.C. : SD396.5

Dépôt légal 2018

Bibliothèque nationale du Québec

© 2018 Gouvernement du Québec

**Forêts, Faune  
et Parcs**

**Québec** 