

**Herbivorie et croissance après diverses intensités de  
dégagement chez de jeunes gaules de bouleau jaune :  
résultats préliminaires après 2 saisons de croissance**

Rapport produit par :

*Daniel Bouffard, M.Sc.*

*François Lorenzetti, Ph.D.*

*Philippe Nolet, M.Sc.*



**Institut Québécois d'Aménagement  
de la Forêt Feuillue**

Présenté à

Guy Baril et Fils Ltée.

et

Unité de gestion Assomption-Matawin

FORÊT QUÉBEC

**Avril 2004**

## **Remerciements**

Les auteurs tiennent à remercier spécialement Éric Caya de Ressources Forestières Biotiques Inc. pour l'appui technique et professionnel qu'il a apporté au projet. Nous tenons également à remercier Éric Forget pour son apport indispensable lors de l'analyse des données. Enfin, la réalisation de ce projet a été rendue possible grâce au Programme de Mise en Valeur du Milieu Forestier (Volet 1) en association avec Guy Baril et Fils Ltée. et l'Unité de Gestion Assomption-Matawin.

## Résumé

La présente étude a été réalisée au Québec (Canada) dans la zone d'exploitation contrôlée Collin, à 58 km au nord de Saint-Michel-des-Saints, dans un secteur où des bétulaies jaunes et des peuplements mixtes à dominance de feuillus dans lesquels prédominait le bouleau jaune ont été soumis à une coupe progressive d'ensemencement voilà huit ans. L'objectif principal de cette recherche consistait à déterminer si la nature du dégagement pratiquée influence déjà, après deux saisons de croissance, l'accroissement en hauteur et en diamètre de la régénération en gaules de bouleau jaune établie. Pour ce faire, trois types de dégagement ont été étudiés en plus des parcelles témoins: a) le dégagement traditionnel par puit de lumière; b) une nouvelle méthode dite en demi-lune ; et c) une approche très populaire en France et qualifiée ici d'européenne. Quant à l'objectif secondaire, il consistait à évaluer si un type de dégagement plus qu'un autre favorise l'herbivorie. Les résultats des analyses ANOVA appliquées à la croissance en hauteur de gaules de bouleau jaune après les saisons de croissance 2002 et 2003 indiquent qu'il n'y a aucune différence significative entre les types de dégagement pratiqués au seuil  $\alpha$  de 0.05. L'analyse de la variance appliquée au gain de croissance en diamètre des tiges de bouleau jaune (mesuré à dix centimètres du sol) deux ans après leur dégagement met en évidence des différences significatives entre les types d'approche utilisés. Toutefois, l'analyse de covariance (ANCOVA) démontre également que l'intensité de l'herbivorie influence différemment la croissance en diamètre selon le type de dégagement pratiqué. En fait, on observe une chute importante de la croissance en diamètre chez les tiges dégagées de façon traditionnelle par puit de lumière au fur et à mesure que l'intensité de l'herbivorie augmente, ce qui n'est pas le cas pour les traitements dits en demi-lune, européen et les parcelles témoins. À la lumière de nos résultats, la sélection d'un traitement de dégagement qui a pour but de libérer de la compétition les tiges d'avenir de bouleau jaune ne peut se faire sans tenir compte de l'importance de la population de cervidés présente sur un territoire donné. Bien que l'absence d'intervention auprès des tiges d'avenir de bouleau jaune constitue le meilleur traitement pour minimiser l'impact de l'herbivorie, une telle approche est à éviter. La faible croissance en diamètre observée après huit ans au niveau des parcelles témoins confirme que l'absence d'intervention ne peut que mener à une réduction importante de la présence du bouleau jaune dans le paysage forestier futur, et ce, au détriment d'essences non désirées plus agressives. Dans les secteurs où le cerf de Virginie est peu présent, le traitement de dégagement traditionnel par puit de lumière, à condition de ne pas être trop intensif, permettra d'obtenir le meilleur retour sur l'investissement (qualité des tiges et diminution de la rotation). En présence d'une population de cervidés plus importante, l'utilisation de l'approche dite à l'européenne pourrait donner des résultats intéressants en terme de croissance diamétrale tout en maximisant la qualité des tiges (élagage des branches basses, absence de branches adventives et de fourches). Dans le cas où la population de cerfs de Virginie est très importante, l'utilisation du traitement dit en demi-lune pourrait représenter une solution intéressante pour assurer le maintien de la présence du bouleau jaune dans le peuplement futur, et ce, en dépit d'une croissance diamétrale plus faible que celle notée pour les deux approches précédentes.

## Introduction

Le bouleau jaune fut et demeure encore aujourd'hui une essence forestière très prisée par les industries de l'ébénisterie, du sciage et du déroulage. Malheureusement, la présence de cette espèce dans le paysage forestier de certaines régions du Québec a diminué de façon significative depuis le début du 20<sup>ième</sup> siècle, et ce, au détriment de l'érable à sucre (Nolet *et al.* 2001 ; Bouffard *et al.* 2003). Le ministère des Ressources naturelles du Québec faisait mention, en 1997, qu'il existe dans plusieurs régions de la province d'importantes superficies mal régénérées en bouleau jaune, et ce, pour des raisons diverses. La région de Lanaudière est particulièrement concernée par cette problématique puisque plus de 2 500 ha de forêt se retrouvent ainsi mal régénérés (Nolet *et al.* 2001). Ces superficies sont pour la plupart issues de coupes à diamètre limite ou de coupes progressives d'ensemencement pratiquées dans des peuplements de feuillus tolérants préalablement bien pourvu en bouleau jaune (Nolet *et al.* 2001). Un tel constat nous amène donc à penser que le maintien du bouleau jaune dans le paysage forestier québécois à son niveau actuel est loin d'être une chose acquise pour le moment.

Nolet *et al.* (2001) mentionnent que lorsqu'un jeune peuplement ne contient pas suffisamment de tiges de bouleau jaune pour être considéré stocké, il devrait être soumis à un dégagement afin de réduire le niveau de mortalité chez les gaules de bonne venue déjà établies. Un des rôles importants du dégagement, autres que l'augmentation du rendement et de la qualité des tiges, réside dans l'orientation qu'il peut donner à la composition future d'un peuplement (Godman et Marquis 1969 ; Roberge 1988 ; Heitzman et Nyland 1991 ; Miller 2000). Ainsi, le maintien ou même l'augmentation de la présence d'une espèce semi-tolérante comme le bouleau jaune (Gilbert 1965 ; Erdmann *et al.* 1981 ; Guldin et Lorimer 1985) dans de jeunes peuplements de feuillus tolérants peut être favorisé, et ce, au détriment d'espèces compétitrices à croissance rapide ou d'une strate arbustive déjà bien installée (Hatcher 1966 ; Marquis 1967 ; Godman et Marquis 1969 ; Heitzman et Nyland 1991). Pour favoriser l'atteinte d'un objectif de composition favorable au bouleau jaune, il est important d'intervenir tôt (Webster 1960 ; Godman et Marquis 1969 ; Lamson et Smith 1987 ; Robitaille *et al.* 1990 ; Hannah 1991) puisque les jeunes gaules de cette espèce constituent généralement qu'un faible pourcentage de la régénération (Godman et Marquis 1969) et semblent ne pouvoir concurrencer les essences non désirées à croissance rapides (Erdmann *et al.* 1981).

Le bouleau jaune constitue une composante importante de l'alimentation (appétence élevée) de certains mammifères tels que le cerf de Virginie et le lièvre d'Amérique (Pearce 1937 ; Dahlberg et Guettinger 1956 ; Jarvis 1957 ; Stephenson 1960 ; Wang 1968 ; Hughes et Fahey 1991 ; Hannah 1998). Il est également connu que le niveau d'herbivorie chez les espèces fréquemment broutées augmente avec l'intensité du prélèvement de la matière ligneuse, celui-ci étant maximale dans les coupes totales (Cook 1946 ; Kohn et Mooty 1971 ; Drolet 1978 ; Monthey 1984 ; Hughes et Fahey 1991). Selon Hughes et Fahey (1991), l'augmentation de la disponibilité et de la qualité nutritive des rameaux (teneur en protéines) pour les espèces à forte appétence pour le cerf de Virginie, tel le bouleau jaune, sont favorisées par l'élimination complète du couvert arborescent. Par le passé, bon nombre d'études sur l'herbivorie ont permis de déterminer le degré d'appétence de certains végétaux pour différentes espèces animales. D'autres études ont examiné l'impact de l'herbivorie sur la régénération, et par conséquent, sur l'évolution de la composition future du paysage forestier. Par contre, peu de travaux ont tenté de mettre en relation l'effet de la nature du dégagement sur la susceptibilité aux attaques par la faune des tiges dégagées. Sur ce point, Facelli (1994) mentionne qu'il est important de comprendre que les interactions entre la végétation compétitrice et l'herbivorie peuvent être complexes. À titre d'exemple, l'herbivorie peut entraîner un changement au niveau de la dynamique de colonisation d'un site (rapidité d'établissement, composition du peuplement), et dans un même temps, la modification de la densité de la végétation compétitrice suite à des travaux de dégagement, peut influencer la susceptibilité des essences désirées aux attaques de broutage.

Le but de cette recherche est de déterminer si la nature du dégagement influence déjà, après deux saisons de croissance, l'accroissement en hauteur et en diamètre de la régénération en gaules de bouleau jaune établie voilà 8 ans. En accord avec la littérature existante, on s'attend à ce que la croissance en diamètre augmente avec l'intensité du dégagement, alors que l'accroissement en hauteur devrait être indépendant du type de dégagement pratiqué. Puisque chez le bouleau jaune, la croissance des branches du tiers supérieur de la cime répond mieux à l'augmentation de la lumière que les parties intermédiaires et inférieures (Goulet *et al.* 2000), on estime que l'utilisation d'un traitement de dégagement qui favoriserait uniquement la libération de cette portion de la tige pourrait avoir un effet également très bénéfique sur la croissance en diamètre. Un autre objectif poursuivi dans le cadre de cette recherche consiste à évaluer si un type de dégagement plus qu'un autre favorise l'herbivorie. Puisque les jeunes gaules de bouleau jaune

constituent une portion significative de l'alimentation de certains mammifères, on peut s'attendre à ce que les tiges fortement dégagées soient davantage broutées.

## Méthodologie

La présente étude a été réalisée au Québec (Canada) dans la zone d'exploitation contrôlée Collin, à 58 km au nord de Saint-Michel-des-Saints. Le site est en fait situé à proximité du lac Comb dans la portion sud de l'unité de paysage du Lac Laverdière définie par Robitaille et Saucier (1998). Cette portion de territoire appartient au domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune (Saucier *et al.* 1998) et est caractérisée principalement par des tills épais qui recouvrent plus de la moitié de la superficie totale et par la présence de dépôts juxtaglaciaires (Robitaille et Saucier 1998). Le relief est modérément accidenté et formé de collines aux sommets arrondis et aux versants en pente modérée. L'altitude moyenne, plus élevée que celle des unités voisines, est de 520 m. Toujours selon Saucier et Robitaille (1998), la végétation potentielle des sites mésiques de milieu de pente est la bétulaie jaune à sapin. Les sommets bien drainés sont colonisés par l'érablière à bouleau jaune. La température et les précipitations annuelles moyennes observées dans cette unité de paysage sont respectivement de 2.5 °C et 1000-1100 mm (avec 30 % sous forme de neige), alors que la longueur de la saison de croissance se situe entre 160 et 170 jours.

Le dispositif expérimental aléatoire complet a été mis en place en 2001 dans un secteur soumis auparavant à une coupe progressive d'ensemencement (coupe initiale en 1994 et coupe finale à l'automne 2000). Les peuplements présents avant la coupe étaient soit des bétulaies jaunes ou encore des peuplements mixtes à dominance de feuillus dans lesquels prédominait le bouleau jaune. L'âge moyen des peuplements avoisinait les 90 ans. Le dépôt de surface au niveau du site d'étude est composé d'un till indifférencié d'épaisseur moyenne (50 cm à 1 m), caractérisé par une très forte pierrosité, et sur lequel s'est développé un sol de nature podzolique à texture sableuse à sable-loameux.

À l'automne 2001, 32 parcelles de forme carrée d'une superficie de 0.25 hectare ont été délimitées dans le secteur d'étude de telle manière que le centre de chacune d'entre elle soit située à 75 m des autres. Ces parcelles ont été distribuées à l'intérieur de deux zones d'apparence similaire (20 et 12 parcelles) distante l'une de l'autre d'environ 500 m. La séparation physique

entre ces deux blocs est imputable à la présence d'un flot de résineux de bonne superficie localisé dans la partie centrale du flanc de montagne étudié.

À la fin du printemps de 2002, une vingtaine de gaules de bouleau jaune de bonne venue ont été sélectionnées et identifiées dans chacune des parcelles, et ce, pour recevoir ultérieurement un traitement de dégagement. Il est important de noter que suite à un effectif en gaules de bouleau jaune réduit, une des parcelles ne comportait que 12 tiges. Afin de minimiser la variabilité et de maximiser la réponse au dégagement, une attention particulière a été apportée au choix des tiges d'avenir. Ainsi, seulement des gaules co-dominantes de bonne vigueur ont été sélectionnées. Il est généralement reconnu dans la littérature que les tiges co-dominantes et dominantes réagissent mieux à l'éclaircie (Godman et Marquis 1969 ; Lamson et Smith 1987 ; Robitaille *et al.* 1990 ; Miller 2000) et que le maintien ou l'amélioration de leur statut social en est plus facilement assuré (Marquis 1969 ; Erdmann *et al.* 1975 ; Erdmann *et al.* 1981 ; Godman et Marquis 1969). Suite à l'identification des tiges, des données morphologiques telles que la hauteur et les diamètres à 10 cm du sol et à hauteur de poitrine (dhp) ont été prises.

Au début du mois de juin 2002, un traitement de dégagement a été assigné de façon aléatoire à chacune des parcelles. Dans le cadre de cette étude, trois types de dégagement ont été étudiés : a) le dégagement traditionnel par puit de lumière; b) une nouvelle méthode dite en demi-lune ; et c) une approche très populaire en France et qualifiée ici d'européenne. Enfin, huit parcelles où aucun dégagement n'a été pratiqué ont servi de témoins. Le dégagement traditionnel par puit de lumière a consisté à éliminer toute trace de végétation compétitrice dans un rayon de 75 cm en périphérie de la cime de la tige d'avenir (MRN 1999). Pour le dégagement en demi-lune, la même démarche a été appliquée mais cette fois-ci uniquement sur 180 degrés. Enfin, le dégagement européen a consisté à éliminer, toujours dans un rayon de 75 cm autour de la cime de la tige d'avenir, toute trace de végétation compétitrice dont la hauteur était égale ou supérieure à 75% de celle de la tige choisie.

À l'automne 2003, soit deux saisons de croissance après la réalisation des travaux de dégagement, une seconde collecte de données a été effectuée afin de remesurer les diamètres des tiges sélectionnées, et ce, à 10 cm du sol et au dhp. Les accroissements en hauteur pour les saisons 2002 et 2003 ont également été évalués. Enfin, le niveau d'herbivorie et la vigueur des

tiges ont été notés. Pour l'herbivorie, une tige était considérée broutée dès que des bourgeons terminaux étaient prélevés au niveau de la tige terminale ou des branches latérales. Par ailleurs, il est opportun de mentionner que dans le cadre de cette expérience l'intensité du broutage (pourcentage de cime affecté) n'était pas évalué au niveau de la tige individuelle. De plus, l'herbivorie n'a pas été notée en fonction de la saison de croissance (2002 ou 2003).

Des ANOVA ont été utilisées pour vérifier si la réponse de la croissance en diamètre ou de la croissance en hauteur est la même pour tous les types de dégagement pratiqués. L'utilisation de l'ANCOVA a permis d'évaluer l'effet du broutage sur la croissance en hauteur et en diamètre des tiges de bouleau jaune dégagées. L'ANCOVA a également servi à déterminer si un type de traitement plus qu'un autre favorise l'herbivorie. Le degré de significativité utilisé a été de  $P < 0.05$  pour toutes les analyses. Le logiciel NCSS 2001 (Hintze 2002) a servi pour effectuer l'ensemble des analyses.

## Résultats après deux saisons de croissance

### *Croissance en hauteur des gaules de bouleau jaune*

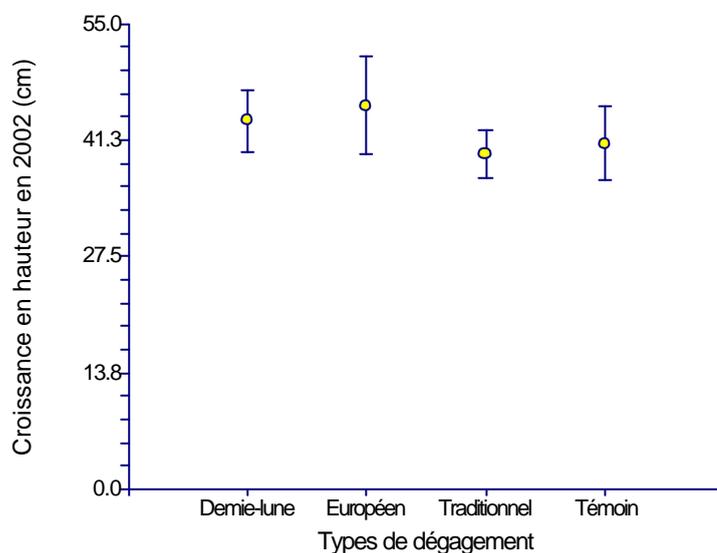
Les résultats des analyses ANOVA appliquées à la croissance en hauteur de gaules de bouleau jaune après les saisons de croissance 2002 (Tableau 1 et figure 1) et 2003 (Tableau 2 et figure 2) indiquent qu'il n'y a aucune différence significative entre les quatre types de dégagement pratiqués au seuil  $\alpha$  de 0.05. La croissance moyenne en 2002 pour l'ensemble des parcelles du dispositif est de 42.33 cm comparativement à 38.04 cm en 2003. Par ailleurs, l'analyse de covariance (ANCOVA) révèle que la présence d'herbivorie dans le dispositif expérimental n'influence pas de façon différente la croissance en hauteur des gaules selon le type de dégagement pratiqué (Tableau 3). Toutefois, l'analyse de régression appliquée aux données du traitement de dégagement en demi-lune révèle la présence d'une relation linéaire positive significative ( $p = 0.0084$  au seuil  $\alpha = 0.05$ ). Ce résultat s'explique par un phénomène de ségrégation des points en deux zones opposées l'une à l'autre (Figure 3), et ce, suite à l'absence de valeurs intermédiaires d'herbivorie pour ce traitement de dégagement.

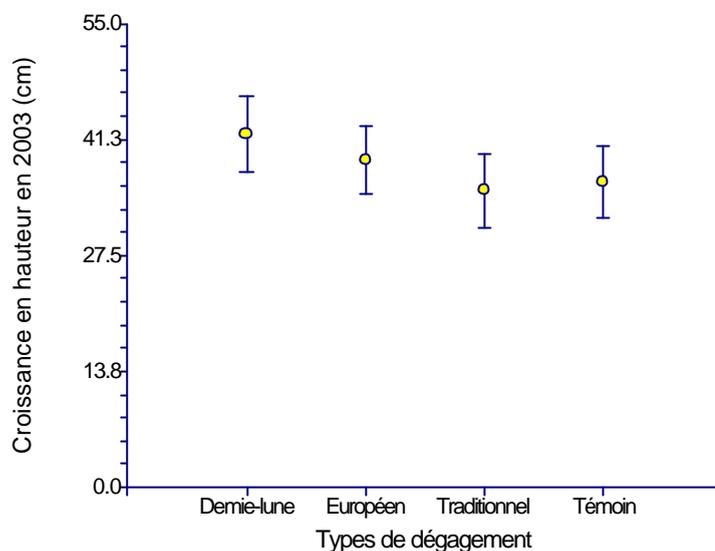
**Tableau 1. Résumé de l'ANOVA testant l'effet du type de dégagement pratiqué sur la croissance en hauteur des gaules de bouleau jaune en 2002 ( $\alpha=0.05$ )**

<i>Sources de variation</i>	<i>D.l.</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Carrés moyens</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité &gt; F</i>
Types de dégagement	3	164.56	54.85	1.43	0.2554
Erreur résiduelle	28	1 075.16	38.40		

**Tableau 2. Résumé de l'ANOVA testant l'effet du type de dégagement pratiqué sur la croissance en hauteur des gaules de bouleau jaune en 2003 ( $\alpha=0.05$ )**

<i>Sources de variation</i>	<i>D.l.</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Carrés moyens</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité &gt; F</i>
Types de dégagement	3	215.85	71.95	1.88	0.1564
Erreur résiduelle	28	1 073.23	38.33		

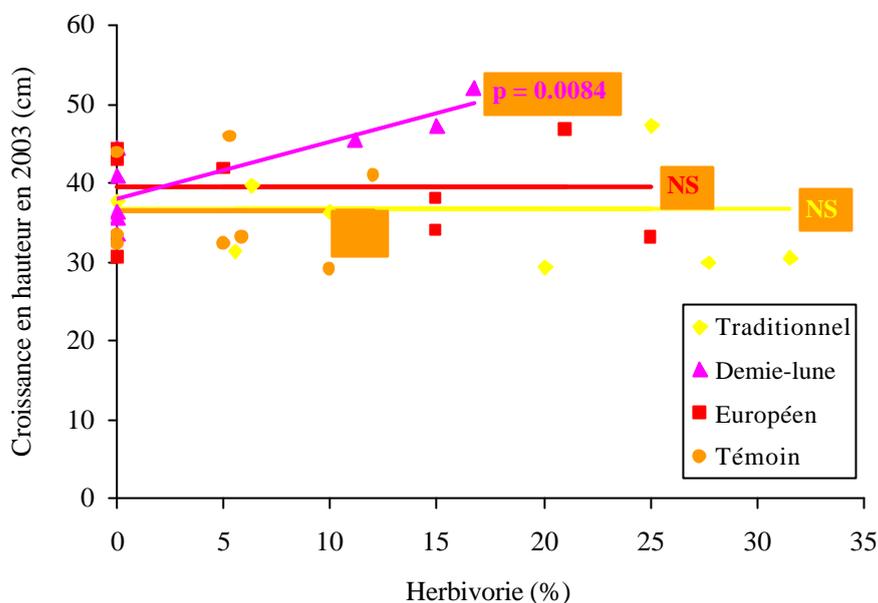
**Figure 1. Croissance en hauteur (cm) des gaules de bouleau jaune lors de la saison de croissance 2002 selon le type de dégagement pratiqué. Les barres indiquent l'erreur-type.**



**Figure 2. Croissance en hauteur (cm) des gaules de bouleau jaune lors de la saison de croissance 2003 selon le type de dégagement pratiqué. Les barres indiquent l'erreur-type.**

**Tableau 3. Résumé de l'ANCOVA testant l'effet du broutage et du type de dégagement sur la croissance en hauteur des gaules de bouleau jaune en 2003 ( $\alpha=0.05$ )**

<i>Sources de variation</i>	<i>D.l.</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Carrés moyens</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité &gt; F</i>
Modèle	7	435.98	62.28	1.75	0.1444
Herbivorie (H)	1	0.23	0.23	0.01	0.9364
Types dégagement (D)	3	20.36	6.79	0.19	0.9016
H*D	3	213.11	71.03	2.00	0.1413
Erreur résiduelle	24	853.54	35.56		



**Figure 3. Croissance en hauteur en 2003 des gaules de bouleau jaune deux ans après traitement en fonction du niveau d'herbivorie.**

#### *Croissance en diamètre des gaules de bouleau jaune*

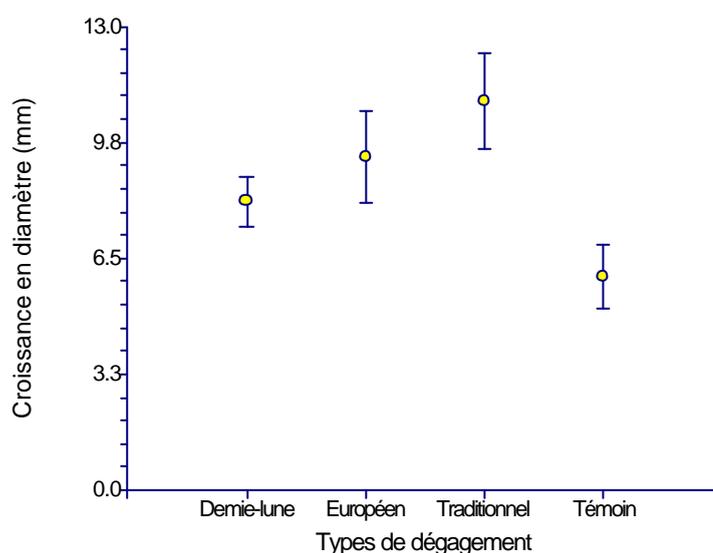
L'analyse de la variance appliquée au gain de croissance en diamètre des tiges de bouleau jaune (mesuré à dix centimètres du sol) deux ans après leur dégagement met en évidence des différences significatives entre les types d'approche utilisés (Tableau 4 et figure 4). Toutefois, l'analyse de covariance (ANCOVA) démontre également que l'intensité de l'herbivorie influence différemment la croissance en diamètre selon le type de dégagement pratiqué (Tableau 5 et figure 5). En fait, on observe une chute importante de la croissance en diamètre chez les tiges dégagées de façon traditionnelle par puit de lumière au fur et à mesure que l'intensité de l'herbivorie augmente, ce qui n'est pas le cas pour les traitements dits en demi-lune, européen et les parcelles témoins où les régressions linéaires s'avèrent non significatives (Figure 5).

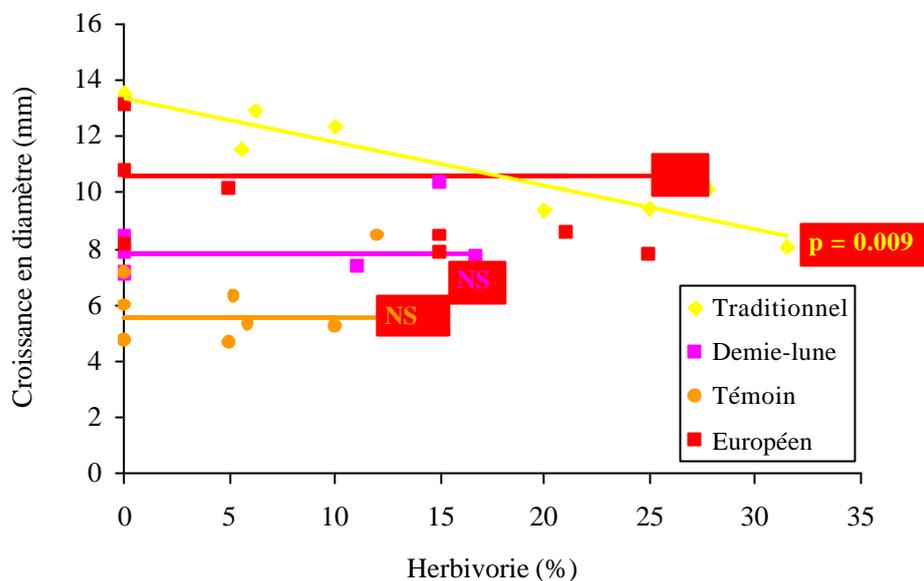
**Tableau 4. Résumé de l'ANOVA testant l'effet du type de dégagement pratiqué sur la croissance en diamètre (mm) des gaules de bouleau jaune deux ans après traitement ( $\alpha=0.05$ )**

Sources de variation	D.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Types de dégagement	3	104.30	34.77	13.91	< 0.0001
Erreur résiduelle	28	70.00	2.50		

**Tableau 5. Résumé de l'ANCOVA testant l'effet du broutage et du type de dégagement sur la croissance en diamètre (mm) des gaules de bouleau jaune deux ans après traitement ( $\alpha=0.05$ )**

Sources de variation	D.l.	Sommes des carrés	Carrés moyens	F	Probabilité > F
Modèle	7	140.42	20.06	14.25	< 0.0001
Herbivorie	1	1.15	1.15	0.82	0.3756
Types de dégagement	3	108.83	36.28	25.77	< 0.0001
Herb.*Types de dég.	3	17.37	5.79	4.11	0.0173
Erreur résiduelle	24	33.78	1.41		

**Figure 4. Croissance en diamètre des gaules de bouleau jaune deux ans après dégagement. Les barres indiquent l'erreur-type.**



**Figure 5. Croissance en diamètre des gaules de bouleau jaune deux ans après traitement en fonction du niveau d'herbivorie.**

Étant donné la présence d'une interaction significative au niveau de la croissance en diamètre entre le niveau d'herbivorie et le type de dégagement pratiqué, nous nous sommes assurés que l'effet du broutage n'était pas lié au positionnement des parcelles dans le dispositif expérimental, c'est-à-dire qu'il n'y avait pas d'effets de pente ou de positionnement géographique (Figure 6). En ce sens, les résultats de l'ANCOVA présentés au tableau 6 et l'absence de signification observée au niveau des régressions linéaires (Figure 7) confirment que l'intensité du broutage n'est pas lié au positionnement des parcelles dans la pente, et ce, peu importe le type de dégagement pratiqué. Puisque les 32 parcelles du dispositif expérimental sont réparties en deux secteurs distants de 500 m (Figure 6), une dernière analyse de variance a été effectuée afin de détecter la présence d'un effet bloc. L'analyse indique que le niveau moyen d'herbivorie chez les tiges d'avenir de bouleau jaune n'est pas différent ( $p = 0.1606$  au seuil  $\alpha=0.05$ ) entre les parcelles situées au nord-ouest et celles localisées au sud-est, malgré une tendance à un broutage plus intense dans le secteur sud-est (10.3 %) que dans le secteur nord-ouest (5.5 %).

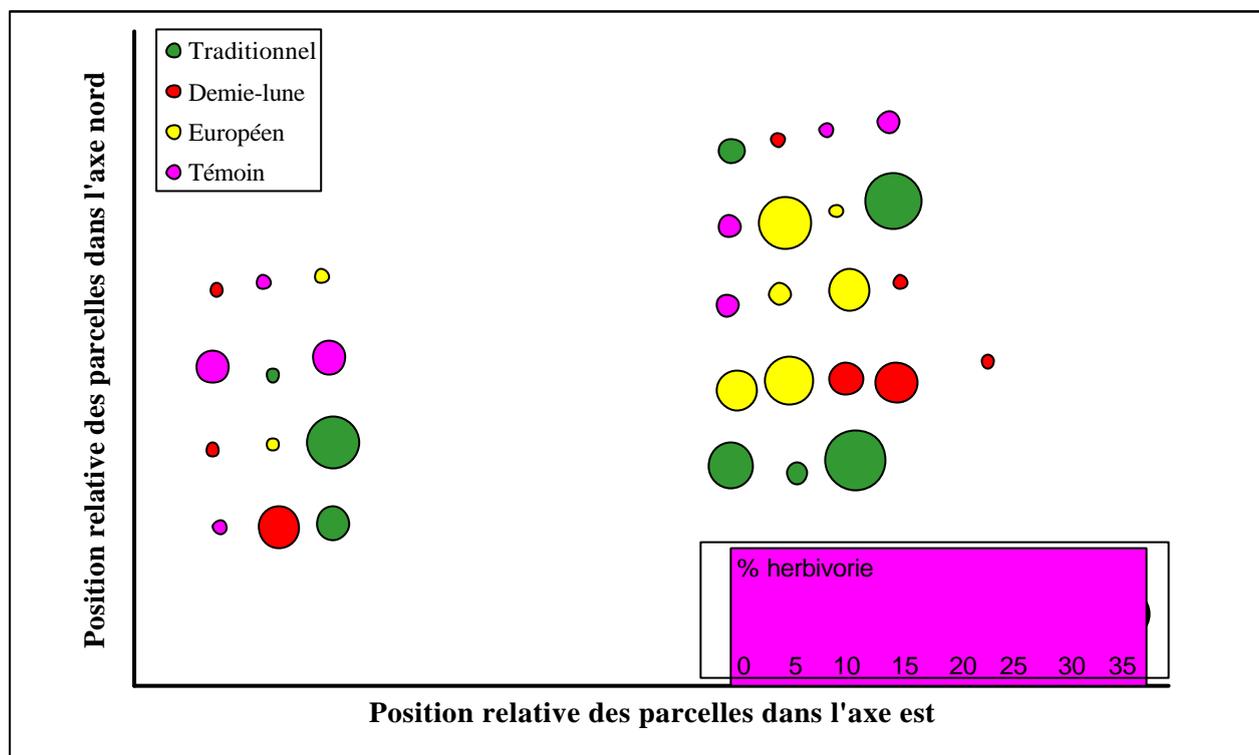
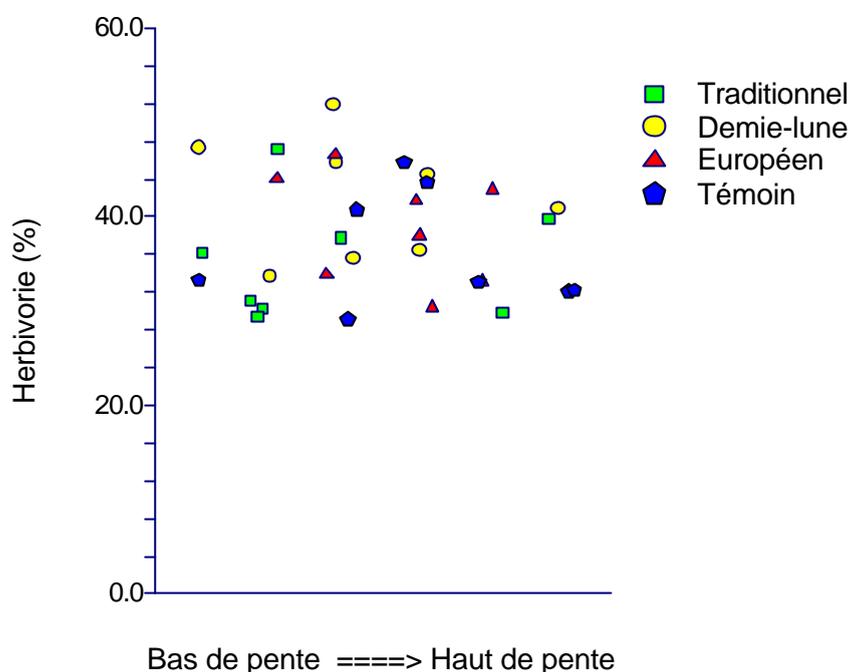


Figure 6. Disposition géographique des parcelles échantillonnées avec leur niveau d'herbivorie respectif démontré par le diamètre des symboles.

Tableau 6. Résumé de l'ANCOVA testant l'effet de la pente et du type de dégagement sur l'intensité de l'herbivorie observé chez les gaules de bouleau jaune deux ans après traitement ( $\alpha=0.05$ )

<i>Sources de variation</i>	<i>D.l.</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Carrés moyens</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité &gt; F</i>
Modèle	7	756.05	108.01	1.23	0.3273
Pente	1	1.72	1.72	0.02	0.8899
Types de dégagement	3	61.91	20.64	0.23	0.8716
Pente*types de dég.	3	82.99	27.66	0.31	0.8150
Erreur résiduelle	24	2114.10	88.09		



**Figure 7. Intensité de l'herbivorie selon la pente chez les gaules de bouleau jaune deux ans après traitement de dégagement.**

#### *Taux de mortalité des gaules de bouleau jaune*

Aucune analyse statistique n'a été effectuée sur le taux de mortalité observé puisque seulement sept tiges sont mortes sur l'ensemble des 625 traitées, soit environ 1 %. Par ailleurs, on retrouve une ou quelques gaules mortes au niveau de chaque type de dégagement expérimenté.

## **Discussion**

L'absence d'effet du dégagement sur la croissance en hauteur chez de jeunes gaules de bouleau jaune, autant en 2002 qu'en 2003, ne constitue pas un résultat surprenant en soi puisqu'il est connu que les variations de densité dans les peuplements de feuillus tolérants ou semi-tolérants, jeunes ou plus âgés à la suite de travaux de dégagement ou d'éclaircie précommerciale, occasionnent des variations de croissance beaucoup plus importantes en diamètre qu'en hauteur

(Drinkwater 1960 ; Hilt et Dale 1982 ; Smith et Lamson 1983 ; Lamson 1988 ; Zarnovican 1998 ; Miller 2000). Bien que dans cette expérience le niveau d'herbivorie ait augmenté en fonction de l'intensité du dégagement, il a été observé que les attaques se situaient presque exclusivement au niveau des bourgeons. Ce constat est important puisqu'il nous amène à conclure qu'il y a eu absence de nivellement de la croissance en hauteur des tiges entre les traitements de dégagement due à l'herbivorie, bien qu'il soit impossible d'exclure la présence d'un effet induit (stimulation ou répression). Cette conclusion s'applique également aux résultats concernant la croissance diamétrale des gaules dégagées de bouleau jaune.

À l'exception de Erdmann *et al.* (1981) qui ont noté une hausse de la croissance en hauteur après dégagement, la majorité des résultats concernant les travaux d'élimination de la végétation compétitrice, afin d'augmenter l'espace de croissance du bouleau jaune au stade de gaulis, démontrent que ce type de traitement sylvicole influence très peu la croissance en hauteur, et ce, peu importe l'intensité du dégagement pratiqué (Marquis 1969 ; Godman et Marquis 1969 ; Erdmann *et al.* 1975 ; Robitaille *et al.* 1990 ; Voorhis 1990). Par ailleurs, Miller (2000) et Lamson et Smith (1983) ont observé, chez d'autres espèces, une baisse de la croissance en hauteur suite à un dégagement de forte intensité. Les travaux de Kobe et al. (1995) et de Messier (1998) tendent à démontrer que la croissance en hauteur chez les jeunes bouleaux jaunes plafonne assez rapidement avec l'augmentation du niveau d'exposition à la lumière (approximativement à 10 % du plein ensoleillement). Selon Robitaille *et al.* (1990), la croissance en hauteur n'est pas stimulée par le traitement de dégagement parce que celui-ci serait généralement trop faible autour de l'arbre éclairci. Au même titre que Doyon *et al.* (2001), nous croyons que la croissance en hauteur des gaules de bouleau jaune ne fut pas limitée dans cette expérience puisque les tiges sélectionnées appartenaient majoritairement à l'étage co-dominant.

Les résultats obtenus dans cette étude montre clairement que les travaux de dégagement ont eu un effet très positif sur la croissance diamétrale des gaules de bouleau jaune deux ans après traitement. De nombreuses autres études sur cette espèce ont obtenu des résultats similaires (Marquis 1969 ; Godman et Marquis 1969 ; Erdmann *et al.* 1975 ; Hannah 1978 ; Erdmann *et al.* 1981 ; Roberge 1988 ; Robitaille *et al.* 1990 ; Voorhis 1990 ; Heitzman et Nyland 1991). Toutefois, nos résultats indiquent que la croissance diamétrale fluctue différemment selon le type de dégagement pratiqué et le niveau d'herbivorie observé. Ainsi, on constate que les croissances

diamétrales observées chez les tiges témoins et celles dégagées uniquement sur un côté (demi-lune) ou selon la méthode dite européenne ne sont pas influencées par l'herbivorie. Il semble que l'observation de nombreuses valeurs peu élevées de broutage, autant en bas qu'en haut de pente ainsi qu'au nord-ouest et au sud-est du flanc montagneux, confirme que ces types de dégagements favorisent moins l'herbivorie. Un tel résultat s'explique par l'entremêlement partielle ou totale des gaules de bouleau jaune avec la végétation compétitrice, lequel a pour effet de minimiser l'impact de l'herbivorie sur les tiges d'avenir en essences désirées de deux façons : a) d'abord, en rendant plus difficile le repérage des tiges d'avenir ; et b) deuxièmement, en entravant l'accès à leur cime. Les valeurs plus élevées d'herbivorie notées dans les parcelles dégagées de façon traditionnelle ou encore à la manière européenne résultent de l'augmentation de la susceptibilité des gaules dégagées aux attaques de broutage. Cette augmentation de la susceptibilité peut être attribuée au meilleur repérage par la faune des tiges d'avenir suite à leur exposition accrue. Quant à la chute significative de croissance diamétrale observée avec l'augmentation du niveau d'herbivorie chez les tiges dégagées de façon traditionnelle par puit de lumière, elle s'explique probablement par le fait qu'une portion beaucoup plus importante de la cime des gaules est affectée par l'herbivorie.

À la lumière de nos résultats, la sélection d'un traitement de dégagement qui a pour but de libérer de la compétition les tiges d'avenir de bouleau jaune ne peut se faire sans tenir compte de l'importance de la population de cervidés présente sur un territoire donné. À titre d'exemple, le dégagement traditionnel par puit de lumière tel que pratiqué dans cette expérience semble offrir le meilleur retour sur l'investissement en présence d'une faible population de cerfs de Virginie. De nombreux travaux de recherche suggèrent cependant qu'un dégagement trop important peut affecter la qualité des tiges d'avenir (Erdman *et al.* 1981 ; Lamson et Smith 1989 ; Robitaille *et al.* 1990 ; Heitzman et Nyland 1991) de trois façons : a) par le ralentissement du processus d'élagage naturel des branches basses (Erdmann *et al.* 1975 ; Erdmann *et al.* 1981 ; Lamson et Smith 1989 ; Voorhis 1990 ; Miller 2000) ; 2) par l'émergence de branches adventives (Godman et Marquis 1969) ; et 3) par la création de fourches (Godman et Marquis 1969 ; Erdmann *et al.* 1981). Il est également connu que l'utilisation du dégagement traditionnel par puit de lumière de moyenne intensité, tel que celui appliqué dans cette étude, devrait avoir peu d'impacts sur la qualité des tiges résiduelles autres que les dommages occasionnés par un broutage accru, et ce, suite à la fermeture rapide du couvert (Stockeler et Arbogast 1947 ; Drinkwater 1960 ; Robitaille

*et al.* 1990). Par ailleurs, le faible écart observé au niveau de la croissance diamétrale entre les tiges dégagées de façon traditionnelle par puit de lumière et les parcelles témoins, en présence d'une population élevée de cervidés, ne pourrait justifier les efforts monétaires consentis. Ce constat s'applique également au traitement de dégagement du type européen.

Les résultats de cette recherche nous amène à conclure que toute solution à la problématique des superficies mal régénérées en bouleau jaune ne pourra être élaborée sans tenir compte de l'importance des populations locales de cervidés. Bien que l'absence d'intervention auprès des tiges d'avenir de bouleau jaune constitue le meilleur traitement pour minimiser l'impact de l'herbivorie, une telle approche est à éviter. La faible croissance en diamètre observée après huit ans au niveau des parcelles témoins confirme que l'absence d'intervention ne peut que mener à une réduction importante de la présence du bouleau jaune dans le paysage forestier futur, et ce, au détriment d'essences non désirées plus agressives. Dans les secteurs où le cerf de Virginie est peu présent, le traitement de dégagement traditionnel par puit de lumière, à condition de ne pas être trop intensif, permettra d'obtenir le meilleur retour sur l'investissement (qualité des tiges et diminution de la rotation). En présence d'une population de cervidés plus importante, l'utilisation de l'approche dite à l'europpenne pourrait donner des résultats intéressants en terme de croissance diamétrale tout en maximisant la qualité des tiges (élagage des branches basses, absence de branches adventives et de fourches). Dans le cas où la population de cerfs de Virginie est très importante, l'utilisation du traitement dit en demi-lune pourrait représenter une solution intéressante pour assurer le maintien de la présence du bouleau jaune dans le peuplement futur, et ce, en dépit d'une croissance diamétrale plus faible que celle notée pour les deux approches précédentes. Il semble que ce traitement de dégagement puisse permettre de maintenir à un niveau très bas les attaques de broutage contre les tiges de bouleau jaune, tout en minimisant l'impact de la compétition sur ces mêmes tiges (élimination de la compétition sur 180 degrés). Il est possible que ce traitement puisse encore être amélioré en s'assurant que les côtés exposés ne soient pas visibles à partir des sentiers utilisés par les cervidés.

Bien que les résultats obtenus dans le cadre de cette étude s'avèrent très intéressants, certains aspects demeurent encore à éclaircir ou à peaufiner. Ainsi, il pourrait être utile de savoir si les interactions mises au jour dans cette étude, entre les types de dégagement et l'herbivorie au niveau de la croissance diamétrale, seraient similaires à celles observées dans des lieux bien

régénérés en bouleau jaune. La conduite d'une expérience similaire dans un exclos pourrait permettre d'obtenir une réponse plus directe entre l'intensité du dégagement pratiqué et les croissances en hauteur et diamétrale. En fait, l'exclos permettrait d'éviter l'effet du nivellement de certains paramètres mesurés induit par la présence d'herbivorie. Il serait également intéressant d'identifier la nature de la relation entre l'intensité du dégagement pratiqué et le degré de sévérité des attaques observées au niveau de la tige. Pour le traitement de dégagement dit en demi-lune, une piste de recherche importante consisterait à trouver quelle est l'orientation de la partie exposé des tiges dégagées par rapport aux lieux de passage des cervidés qui défavoriserait le plus l'herbivorie. Enfin, il serait également pertinent d'identifier quels sont les seuils au niveau de la population de cervidés pour lesquels l'utilisation de certains types de dégagement devrait être proscrite.

### Références citées

- Bouffard, D., F. Doyon et E. Forget. 2003.** Historique et dynamisme écologique de la végétation forestière de la réserve faunique Rouge-Matawin de 1930 à nos jours. Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, Ripon, Qc. 75 p. + annexes.
- Cook, D.B. 1946.** Summer browsing by deer on cut-over hardwood lands. *J. Wildl. Manage.* 10: 60-63.
- Dahlberg, B.L. et R.C. Guettinger. 1956.** The white-tailed deer in Wisconsin. *Wis. Conserv. Dept., Tech. Wildl. Bull. No 14*, 282 p.
- Doyon, F., J. Goulet, P. Nolet et A. Patry. 2000.** Étude de la réponse en croissance et en qualité des feuillus nobles à l'éclaircie précommerciale par puits de lumière. Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, Ripon, Qc. 47p.
- Drinkwater, M.H. 1960.** Crown release of young sugar maple. *Can. Dep. Northern Affairs and Natur. Resour., For. Res. Div. Tech. Note No. 89.*, Ottawa, Ontario. 18 p.
- Drolet, C.A. 1978.** Use of forest clearcuts by white-tailed deer in southern New Brunswick and central Nova Scotia. *Can. Field-Nat.* 92: 275-282.
- Erdmann, G.C., R.M. Godman et R.R. Oberg. 1975.** Crown release accelerates diameter growth and crown development of yellow birch saplings. *USDA For. Serv., Res. Pap. NC-117*, 9 p.

- Erdmann, G.C., R.M. Peterson, Jr. et R.M. Godman. 1981.** Cleaning yellow birch seedlings stands to increase survival, growth, and crown development. *Can. J. For. Res.* 11: 62-68.
- Facelli, J.M. 1994.** Multiple indirect effects of plant litter affect the establishment of woody seedlings in old fields. *Ecology* 75 (6): 1727-1735.
- Gilbert, A.M. 1965.** Yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton). P. 104-109, *In* Sylvics of forest trees of the United States, H.A. Fowells (ed.). USDA, Agric. Handb. 271. Washington, DC.
- Godman, R.M. et D.A. Marquis. 1969.** Thinning and pruning in young birch stands. P. 119-127, *in* Birch Symp. Proc. Univ. New Hamp., Durham.
- Goulet, J., C. Messier et E. Nikinmaa. 2000.** Effect of branch position and light availability on shoot growth of understory sugar maple and yellow birch saplings. *Can. J. Bot.* 78: 1007-1085.
- Guldin, J.M. et C.G. Lorimer. 1985.** Crown differentiation in even-aged northern hardwood forests of the Great Lakes region, U.S.A. *For. Ecol. Manage.* 10: 65-86.
- Hannah, P.R. 1998.** Observations on planted yellow birch. *North. J. Appl. For.* 15 (2): 106.
- Hannah, P.R. 1991.** Regeneration of northern hardwoods in the northeast with the shelterwood method. *North. J. Appl. For.* 8: 99-104.
- Hannah, P.R. 1978.** Growth of large yellow birch sapling following crop tree thinning. *J. For.* 76 (4): 222-223.
- Hatcher, R.J. 1966.** Yellow birch regeneration on scarified seedbeds under small canopy openings. *For. Chron.* 42: 350-358.
- Heitzman, E. et R.D. Nyland. 1991.** Cleaning and early crop-tree release in northern hardwood stands : A review. *North. J. Appl. For.* 8 (3): 111-115.
- Hilt, D.E. et M.E. Dale. 1982.** Effects of repeated precommercial thinnings in central Appalachian hardwood sapling stands. *South J. Appl. For.* 6: 53-58.
- Hintze, J.L. 2002.** NCSS 2001. User's guide-1. Number cruncher statistical systems. Kaysville, Utah. 570 p.
- Hughes, J.W. et T.J. Fahey. 1991.** Availability, quality, and selection of browse by white-tailed deer after clearcutting. *For. Sci.* 37 (1): 261-270.
- Kohn, B.E. et J.J. Mooty. 1971.** Summer habitat of white-tailed deer in north-central Minnesota. *J. Wildl. Manage.* 35: 476-487.

- Jarvis, J.M. 1957.** Cutting and seedbed preparation to regenerate yellow birch, Haliburton County, Ontario. Can. Dep. Northern Affairs and Natur. Resour., For. Res. Div. Tech. Note No. 53., Ottawa, Ontario. 17 p.
- Kobe, R.K., S.W. Pacala, J.A. Silander et C.D. Canham. 1995.** Juvenile tree survivorship as a component of shade tolerance. *Ecol. Appl.* 5: 517-532.
- Lamson, N.I. 1988.** Precommercial thinning and pruning of Appalachian stump sprouts – 10-year results. *South. J. Appl. For.* 12: 23-27.
- Lamson, N.I. et H.C. Smith. 1987.** Precommercial treatments of 15 to 40-year-old northern hardwood stands. P. 160-175 *in* Managing northern hardwoods: Proc. Of a silvicultural symp., Nyland, R.D. (ed.) Misc. Publ. No 13 (ESF 87-002) SAF Publ. No. 87-03. Syracuse, NY.
- Lamson, N.I. et H.C. Smith. 1989.** Crown release increases growth of 12-year-old black cherry and yellow-poplar crop trees. *USDA For. Serv., Res. Pap. NE-622*, 7 p.
- Marquis, D.A. 1967.** Clearcutting in northern hardwoods: results after 30 years. *USDA For. Serv., Res. Paper NE-85*, 13 p.
- Marquis, D.A. 1969.** Thinning in young northern hardwoods – 5-year results. *USDA For. Serv., Res. Paper NE-139*, 13 p.
- Miller, G.W. 2000.** Effect of crown growing space on the development of young hardwood crop trees. *North. J. Appl. For.* 17 (1): 25-35.
- Monthey, R.W. 1984.** Effects of timber harvesting on ungulates in northern Maine. *J. Wildl. Manage.* 48 : 279-284.
- MRN. 1999.** Instructions relatives à l'application du règlement sur la valeur des traitements sylvicoles admissibles en paiement des droits. Exercice 1999-2000. Ministère des Ressources naturelles, Forêt Québec, Direction de l'assistance technique, Division des traitements sylvicoles. 69 p.
- Nolet, P., É. Forget, D. Bouffard et F. Doyon. 2001.** Reconstitution historique du dynamisme du paysage forestier du bassin de La Lièvre au cours du 20<sup>ième</sup> siècle. Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, Ripon, Qc. 114 p.
- Nolet, P., F. Doyon et S. Sougavinski. 2001.** Guide de remise en production des sites à vocation bouleau jaune mal régénérés après coupe à diamètre limite et coupe progressive d'ensemencement dans la région de Lanaudière. Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, Ripon, Qc. 44 p.

- 
- Pearce, J. 1937.** The effects of deer browsing on certain western Adirondack forest types. Roosevelt Wildl. Bull. 7: 1-61.
- Roberge, M.R. 1988.** Effects of thinning, patch clearcutting, site preparation, and planting on development of yellow birch in Quebec. North. J. Appl. For. 5: 248-251.
- Robitaille, A. et J.P. Saucier. 1998.** Paysages régionaux du Québec méridional. Les Publications du Québec. 213 p.
- Robitaille, L., G. Sheedy et Y. Richard. 1990.** Effets de l'éclaircie précommerciale et de la fertilisation sur un gaulis de 10 ans à dominance de bouleau jaune. For. Chron. X : 487-493.
- Saucier, J.-P., J.-F. Bergeron, P. Grondin et P. Robitaille. 1998.** Les régions écologiques du Québec méridional (3<sup>e</sup> version) : un des éléments du système hiérarchique de classification écologique du territoire mis au point par le ministère des Ressources naturelles du Québec. L'Aubelle 124 : 1-12.
- Smith, H.C. et N.I. Lamson. 1983.** Precommercial crop-tree release increases diameter growth of Appalachian hardwood saplings. USDA For. Serv., Res. Paper NE-534, 7 p.
- Stephenson, A.B. 1960.** Browse survey in the Kennisis Lake Experimental Area, H-92. Ontario Dept. Lands For., Res. Br., Maple, ON. Wildl. File Rep. No. 61., 10 p.
- Stoekeler, J.H. et C.F. Arbogast. 1947.** Thinning and pruning in young second-growth hardwoods in northeastern Wisconsin. P. 328-346 in Proc. Soc. Am. For., Soc. Am. For., Bethesda, MD.
- Voorhis, N.G. 1990.** Precommercial crop-tree thinning in a mixed northern hardwood stand. USDA For. Serv., Res. Paper NE-640,
- Wang, B.S.P. 1968.** The development of yellow birch regeneration on scarified sites. Canada Dept. For. Rural Devel., For. Br., Ottawa, ON. Dept. Publ. No. 1210., 14 p.
- Webster, H.H. 1960.** Timber management opportunities in Pennsylvania. USDA For. Serv., Res. Paper NE-137, 371 p.