



Essai de coupe en chapelet
- petites trouées - dans des
peuplements de thuya en
Gaspésie

par Barbara Hébert, M. Sc.
Chargée de recherche et de transfert de connaissances



Consortium en foresterie
Gaspésie-Les-Îles

Pour nous contacter

Consortium en foresterie Gaspésie–Les-Îles

37, rue Chrétien, bur. 26, C.P. 5 Gaspé (QC) G4X 1E1

Tél. : (418) 368-5166 Téléc : (418) 368-0511

consortium@mieuxconnaitrelaforet.ca

www.mieuxconnaitrelaforêt.ca

Référence à citer :

Hébert, B. 2009. *Essai de coupe en chapelet - petites trouées- dans des peuplements de thuya en Gaspésie*, Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles. Gaspé. 25 p.

ISBN 978-2-9809843-8-9

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2009

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2009

Photos de la page de couverture : Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles

Le rapport a été imprimé sur du papier Enviro100 fait à 100% de fibres postconsommation et certifié FSC.

REMERCIEMENTS

Ce projet a été réalisé grâce au financement obtenu dans le cadre du Volet 1 du Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier du Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) et à la collaboration du Groupe de scieries GDS pour la réalisation des travaux. Nous tenons à remercier Luc Gagnon et Luc Lavoie pour leurs commentaires constructifs sur une version préliminaire de ce manuscrit ainsi que Samuel Pinna pour son support statistique, Daniel Guay et Marie-Eve Bernatchez pour l'édition finale du document. Nous souhaitons aussi remercier les partenaires du Consortium soit l'agence Développement Économique Canada, le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune et la Conférence régionale des élu(e)s Gaspésie – Îles-de-la-Madeleine.

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	2
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION.....	5
CHAPITRE 2 : METHODE.....	6
<i>Territoire d'étude</i>	6
<i>Description du traitement</i>	6
<i>Méthode d'échantillonnage</i>	7
<i>Analyses statistiques</i>	8
CHAPITRE 3 : RESULTATS.....	9
<i>Effet du traitement (trouée, chemin, forêt)</i>	9
<i>Effet du substrat de surface</i>	13
<i>Dynamique de la trouée</i>	13
CHAPITRE 4 : DISCUSSION.....	14
<i>Effet du traitement</i>	14
<i>Effet du substrat de surface</i>	16
<i>Dynamique de la trouée</i>	16
<i>Potentiel pour l'aménagement</i>	17
BIBLIOGRAPHIE.....	18
ANNEXE A.....	20

Liste des tableaux

TABLEAU 1 :	Accroissement des semis en fonction des différentes variables	12
-------------	---	----

Liste des figures

FIGURE 1 :	Croquis du patron de coupe en chapelet avec alternance de trouées de 15 m et 30 m de diamètre.....	6
FIGURE 2 :	Localisation des trouées dans les secteurs d'étude.....	7
FIGURE 3 :	Nombre moyen de semis de thuya par grandeur de trouées.....	10
FIGURE 4 :	Nombre moyen de semis de thuya selon la localisation dans la trouée.....	10
FIGURE 5 :	Nombre moyen de semis de thuya selon la localisation dans chaque grandeur de trouée.	10
FIGURE 6 :	Effet du traitement sur a) le recrutement et b) la mortalité des semis de thuya dans les différents micro-habitats.....	11
FIGURE 7 :	Effet de la localisation dans la trouée sur a) le recrutement et b) la mortalité des semis de thuya.....	11
FIGURE 8 :	Comparaison du nombre de recrues et du nombre de semis morts de thuya pour a) l'année 2007 et b) l'année 2008.....	12
FIGURE 9 :	Valeur résiduelle des analyses khi carré du facteur microtopographie.....	13
FIGURE 10 :	Valeur résiduelle des analyses khi carré du facteur litière.....	13
FIGURE 11 :	Nombre moyen de semis / m ² pour les trois années d'étude pour les différents traitements pour a) le thuya et b) le sapin.....	14

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

Actuellement, la stratégie d'intervention recommandée par le Manuel d'aménagement forestier pour les cédrières prévoit un jardinage par pied d'arbre ou par groupe d'arbres (MRNF, 2003). Or, malgré que le thuya (*Thuja occidentalis* L) soit considéré comme une espèce tolérante à l'ombre, il semble que pour s'établir, les tiges formant la régénération aient besoin de plus de lumière que ce que laisse filtrer la canopée d'une cédrière. Plusieurs auteurs ont noté que la régénération en sous-étage des cédrières ne dépassait pas 25 cm (Hébert 2004a; Rooney *et al.* 2002; Scott et Murphy 1987) et certains soulignent l'effet bénéfique des ouvertures sur la régénération de thuya (Heitzman *et al.* 1999; Scott et Murphy 1987). Des coupes par bandes effectuées au début des années 1980 dans la région du Témiscouata montrent, 20 ans plus tard, une dense régénération en thuya dans les bandes coupées alors que le sous-étage des bandes résiduelles ne montre pas l'établissement d'une telle régénération, même en bordure (B. Hébert, observation personnelle).

D'autre part, afin de respecter la stratégie prévue aux plans généraux d'aménagement forestier en Gaspésie, le taux de prélèvement qui est actuellement affecté à l'éclaircie d'une cédrière est d'environ 25 % de la surface terrière, la récolte effectuée dans les sentiers de débardage équivalant à environ 15 % de la surface terrière. Le prélèvement entre les sentiers serait d'environ 10 %, ce qui risque d'être inférieur au prélèvement minimal nécessaire pour qu'il y ait une augmentation de la croissance en diamètre des tiges résiduelles (Hébert 2004b, Gouvernement du Québec, 2003). De plus, le traitement est difficile à appliquer car le faible prélèvement prévu entre les sentiers laisse peu d'espace aux déplacements de la machinerie, même dans le cadre d'opérations conventionnelles (abattage manuel et débusqueuse à câbles). Soulignons de plus, que la disponibilité d'équipes pour effectuer des opérations manuelles est de plus en plus restreinte. Des méthodes mécanisées permettant de réaliser les traitements et d'atteindre les objectifs d'augmentation de la croissance des tiges résiduelles et d'établissement de la régénération doivent être développées.

Parallèlement à ces préoccupations, la mise en œuvre d'une sylviculture écosystémique s'inspirant des perturbations naturelles nécessite le développement de nouvelles pratiques sylvicoles adaptées. Or, il semble que la dynamique naturelle des cédrières soit sous l'influence de trouées de tailles variables (Hébert, 2007). Ces travaux sur la dynamique de la régénération dans de vieilles cédrières de la Gaspésie suggèrent que la dynamique par trouée soit favorable à la régénération sexuée et végétative du thuya. En effet, l'étude rapporte que c'est dans les ouvertures que la régénération de thuya atteint le stade gaulis et qu'elle domine en hauteur celle du sapin baumier (*Abies balsamea* (L) Mill.).

L'objectif principal de cette étude est de développer une méthode de coupe s'inspirant de la dynamique naturelle des cédrières qui favorise l'établissement de la régénération, l'accroissement des tiges résiduelles et le maintien d'une structure diamétrale et verticale irrégulière dans le peuplement. Plus particulièrement, les objectifs de la présente étude sont : 1) d'expérimenter une méthode de jardinage par trouée entièrement mécanisée et 2) de déterminer la grandeur adéquate des trouées favorisant la survie et de la croissance de la régénération en thuya.

CHAPITRE 2 : METHODE

Territoire d'étude

L'étude a été réalisée sur le territoire de l'unité d'aménagement 112-56 dans la sapinière à bouleau blanc de l'est, région écologique du Massif gaspésien (5h). Plus précisément, les peuplements sont localisés dans le bassin de la rivière Madeleine aux coordonnées géographiques 49° 10 N et 65° 38 O. L'altitude des peuplements varie entre 350 et 430 m. La température moyenne annuelle varie entre -13,9°C en janvier et 16,4°C en juillet. Il tombe en moyenne 586,1 mm de pluie annuellement et 531,4 cm de neige (Environnement Canada, 2004).

Les cédrières à l'étude supportaient un volume de 370 m³/ha (924 tiges/ha) dont 270 m³/ha en thuya, le sapin étant l'espèce co-dominante. Le diamètre moyen des tiges à hauteur de poitrine était de 36 cm pour le thuya et de 21 cm pour le sapin. La hauteur moyenne du peuplement était de 19 m et le nombre de cernes de 12 échantillons récoltés sur des thuyas à l'aide d'une sonde de Pressler (comptés en laboratoire) variait entre 69 et 323 cernes. Les peuplements croissent sur dépôt minéral où le drainage varie de modéré à imparfait et l'épaisseur de l'humus varie de 1 cm à 8 cm.

Description du traitement

Le traitement sylvicole qui a été utilisé dans cette expérimentation est une coupe en chapelet qui consiste à réaliser des trouées le long des sentiers de débardage. Dans un premier bloc, des trouées de 15 m et de 30 m de diamètre ont été réalisées en alternance le long des sentiers de débardage (Figure 1). Dans un autre bloc, des trouées de 40 m de diamètre ont été faites. La distance entre chaque centre de trouée est de 100 m alors qu'elle est de 50 m entre les sentiers. Afin de favoriser un accroissement des tiges résiduelles sur une plus grande superficie, une coupe partielle (martelage équivalent à 35 % de la surface terrière) a été effectuée sur une largeur de 7 m de chaque côté des sentiers qui relient les trouées de même que sur un anneau de 7 m de large sur le pourtour des trouées (Figure 1). Ces dimensions permettent de faire deux trouées par hectare, soit une trouée de 15 m et une de 30 m pour le secteur au nord et, deux trouées de 40 m de diamètre par hectare pour le secteur au sud (Figure 2). Le contour des trouées et les tiges à récolter lors de l'éclaircie ont été martelées et les opérations de récolte ont été réalisées par une abatteuse multifonctionnelle et un porteur de bois court en février 2006.

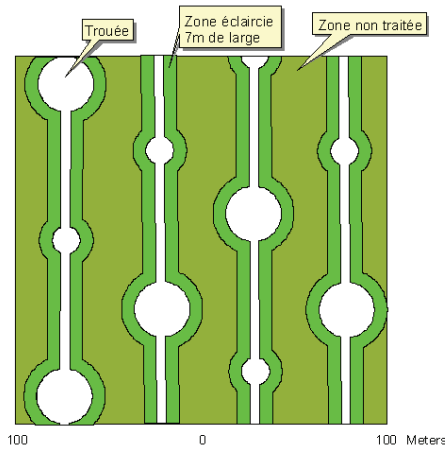


Figure 1 : Croquis du patron de coupe en chapelet avec alternance de trouées de 15 m et 30 m de diamètre.

L'application du traitement couvre 52 % de la superficie lors de l'intervention initiale, soit 9 % de la surface totale en petites trouées, 7,75 % en sentiers et 35 % de la surface en éclaircie. Les prélèvements totaux représentent 29 % de la surface terrière du peuplement.

Le moment de la seconde intervention devra respecter la période de rotation déterminée dans la stratégie. Ainsi, le même patron effectué dans la zone non traitée lors du premier traitement dans, par exemple, 30 ans (si telle est la période de rotation déterminée) permettra de couvrir la superficie totale du peuplement. Le peuplement résiduel sera alors constitué de 9 % de trouées récentes (régénération de 0 années), 9 % de trouées plus âgées issues du premier traitement (régénération 30 ans), 35 % de tiges de plus gros diamètre (originant de la première éclaircie), 31,5 % de tiges moyennes originant de la seconde éclaircie et 15,5 % de sentiers. Comme lors de la deuxième intervention les sentiers ne seront pas réutilisés, la régénération qui s'y trouvera ne sera pas abîmée. Au moment de la troisième intervention, la structure irrégulière du peuplement devrait permettre de récolter des tiges de tous diamètres, selon les priorités de récolte. L'annexe A présente le scénario de récolte pour toute la révolution.

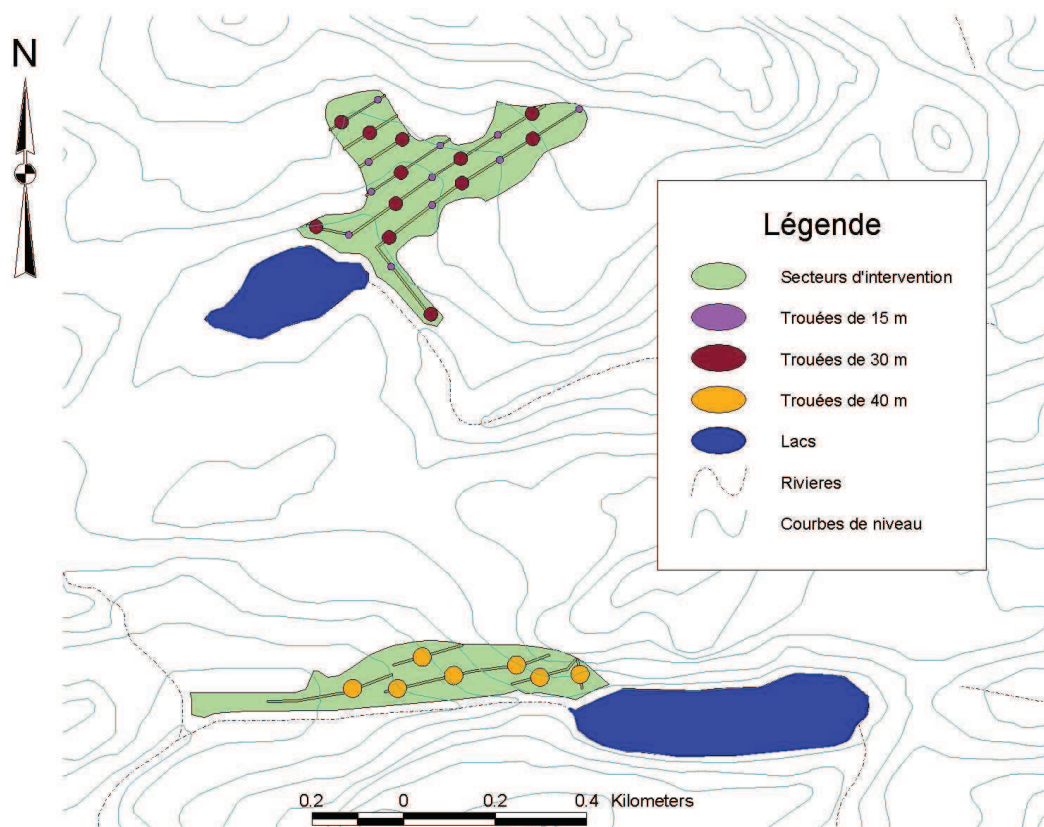


Figure 2 : Localisation des trouées dans les secteurs d'étude.

Méthode d'échantillonnage

Le traitement sylvicole a été effectué sur un seul site d'une superficie de 19 ha, réparti en deux blocs. Pour étudier l'effet des trouées, le dispositif a été élaboré de manière à comparer trois types de sites qui seront nommés « traitement » dans le cadre de ce rapport. Ainsi, des groupes de trois micro-placettes de 1 m² ont été réalisés dans sept chemins de débardage et dans neuf sites témoins (sous couvert en forêt, à 15 m de la bordure des trouées) de même que dans le centre de sept trouées de 15 m, sept trouées de 30 m et sept trouées de 40 m ($n = 79$).

Dans un deuxième temps, les trois dimensions de trouée (15 m, 30 m et 40 m) et les trois localisations différentes dans la trouée (nord, centre, sud) ont été étudiées. Des groupes de trois micro-placettes de 1 m² ont été réalisés dans chacune des trouées aux trois localisations différentes soit au nord de la trouée, au centre et au sud pour un total de neuf micro-placettes par trouée ($n = 63$).

La coupe a été réalisée en février 2006 et les micro-placettes ont été installées à l'été 2006 et des mesures y ont été prises la même année ainsi qu'en 2007 et 2008, toujours au cours des deux premières semaines de juillet. Lors de la mise en place du dispositif (2006), la hauteur des semis de thuya à l'intérieur des quadrats de 1 m² a été mesurée et chaque semis a été identifié de façon à permettre un suivi à long terme. Un suivi de la hauteur des semis a été réalisé afin de déterminer la croissance. Les analyses ont été faites à partir de l'accroissement en hauteur des semis entre l'année 2006 et 2008.

En 2007 et 2008, la mortalité des semis a été dénombrée et les nouveaux semis (recrutement) ont été identifiés afin d'en permettre aussi le suivi les années subséquentes. Afin de voir la fluctuation des populations pour les autres espèces, les semis de sapin, d'épinette (*Picea* sp.) et de bouleau blanc (*Betula papyrifera* Marsh) ont été dénombrés.

Dans chaque quadrats de 1 m², la microtopographie a été déterminée en considérant l'échelle du semis (monticule créé par un débris ligneux, monticule autre, plat, dépression) et dessinée à une échelle de 1:10 afin d'être mesurée en laboratoire au planimètre. Puis, pour chaque classe de microtopographie, une classe de litière y était associée (feuilles, mousses vivantes, herbe, tronc nu, sol minéral). La combinaison d'une classe de microtopographie et d'une classe de litière correspondait à un substrat de surface spécifique, par exemple monticule avec mousses.

Finalement, le pourcentage de recouvrement de la végétation arbustive par espèce a été estimé de façon oculaire dans chacune des trouées.

Analyses statistiques

Dans un premier temps, l'effet du traitement a été vérifié. Trois types de traitements ont été comparés, soit les trouées, les chemins et les forêts (témoin). Comme les données ne présentaient pas une distribution normale, le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé et des tests de comparaisons multiples ont été faits lorsqu'une différence significative ($p < 0,05$) était détectée par le test de Kruskal-Wallis (comparaison post-hoc à l'aide de tests de Behrens-Fisher). Le test a été réalisé pour chacune des variables suivantes : nombre de semis de thuya en 2006, nombre de semis de thuya en 2007, nombre de semis de thuya en 2008, nombre de recrues de thuya, nombre de morts de thuya.

Un test de Kruskal-Wallis a démontré que l'année n'avait pas d'effet significatif sur le nombre de semis ($p = 0,833$). Une analyse a donc été effectuée en regroupant les données des trois années d'étude pour le nombre de semis. Un test non paramétrique à deux facteurs de Sheirer Ray Hare a ainsi pu être appliqué pour vérifier l'effet de la grandeur des trouées et de la localisation dans la trouée sur le nombre de semis indépendamment de l'année. Lorsque le test de Sheirer Ray Hare a détecté une différence significative ($p < 0,05$), les 9 groupes (trois tailles de trouées x trois localisations) ont fait l'objet de comparaisons multiples non paramétriques (comparaison post-hoc à l'aide de tests de Behrens-Fisher) sur lequel une procédure de correction alpha appelée « Taux de fausses découvertes » (False Discovery Rate

–FDR) a été utilisée (Benjamini et Hochberg, 1995). Ainsi, le calcul d'un seuil de probabilité plus restrictif pour chaque comparaison (FDR) a éliminé les chances de différences significatives résultant du hasard. Toutes ces analyses ont été réalisées avec le logiciel statistique R (R Core Development team).

L'effet de la grandeur des trouées et de la localisation dans la trouée sur la croissance des semis a aussi été vérifié par le biais du test non-paramétrique de Kruskal-Wallis. Quant aux degrés d'associations entre les semis et les substrats de surface (microtopographie et litière), ils ont été déterminés par des analyses de khi carré en comparant les fréquences réelles des semis sur chacun des types de substrats de surface et les fréquences théoriques déterminées à partir de la surface couverte par chacun des types de microtopographie et de litière (Simard et al. 1998; Parent et al. 2003). L'effet de la taille de la trouée sur le recouvrement par la végétation arbustive a fait l'objet d'une analyse de variance. Ces analyses ont été faites avec le logiciel JMP IN (SAS Institute Inc. 2003).

CHAPITRE 3 : RESULTATS

Effet du traitement (trouée, chemin, forêt)

Nombre de semis

Les analyses indiquent une différence significative entre le nombre de semis de thuya sous couvert forestier et celui dans les trouées et dans les chemins de débardage et ce, pour l'année 2006 ($p = 0,003$), l'année 2007 ($p = 0,002$) et l'année 2008 ($p = 0,008$). Les résultats révèlent que pour chacune des 3 années, le nombre de semis de thuya en forêt est le plus élevé avec une moyenne, en 2008, de 4,9 semis/m² ($\pm 1,2$) alors que les trouées supportent une densité de 2,6 semis/m² ($\pm 0,4$) et les chemins 0,8 semis/m² ($\pm 0,2$). Les analyses indiquent que l'année n'a pas d'effet sur le nombre de semis de thuya, ce qui signifie que le nombre de semis ne montre pas d'augmentation ni de diminution d'une année à l'autre ($p = 0,833$).

Par ailleurs, les analyses ne révèlent pas d'effet significatif de la grandeur de la trouée sur le nombre de semis de thuya ($p = 0,99$) (Figure 3), mais elles indiquent un effet de la localisation dans la trouées sur le nombre de semis de thuya ($p = 0,027$) et de l'interaction des deux variables ($p = 0,001$). Les résultats indiquent que le centre des trouées est moins favorable à la présence de semis de thuya que le nord et le sud (Figure 4).

Les résultats révèlent aussi que le nombre de semis dans le centre des trouées de 15 m de diamètre diffère significativement de celui du nord des trouées de 15 m, du nord des trouées de 40 m et du centre des trouées de 40 m (Figure 5).

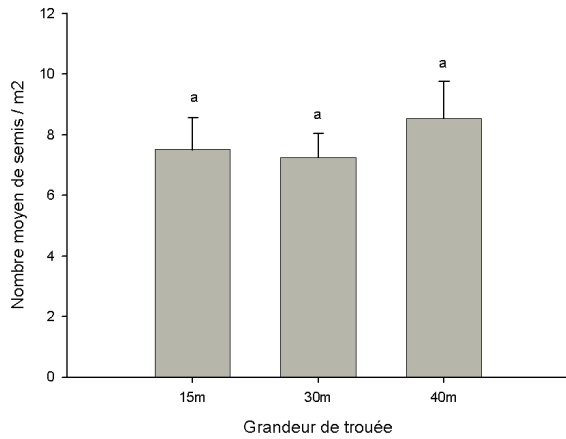


Figure 3 : Nombre moyen de semis de thuya par grandeur de trouées (+ 1 erreur type). Les lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$).

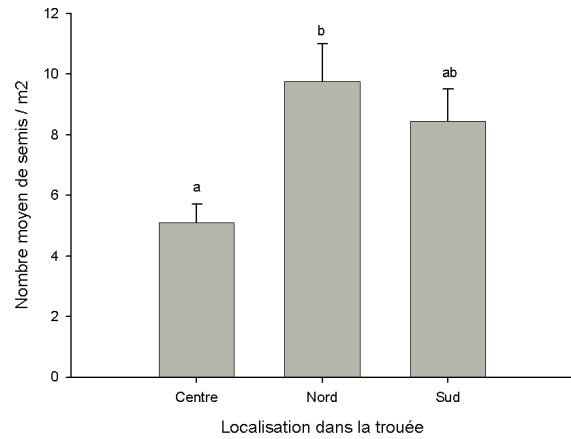


Figure 4 : Nombre moyen de semis de thuya selon la localisation dans la trouée (+ 1 erreur type). Les lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$).

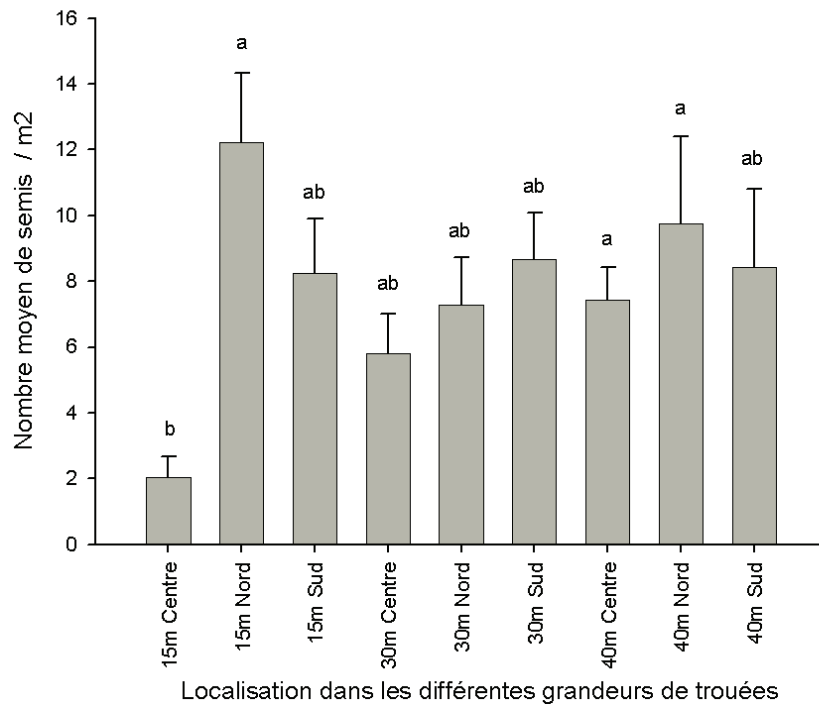


Figure 5 : Nombre moyen de semis de thuya selon la localisation dans chaque grandeur de trouée (+ 1 erreur type). Les lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$).

Recrutement et mortalité

Les analyses indiquent que les nombres de semis de thuya morts et recrutés ne sont pas différents significativement pour les trois traitements ($p > 0,05$) (Figure 6). Il ressort cependant que la localisation dans la trouée a un effet sur le recrutement ($p = 0,017$) mais pas sur la mortalité ($p = 0,599$) (Figure 7). Le recrutement est le plus élevé au sud de la trouée et le moins élevé au centre. Dans notre dispositif, la mortalité des semis de thuya est comparable au recrutement des semis de thuya (Figure 8).

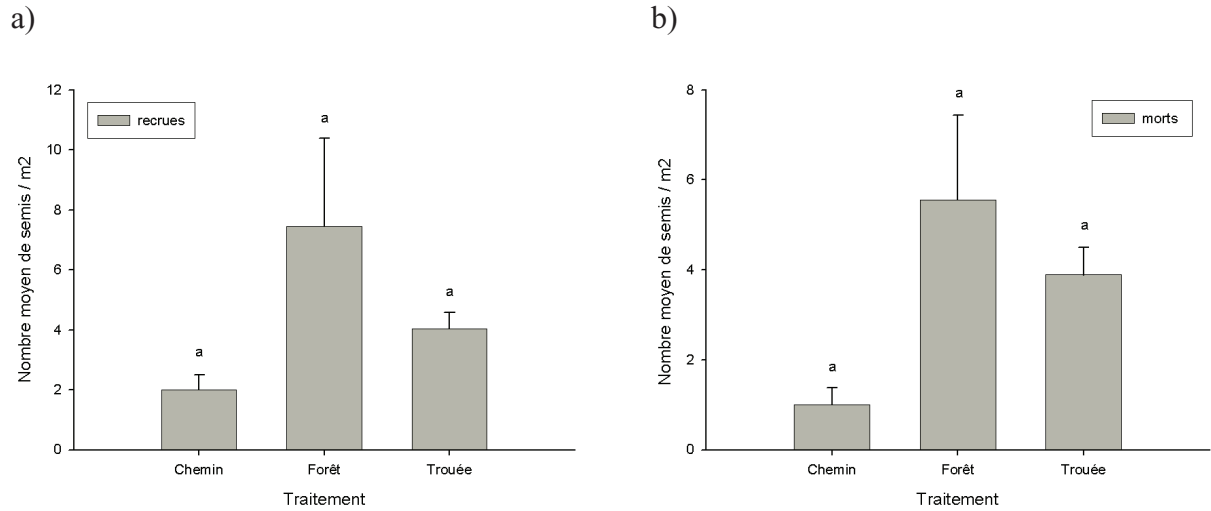


Figure 6 : Effet du traitement sur a) le recrutement et b) la mortalité des semis de thuya dans les différents micro-habitats (sous couvert forestier – Forêt ; dans les chemins et dans les trouées) (+ 1 erreur type). Les lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$).

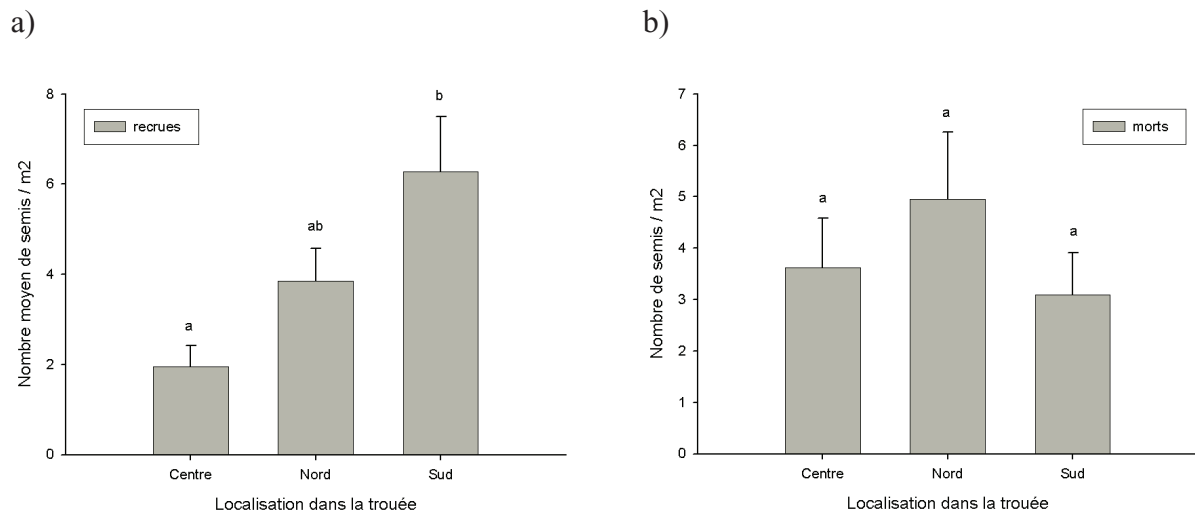


Figure 7 : Effet de la localisation dans la trouée sur a) le recrutement et b) la mortalité des semis de thuya (+ 1 erreur type). Les lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$).

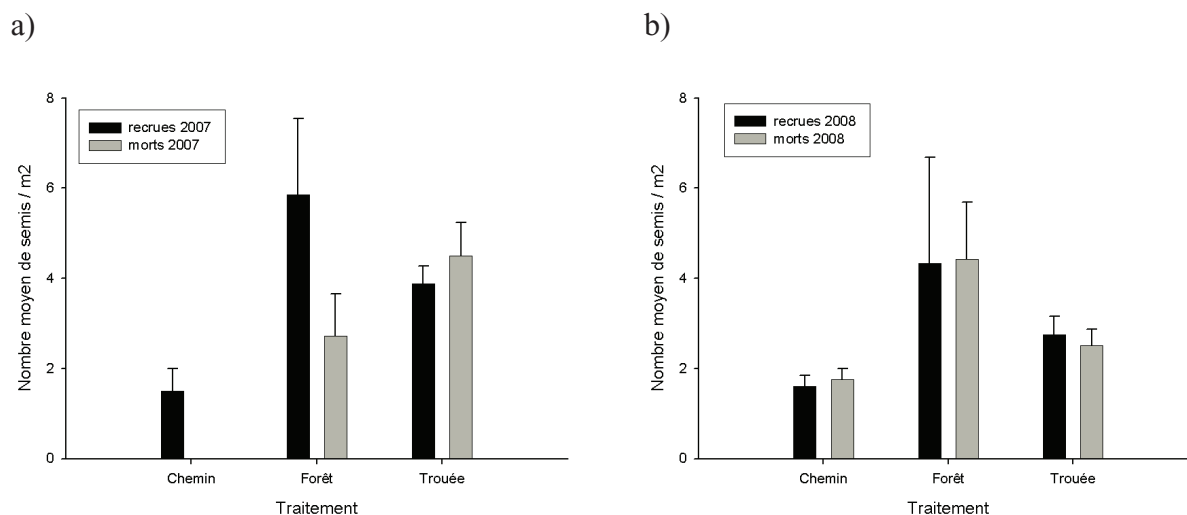


Figure 8 : Comparaison du nombre de recrues et du nombre de semis morts de thuya pour a) l'année 2007 et b) l'année 2008 (+ 1 erreur type).

Croissance

La croissance des semis de thuya est significativement plus importante ($p = 0,003$) dans les ouvertures (chemins et trouées) qu'en forêt. De plus, la moyenne de la croissance des semis de thuya est plus importante dans les trouées de 30 m de diamètre que dans les trouées de 15 m ($p = 0,016$). Bien que la croissance des semis de thuya semble plus importante dans les placettes situées au centre et au nord des trouées, les analyses n'indiquent pas d'effet significatif de la localisation dans la trouée ($p = 0,236$) (Tableau 1).

Tableau 1 : Accroissement des semis en fonction des différentes variables (des lettres différentes dans la colonne « différence » indique une différence significative entre les paramètres d'un même groupe ($p < 0,05$)).

	Accroissement moyen (cm)	différence	$p =$
Traitement			0,003
Forêt	1,3 ($\pm 0,2$)	a	
Chemin	6,9 ($\pm 4,1$)	b	
Trouées	3,5 ($\pm 0,3$)	b	
Grandeur de la trouée			0,016
15 m	2,4 ($\pm 0,5$)	b	
30 m	4,3 ($\pm 0,5$)	a	
40 m	3,8 ($\pm 0,5$)	ab	
Localisation dans la trouée			0,236
Nord	3,5 ($\pm 0,5$)	a	
Centre	4,5 ($\pm 0,8$)	a	
Sud	2,8 ($\pm 0,4$)	a	

Effet du substrat de surface

La microtopographie et la litière sont des facteurs discriminants pour le recrutement des semis de thuya ($p = 0,001$). Les monticules faits de troncs s'avèrent des substrats favorables pour les semis de thuya sauf dans le centre des trouées où ce sont les monticules autres que ceux créés par des débris ligneux qui sont favorables aux semis (Figure 9). Quant au type de litière, le substrat fait de mousses est le plus prisé par les semis peu importe la localisation dans la trouée (Figure 10). Les surfaces où la microtopographie est plane et les surfaces couvertes de débris apparaissent défavorables à la présence de semis, et ce, sans égard à la localisation dans la trouée.

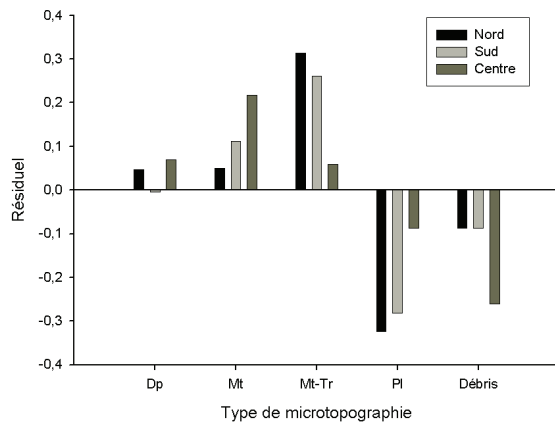


Figure 9 : Valeur résiduelle des analyses khi carré du facteur microtopographie (Dp : dépression ; Mt : Monticule autre ; Mt-Tr : Monticule-tronc ; Pl : plat).

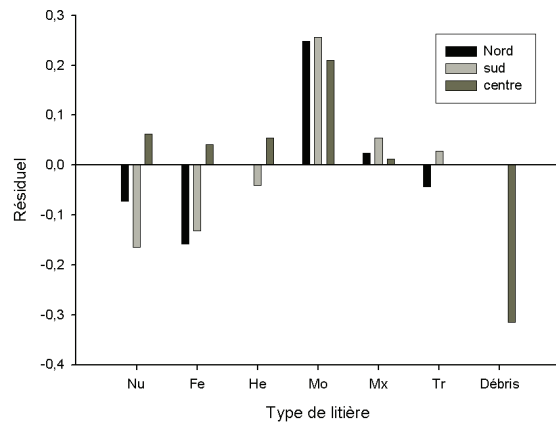


Figure 10 : Valeur résiduelle des analyses khi carré du facteur litière (Fe : feuille ; He : herbe ; Mo : mousses ; Mx : mixtes feuilles et mousses ; Tr : tronc nu).

Dynamique de la trouée

Les données indiquent que les densités moyennes des semis de thuya pour les trois années d'études sont plus faibles que celles du sapin sous couvert forestier alors qu'elles sont semblables dans les trouées et dans les chemins (Figure 11). La présence des semis autres que le thuya et le sapin s'est avérée marginale représentant environ 5 % des semis, toutes espèces confondues (épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss), épinette noire (*Picea mariana* (Mill. B.S.P.), bouleau blanc).

Il ressort aussi que la compétition arbustive, dominée par le sorbier d'Amérique (*Sorbus americana* Marsh.), le noisetier (*Corylus cornuta* Marsh.) et l'aulne rugueux (*Alnus rugosa* (Du Roi) Spreng.), est plus forte dans les trouées de 40 m de diamètre avec un pourcentage de recouvrement de 20 % deux ans après la coupe et la moins élevée dans les trouées de 15 m avec moins de 5 % de couverture par la compétition ($p = 0,01$).

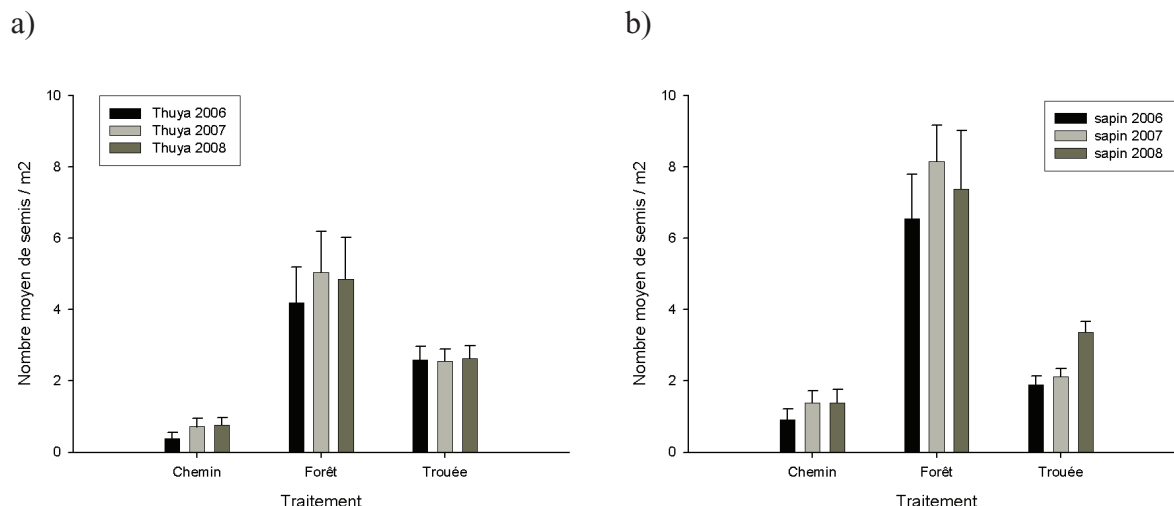


Figure 11 : Nombre moyen de semis / m² pour les trois années d'étude pour les différents traitements pour a) le thuya et b) le sapin (+ 1 erreur type).

CHAPITRE 4 : DISCUSSION

Effet du traitement

Nombre de semis

Les résultats indiquent que la densité de semis est la plus élevée sous couvert forestier que dans les chemins et les trouées. La densité des semis qui est de 4,9 semis/m² sous le couvert forestier est semblable à celle observée dans l'étude de Scott et Murphy (1987) et Hébert (2007) où des densités de 4,5 semis/m² et 4,2 semis/m² ont été observées. En outre, la perturbation du sol par la machinerie pourrait avoir contribué à faire diminuer les populations de semis de thuya dans les sentiers. Le centre des trouées ressort comme étant le moins bien pourvu de semis de thuya. Or, nos visites sur le terrain ont permis d'observer que lors des opérations de récolte, la machinerie se déplaçait sur le pourtour de la trouée afin d'effectuer le traitement d'éclairci sur la zone en marge des trouées. Cette façon d'opérer semble avoir eu pour effet de favoriser un amoncellement de débris ligneux au centre des trouées et la nature de ces débris récents non décomposé n'est pas apparue favorable au recrutement de semis. Les trouées de 15 m qui sont les plus petites semblent avoir été le plus affectées puisqu'elles offraient moins d'espace pour répartir les débris ligneux issus des opérations de récolte.

En revanche, le nombre plus élevé de semis dans le nord des trouées de 15 m pourrait être expliqué par les conditions créées par l'ouverture qui permet un meilleur ensoleillement sur une portion de la journée. De plus, comme le diamètre de la trouée équivaut approximativement à la hauteur d'un arbre, l'ensoleillement pourrait tout de même y être limité, ce qui permettrait de maintenir des conditions favorables d'humidité du sol. De plus, le nord des trouées de 15 m et le nord des trouées de 40 m où on observe aussi un nombre élevée de semis, sont les deux lieux qui présentent le moins de débris ligneux issus de la coupe (données non présentées).

Quant au nombre plus élevé de semis au centre des trouées de 40 m, il pourrait être lié à deux éléments. Premièrement, la grandeur des trouées semble avoir eu pour effet de favoriser une distribution plus étendue des débris ligneux issus de la coupe que dans les trouées de plus

faibles dimensions, ce qui pourrait être moins limitant pour l'établissement des semis. Deuxièmement, le diamètre de 40 m a pour conséquence que le centre de la trouée se trouve à 20 m de la bordure sud. Cette localisation pourrait avoir pour effet de rassembler les avantages offerts par le nord des trouées de 15 m de diamètre, soit un temps d'ensoleillement limité qui pourrait être favorable au maintien de conditions d'humidité adéquates tout en offrant suffisamment de lumière pour favoriser la présence de semis.

Morts et recrues

Les résultats montrent que le recrutement et la mortalité sont comparables dans les sites récoltés (chemin et trouées) et sous couvert forestier. Ces résultats indiquent que le recrutement ne serait pas limité par la perturbation mais il le serait par la dimension de la trouée. Ainsi, le sud des trouées montre le plus grand recrutement et le moins de mortalité. Ce phénomène pourrait s'expliquer par le fait que les semis de thuya sont très vulnérables à la sécheresse lors de leur phase d'établissement (Curtis 1946) et ainsi, le sud des trouées constitue le lieu où les conditions d'humidité sont les plus stables dû à l'ensoleillement limité. En revanche, le centre des trouées est le lieu où il y a le moins de recrutement alors que la mortalité n'y est pas plus élevée qu'au nord ou au sud. La distance du centre par rapport au semencier pourrait contribuer à limiter le recrutement de nouveaux semis au centre des trouées. Le design expérimental ne nous a cependant pas permis de déterminer le diamètre optimal qui permettrait une dispersion plus uniforme des semis. Cependant, comme il ressort de nos résultats que le recrutement est plus faible au centre des trouées étudiées, les trouées de 40 m n'apparaissent pas comme permettant une dispersion optimale des semis. Le modèle développé par LePage *et al.* (2000) pour le thuya de l'ouest (*Thuja plicata* Donn ex D. Don) prédit une diminution importante de la régénération dans les ouvertures supérieures à 35 m. Ainsi, les trouées de 30 m de diamètre présenteraient le diamètre maximum d'ouverture, l'idéal se situant probablement entre 15 m et 30 m. Une étude avec un gradient de placettes du centre vers le nord permettrait de déterminer avec précision la dimension optimale des trouées en regard de la capacité de dispersion des graines, mais les contraintes liés à la disposition des débris ligneux issus de la coupe devraient aussi être évaluées.

La mortalité qui égale le recrutement a pour effet de garder stable les populations de semis thuya. L'importance du nombre de semis morts et recrutés montre qu'il y a un fort roulement dans la population de semis, ce qui est à l'image de la stratégie de régénération du thuya qui consiste à maintenir une banque de semis (Rooney *et al.* 2002). Cependant, cette stagnation des populations reflète que le thuya a une niche étroite en regard des conditions qui sont favorables à son établissement puisque seul le sud des trouées montre une augmentation des populations. Par ailleurs, bien que la croissance n'ait pas montré de différences selon la localisation dans la trouée, le plus fort ensoleillement au nord pourrait éventuellement mousser la croissance des semis qui y ont survécu puisque c'est dans les grandes trouées (30 m et 40 m) qu'on observe les meilleurs accroissements en hauteur.

Pour avoir du succès, les coupes de régénération qui visent l'installation de nouveaux semis de thuya doivent donc être faites en considérant l'étroitesse de la niche d'établissement de cette espèce.

Effet du substrat de surface

Les débris ligneux constituent de bons substrats pour l'établissement des semis de thuya (Cornett *et al.* 1997 ; Simard *et al.* 2003 ; Scott et Murphy 1987; Hébert 2007). Dans les trouées, les débris ligneux grossiers ont été privilégiés par les semis de thuya au nord et au sud des trouées mais pas au centre. Par ailleurs, l'ensoleillement plus grand au nord de la trouée ne semble pas avoir affecté la qualité de ce substrat. Pour ce qui est des débris ligneux au centre de la trouée, il semble que leur nature n'ait pas été favorable à l'installation des semis puisqu'il s'agissait le plus souvent de débris issus de la coupe alors que sur le pourtour de la trouée, les débris ligneux étaient davantage de vieux troncs présentant des niveaux variables de décomposition (B. Hébert, observation personnelle).

La litière de mousses s'est avérée la plus favorable pour les semis et ce, dans toutes les localisations. En effet, la mousse semble avoir pour effet de capter les semis (Cornett *et al.* 1997) et de préserver l'humidité du sol (St-Hilaire et Leopold, 1995). Dans l'étude réalisée par Hébert et Parent (2007) dans 14 cédrières ayant fait l'objet de coupe avec protection de la régénération et des sols, la litière de mousse s'est avérée un meilleur substrat que les débris ligneux pour la régénération de thuya. Préserver ce substrat lors des opérations de récolte pourrait être favorable à la régénération du thuya.

Dynamique de la trouée

Sous couvert forestier, le nombre moyen de semis de sapin est plus élevé que celui du thuya malgré que la proportion de thuya dans la canopée soit supérieure à celle du sapin. Le caractère ubiquiste du sapin a pour effet de le rendre moins discriminant que le thuya à l'égard des sites de germination et de croissance (Simard *et al.* 1998 ; Cornett *et al.* 1997 ; Hébert, 2007). En outre, il a été observé en Gaspésie par Fortin (2002), que dans les peuplements où le sapin croît avec le thuya, la proportion de ce dernier tend à diminuer après perturbation alors que la proportion de sapin tend à augmenter. Or, le suivi de trois ans réalisé dans le cadre de cette étude montre que les populations de semis de thuya et de sapin sont stables, même dans les environnements perturbés tels que les chemins et les trouées. Il semble donc que le traitement ait créé un environnement suffisamment favorable au thuya pour que les populations de semis se maintiennent et qu'éventuellement certains d'entre eux poursuivent leur croissance jusqu'à participer au développement du nouveau peuplement. Un suivi à plus long terme devra être envisagé afin de valider cette prédiction.

Les petites ouvertures dans la canopée seraient favorables au développement de la régénération de thuya (Hébert, 2007 ; Scott et Murphy, 1987). Dans une vieille cédrière vierge étudiée par Hébert (2007), la régénération de thuya dominait en hauteur celle du sapin dans les trouées naturelles alors que sous le couvert, la hauteur moyenne des semis de sapin dépassait celle du thuya. Keeton et Franklin (2005) ont noté pour le thuya de l'ouest qu'une ouverture dans le couvert était nécessaire à la croissance des semis. Le maintien du thuya semble donc dépendant d'une dynamique créée par les trouées. La création de petites trouées apparaît donc pertinente et les conditions créées par l'environnement semblent relativement stables puisque trois ans après l'intervention de récolte, les trouées ne montrent qu'un faible recouvrement par la végétation de compétition.

Potentiel pour l'aménagement

Bien que la portée des résultats de cette étude de cas soit limitée, la coupe en chapelet semble une approche novatrice pour favoriser l'installation et le développement de la régénération de thuya. De plus, aucune mesure de la régénération n'a été prise dans la zone éclaircie mais ces superficies, qui selon le patron de coupe suggéré, ne seront jamais coupées totalement, permettront, en plus de créer une structure diamétrale et verticale irrégulière, de maintenir des chicots et des arbres de gros diamètre qui pourront participer à la production de débris ligneux grossier. Le traitement favorise donc le maintien des éléments structuraux constituant un enjeu dans le contexte actuel où l'aménagement forestier tend vers une approche écosystémique. De plus, l'ouverture créée par les trouées et la zone éclaircie devrait aussi favoriser une augmentation de la croissance des tiges résiduelles. Un suivi à cet effet pourrait être envisagé à moyen terme dans le même dispositif.

Un avantage notoire de ce traitement sylvicole dans les cédrières, réside dans le fait qu'il peut être entièrement mécanisé et ce, malgré la densité élevée de tiges dans les peuplements de thuya. De plus, comme les sentiers de débardage ne servent qu'une fois par révolution (voir annexe A), la régénération qui s'y installe ne sera pas détruite par les opérations de récolte subséquentes.

BIBLIOGRAPHIE

- Benjamini, Y. and Y. Hochberg, 1995. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *J Roy Statist Soc Ser B Methodological* 57(1):289–300
- Cornett, M. W., Reich, P. B., Puettmann, K. J., 1997. Canopy feedbacks and microtopography regulate conifer seedling distribution in two Minnesota conifer-deciduous forests. *Ecoscience* 4(3): 353-364.
- Curtis, J.D. 1946. Preliminary observations of northern white-cedar in Maine. *Ecology* 27-1: 23-36.
- Environnement canada, 2008. La voie verte : Site WEB d'Environnement Canada. <http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/>. Province Québec, région Gaspé. Site consulté en ligne le 17 juin 2009.
- Fortin, S., 2002. Le thuya en Gaspésie. Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier, Volet 1 Expérimentation sylvicole et connaissance. Ministère des Ressources naturelles de la Faune et des Parcs. 90 p. Non publié.
- Gouvernement du Québec, 2003, Comité consultatif scientifique du manuel d'aménagement forestier : Éclaircie commerciale pour le groupe prioritaire SEPM, avis scientifique, Ministère des ressources naturelles, direction de la recherche forestière, 79 p.
- Hébert, B. 2004a, Étude sur *Thuja occidentalis* en Gaspésie : 1-Acquisition de connaissances en vue de développer des stratégies sylvicoles favorisant le retour du thuya 2-Impacts des coupes totales sur les tiges résiduelles de thuya, Rapport de recherche, Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier, Volet 1. 66p. Non publié.
- Hébert, B. 2004b. Étude sur *Thuja occidentalis* : Mesure de la réaction du thuya à l'éclaircie commerciale et suivi après deux ans, d'essais de plantation et d'ensemencement, programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier, Volet 1, 45p. Non publié.
- Hébert, B. 2007. Dynamique de la régénération de *Thuja occidentalis* L. dans de vieilles cédrières mésiques de la Gaspésie. Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles, Gaspé, Canada. 43 pages.
- Hébert, B. et Parent, S. 2007. Facteurs influençant le recrutement de la régénération de *Thuja occidentalis* L. et *Abies balsamea* (L.) Mill dans des parterres de coupe de la Gaspésie. Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles, Gaspé, Canada, 36 pages.
- Heitzman, E., Pregitzer, K. S., Miller, R. O., 1997. Origin and early development of northern white-cedar stands in northern Michigan. *Can. J. For. Res.* 27: 1953-1961.
- Keeton, W.S. et Franklin, J.F., 2005. Do remnant old-growth trees accelerate rates of succession in mature Douglas-Fir forests? *Ecological Monographs*, 75 (1): 103-118.

- LePage, P.T., Canham, C.D., Coates, D.K., Bartemucci, P., 2000. Seed abundance versus substrate limitation of seedling recruitment in northern temperate forest of British-Colombia, *Can. J. For. Res.* **30**: 415-427.
- Ministère des Ressources naturelles et de la Faune et des Parcs (MRNFP). 2003. Manuel d'aménagement forestier. Gouvernement du Québec. 245 p.
- Parent, S., Simard, M-J., Morin, H., Messier, C., 2003. Establishment and dynamics of the balsam fir seedling bank in old forest of north-eastern Québec. *Can. J. For. Res.* **33**: 597-603.
- Rooney, T. P., Solheim, S. L., Waller, D. M., 2002. Factors affecting the regeneration of northern white cedar in lowland forests of the Upper Great Lakes region, USA. *Forest Ecology and management* **163**: 119-130.
- Scott, M. L. and. Murphy, P.G. 1987. Regeneration Patterns of Northern White Cedar, an Old-growth Forest Dominant. *American Midland Naturalist* **117**: 10-16.
- Simard, M-J., Bergeron, Y., Sirois, L., 1998. Conifer seedling recruitment in a southeastern Canadian boreal forest: the importance of substrate. *Journal of Vegetation science* **9**: 575-582.
- Simard, M-J., Bergeron, Y., Sirois, L., 2003. Substrate litterfall effect on conifer seedling survivorship in southern boreal stands of Canada. *Can. J. For. Res.* **33**: 672-681.
- St-Hilaire L.R., Leopold D.J., 1995. Conifer seedling distribution in relation to microsite conditions in a central New York forested minerotrophic peatland. *Can. J. For. Res.* **25**: 261-269.

ANNEXE A



Scénario sylvicole expérimental de
coupe en chapelet (petites trouées)
dans des peuplements de thuya

Document préparé par : Barbara Hébert
Mars 2007

Mise en contexte

En Gaspésie, le thuya a fait parti du paysage forestier d'une façon importante pendant plusieurs siècles. L'explorateur Blouin (1903a ; 1903b) fait par ailleurs mentions de grosses tiges de cèdre de 3 pieds de diamètres. Ces peuplements fréquemment rencontrés dans certains secteurs à cette époque, sont aujourd'hui l'exception. De plus, il semble que plusieurs superficies supportant cette espèce tendent à ne pas se maintenir en cédrière après la récolte (Larouche 2006 ; Fortin 2002 ; Heitzman et al. 1997).

Il a été observé que sous la canopée de thuya, les semis de thuya dépassent rarement 30 cm (Hébert 2007 ; Scott et Murphy 1987 ; Heitzman *et al.* 1997). Cependant, dans les trouées naturelles d'une cédrière mésique, Hébert (2007) a observé que les tiges de thuya dominaient en hauteur celles du sapin pour atteindre le stade gaulis et qu'une proportion importante de ces tiges était issue de reproduction végétative (marcottes, boutures de branches cassées, enracinement de branches cassées). Le traitement expérimenté ici tente donc d'intégrer à la fois, des conditions d'ouverture et de maintien du couvert. La superficie des trouées pratiquées dans le traitement a été déterminée à partir des observations faite dans un peuplement naturel (Hébert 2007).

Le traitement consiste à créer une ouverture et, à pratiquer une éclaircie en bordure de la zone récoltée, tant le long des sentiers que sur le pourtour des trouées (figure 1). En plus de diversifier les conditions de microsite (LePage *et al.* 2000), cette intervention aurait pour effet de favoriser l'accroissement des tiges résiduelles sur une portion du territoire. Cette stratégie sylvicole tente d'intégrer les besoins écologiques de l'espèce et de maintenir les attributs favorisant le maintien de la biodiversité tout en répondant aux besoins de l'industrie.

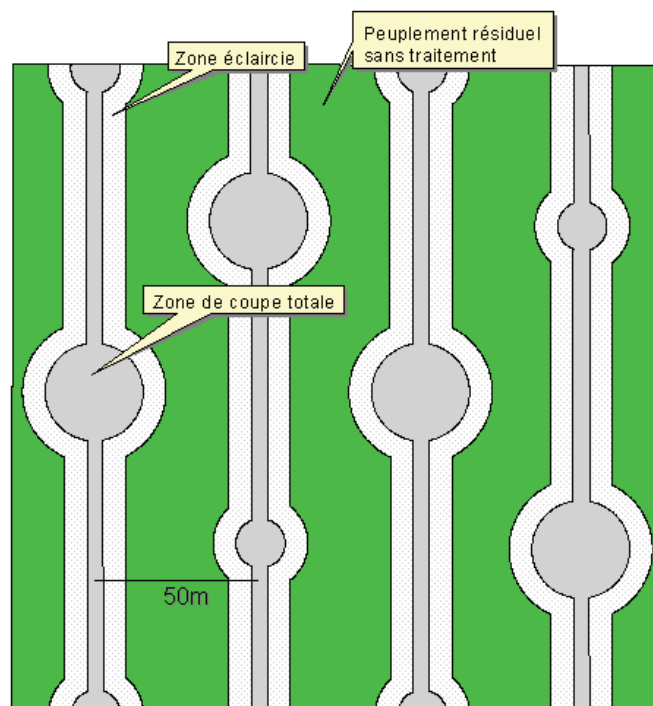


Figure 1 : Schéma du patron d'intervention montrant les zones de coupe totale, les zones éclaircies et les zones non traitées (Croquis à l'échelle montrant une surface de 200 mètres de côté)

Description du scénario

1^{re} intervention

La coupe en chapelet consiste en une coupe en alternance de trouées de 15 m et 30 m de diamètre (figure 1). La distance entre chaque centre de trouée est de 100 m alors qu'elle est de 50 m entre les lignes. Une coupe partielle est effectuée sur une largeur de 7 m de chaque côté des sentiers qui relient les trouées de même que sur un anneau de 7 m de large sur le pourtour des trouées (figure 1). Ces dimensions permettent de faire 2 trouées par hectare, soit une de 15 m et une de 30 m de diamètre. Suite à la première intervention, 47% de la superficie aura été traitée. Soit, 9% de la surface totale sera en trouées, 8 % en sentier et 30% en éclaircie (tableau 1). Les prélèvements totaux de cette première étape représentent 27% de la surface terrière du peuplement si on considère un taux de martelage de 33% dans les zones éclaircies.

Tableau 1 : Pourcentage de la superficie couverte par type et moment d'intervention

	Intervention 1	Intervention 2	Intervention 3	Intervention 4	Total
Coupe totale	17 %	17 %	13 %	14 %	61 %
Chemin	8 %	8 %	8 %	8 %	
Trouées ¹	9 %	9 %	5 %	6 %	
Éclaircie	30 %	29 %	26 %	29 %	39 %²
Éclaircie dans peuplement d'origine	30 %	23 %			
Éclaircie dans peuplement déjà éclairci		6 %	22 %	21 %	
Éclaircie dans zone de trouées (zone exclue lorsque récolte trop récente)		(1 % exclu)	(4,0 % exclus)	(1 % exclus)	
Équivalent de la récolte en surface terrière³	27 %	26 %	22 %	23 %	
Superficie d'origine traitée (cumulative)	47 %	87 %	94 %	100 %	

¹ La surface totale de la trouée est réduite lorsque la trouée chevauche en partie une trouée qui a été créée à un moment au cours des deux interventions précédentes. Après la troisième rotation, nous considérons que les tiges auront atteint un diamètre commercial.

² Surface perpétuellement exclue de la coupe totale (figure. 5)

³ Considérant une récolte équivalent à 33% de la surface terrière dans la zone éclaircie.

2^e intervention

La deuxième intervention sera réalisée après la période de rotation déterminée (réf. calcul de possibilité) et le même patron de récolte sera répété. Les nouveaux sentiers seront intercalés entre les sentiers de l'intervention précédente et les trouées seront réalisées côte à côte avec celle déjà réalisées mais en inversant les diamètres (figure 3). Ainsi, les petites trouées seront adjacentes à une grande trouée et *vice-versa*. Quant à la zone à éclaircir, une partie consistera en une deuxième intervention d'éclaircie (5%) alors qu'une autre partie ne pourra être traitée compte tenu qu'une partie de la zone à éclaircir se situe dans les trouées de la première intervention (1%). En jumelant la superficie traitée lors de la première et de la deuxième intervention, 87% de la superficie totale aura été traitée.

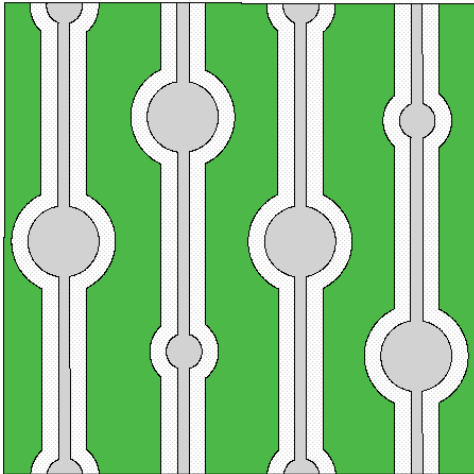


Figure 2 : Première intervention montrant la zone éclaircie et la zone coupée (espacement entre les sentiers de 50m et entre les centres de trouées 100m). Diamètre des trouées : 15 et 30m.

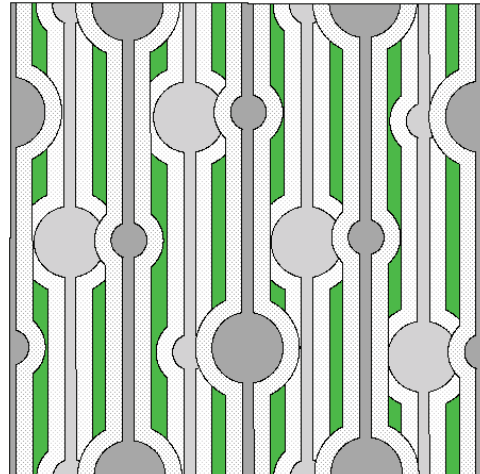


Figure 3 : Croquis montrant la localisation des trouées et des sentiers en fonction de la première intervention. La surface en vert montre la partie non traitée du peuplement après deux interventions.

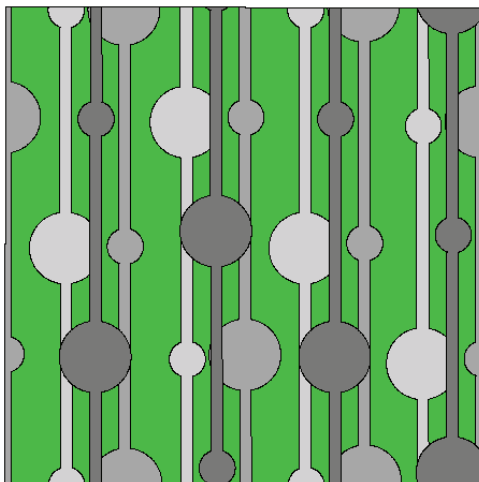


Figure 4 : Troisième intervention (patron de coupe intercalé entre les sentiers de la 1^{re} et 2^e intervention en respectant l'espacement de 50m entre les sentiers). Les zones éclaircies n'apparaissent pas sur le croquis afin de simplifier l'image.

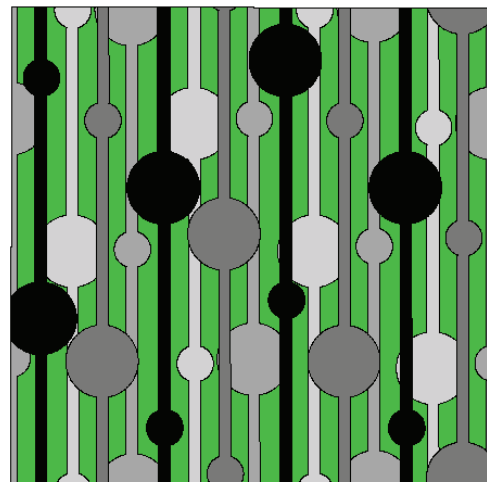


Figure 5 : Quatrième intervention (patron de coupe intercalé entre les sentiers de la 1^{re} et 2^e intervention en respectant l'espacement de 50m entre les sentiers). Les zones éclaircies n'apparaissent pas sur le croquis afin de simplifier l'image.

3^e et 4^e intervention

Les 3^e et 4^e interventions respecteront le patron de coupe original mais viendront s'intercaler entre la 1^{re} et la 2^e intervention en respectant la distance entre les sentiers qui est toujours de 50m (figures 4 et 5). Une partie de la coupe totale se fera alors dans les zones éclaircies lors des interventions 1 et 2 alors qu'une partie fera l'objet d'une 2^e et 3^e intervention d'éclaircie (tableau 1). Une partie de la surface à traiter devra aussi être exclue puisqu'elle sera trop jeune pour être coupée ou éclaircie. Après la troisième intervention, 6 % de la surface restera non traitée alors qu'après la 4^e intervention, la totalité de la superficie aura été traitée au moins une fois. Les zones apparaissant en vert sur la figure 5 sont les surfaces qui seront destinées à la coupe partielle uniquement.

Interventions ultérieures

Le retour dans les sentiers se fera après la 4^e intervention mais les nouvelles trouées seront adjacentes à celles réalisées quatre rotations auparavant de façon à mettre une petite trouée à côté d'une grande trouée. Afin d'éviter au maximum les chevauchements, les trouées seront faites vers le haut pour les trois premières interventions puis vers le bas pour le retour dans les sentiers de la 4^e intervention. Ainsi, la 5^e intervention consistera en un retour dans les sentiers de la première intervention, la 6^e dans ceux de la deuxième intervention et ainsi de suite.

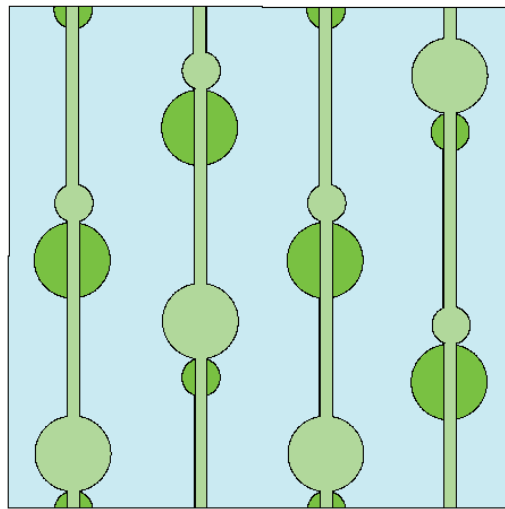


Figure 6 : Second passage dans les sentiers au moment de la cinquième intervention

Effets sur la structure du peuplement

La coupe en chapelet réalisée selon la stratégie décrite dans ce document devrait avoir pour effet de diversifier la structure interne du peuplement en créant des bouquets d'arbres d'âge similaire (zone des trouées) alternant avec des zones où la gestion se fait par pieds d'arbre (zone éclaircies). Sur la figure 5, la surface de couleur verte qui représente 39% de la superficie montre la zone qui ne fera jamais l'objet de coupe totale. Ce sont dans ces zones que pourront être préservées des arbres plus âgés et des chicots, éléments structurels résiduels favorisant le maintien de la biodiversité.

Bibliographie

- Blouin A., 1903a, Lettre et tableaux de volume destinés à l'honorable Ministre des Terres, Mines et Pêcheries, rendant compte de l'exploration du canton Cloridorme et du bloc A (arrière Grande-Vallée) dans le comté de Gaspé. 11 mai 1903. Rimouski. 4p.
- Blouin A., 1903b, Lettre et tableaux de volume destinés à l'honorable Ministre des Terres, Mines et Pêcheries, rendant compte de l'exploration du territoire d'environ 250 milles carrés situé en arrière des cantons Cap Chat, Tourelle et Christie, dans le comté de Gaspé. 18 mai 1903. Rimouski. 6p.
- Fortin, S., 2002. Le thuya en Gaspésie. Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier, Volet 1 Expérimentation sylvicole et connaissance. Ministère des Ressources naturelles de la Faune et des Parcs. 90p. Non publié
- Hébert, B., 2007. Dynamique de la régénération de *Thuja occidentalis* L dans de vieilles cédrières mésiques de la Gaspésie. Consortium en Foresterie Gaspésie-Les-Iles. Gaspé, Canada. 43p.
- Heitzman, E., Pregitzer, K. S., Miller, R. O., 1997. Origin and early development of northern white-cedar stands in northern Michigan. *Can. J. For. Res.* **27**: 1953-1961
- Larouche, C., 2006. Raréfaction du thuya. Chapitre 5 (addenda) du document : Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière, P. Grondin et A. Cimon, coordonnateurs. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, 32 p.
- LePage, P.T., Canham, C.D., Coates, D.K., Bartemucci, P., 2000. Seed abundance versus substrate limitation of seedling recruitment in northern temperate forest of British-Colombia. *Can. J. For. Res.* **30**: 415-427.



Consortium en foresterie
Gaspésie—Les-Îles

Partenaire du savoir forestier



37, rue Chrétien, bureau 26, C. P. 5 Gaspé (Québec) G4X 1E1 **Tél.:** 418.368-5166 ou 1 866.361.5166 **Télec.:** 418.368.0511

mieuxconnaîtrelaforêt.ca

