



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

*L'aménagement par coupe par trouées des strates de feuillus
d'essences tolérantes avec pin blanc.*

Rapport rédigé par

**Philippe Nolet, M. Sc.
Frédéric Doyon, ing.f., M. Sc.
Philippe Dan VlasIU, ing.f.**

Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue

Présenté à

INDUSTRIES DAVIDSON INC.

CORPORATION DE GESTION DE LA FORÊT DE L'AIGLE

et

FORÊT QUÉBEC - U.G. DE LA COULONGE (71)

Avril 1999

Collaborateurs

L'IQAFF tient à souligner l'apport important des personnes suivantes au projet :

Daniel Pin, Industries Davidson inc.

Michel Huot, Forêt Québec, Direction de la recherche

Alison Munson, Université Laval

Patricia Raymond, Université Laval

Pascal Audet, Les conseillers forestiers de l'Outaouais

Résumé

Dans l'Outaouais, la régénération du pin blanc dans les strates mélangées de feuillus tolérants accuse un net recul. La difficulté de ce dernier à se régénérer en sous-étage repose sur des caractères biologiques et écologiques propres à l'espèce et sur des interventions de prélèvement qui, sous leur forme actuelle, ne peuvent satisfaire adéquatement aux conditions optimales de son établissement et de sa croissance. Ainsi, le but du présent projet était de vérifier le potentiel de la coupe de jardinage avec trouées pour favoriser la régénération naturelle du pin blanc. Le site d'étude composé en grande partie de feuillus tolérants et pin blanc, a été divisé en deux parties : secteur nord (14,1 ha) et secteur sud (13,4 ha). Dans le secteur nord, une coupe de jardinage conventionnelle (martelage 30%) avec scarifiage a été effectuée (témoin). Dans le secteur sud, on a procédé à une coupe de jardinage 20 % et à la récolte de 10 trouées de 40 m de diamètre (0,13 ha). Avant intervention, 10 placettes échantillons permanentes de 11,28 m de rayon ont été installées dans chaque secteur. Afin de suivre l'établissement à long terme du pin blanc et des autres essences, 40 micro-placettes circulaires de 1 m² ont été placées au hasard à l'intérieur d'un rayon de 20 mètres du centre de chacune des trouées ou placettes pour un grand total de 1400 micro-placettes (400 dans le secteur nord et 800 dans le secteur sud). Pour vérifier l'effet du scarifiage sur le succès de régénération du pin blanc, 20 des 40 placettes ont été placées sur sol scarifié. De plus, pour s'assurer d'avoir des résultats de croissance du pin blanc à vérifier rapidement, la moitié des placettes, tant sur sol scarifié que non scarifié, ont été ensemencées manuellement afin d'obtenir une densité de 10 000 semis/ha. Afin de vérifier l'effet du nombre et de la distance des semenciers de pin blanc sur son potentiel de régénération naturelle, tous les semenciers à l'intérieur d'un rayon de 50 m du centre de chaque placette et de chaque trouée ont été cartographiés. De plus, pour quantifier la production de semences, 4 trappes à graines de 0,25 m² ont été installées dans les mêmes rayons de 50 m. Aucun résultat de suivi des placettes de régénération n'est disponible pour l'instant. Concernant le dispositif semenciers-trappes à graines, il a été démontré que le potentiel de régénération des trouées augmente à mesure que la surface terrière en semenciers augmente. De plus, nous avons été à même de formuler une équation pour établir la surface terrière en semenciers requise pour obtenir le nombre de semis désiré en fonction du pourcentage en sol minéral exposé. Lors des travaux dans la coupe de jardinage avec trouées, une baisse de productivité a été observée, tant pour le martelage que pour les opérations de prélèvement, en comparaison avec la coupe de jardinage traditionnelle. Des pistes de solutions sont proposées afin de pallier ces baisses de productivité. Finalement, nous présentons les différents éléments à considérer avant d'aller de l'avant avec la coupe de jardinage avec trouées.

Table des matières

COLLABORATEURS	II
RÉSUMÉ	III
TABLE DES MATIÈRES	IV
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	V
1 INTRODUCTION	1
2 TERRITOIRE À L'ÉTUDE	3
3 DESCRIPTION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL	6
SEMENCIERS ET TRAPPES À GRAINES : PREMIERS RÉSULTATS	11
3.1 MÉTHODOLOGIE	11
3.2 ANALYSE.....	11
3.3 RÉSULTATS.....	12
3.3.1 <i>Analyse de la dispersion des graines par placettes</i>	12
3.3.2 <i>Analyse de la dispersion des graines par trappe à graines</i>	14
3.4 DISCUSSION	16
4 TRAVAUX EFFECTUÉS	19
4.1 MARQUAGE (MARTELAGE).....	19
4.1.1 <i>Indications fournies</i>	19
4.1.2 <i>Déroulement des travaux</i>	19
4.2 PRÉLÈVEMENT ET SCARIFIAGE	20
4.2.1 <i>Indications fournies</i>	20
4.2.2 <i>Déroulement des travaux</i>	20
4.2.3 <i>Sorties sur le terrain</i>	24
5 DISCUSSION GÉNÉRALE	25
5.1 EMBLACEMENT DES TROUÉES	25
5.2 MARQUAGE	26
5.3 ABATTAGE ET SCARIFIAGE	27
5.4 INTERVENTIONS FUTURES.....	28
5.5 CRÉDITS DE COUPE.....	28
6 CONCLUSION	29
7 RÉFÉRENCES	30
ANNEXE 1 : DISPOSITIF DE DÉMONSTRATION	32

Liste des tableaux et figures

Tableaux:

Tableau 1 : Volume (m ³ /ha) dans les deux secteurs du territoire d'étude	8
Tableau 2 : Évaluation de la productivité pour les différentes équipes lors des travaux de prélèvement et de scarifiage.....	22
Tableau 3 : Statistiques de prélèvement dans les trouées	23

Figures :

Figure 1 : Localisation du territoire d'étude	4
Figure 2 : Localisation des placettes échantillons et des trouées.....	7
Figure 3 : Structure des peuplements du territoire d'étude.....	9
Figure 4 : Représentation schématique des différents types de micro-placettes mises en place au pourtour des centres de placettes et des trouées	10
Figure 5 : Rose des vents pour la station météorologique de Maniwaki pour le mois de septembre 1998..	12
Figure 6 : Régression linéaire mettant en relation le nombre de graines de pin blanc recensé dans les trappes à graines avec la surface terrière en semenciers de pin blanc évaluée dans un rayon de 50 m à partir du centre de la placette.	13
Figure 7 : Régression linéaire mettant en relation le nombre de graines de pin blanc recensé dans l'ensemble des trappes à graines avec la densité en semenciers de pin blanc évaluée dans un rayon de 50 m à partir du centre de la placette.	13
Figure 8 : Régression linéaire mettant en relation le nombre de graines de pin blanc recensé dans une trappe à graines avec la surface terrière en semenciers de pin blanc pondérée par l'inverse de la distance évaluée dans un rayon de 50 m à partir de la trappe à graines.	14
Figure 9 : Régression linéaire mettant en relation le nombre de graines de pin blanc recensé dans une trappe à graines avec la surface terrière en semenciers de pin blanc pondérée par l'inverse de la distance à l'intérieur d'un demi-cercle est d'un rayon de 50 m à partir de la trappe à graines.....	15
Figure 10 : Régression linéaire mettant en relation le nombre de graines de pin blanc recensé dans une trappe à graines avec la surface terrière en semenciers de pin blanc pondérée par l'inverse de la distance à l'intérieur d'un demi-cercle ouest d'un rayon de 50 m à partir de la trappe à graines.....	15
Figure 11: Surface terrière en semenciers requise pour obtenir le nombre de semis désiré compte tenu du pourcentage en sol minéral exposé.....	18

1 Introduction

Dans l'Outaouais, la régénération du pin blanc dans les strates mélangées de feuillus tolérants accuse un net recul. La difficulté de ce dernier à se régénérer en sous-étage repose sur des caractères biologiques et écologiques propres à l'espèce et sur des interventions de prélèvement qui, sous leur forme actuelle, ne peuvent satisfaire adéquatement aux conditions optimales de son établissement et de sa croissance. Le régime naturel des perturbations (feux, chablis) a sans doute permis d'assurer dans le passé la pérennité du pin blanc en forêt feuillue. Le contrôle intensif des feux, d'une part, et l'introduction d'une maladie d'importance comme la rouille vésiculeuse, d'autre part, ont sûrement modifié la trajectoire des peuplements naturels de pins en affectant son processus même de renouvellement. Dans les opérations courantes, la perturbation du sol est plutôt localisée dans les sentiers de débusquage ce qui limite l'établissement des semis de pin blanc à ces zones. De plus, le prélèvement par pied d'arbre préconisé dans la coupe de jardinage ne semble pas offrir les conditions optimales d'intensité lumineuse pour la croissance des semis. On remarque aussi que les conditions de germination sont peut-être différentes de celles qui favorisent une bonne survie des plantules et un taux suffisant de croissance en hauteur. La problématique est certes plus importante avec les strates de feuillus tolérants avec pin blanc (FtPb). La lumière peut être atténuée considérablement par le développement de sous-étages d'espèces d'ombre puis l'intensité de la compétition peut devenir suffisamment élevée pour éliminer, dans certains cas, l'objectif de renouvellement du pin. De plus, l'aménagement préconisé dans ces strates est le jardinage sans objectif particulier de retour du pin, les pins étant simplement récoltés jusqu'à leur épuisement complet.

Les forêts de l'ouest du Québec abritent la presque totalité des peuplements constitués de pin blanc et alimentent les principales scieries de transformation de cette espèce. Depuis peu, l'industrie forestière s'adapte à la rareté de la main-d'œuvre qualifiée par une mécanisation des opérations forestières dans les peuplements de feuillus tolérants. Pour assurer la pérennité du pin, il est essentiel de parfaire nos techniques d'exploitation et de proposer des traitements sylvicoles rentables qui favoriseront son établissement. Il est probable qu'une adaptation des normes actuelles de martelage et de coupe de jardinage par trouées pourra répondre adéquatement aux contraintes d'une exploitation mécanisée et aux exigences requises pour l'établissement et la croissance des semis de pin blanc dans les peuplements feuillus. Ainsi, le but du présent projet était de vérifier le potentiel de la coupe de jardinage avec trouées pour favoriser la régénération naturelle du pin blanc et d'en évaluer sa faisabilité et son efficacité comme méthode d'exploitation. Les objectifs spécifiques étaient les suivants :

1. Comparer les effets des coupes par trouées sur l'établissement et la croissance des semis de pin blanc à ceux observés pour des coupes de jardinage conventionnelles.
2. Vérifier l'effet de la scarification sur le taux de germination et de survie des plantules de pin blanc.
3. Déterminer la production des semences de pin blanc en fonction de la densité et de la distance des semenciers.
4. Intégrer le scarifiage du sol aux opérations courantes de prélèvement afin de réduire les coûts de préparation des micro-sites.
5. Adapter les normes du jardinage par trouées à la mécanisation des opérations forestières dans les strates de feuillus tolérants avec pin blanc.

6. Mettre en place un dispositif expérimental de démonstration du jardinage par trouées.

Il faut spécifier d'emblée que l'objectif 5 ne pourra être atteint que partiellement, car, en raison d'un manque de disponibilité de la machinerie forestière, la récolte a dû être effectuée de façon conventionnelle au lieu de mécanique. Il est évident aussi que les objectifs 1 et 2 ne pourront être atteints qu'à partir de suivis sur quelques années.

Le présent rapport présente la description du territoire à l'étude et du dispositif expérimental installé, l'ensemble des travaux sylvicoles effectués et leur productivité, les résultats préliminaires relatifs à l'objectif 3, une discussion générale sur le traitement (ses avantages et inconvénients) et une proposition quant au suivi des travaux.

2 Territoire à l'étude

Le territoire d'étude (Figure 1) fait partie du domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune, mais on remarque la persistance de l'érablière à tilleul sur les sites mésiques. La principale unité de paysage, telle que définie par Robitaille et Saucier (1998), couvrant le territoire est l'unité du Lac Dumont (20). Cette unité de paysage est caractérisée par des affleurements rocheux fréquents, mais aussi par des tills d'épaisseurs variables et des dépôts fluvio-glaciaires. Les peuplements de feuillus tolérants avec pin blanc (FtPb) se retrouvent habituellement sur ces deux types de dépôts dont la richesse est de moyenne à élevée et dont le drainage est bon à modéré. L'altitude moyenne de cette unité est 264 m et la longueur de la saison de croissance est de 170 à 180 jours. En plus du pin blanc, on retrouve généralement dans ces peuplements : l'érable à sucre, le hêtre à grandes feuilles, le tilleul d'Amérique, le frêne d'Amérique, le chêne rouge, le bouleau jaune, le sapin baumier et quelques autres essences.

La forêt de l'Aigle, où se trouve le territoire d'étude détient une tenure particulière, celle de projet pilote de forêt habitée. Cette forêt est gérée par un ensemble de partenaires du milieu dont fait partie l'Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue. Par sa tenure, son accessibilité et sa composition forestière, la forêt de l'Aigle constitue un site idéal pour les études à long terme sur le pin blanc.

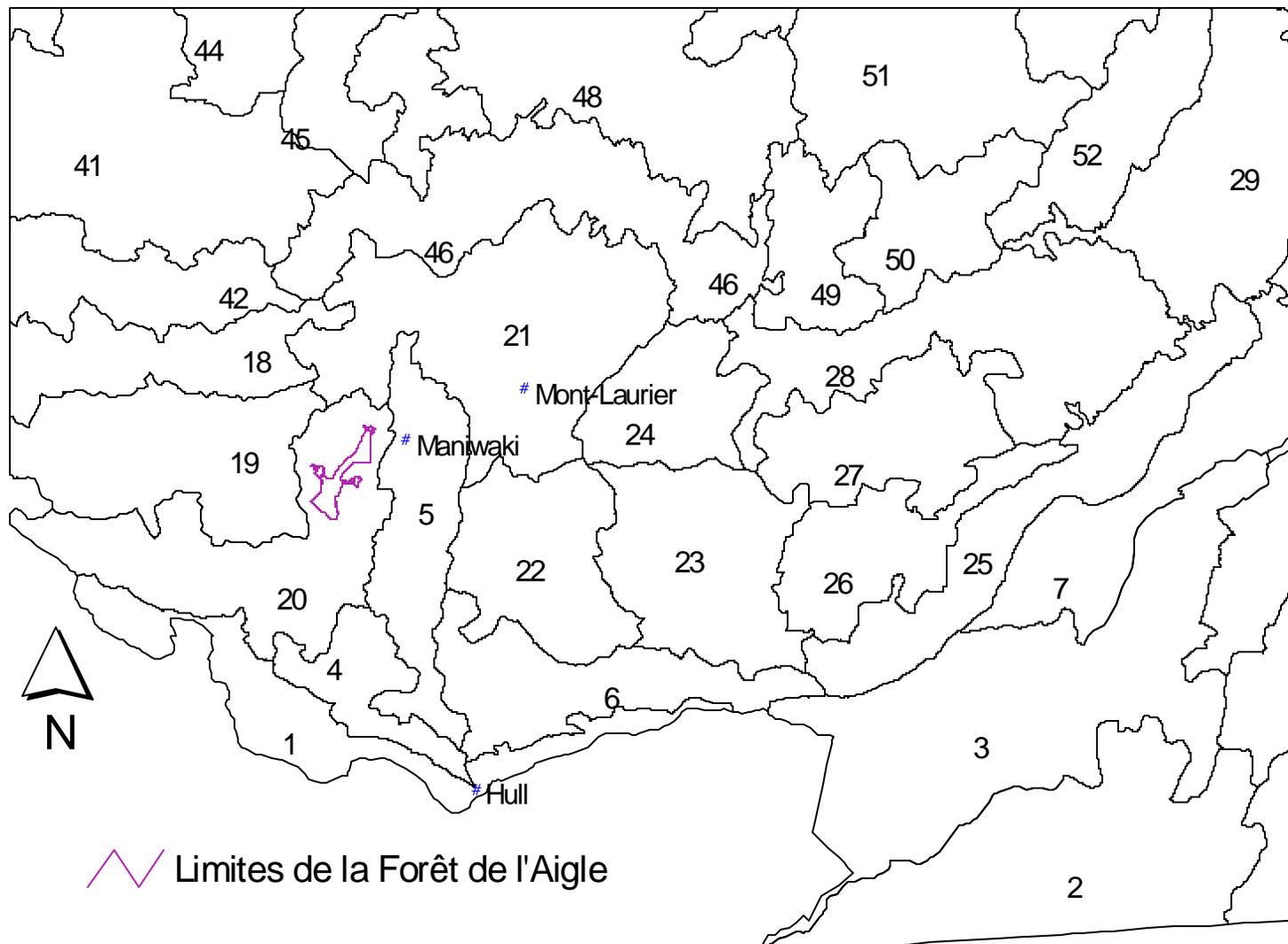


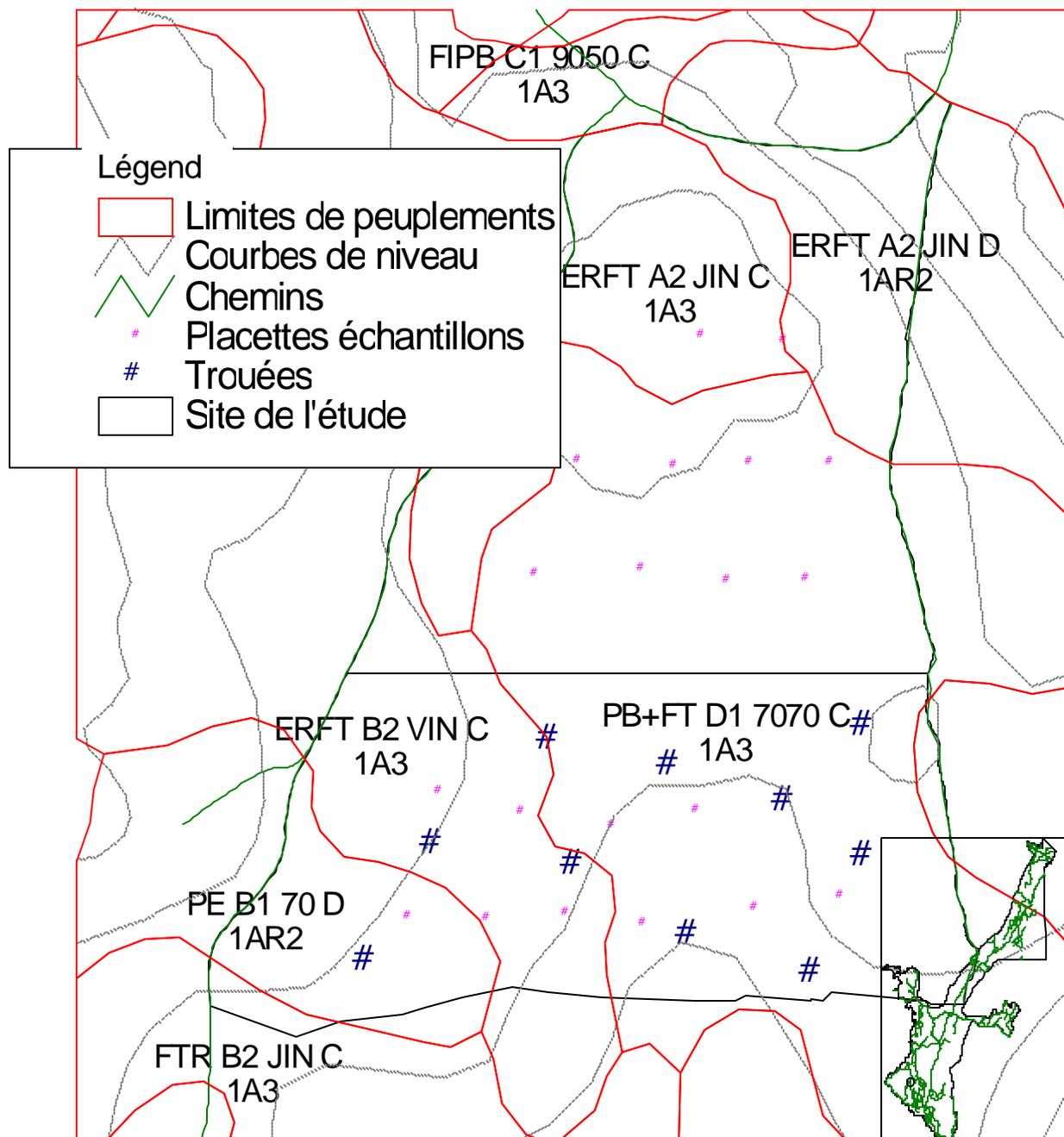
Figure 1 : Localisation du territoire d'étude; Les numéros et délimitations correspondent aux unités de paysages régionaux définies par Robitaille et Saucier (1998).

3 Description du dispositif expérimental

Le site d'étude d'une superficie de 27,5 ha a été divisé en deux parties relativement égales, soit 14,1 ha pour le secteur nord et 13,4 ha pour le secteur sud (Figure 2). Dans le secteur nord, une coupe de jardinage conventionnelle (martelage 30%) avec scarifiage a été effectuée (témoin) alors qu'on a procédé à une coupe de jardinage 20 % et à la récolte de 10 trouées de 40 m de diamètre dans le secteur sud. Avant intervention, 10 placettes échantillons permanentes de 11,28 m de rayon ont été installées dans chaque secteur (Figure 2). Ces placettes n'étaient pas visibles pour les ouvriers sylvicoles afin d'éviter des biais lors des opérations. Le tableau 1 présente la composition (volume) en essences forestières basée sur les inventaires des placettes. On remarque d'abord que les deux secteurs renferment sensiblement les mêmes essences. Le pin blanc est par contre plus abondant dans la section nord. On peut noter aussi que le peuplement ne correspond pas à une composition typique d'un peuplement FtPb puisque les essences tolérantes ne présentent pas un volume important du volume actuel. Le site reste tout de même d'un intérêt évident pour l'essai de la coupe de jardinage avec trouées, car le sol (sable loameux à loam sableux mésique) présente les caractères requis pour supporter un peuplement FtPb typique. Par ailleurs, la composition du peuplement n'est pas homogène, tel qu'on peut le constater par les différentes strates que l'on y rencontre. Par endroits, le pin blanc est très abondant alors qu'il est totalement absent à d'autres. Cette hétérogénéité pourra occasionner des problèmes sur le plan statistique plus tard, mais offre toutefois l'avantage de présenter une série de situations possibles sur le terrain. La figure 3 présente la structure des peuplements présents sur le site, d'après les inventaires effectués. On y remarque que les structures sont comparables quoiqu'il y ait plus d'individus à gros diamètre dans le peuplement PB+FT D1 7070 que dans les autres.

Afin de suivre l'établissement à long terme du pin blanc et des autres essences, 40 micro-placettes circulaires de 1 m² ont été placées au hasard à l'intérieur d'un rayon de 20 mètres du centre de chacune des trouées et placettes (Figure 4) pour un grand total de 1400 micro-placettes (400 dans le secteur nord et 800 dans le Secteur sud). Pour vérifier l'effet du scarifiage sur le succès de régénération du pin blanc, 20 des 40 placettes ont été placées sur sol scarifié. De plus, pour s'assurer d'avoir des résultats de croissance du pin blanc à vérifier rapidement, la moitié des placettes, tant sur sol scarifié que non scarifié, ont été ensemencées manuellement en fonction d'obtenir une densité de 10 000 semis/ha. Il faut noter que dans les aires jardinées (20 ou 30%), les essais de scarifiage par les débusqueuses n'ont pas été convaincants de telle sorte qu'on a souvent dû procéder à un scarifiage manuel.

Afin de vérifier l'effet du nombre et de la distance des semenciers de pin blanc sur son potentiel de régénération naturelle, tous les semenciers à l'intérieur d'un rayon de 50 m du centre de chaque placette et de chaque trouée ont été cartographiés; le total de semenciers ainsi localisés s'élève à 896. De plus, pour quantifier la production de semences, 4 trappes à graines de 0,25 m² chacune ont été installées dans les mêmes rayons à la fin août. Les semences ont été récoltées à la mi-novembre et comptées. Les semences récoltées ont aussi été utilisées pour effectuer des tests de germination (à 3, 5, 7, 10, 14 et 21 jours).



Échelle: 1: 5 000

Figure 2 : Localisation des placettes échantillons et des trouées

Tableau 1 : Volume (m3/ha) dans les deux secteurs du territoire d'étude

Secteur nord							
Qualité Espèce	A	B	C	D	< 24cm	Total (m ³ /ha)	
BOJ					4,3	4,3	2%
BOP		7,4	15,8		4,6	27,7	10%
CHR	3,0	2,4	11,2		1,2	17,8	7%
EPB					13,8	13,8	5%
EPN					0,0	0,0	0%
ERR				3,8	4,7	8,5	3%
ERS			8,7	7,6	19,7	36,0	13%
HEG			2,2	0,9	6,2	9,3	3%
OSV					0,7	0,7	0%
PET		3,2			2,2	5,4	2%
PIB	110,9	19,1	7,2		6,5	143,7	52%
SAB					4,4	4,4	2%
THO					0,3	0,3	0%
TIL					0,8	0,8	0%
Total	113,9 42%	32,1 12%	45,2 16%	12,2 4%	70,5 26%	273,9 100%	100%

Secteur sud							
Qualité Espèce	A	B	C	D	< 24cm	Total (m ³ /ha)	
BOJ	5,8		2,2	11,8	2,4	22,2	9%
BOP	2,5	5,5	13,0		3,7	24,7	10%
CHR	17,6	7,4	4,0			29,1	12%
EPB					5,9	5,9	2%
ERR			3,1	3,7	4,8	11,6	5%
ERS			25,8	7,0	17,8	50,5	21%
HEG			1,6	7,7	0,6	9,8	4%
OSV					1,2	1,2	0%
PEG		6,0				6,0	2%
PET					0,2	0,2	0%
PIB	33,3	11,9	10,7		1,8	57,7	24%
SAB			1,0		12,2	13,3	5%
TIL		2,0	4,5		1,3	7,8	3%
Total	59,3 24%	32,9 14%	65,9 27%	30,1 12%	55,4 23%	243,5 100%	100%

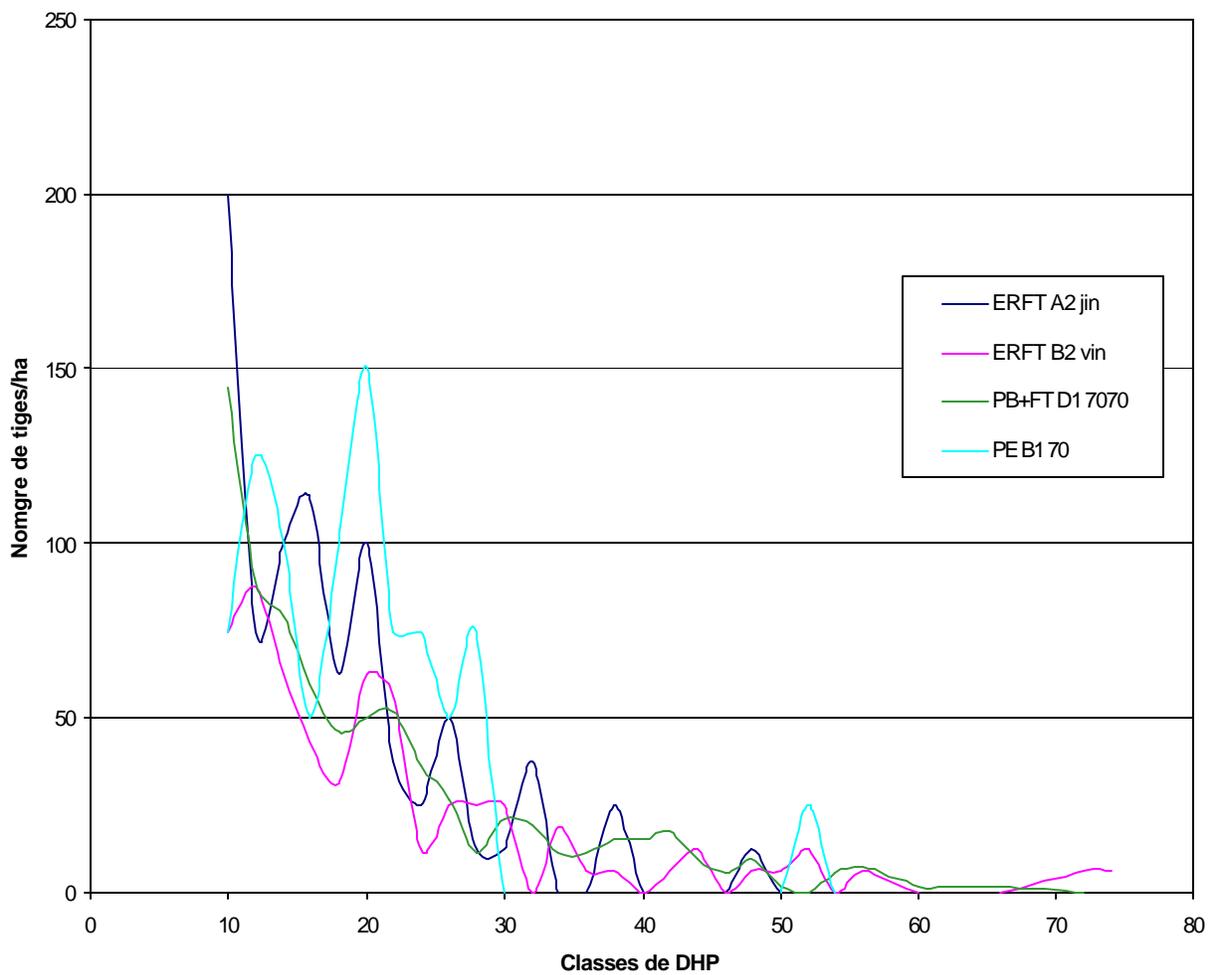


Figure 3 : Structure des peuplements du territoire d'étude

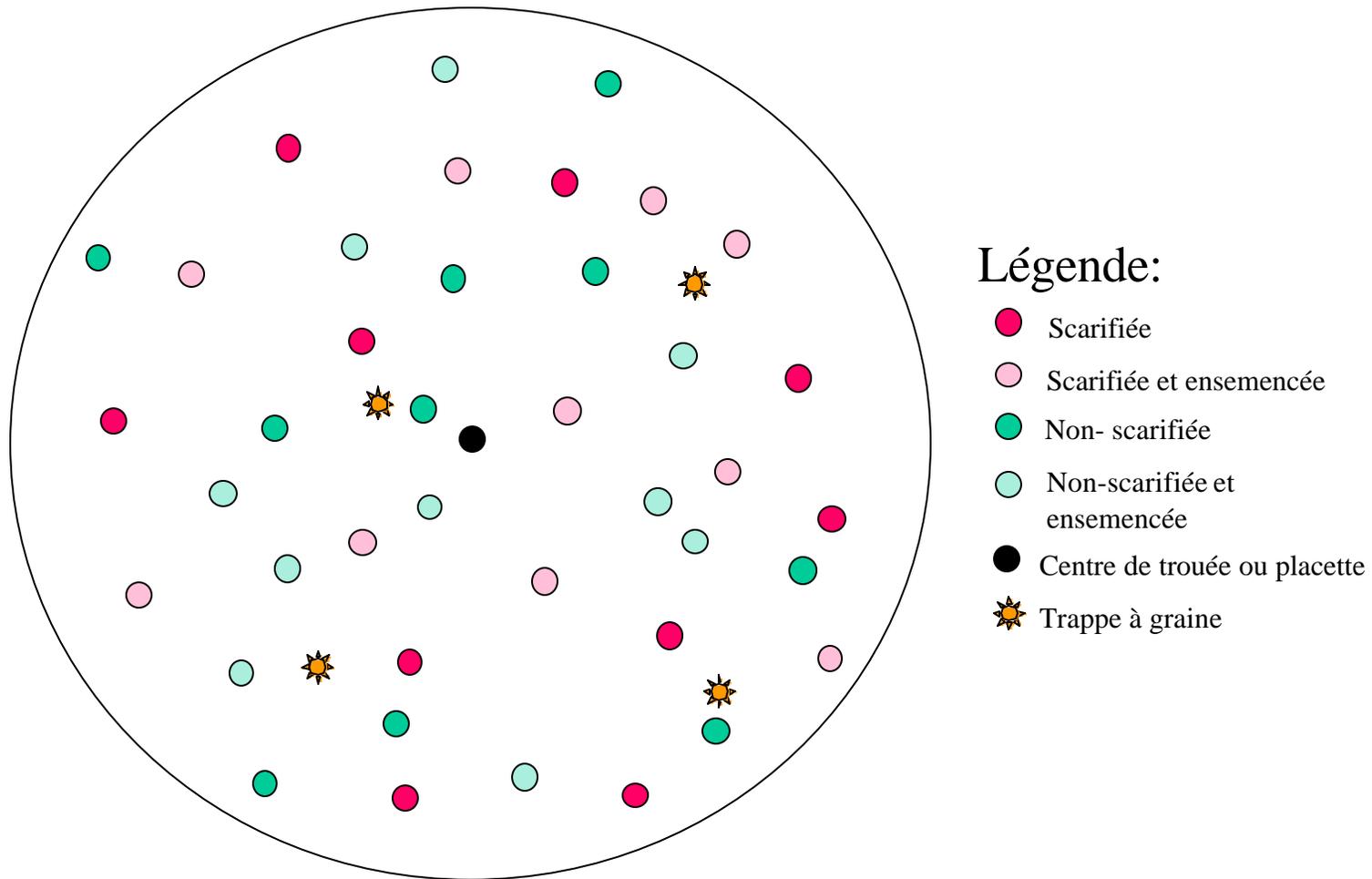


Figure 4 : Représentation schématique des différents types de micro-placettes mises en place au pourtour des centres de placettes et des trouées

Semenciers et trappes à graines : Premiers résultats

3.1 Méthodologie

Pour l'étude de la dispersion de graines, 4 trappes à graines de 0.25 m² ont été disposées aléatoirement dans chacune des 30 placettes et trouées à la fin du mois d'août 1998. Elles ont été ramassées par la suite à la mi-novembre 1998. Toutes les graines de pin blanc ont alors été récoltées et dénombrées. Elles ont été par la suite mises au germinoir pour tester le taux de germination. Le diamètre de tous les pins blancs à l'intérieur d'un rayon de 50m à partir du centre de la placette (ou trouée) a été mesuré. Des indices sur la condition semencière de chaque individu ont aussi été pris en note.

3.2 Analyse

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à l'influence de la quantité de semenciers dans un rayon de 50 m autour de chaque placette sur la quantité et la dispersion des semences. Pour ce faire, nous avons mis en relation, à l'aide de la régression linéaire, la surface terrière et la densité en semenciers de pin blanc avec le nombre de graines obtenues dans les 4 trappes d'une placette et aussi avec chaque trappe individuellement. Seuls les arbres de plus de 10 cm de DHP étaient considérés semenciers potentiels. Certains individus moribonds ont été éliminés de la liste de semenciers.

Deuxièmement, nous voulions savoir si la distance entre les semenciers et les trappes à graines pouvait avoir un pouvoir explicatif supplémentaire sur la dispersion des graines. En analysant les données de dispersion des graines par trappe, il nous est possible de considérer certaines relations spatiales. En effet, on peut pondérer l'effet d'un semencier en divisant sa surface terrière par la distance qui le sépare d'une trappe à graine donnée, (on assume ainsi que le potentiel d'ensemencement d'un semencier est directement proportionnel à sa grosseur et indirectement proportionnel à cette distance). Pour tester cet effet supplémentaire, nous avons utilisé la régression linéaire multiple où la première variable que le modèle devait inclure était la surface terrière, pour ensuite tester si la surface terrière pondérée par l'inverse de la distance ajoutait une information pertinente pour l'explication de la variation :

Équation [1] : $NG = a + bST + cST/D$

où NG = nombre de graines dans une trappe à graines

ST = surface terrière du semencier

ST/D = surface terrière du semencier pondérée par la distance

a = ordonnée à l'origine

b et c = constantes

Finalement, nous avons voulu vérifier si les vents dominants pouvaient avoir une influence sur la dispersion de graines observée à un site. Une analyse de la rose des vents à l'aide des données météorologiques a permis de mettre en évidence la direction préférentielle des vents dominants. À partir de cette information, nous avons recalculé la surface terrière en semenciers pondérée par l'inverse de la distance pour la portion de la rose des vents en aval et en amont de la direction des vents dominants. Selon l'analyse des données du mois de septembre 1998 de la station météorologique de Maniwaki, il apparaît clairement que les vents proviennent plus fréquemment de la

portion ouest de la rose des vents (Figure 5). Ces vents atteignent une vitesse moyenne de 10m/s. Une telle distribution inégale de la direction des vents dominants nous donnait la possibilité de vérifier si la situation spatiale du site d'ensemencement par rapport à la position des semenciers (en aval ou amont du vent) avait une influence sur la quantité de graines trouvées.

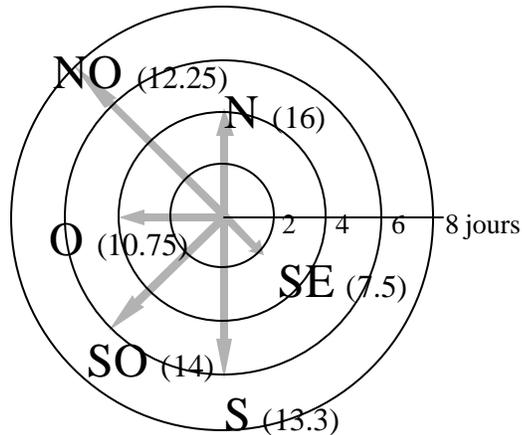


Figure 5 : Rose des vents pour la station météorologique de Maniwaki pour le mois de septembre 1998. La vitesse moyenne (m/s) des vents est entre parenthèses; les flèches indiquent l'origine du vent.

3.3 Résultats

3.3.1 Analyse de la dispersion des graines par placettes

Le nombre total de graines obtenu dans l'ensemble des 4 trappes à graines pour une placette était dépendant de la surface terrière (Figure 6) et de la densité (Figure 7) en semenciers au pourtour de cette trouée, soit dans un rayon de 50 mètres autour du centre de la placette. Cependant, dans les deux cas, le coefficient de détermination (R^2) n'est pas très élevé.

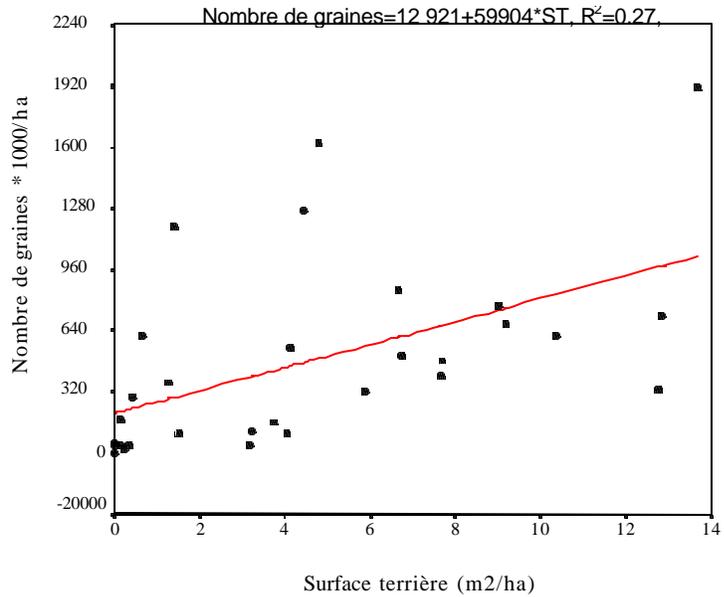


Figure 6 : Régression linéaire mettant en relation le nombre de graines de pin blanc recensé dans les trappes à graines avec la surface terrière en semenciers de pin blanc évaluée dans un rayon de 50 m à partir du centre de la placette.

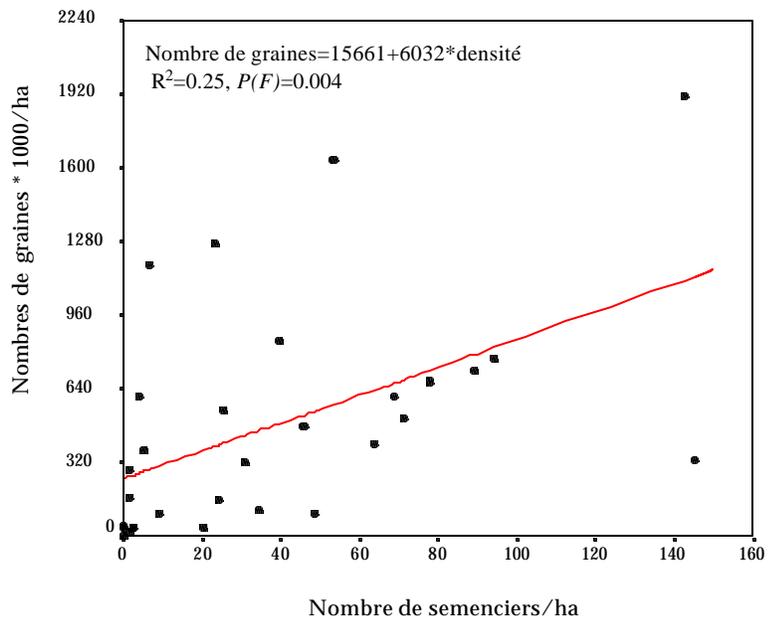


Figure 7 : Régression linéaire mettant en relation le nombre de graines de pin blanc recensé dans l'ensemble des trappes à graines avec la densité en semenciers de pin blanc évaluée dans un rayon de 50 m à partir du centre de la placette.

3.3.2 Analyse de la dispersion des graines par trappe à graines

Lorsqu'on refait exactement la même analyse mais en utilisant chaque trappe à graines individuellement, on obtient un modèle de régression linéaire, sans constante, hautement significatif pour la surface terrière (Nombre de graines/ha = 74848 * Surface terrière en semenciers, $R^2=0.81$, $P(F)<0.0001$) et la densité (Nombre de graines/ha = 7836.8 * nombre de semenciers/ha, $R^2=0.74$, $P(F)<0.0001$). L'ajout de la surface terrière pondérée par l'inverse de la distance entre le semencier et la trappe à graine ne permet pas d'améliorer l'explication de la variance déjà expliquée par la surface terrière seule ($P(F)>0.0$). Cela peut être dû à une forte corrélation entre les deux variables ($r=0.964$). Cependant, lorsque utilisée seule, la surface terrière pondérée par l'inverse de la distance s'avère être la meilleure variable explicative de la dispersion de graines (Figure 8).

À notre grande surprise, la prédiction du nombre de graines dans les trappes en utilisant seulement les semenciers qui se situaient en aval de la direction principale des vents (demi-cercle est) fut meilleure que celle utilisant les semenciers en amont (demi-cercle ouest) (Figures 9 et 10). De plus, la dispersion de graines est légèrement plus forte en provenance de l'aval que de l'amont pour une même surface terrière en semenciers pondérée par l'inverse de la distance. La prédiction de la dispersion de graines en utilisant la portion semencière en aval des vents dominants ($R^2=0.83$) fut presque aussi bonne qu'en utilisant l'ensemble des semenciers dans le cercle de 50 m de rayon.

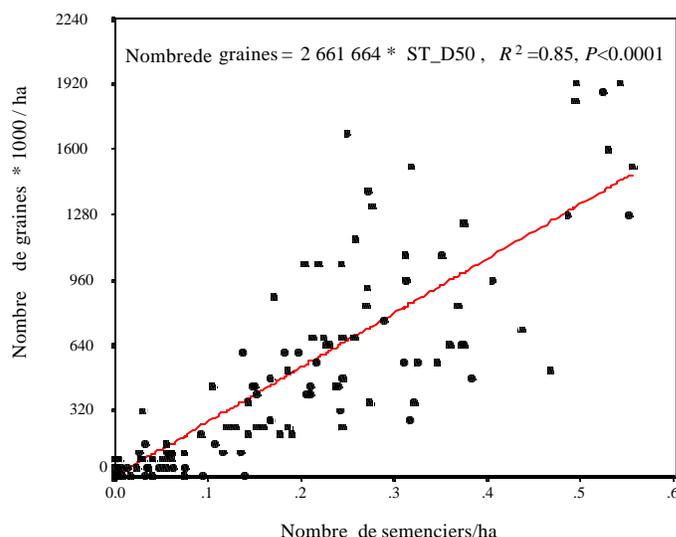


Figure 8 : Régression linéaire mettant en relation le nombre de graines de pin blanc recensé dans une trappe à graines avec la surface terrière en semenciers de pin blanc pondérée par l'inverse de la distance évaluée dans un rayon de 50 m à partir de la trappe à graines.

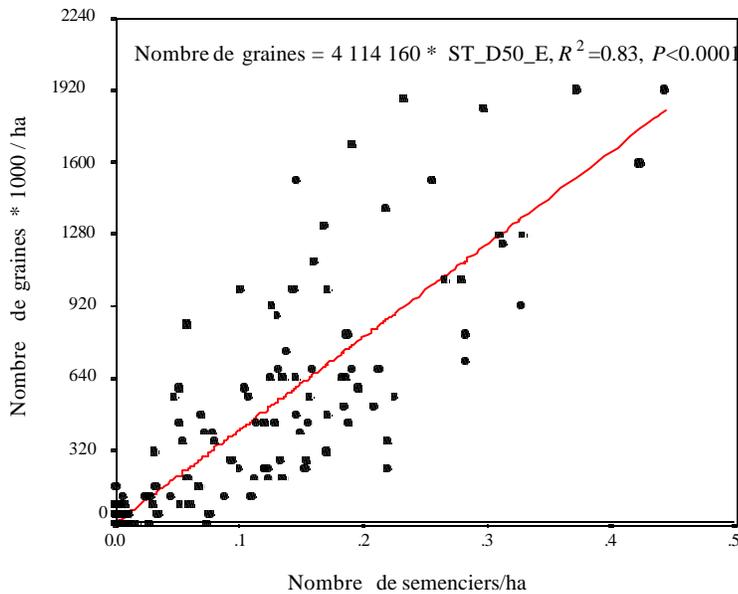


Figure 9 : Régression linéaire mettant en relation le nombre de graines de pin blanc recensé dans une trappe à graines avec la surface terrière en semenciers de pin blanc pondérée par l'inverse de la distance à l'intérieur d'un demi-cercle est d'un rayon de 50 m à partir de la trappe à graines.

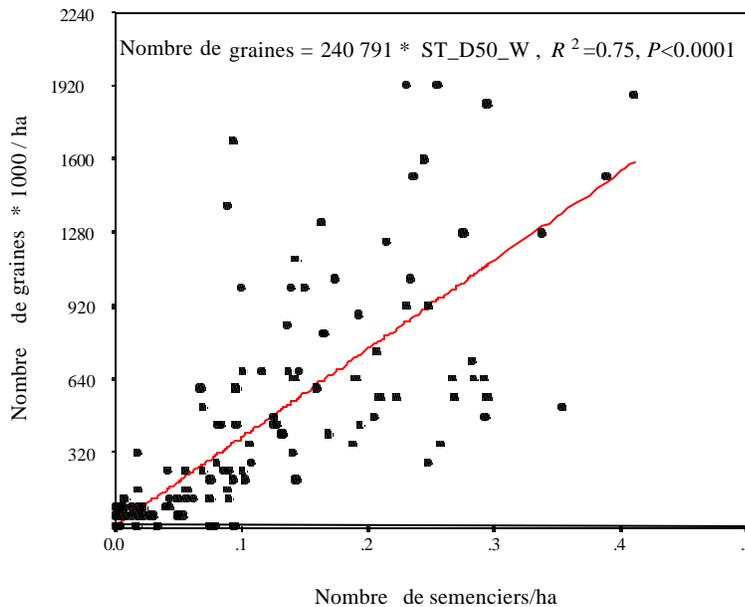


Figure 10 : Régression linéaire mettant en relation le nombre de graines de pin blanc recensé dans une trappe à graines avec la surface terrière en semenciers de pin blanc pondérée par l'inverse de la distance à l'intérieur d'un demi-cercle ouest d'un rayon de 50 m à partir de la trappe à graines.

3.4 Discussion

NOS RÉSULTATS DÉMONTRENT D'ABORD L'IMPORTANCE DE LA QUANTITÉ DES SEMENCIERS AU POURTOUR DES ZONES À RÉGÉNÉRER LORS DE COUPE DE RÉGÉNÉRATION DU PIN BLANC. CETTE RELATION AVAIT AUSSI ÉTÉ DÉMONTRÉE AILLEURS (PALIK ET PREGITZER 1993; PALIK ET PREGITZER 1994; KITTREDGE ET ASHTON 1990). NOUS AVONS TROUVÉ QUE CHAQUE ARBRE AVAIT DISSÉMINÉ EN MOYENNE 7837 GRAINES. CELA CONSTITUE UNE QUANTITÉ CONSIDÉRABLE. CELA PEUT S'EXPLIQUER, D'UNE PART, PAR LE FAIT QUE LE MOIS DE SEPTEMBRE EST LE TEMPS OÙ LES GRAINES SONT LIBÉRÉES (COLLINGWOOD ET BRUSH 1998) ET, D'AUTRE PART, PAR LE FAIT QUE L'ANNÉE 1998 A ÉTÉ UNE BONNE ANNÉE SEMENCIÈRE (MAURICE MICHAUD, MRN, RÉGION OUTAOUAIS, COMMUNICATION PERSONNELLE). DURANT LES BONNES ANNÉES SEMENCIÈRES, QUI SE REPRODUISENT EN MOYENNE À TOUS LES 3-4 ANS, ON RÉCOLTE DE 5 À 10 FOIS PLUS DE CÔNES QUE DURANT LES ANNÉES SEMENCIÈRES FAIBLES (FARRAR 1996, PINTO ET AL. 1998). ON DEVRAIT DONC S'ATTENDRE À OBTENIR UNE PRODUCTION DE SEMENCES BEAUCOUP PLUS FAIBLE ORDINAIREMENT. CE RÉSULTAT APPUIE LA RECOMMANDATION SELON LAQUELLE LES COUPES DE RÉGÉNÉRATION DEVRAIENT ÊTRE EN PHASE AVEC LES BONNES ANNÉES SEMENCIÈRES, SURTOUT SI DES TRAVAUX DE PRÉPARATION DE TERRAIN SONT PRÉVUS POUR AUGMENTER LE SUCCÈS DE LA RÉGÉNÉRATION EN PIN BLANC.

Nous n'avons pu démontrer à l'aide du dispositif utilisé ici l'importance de la distance; cela a par contre déjà été démontré dans la littérature (Palik et Pregitzer 1994). La forte corrélation entre la surface terrière et la surface terrière pondérée par l'inverse de la distance suggère que l'effet de la distance se soit confondu. Pour vérifier l'effet de la distance, il faudrait un dispositif où la surface terrière est constante et la distance varie.

L'importance de la position spatiale du site d'ensemencement par rapport aux semenciers le long de l'axe de la direction des vents dominants n'a pu être démontrée non plus dans cette étude. Malgré que la dissémination des graines de pin blanc se fasse par voie aérienne, la distance parcourue par chacune d'elle est généralement assez limitée au pourtour de l'arbre (30-60 m en moyenne) (Horton et Bedell 1960; Wendel et Smith 1990). Avec une graine aussi lourde, nous croyons donc que le vent a un effet plutôt limité sur la distribution des graines.

À l'aide des résultats obtenus dans cette étude, nous avons voulu définir la quantité de semenciers à laisser au pourtour d'une trouée de régénération pour obtenir une quantité désirée de semis de pin blanc selon la proportion du parterre de la trouée ayant le sol minéral exposé. Pour ce faire nous avons couplé la relation entre la surface terrière et la quantité de graines obtenue dans cette étude avec la formule des taux d'ensemencement établis par Duchesne *et al.* (1998). Selon cette dernière, il est possible de définir le nombre de graines/ha nécessaire pour obtenir une densité désirée en semis. Notre équation complète cette information, car elle permet de dire combien de semenciers sont nécessaires pour obtenir le nombre de semis obtenu dans l'équation précédente. Nous avons utilisé un taux de germination de 80%, soit celui que nous avons obtenu en laboratoire (Srdjan Ostojic, communication personnelle). L'équation obtenue est la suivante:

Équation [1] : $ST = D * [0.00017071 + 0.00033401 * (1 - \%SM/100)]$

où ST = surface terrière en semenciers dans un rayon de 50m (m²/ha)
D = densité désirée en semis de pin blanc (Nb/ha)
%SM = pourcentage de sol minéral exposé

Ainsi, un aménagiste qui désire régénérer un parterre de coupe avec une densité de 10 000 semis /ha en pin blanc et qui a scarifié 50% du parterre à régénérer devra laisser au pourtour (50 m du centre de la trouée créée) 2.841 m²/ha en semenciers de pin blanc (Figure 11). En connaissant la surface terrière moyenne occupée par un semencier, on peut facilement convertir cela en nombre de semenciers par hectare. Pour une surface terrière moyenne par semencier de 0.12 m²/ha (observée sur notre site), l'aménagiste devrait donc laisser 24 semenciers par hectare. Pour diminuer ce nombre, l'aménagiste peut intensifier ses travaux de scarifiage.

Ceci s'applique, bien entendu, dans les mêmes conditions que celles dans lesquelles cette étude a été effectuée. On parle donc d'une bonne année semencière avec un taux de germination s'approchant de celui observé dans le test en laboratoire. Il est fort probable que ce taux ne soit pas celui qui est expérimenté sur le terrain. En effet, les graines sont très vulnérables à la déprédation et au parasitisme fongique avant la germination (Stiell 1985). Il faut aussi être prudent quant à l'utilisation d'une telle relation : une bonne régénération et un bon établissement ne signifient pas nécessairement l'établissement d'un peuplement libre de croître. Selon Carleton *et al.* (1996), la production de graines, leur dispersion et leur établissement sembleraient être moins une barrière à la régénération naturelle que la survie et la croissance des semis établis.

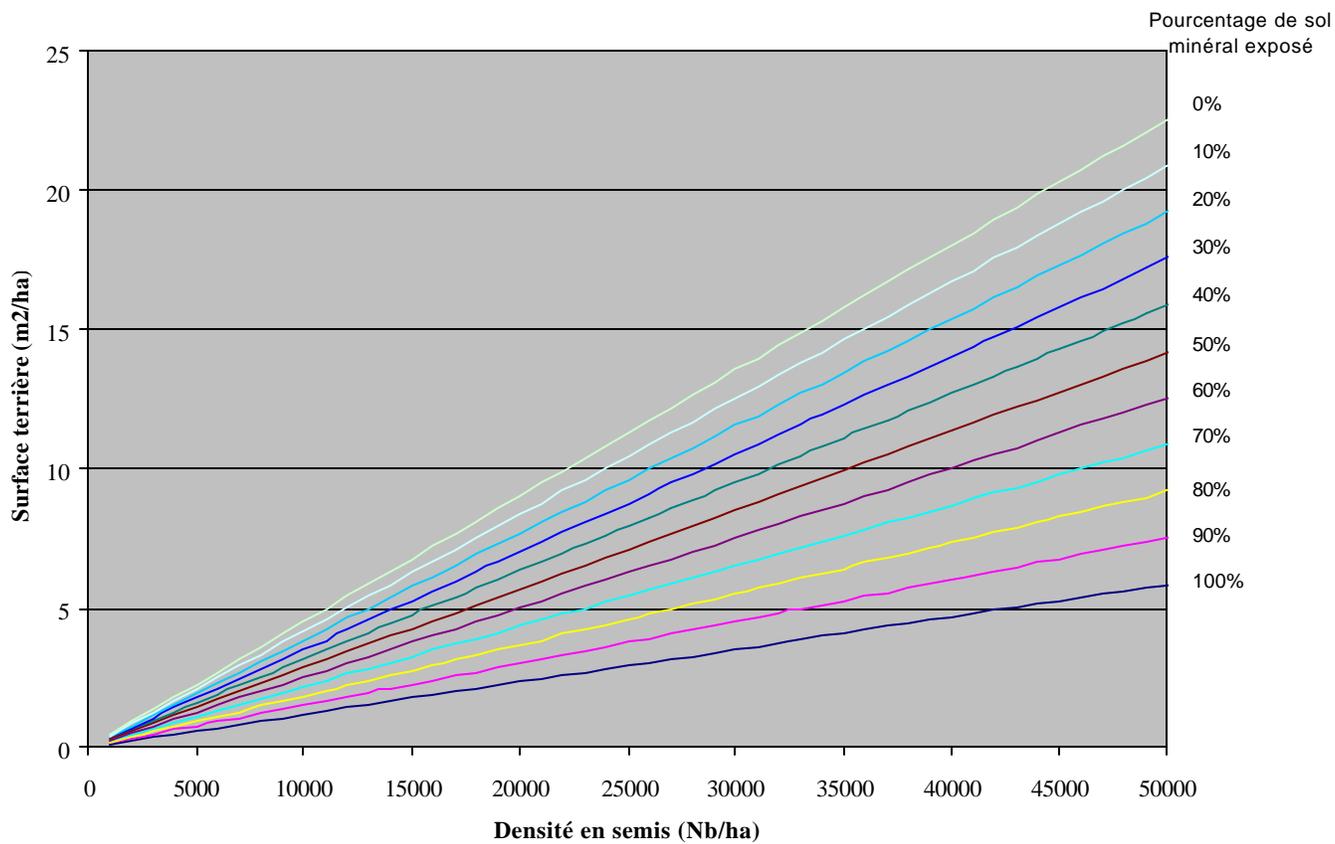


Figure 11 : Surface terrière en semenciers requise pour obtenir le nombre de semis désiré compte tenu du pourcentage en sol minéral exposé.

4 Travaux effectués

4.1 Marquage (Martelage)

4.1.1 Indications fournies

Les indications suivantes ont été données au marteleur; elles sont basées sur les exigences du manuel d'aménagement forestier (MRNQ, 1998) pour les bouleaux et autres essences peu tolérantes : « ...La surface terrière enlevée se situe entre 25 et 35 % de la superficie initiale (incluant les trouées) et le pourcentage de prélèvement des principales essences objectifs, tel que déterminé par l'aménagiste, a été respecté. Les trouées de 500 à 1 500 m² doivent occuper environ 10 % de la superficie jardinée avec trouées...Le martelage doit être réalisé en conséquence. »

Dans le secteur nord

Marquage conventionnel des tiges 30% en respectant les proportions d'essences.

Dans le secteur sud

- ⇒ Marquage conventionnel des tiges (20%);
- ⇒ Marquage de 10 trouées de 40 m de diamètre;
- ⇒ Trouées distancées d'au moins 40 m entre elles;
- ⇒ Au moins un semencier à proximité de chacune des trouées
- ⇒ Volume total récolté dans les trouées ≈ volume potentiellement récolté avec 10% de jardinage;
- ⇒ Délimitation des trouées au topofil (exigence ayant pour objectif d'éliminer la subjectivité, à savoir si un arbre entre ou non dans une trouée)

4.1.2 Déroulement des travaux

Cette section concerne principalement le secteur sud où des trouées ont été placées. En raison des exigences écologiques du pin blanc, il était hors de question que l'on place les trouées de façon systématique puisqu'une telle façon de faire pourrait mener à des aberrations sylvicoles (trouées sans semencier ou sur sites non-propices pour l'essence cible). Le marteleur a d'abord procédé au marquage traditionnel 20% des tiges sur tout le territoire. Cette première étape a permis au marteleur d'identifier que certaines portions du peuplement avaient une très grande proportion de pin blanc alors que d'autres en étaient quasiment dépourvues. Cette hétérogénéité lui indiquait donc que la disposition des trouées ne pourrait être faite de façon systématique; c'est ce qui explique d'ailleurs la concentration des trouées dans la portion est du secteur (Figure 2). Cette façon de procéder, c'est-à-dire en deux passages, augmente bien évidemment le temps requis au marteleur pour marquer un secteur donné. La délimitation des trouées à l'aide du topofil prend aussi beaucoup de temps, car de nombreux rayons à partir du centre de la trouée doivent être parcourus. Nous estimons que cette augmentation de temps est de l'ordre de 50%; en effet, le marteleur a pris trois jours pour délimiter un

secteur qui lui en aurait pris deux normalement. À la section 6.2, nous proposons des moyens pour atténuer cette baisse de productivité.

4.2 Prélèvement et scarifiage

4.2.1 Indications fournies

Les indications suivantes ont été données aux opérateurs.

Dans le secteur nord

- ⇒ Abattage de tous les arbres marqués et scarifiage du sol (jusqu'au sol minéral) par endroits avec la pelle de la débusqueuse.
- ⇒ Scarifiage à même les déplacements de la débusqueuse afin d'éviter une baisse de leur productivité.

Dans le secteur sud

- ⇒ Dans les secteurs avec marquage conventionnel des tiges (20%), le marteleur utilise les mêmes indications que dans le secteur nord;
- ⇒ Abattage de tous les arbres et gaulis à l'intérieur des trouées;
- ⇒ Aucun déchet (vert) de coupe à l'intérieur des trouées (ainsi, les déchets devaient être envoyés sur les rebords des trouées);
- ⇒ Scarifiage (jusqu'au sol minéral) d'un minimum de 50% de la superficie de la trouée;
- ⇒ Une trouée peut servir de chemin pour le débusquage du bois (provenant d'autres trouées ou du jardinage 20%), mais la débusqueuse doit toujours passer au même endroit

4.2.2 Déroulement des travaux

Les travaux ont été effectués dans le secteur nord principalement par une équipe et dans le secteur sud (jardinage avec trouées) par deux équipes.

En ce qui concerne le secteur nord (jardinage 30%), la seule nouveauté instaurée au traitement était le scarifiage à même les opérations (débusqueuses (John Deer 230 et 240). L'essai ne s'est pas avéré concluant, car les micro-sites ne se prêtent pas toujours bien au débusquage en raison de la pierrosité de surface ou de la micro-topographie. Ainsi, la quantité de micro-sites scarifiés demeure négligeable dans ce secteur.

En ce qui concerne le secteur sud, dans les aires jardinées à 20%, les commentaires relatifs au scarifiage du secteur nord s'appliquent intégralement. Pour ce qui est de l'abattage, les ouvriers nous ont fait part des difficultés suivantes :

- ⇒ Le bûcheron et la débusqueuse doivent se déplacer beaucoup plus pour la même quantité de bois abattu
- ⇒ Il est plus difficile pour l'opérateur de la débusqueuse de se rendre jusqu'aux arbres à débusquer étant donné la faible proportion de tiges retirées
- ⇒ Il est plus difficile pour le bûcheron, lors de l'abattage d'un arbre, d'éviter les blessures aux arbres non-marqués en raison, encore une fois, de la faible proportion de tiges retirées. Les données issues de nos inventaires ne confirment pas ce problème; en effet dans les deux secteurs, le pourcentage de tiges blessées ou

renversées égale 17% des tiges initiales (des tiges de faible diamètre en grande partie).

⇒ La pelle que l'on retrouve sur les débusqueuses n'est pas adaptée pour l'empilement des déchets de coupe ni pour le scarifiage (ce dernier occasionnant de nombreux bris à la débusqueuse). Dans le cadre du projet, la pelle avait été préférée au peigne, car elle permet de faire un scarifiage sur une plus grande surface; en effet, des surfaces scarifiées d'une largeur minimale d'un mètre étaient nécessaires pour la mise en place de notre dispositif expérimental.

Dans les trouées, l'abattage des arbres se faisait très rapidement de sorte que l'opérateur de la débusqueuse ne pouvait suivre le rythme du bûcheron. De plus, l'opérateur de la débusqueuse devait empiler les déchets de coupe en dehors de la trouée et, par la suite, scarifier un minimum de 50% de la superficie de la trouée. Ainsi, lors de la coupe des trouées, le bûcheron se retrouvait de longues minutes sans travail à attendre que la débusqueuse termine son travail. Nous avons comme hypothèse de départ que la productivité moindre dans le jardinage 20% serait compensée par une productivité plus élevée dans les trouées. Cette hypothèse ne s'est donc pas vérifiée en raison du surplus de travail de la débusqueuse par rapport au bûcheron dans les trouées. Des propositions sont fournies à la section 6.3 afin d'améliorer la productivité des travaux.

Le tableau 2 fournit la productivité des équipes durant les trois semaines qu'ont duré les travaux. À titre de comparaison, la productivité des mêmes équipes pour la semaine précédant les travaux est présentée. Malheureusement, le type de peuplement a également changé de telle sorte que les comparaisons doivent être faites avec parcimonie. En effet, on peut s'apercevoir que la quantité de pin débité en longueur augmente pour les équipes 1 et 2 (celles qui ont effectué des trouées) au moment où elles commencent à effectuer les coupes par trouées. Ainsi, ces équipes, soit en raison du changement de type de peuplement ou du changement de type de coupe, voient leur productivité diminuer. Les ouvriers nous ont d'ailleurs mentionné que le fait de débiter le pin diminuait grandement leur productivité. Ceci est d'ailleurs appuyé par les résultats de l'équipe 3 qui n'a pas effectué de coupes par trouées. La productivité de cette équipe croît de 16% en même temps que le pourcentage en pin blanc débité diminue de 42% à 0% du volume abattu. Ainsi, il est difficile de distinguer, pour les équipes 1 et 2, quelle part de la baisse de productivité est due au changement de coupe de celle due au changement de type de peuplement.

Tableau 2 : Évaluation de la productivité pour les différentes équipes lors des travaux de prélèvement et de scarifiage

	Équipe 1			Équipe 2			Équipe 3		
Semaine	Productivité (m ³ /h/équipe)	% en PIB débité	Coupe	Productivité (m ³ /h/équipe)	% en PIB débité	Coupe	Productivité (m ³ /h/équipe)	% en PIB débité	Coupe
1	4,33	0%	CJ ¹	4,28	0	CJ	4,15	42%	CJ
2	3,1	67%	CJC T	3,36	40%	CJCT	4,43	4,5%	CJ
3	2,86	60%	CJCT	3,19	18%	CJCT	4,84	0%	CJ

¹ CJ signifie coupe de jardinage conventionnelle et CJCT signifie coupe de jardinage avec trouées.

LE TABLEAU 3 PRÉSENTE LES STATISTIQUES DE PRÉLÈVEMENT DANS LES TROUÉES. CES DERNIÈRES REFLÈTENT LA DIVERSITÉ DES CONDITIONS DE SITES TROUVÉS SUR LE TERRITOIRE DE COUPE. LE BOULEAU BLANC EST PRÉSENT DANS TOUTES LES TROUÉES (3% MIN) DE MÊME QUE L'ÉRABLE À SUCRE (1% MIN). CETTE OBSERVATION S'APPLIQUE ÉGALEMENT À LA SURFACE TERRIÈRE PAR LAQUELLE LE SAPIN, MÊME S'IL NE PRÉSENTE PAS UN VOLUME IMPORTANT DANS TOUTES LES TROUÉES, DÉMONTRE UNE PRÉSENCE CONSTANTE (1%). CES TROIS ESSENCES RÉAFFIRMENT LEUR PROÉMINENCE DANS LE PEUPLEMENT PAR LE NOMBRE DE TIGES COUPÉES DANS LES TROUÉES SOIT AU MINIMUM 2% DE TOUTES LES TIGES POUR LE BOULEAU À PAPIER, 2% POUR L'ÉRABLE À SUCRE ET 6% POUR LE SAPIN. LA PLUS FORTE PROPORTION DES TIGES DE SAPIN SEMBLE INDiquer UN ENVAHISSEMENT PROGRESSIF DU PEUPLEMENT PAR CETTE ESSENCE.

Le pin blanc et le chêne rouge représentent un pourcentage important du volume de bois coupé dans certaines trouées soit, respectivement 79% et 38%. Cette forte proportion indique que ces sites présentaient les conditions les plus favorables pour l'établissement et le développement de ces essences. L'érable à sucre, dans le peuplement, est la seule autre essence qui présente un pourcentage aussi élevé du volume coupé dans une trouée, soit 38%.

Le pin blanc représente 50% du volume total des trouées, le bouleau à papier, 10% et l'érable à sucre, 9%. En termes de nombre de tiges, ces proportions sont très différentes; les différentes essences présentent respectivement 16%, 9% et 18%. La concentration plus forte de tiges de pin blanc dans une partie du territoire explique la forte proportion de volume coupé en pin blanc.

Tableau 3 : Statistiques de prélèvement dans les trouées

Volume									
Qualité Espèce	A	B	C	D	<24cm	Total (m³/trouée)	Total%	Min%	Max%
BOJ			3,64		1,60	5,24	2%	0%	16%
BOP		2,57	22,85	0,73	6,84	32,98	10%	3%	19%
CHR	3,49	4,15	8,15	1,37	0,04	17,20	5%	0%	38%
EPB					15,91	15,91	5%	0%	8%
ERR		0,79	3,35	3,45	7,82	15,42	4%	0%	12%
ERS			11,79	1,35	16,39	29,53	9%	1%	38%
FRN					0,12	0,12	0%	0%	0%
HEG		0,72	1,78		1,35	3,85	1%	0%	5%
OSV					0,45	0,45	0%	0%	1%
PEG	10,78	2,65		1,00		14,43	4%	0%	13%
PET	11,07	5,31	1,29	1,57	0,56	19,80	6%	0%	18%
PIB	84,47	48,39	29,83	6,14	5,77	174,60	50%	0%	79%
SAB					12,35	12,35	4%	0%	18%
THO					1,61	1,61	0%	0%	7%
TIL		0,93	1,09		0,47	2,50	1%	0%	10%
Total	109,8	65,52	83,76	15,62	71,28	345,99	100%		
	32%	19%	24%	5%	21%	100%			

Surface terrière									
Qualité Espèce	A	B	C	D	<24cm	Total (m²/trouée)	Total%	Min%	Max%
BOJ			0,51		0,32	0,82	2%	0%	8%
BOP		0,32	2,87	0,09	0,94	4,22	10%	3%	20%
CHR	0,40	0,47	0,95	0,17	0,01	2,00	5%	0%	32%
EPB					2,35	2,35	6%	0%	11%
ERR		0,11	0,51	0,51	1,69	2,83	7%	0%	15%
ERS			1,48	0,17	2,89	4,54	11%	2%	42%
FRN					0,03	0,03	0%	0%	1%
HEG		0,08	0,21		0,26	0,55	1%	0%	6%
OSV					0,14	0,14	0%	0%	2%
PEG	0,95	0,25		0,10		1,30	3%	0%	10%
PET	0,97	0,46	0,13	0,14	0,12	1,82	4%	0%	12%
PIB	7,74	4,73	3,41	0,59	0,93	17,41	42%	0%	71%
SAB					3,17	3,17	8%	1%	24%
THO					0,27	0,27	1%	0%	10%
TIL		0,10	0,13		0,09	0,32	1%	0%	9%
Total	10,06	6,53	10,20	1,78	13,21	41,78	100%		
	24%	16%	24%	4%	32%	100%			

Tableau 3 (suite)

Nombre de tiges									
Qualité	A	B	C	D	<24cm	Total	Total%	Min%	Max%
Espèce						(tiges/trouée)			
BOJ			8		18	26	3%	0%	13%
BOP		3	48	1	30	82	9%	2%	20%
CHR	3	3	7	2	1	16	2%	0%	10%
EPB					68	68	7%	0%	18%
ERR		1	10	8	99	118	13%	0%	28%
ERS			25	3	133	161	17%	2%	51%
FRN					2	2	0%	0%	2%
HEG		1	4		17	22	2%	0%	9%
OSV					14	14	1%	0%	7%
PEG	4	2		1		7	1%	0%	2%
PET	5	2	2	1	10	20	2%	0%	5%
PIB	36	31	43	4	32	146	16%	0%	40%
SAB					244	244	26%	6%	45%
THO					5	5	1%	0%	8%
TIL		1	2		4	7	1%	0%	6%
Total	48	44	149	20	677	938	100%		
	5%	5%	16%	2%	72%	100%			

4.2.3 Sorties sur le terrain

Deux sorties sur le terrain ont été effectuées : une avec des représentants du MRN et de la recherche et une autre avec des représentants de l'industrie. Les deux groupes ont été séparés, car nous avons été avertis que des divergences d'opinions profondes existaient quant à l'application de la coupe par trouées. Le but de la sortie étant de présenter les travaux effectués, les difficultés rencontrées et les avantages de la méthode, l'IQAFF ne voulait pas, dans un premier temps du moins, devoir gérer ces divergences. Les principaux sujets discutés furent les suivants : l'emplacement des trouées, les problèmes associés au jardinage 20%, la nécessité du scarifiage, les difficultés occasionnées au marteleur et les crédits pour les travaux. Ces sujets seront abordés plus en détails à la section 6.

5 Discussion générale

5.1 Emplacement des trouées

L'emplacement des trouées est certes le sujet qui a occasionné le plus de discussions tant chez les représentants du MRN que de l'Industrie. Répétons d'abord que l'IQAFF est défavorable à un positionnement systématique des trouées en raison des aberrations sylvicoles que cela peut occasionner. Par ailleurs, la coupe de jardinage avec trouées dans les peuplements FtPb peut être utilisée pour répondre à deux objectifs, qui ne sont pas nécessairement conciliables, soit celui de régénérer le pin blanc et celui de remettre en production des sites non-régénérés et mal stockés. L'IQAFF a d'ailleurs été critiqué lors des visites sur le terrain pour avoir favorisé le premier objectif et ainsi localisé des trouées à des endroits bien stockés.

Si le principal objectif est celui de favoriser la régénération du pin blanc, il est nécessaire que les trouées soient placées à proximité de pins blancs semenciers. Les résultats présentés à la section 4 démontrent d'ailleurs que la proximité et le nombre de semenciers sont essentiels pour obtenir une quantité de graines acceptable. Le fait de localiser les trouées à proximité des semenciers impliquera presque toujours que des pins blancs seront abattus. La principale difficulté, dans le cas du territoire d'étude, est qu'il y avait une concentration de pins blancs de quelques hectares. Idéalement, ces quelques hectares auraient été aménagés par une éclaircie commerciale ou par une coupe progressive d'ensemencement. Étant donné que les aires de coupe sont délimitées à partir d'outils qui ne sont pas parfaitement précis (inventaires d'intervention et carte forestière), il peut arriver fréquemment que le peuplement aménagé ne soit pas homogène et que certaines parties de celui-ci contiennent une plus forte concentration d'une essence en particulier. La solution, dans le cas d'une forte concentration de pins blancs, serait sans doute de donner l'opportunité au marteleur de changer la prescription sylvicole lorsqu'il arrive devant une forte concentration de pins blancs. Cette façon de fonctionner n'est toutefois pas dans les mœurs.

Ainsi, les spécifications suivantes pourraient être données au marteleur pour l'emplacement des trouées :

- a) De 12 à 30 semenciers dans l'hectare entourant la trouée sont nécessaires dépendant de la viabilité des graines et du fait que l'on fera ou non du scarifiage. Cette exigence peut diminuer aussi en fonction du nombre de pins blancs désiré dans le futur peuplement. L'exigence relative aux semenciers peut être abandonnée si les planificateurs ont décidé à l'avance de régénérer artificiellement.
- b) Milieu physique apte à une bonne croissance pour le pin blanc; éviter les endroits imparfaitement ou mal drainés (ex. : coulée, bas de pente, dépression) et les affleurements rocheux.
- c) La distance entre les trouées égale ou plus grande que le diamètre des trouées.
- d) Éviter de placer les trouées à l'intérieur de fortes concentrations de pins blancs. Ces concentrations contiennent souvent des pins blancs en position intermédiaire et qui peuvent encore profiter en volume si on les laisse croître. Lorsqu'il rencontre une

telle concentration, le marteleur devrait essayer de faire une trouée adjacente à cette concentration tout en incluant dans la trouée quelques gros vétérans.

- e) Le volume moyen récolté par trouée devrait être représentatif du volume du peuplement martelé. Certaines trouées peuvent contenir un plus grand volume, mais devrait être compensées par d'autres présentant un plus faible volume. Tel que mentionné ci-dessus, cette spécification ne fait pas consensus. Pour certains, les trouées devraient d'abord être localisées dans des sites non-régénérés et mal stockés.

5.2 Marquage

La baisse de productivité du marquage lors du jardinage avec trouées comparé au jardinage conventionnel est en grande partie due au fait que le marteleur doit parcourir le territoire deux fois plutôt qu'une. Une façon d'éviter ce double passage, autre que l'emplacement systématique des trouées, est d'utiliser les photographies aériennes pour localiser les semenciers de pin blanc. En effet, le pin blanc est une des essences les plus facilement distinguables sur photo aérienne; il faut toutefois s'assurer qu'il n'est pas confondu avec la pruche (*Tsuga canadensis*). Cette localisation sur photo peut être transférée en coordonnées MTM et le marteleur pourra à l'aide d'un GPS retrouver sur le terrain (avec une précision dépendante de l'appareil utilisé et du temps d'attente) les endroits localisés sur les photos. L'IQAFF travaille d'ailleurs sur un outil informatique visant à automatiser cette étape. Bien évidemment cela demande 1) un surplus de travail au bureau et 2) que le marteleur se munisse d'un GPS, ce qui n'est pas nécessaire avec le jardinage conventionnel. Bien que ces mesures occasionnent des dépenses, elles sont plus avantageuses qu'un double passage du territoire.

Nous avons demandé au marteleur de délimiter les trouées en mesurant des rayons de 20 mètres au topofil à partir du centre de celle-ci. Bien que cette délimitation s'avère relativement longue (une douzaine de rayons peuvent être nécessaires), nous croyons que cette mesure peut éviter des discussions stériles sur le fait qu'un arbre aurait dû ou n'aurait pas dû être inclus dans la trouée. Le fait d'utiliser des trouées de formes carrées ou rectangulaires pourrait diminuer le temps requis pour cette étape. Il faut toutefois savoir qu'il a été démontré que ces formes de trouées peuvent fournir selon leur orientation une moins grande quantité d'ensoleillement au sol, et ce, pour une même superficie de trouée (Marquis 1965). L'effet d'une diminution d'ensoleillement sur la croissance des semis de pin blanc requiert toutefois plus de recherches.

Nous avons aussi demandé au marteleur de peindre tous les arbres des trouées afin d'éviter toute ambiguïté pour les ouvriers pendant les travaux d'abattage. Cette étape exigeait beaucoup de temps aussi. Le fait de ne marquer que les arbres à la limite des trouées peut provoquer des situations où l'ouvrier ne saurait plus si tel ou tel arbre fait partie de la trouée. Ainsi, une façon d'économiser du temps serait de ne peindre que les arbres qui sont dans un périmètre de 10 mètres (approximativement) à l'intérieur de la trouée.

Nous pensons qu'avec l'expérience et les conseils ci-dessus mentionnés, un marteleur pourrait procéder à un martelage avec trouées avec une baisse de productivité de 15% par rapport au jardinage conventionnel. Cette baisse, qui reste à démontrer, est

beaucoup moins importante que celle que nous avons notée au cours de nos travaux (50%).

5.3 Abattage et scarifiage

Un problème important lors de l'abattage dans le jardinage avec trouées est de n'abattre que 20% des tiges au lieu de 30% dans le jardinage conventionnel. Comme nous l'avons mentionné à la section 5.2.2, cela occasionne des problèmes de productivité. Cela a sans doute aussi pour conséquence de favoriser les essences tolérantes par rapport aux essences peu tolérantes tels le chêne rouge, le bouleau jaune, le bouleau blanc et le pin blanc.

Deux idées ont été proposées lors de la sortie sur le terrain pour pallier ce problème :

1. Procéder à du jardinage 30% même lorsque des trouées sont effectuées;
2. Éliminer le jardinage et retirer 30% de la surface terrière sous forme de trouées.

La première idée présente certains avantages dont ceux d'améliorer la productivité, d'éduquer le peuplement hors des trouées et de favoriser un peu plus les essences peu tolérantes. Toutefois, étant donné qu'une quantité plus importante de volume est retirée, il faut revoir les scénarios en termes de rendement et évaluer les risques de chablis occasionnés par un tel traitement sylvicole. La seconde idée présente les avantages d'augmenter la productivité, de favoriser les essences peu tolérantes, de limiter les blessures au peuplement résiduel et de respecter la surface terrière habituellement prélevée lors du jardinage traditionnel. Ce traitement ne permet pas d'éduquer le peuplement hors trouées. Le rendement et le risque de chablis associés à un tel traitement devront aussi être vérifiés. Les deux idées proposées nous semblent plus acceptables que celle utilisée dans le cadre de ce projet et actuellement préconisée dans le manuel d'aménagement forestier (MRN, 1998).

La principale raison de la baisse de productivité associée au jardinage par trouée est que le bûcheron est souvent en attente de l'opérateur de la débusqueuse (section 5.2.2). Bien qu'aucun essai n'ait été tenté sur le terrain, une façon de procéder peut être proposée :

- 1) Les ouvriers pourraient commencer par prélever les tiges dans les sentiers de débusquage et dans les trouées. Durant cette étape, la proportion habituelle de 1 bûcheron / une débusqueuse pourrait être révisée. En effet, une débusqueuse pourrait être utilisée, par exemple, seulement pour l'empilement du bois prélevé par quelques équipes. Cela éviterait bien des déplacements à la débusqueuse.
- 2) Lorsque les trouées et les sentiers de débusquage sont terminés, les ouvriers procèdent au prélèvement dans les zones jardinées (20 ou 30%).
- 3) Une fois l'ensemble des travaux de prélèvement effectué, un béliet mécanique (bulldozer) pourrait être utilisé pour retirer les déchets de coupe de l'ensemble des trouées d'un secteur donné, puis scarifier les trouées et les chemins de débusquage. L'utilisation du béliet mécanique, bien que coûteuse, permettrait probablement une hausse de la productivité de prélèvement par rapport au jardinage conventionnel (30%).

Ceci nous amène à parler de la nécessité du scarifiage. Plusieurs auteurs s'accordent pour dire que le scarifiage est une condition essentielle à l'établissement des semis de pin blanc (Heckman, 1992; Morneault, 1998). La préparation de terrain n'a pas à être effectuée l'année même de la coupe. Burgess (1996) propose de faire coïncider ce traitement avec une bonne année semencière. Mentionnons à cet effet, par contre, que le manuel d'aménagement spécifie que le coefficient de distribution des principales essences objectifs doit au moins être de 35%. Afin d'éviter le drageonnement du peuplier ou d'arbustes, il peut être avantageux de procéder au scarifiage avant que ces espèces n'aient eu le temps de faire des réserves nutritives, soit avant la mi-juillet.

5.4 Interventions futures

Un des objectifs principaux de l'utilisation des trouées pour favoriser le pin blanc réside dans le fait que l'on espère que le couvert offert par le peuplement résiduel limitera la végétation concurrente et aussi les attaques du charançon du pin blanc (moins de lumière diminue la croissance en diamètre de la tige terminale, ce qui diminue les risques d'attaques). Toutefois, il ne faudrait pas croire que les trouées constitueront une panacée à tous les problèmes de régénération du pin blanc. Des suivis s'imposent afin de déterminer les moments propices aux travaux d'éducation (dégagement, élagage, taille de formation, etc.). Lors de ces suivis, il sera important d'évaluer le succès sur des trouées présentant des caractéristiques différentes quant à leur forme, leur superficie, la densité en semenciers, la végétation avant coupe (présence ou non d'espèces agressives tel le peuplier faux-tremble) et les caractéristiques du sol. Ce sont tous là des facteurs qui jouent des rôles importants sur l'intensité des traitements d'éducation à apporter dans les trouées. Ainsi, il est clair que l'application de coupe de jardinage avec trouées, contrairement à la coupe de jardinage conventionnelle, implique un investissement en termes de suivis et de travaux d'éducation.

5.5 Crédits de coupe

L'IQAFF n'a pas l'intention, ni la prétention de préciser au MRN quels devraient être les crédits de coupe associés à la coupe de jardinage avec trouées. Il nous semble évident que tant l'industrie que la société profiteront à long terme de ce type de coupe puisqu'en plus du pin blanc, d'autres essences de haute valeur tels le chêne rouge et le bouleau jaune peuvent en bénéficier. Il demeure indéniable que des coûts supplémentaires sont occasionnés par le martelage et par le scarifiage comparativement au jardinage conventionnel. Puisque les retombées de ce type d'aménagement sont partagées, il nous apparaît logique que les coûts soient aussi partagés. Nous pensons donc que les crédits pour la coupe de jardinage avec trouées devraient être plus élevés que ceux accordés pour la coupe de jardinage conventionnelle. D'autre part, certaines compagnies pourraient être réticentes à appliquer ce traitement, en raison des coûts qu'occasionne l'implantation d'un nouveau traitement. Ainsi, il faudra que l'Industrie et le Ministère coopèrent et fassent preuve d'une certaine latitude quant à l'interprétation du traitement, et ce, principalement dans les premières années de son implantation.

6 Conclusion

Ce rapport présente un essai de coupe de jardinage avec trouées dans un peuplement de feuillus tolérants avec pin blanc (FtPb) et n'a pas la prétention de couvrir l'ensemble des conditions auxquelles un aménagiste peut faire face sur le terrain. Nous pouvons tout de même à partir de cette expérience et de la littérature dresser une liste minimale des éléments à considérer lors de l'utilisation de ce type de coupe.

1. À moins d'opter pour la régénération artificielle, il est absolument nécessaire que la compagnie forestière planifie ses travaux en fonction des bonnes années semencières qui surviennent généralement à tous les 3 ou 4 ans;
2. À moins d'opter pour la régénération artificielle, il est absolument nécessaire de localiser les trouées près d'une quantité appréciable de semenciers. Cette quantité dépendra de l'intensité du scarifiage, de la viabilité des graines et du nombre de pins blancs matures que l'on désire obtenir dans les trouées;
3. Le scarifiage des sites est fortement recommandé; ce scarifiage devrait être fait avant l'automne, car, autrement, on risque de retirer les semences de la trouée;
4. Un suivi intensif et l'éducation des tiges sont nécessaires pour éviter les problèmes de compétition, de charançon et de rouille vésiculeuse. L'intensité de ces activités dépendra aussi du nombre de pins blancs que l'on désire obtenir dans les trouées;
5. Il est fortement recommandé que les compagnies forestières qui utilisent la coupe de jardinage avec trouées collaborent afin de partager leurs résultats.

Le respect de ces directives peut paraître lourd. Il faut bien comprendre qu'elles seraient valables pour à peu près n'importe quel type de coupes visant la régénération du pin blanc. En effet, le pin blanc est une essence qui requiert de nombreux soins. Ainsi, nous pensons que si tout un chacun s'accorde sur l'importance économique du pin blanc pour la région de l'Outaouais, la coupe de jardinage avec trouées devrait remplacer la coupe de jardinage conventionnelle dans les strates de feuillus tolérants avec pin blanc. Toutefois, tel qu'exprimé à différents endroits dans le présent document, il est nécessaire de poursuivre les études concernant les effets de la coupe par trouées. D'une part, il est primordial que le dispositif installé soit suivi, année après année, sur une période minimale de 3 ans faute de quoi des données sur la dynamique de l'établissement serait perdues. D'autre part, il est primordial qu'une étude utilisant différentes superficies et formes de trouées soit mise de l'avant afin de vérifier comment ces paramètres influencent non seulement l'établissement du pin blanc, mais aussi le développement des semis et gaulis. L'IQAFF a d'ailleurs soumis à différents partenaires des propositions d'études en ce sens.

7 Références

- Burgess, D. (1996). "Forests of the Menominee - a commitment to sustainable forestry." *Forestry Chronicle* **72**(3): 268-275.
- Carleton, T. J., P. F. Maycock. (1996). In situ regeneration of *Pinus strobus* and *P. resinosa* in the Great Lakes forest communities of Canada. Special feature: plant functional types and climatic change, based on contributions presented at the GCTE workshop held at the Potsdam Institute for Climatic Impact Research, 26-30 October, 1994. *Journal of Vegetation Science*. 1996, 7: 3, 431-444; 39 ref.
- Collingwood, G. H. et W. D. Brush (1984). *Knowing your trees*, The American Forestry Association. Washington, D.C. 392 p.
- Duchesne, L. C., T. Beardmore. (1998). *A silvicultural guide for the Great Lakes-St. Lawrence conifer forest in Ontario*. O. M. o. N. Resource. Toronto, Queen's Printer for Ontario: Section 7.4.3.
- Farrar, J. L. (1996). *Les Arbres Du Canada*, Publié par les éditions FIDES et le Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada avec la collaboration du Groupe Communication Canada—Édition Approvisionnement et Services Canada. 502 pp.
- Heckman, S. T. (1992). "White pine management on the menominee and its evolutionary process." *The White Pine Symposium*: 157-165.
- Horton, K. W. and G. H. D. Bedell (1960). "White and Red Pine ecology, silviculture and management." *Bull. For. Br. Can.* No. 124, 1960. pp. 185.
- Kittredge, D. B., Jr. and P. M. S. Ashton (1990). "Natural regeneration patterns in even-aged mixed stands in southern New England." *Northern Journal of Applied Forestry* **7**(4): 163-168.
- Marquis, D. A. (1965). *Controlling LIGHT in Small Clearcuttings*, U. S. Forest Service Research Paper: 16.
- Ministère des Ressources Naturelles du Québec (MRNQ). (1998). *Manuel d'aménagement forestier*. MRN, Direction des programmes forestiers. Québec.
- Morneault, A. (1998). "Méthodes sylvicoles appliquées au pin blanc en Ontario." : 7.
- Palik, B. J. and K. S. Pregitzer (1993). "The repeatability of stem exclusion during even-aged development of bigtooth aspen dominated forests." *Canadian Journal of Forest Research* **23**(6): 1156-1168.
- Palik, B. J. and K. S. Pregitzer (1994). "White pine seed-tree legacies in an aspen landscape: influences on post-disturbance white pine population structure." *Forest Ecology and Management* **67**(1-3): 191-201.
- Pinto, F.N.L., A.S. Corlett, B.J. Naylor, A.E. Morneault, D.F. Galley, J.S. Munro et J. Leavey. (1998). *Silvicultural systems* *In* Sect 7.2, p. 1-29. OMNR. (1998). *A silvicultural guide for the Great Lakes-St. Lawrence conifer forest in Ontario*. Version 1.1 Ontario Ministry of Natural Resources,. Sault Ste-Marie, Ont. 425 pp.

- Robitaille, A. et J.-P. Saucier (1998). Paysages régionaux du Québec méridional. Les publications du Québec. 213 p.
- Stiell, W. M. (1985). Silviculture of eastern white pine. Proceedings of the Entomological Society of Ontario. 1985, 116: supplement, 95 107; 4 pp. of ref.
- Wendell, G.W. et H.C. Smith. (1990). *Pinus strobus* L. Eastern white pine. p. 476-488 *In* Silvics of North America. Vol. 1, Conifers. USDA. Forest Service. Agriculture Handbook 654.

Annexe 1 : Dispositif de démonstration

Le dispositif expérimental installé pourra être utilisé comme dispositif de démonstration de coupes de jardinage avec trouées dans les années à venir. Les figures 1 et 2 fournissent la localisation approximative du site d'étude. Toutefois, ces cartes ne sont pas assez précises pour qu'une personne ou un groupe de personnes sans connaissance des environs puisse s'y rendre facilement. La Forêt de l'Aigle étant relativement facile d'accès, des visites pourront être organisées pour présenter les travaux exécutés. Il est dans la mission de l'IQAFF de favoriser la diffusion de l'information relative à l'aménagement des forêts; c'est pourquoi nous invitons tous les groupes intéressés par le dispositif expérimental installé à communiquer avec nous. Voici comment :

Téléphone : 819-983-2006

Télécopieur : 819-983-2206

Courrier électronique : iqaff@iqaff.qc.ca