

**Guide pour la remise en production des sites à vocation bouleau
jaune mal régénérés après coupe à diamètre limite et coupe
progressive d'ensemencement dans la région de Lanaudière**

Projet présenté par :

Philippe Nolet, B.Sc., M.Sc.

Frédéric Doyon, ing.f., Ph.D.

Sylvie Sougvinsky, B.Sc.



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

à

FORÊT QUÉBEC

Unité de gestion de La Rouge-Mattawin (62-02) et

Simon Lussier Ltée

Mai 2001

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier spécialement Éric Caya de Ressources forestières biotiques pour l'appui technique et professionnel apporté tout au cours du projet. De plus, nous tenons à souligner l'appui financier de Forêt Québec de l'unité de gestion de La Rouge-Mattawin et Simon Lussier Ltée fourni via le Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier, Volet I. Enfin, nous remercions Pascale Sabbagh et Jinny Allaire pour la révision du texte.

Note au lecteur

Ce document fait référence à maintes reprises au terme «aménagiste ». Souvent, nous spécifions qu'un objectif doit être défini par l'aménagiste ou qu'une décision doit être prise par l'aménagiste. Nous utilisons ce terme dans un sens général pour désigner une personne à l'emploi de l'industrie forestière ou du ministère des Ressources naturelles ou à un groupe de personnes qui doivent trouver les moyens pour atteindre les objectifs qu'ils ont établis conjointement.

Par ailleurs, ce guide ne doit pas être considéré comme un document statique, mais plutôt comme un outil en permanente évolution qui servira de base de discussion entre aménagistes consciencieux. Ainsi, nous invitons tous les utilisateurs et tous les chercheurs à nous fournir des commentaires pour enrichir le document. Ces commentaires pourront être inclus dans une version ultérieure du guide.

De plus, les auteurs seraient extrêmement déçus si les conseils prodigués dans ce guide étaient suivis aveuglément. Dans le cadre d'un tel guide, il est impossible de prévoir toutes les situations que l'on peut rencontrer sur le terrain ou de considérer dans le détail l'ensemble des contraintes techniques ou opérationnelles. Il est du ressort de l'aménagiste d'utiliser au mieux les informations fournies dans ce guide.

Les auteurs

Table des matières

Remerciements.....	ii
Note au lecteur	iii
Table des matières.....	iv
Liste des tableaux.....	v
Liste des figures	vi
1 Introduction.....	1
1.1 Questions relatives à la remise en production.....	1
1.2 Approche préconisée.....	2
1.3 Structure du document	2
2 Méthodologie d’inventaire	4
3 Description générale des sites à remettre en production.....	6
3.1 Description des facteurs abiotiques.....	6
3.2 Description forestière	7
3.2.1 Peuplements	7
3.2.2 Régénération.....	7
4 Guide pour la remise en production de peuplements traités par CPE ou CDL.....	11
4.1 Généralités.....	11
4.2 Détermination d’un stocking suffisant	11
4.2.1 Approche 1 : Le stocking et la densité	13
4.2.2 Approche 2 : Le stocking en tiges libres de croître et en compétition.....	14
4.3 Stocking appréciable et insuffisant	16
4.4 Le dégagement du bouleau jaune.....	16
4.4.1 La croissance.....	16
4.4.2 La survie.....	18
4.4.3 Le broutage.....	18
4.4.4 Proposition.....	20
4.5 Facteurs abiotiques et croissance du bouleau jaune	21
4.6 Enrichissement en bouleau jaune	24
4.7 Le drageonnement du peuplier.....	25
4.8 Facteurs abiotiques et croissance du pin blanc	25
4.9 L’enrichissement en pin blanc	28
4.10 Valeur du peuplement en place	29
5 Conclusion.....	30
6 Références	32
Annexe 1 : Potentiel de croissance du bouleau jaune et du pin blanc sur le territoire.....	34
Annexe 2 : Croissance en fonction de la position par rapport à la compétition.....	37

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fréquence des différentes combinaisons dépôt-drainage.....	6
Tableau 2 : Fréquence des diverses situations sur la pente.....	6
Tableau 3 : Surface terrière moyenne (m ²), minimale et maximale en fonction des diverses essences d'intérêt.....	7
Tableau 4 : Fréquence des espèces identifiées comme principale espèce compétitrice dans les placettes de régénération.....	8
Tableau 5 : Hauteur moyenne, minimale et maximale des tiges d'avenir de bouleau jaune et de bouleau à papier.....	9
Tableau 6 : Position par rapport à la compétition des semis d'avenir.....	9
Tableau 7 : Nombre de tiges initiales nécessaires pour obtenir une tige de 12.7 cm en fonction du DHP initial (adapté de Solomon et Leak 1969).....	13
Tableau 8 : Nombre de placettes d'inventaire à effectuer en fonction du stocking et de la précision désirée.....	15

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du territoire d'étude (31J16NO) et des points d'échantillonnage effectués.	5
Figure 2 : Fréquence relative cumulée des proportions en surface terrière des tiges de vigueur 1-3.....	8
Figure 3 : Fréquence relative du niveau de stocking en a) bouleau jaune, b) bouleau à papier et c) bouleau jaune et de bouleau à papier confondus	10
Figure 4 : Cheminement logique proposé pour la remise en production des peuplements traités par CPE ou CDL.....	12
Figure 5 : Effet de la compétition sur la croissance en hauteur des semis de a) bouleau jaune et b) bouleau à papier.....	19
Figure 6 : Effet du a) drainage, de b) la situation topographique et de c) l'exposition sur la croissance annuelle (cm) des semis de bouleau jaune.....	23
Figure 7 : Relations entre les caractéristiques de sol, la productivité du pin blanc et les problèmes liés à la compétition et à la rouille vésiculeuse	27
Figure 8 : Carte interprétative du potentiel de croissance du bouleau jaune.....	35
Figure 9 : Carte interprétative du potentiel de croissance du pin blanc	36
Figure 10 : Croissance en hauteur en fonction de la position de la tige par rapport à la compétition.	38

1 Introduction

Dans la région de Lanaudière, on estime approximativement à 2500 ha les superficies mal régénérées (ou dont on ne connaît pas le succès de la régénération) en bouleau jaune dans les strates à vocation « BOU » suite à des coupes à diamètre limite ou des coupes progressives d'ensemencement. Les facteurs à l'origine de cette situation sont nombreux et interreliés. Mentionnons les plus importants : le potentiel écologique des sites à supporter la croissance du bouleau jaune, la période de coupe, la surface terrière résiduelle, la disponibilité des semenciers et le type de lit de germination.

Parallèlement à ce problème de régénération du bouleau jaune, on observe aussi un problème de régénération du pin blanc en région, ce qui accentue la problématique liée à son rendement soutenu. En effet, le succès de l'établissement du pin blanc est difficile puisque les bonnes années semencières sont rares (3-5 ans) chez cette essence et que le sol minéral doit être mis à nu. De plus, une fois la régénération installée, on doit prévenir les attaques dues au charançon et à la rouille vésiculeuse.

Ainsi, sur les sites où la remise en production est nécessaire, l'aménagiste peut choisir de régénérer ces sites en bouleau jaune ou en pin blanc en fonction des caractéristiques écologiques et dendrométriques des peuplements.

1.1 Questions relatives à la remise en production

La remise en production des superficies di-dessus mentionnées soulève une multitude de questions ; voici les principales :

1. Quelles sont les caractéristiques écologiques (ou abiotiques) qui favorisent et défavorisent le bouleau jaune et le pin blanc ?

2. Comment devrait-on définir le seuil de stocking suffisant en bouleau (jaune ou blanc)?
3. Dans la mesure où un peuplement est insuffisamment stocké, que devrait-on faire de la régénération installée ?
4. Quelle est l'influence de la végétation concurrente sur la croissance des semis ?
5. Que devrait-on faire des tiges commerciales en place dans ces peuplements ?
6. Quelles sont les chances de succès lors de l'enrichissement en bouleau jaune et en pin blanc ?

1.2 Approche préconisée

Les questions relatives à la remise en production sont à la fois diverses et complexes. Afin de bien répondre aux situations rencontrées, notre approche se divise en trois grandes étapes :

1. Échantillonnage sur le terrain d'un éventail de situations écologiques et forestières (section 2 et 3) ;
2. Revue de littérature afin de répondre le plus précisément possible aux questions soulevées ci-dessus ;
3. Analyse des résultats d'un inventaire ponctuel afin de compléter les réponses à ces questions (section 4).

1.3 Structure du document

Le présent rapport n'est pas sous la forme d'un rapport scientifique conventionnel puisque le présent projet de recherche n'était pas un projet de recherche pur, mais plutôt un projet de transfert technologique. La prochaine section présente la méthodologie d'inventaire et la nature des données récoltées. La section 3 décrit les diverses conditions écologiques et forestières (typologie écologique et forestière) rencontrées lors de notre échantillonnage. Cette section est complétée par l'Annexe 1 qui présente des cartes des

potentiels écologiques réalisées à partir des données d'inventaire et du modèle numérique d'élévation. La section 4 présente sous un format graphique et hiérarchique les principales questions auxquelles devrait répondre un aménagiste afin de remettre en production les peuplements issus de coupes progressives d'ensemencement ou de coupes à diamètre limite. Pour chacune des questions, le lecteur est référé à une sous-section de la section 4. La lecture de ces sous-sections lui permettra de répondre aux questions posées et de comprendre, à partir d'une synthèse d'une grande quantité d'informations, la logique menant aux réponses fournies.

2 Méthodologie d'inventaire

À partir d'une carte d'anciennes coupes progressives d'ensemencement et à diamètre limite (8 ans), sur des sites facilement accessibles ont été choisis de façon à représenter diverses conditions écologiques sur le territoire (Figure 1). Une virée de reconnaissance a été effectuée dans chacun des sites. Au total, quatre-vingt-un (81) points d'échantillonnage ont été exécutés. Le premier point était toujours placé 50 m après l'entrée dans le peuplement. Les autres points ont été placés en suivant les directives suivantes :

1. Les points devaient être séparés par au moins 100 m;
2. Les points ne devaient pas être séparés par plus de 300 m;
3. Un nouveau point était fait quand le drainage, la situation topographique, l'exposition ou le pourcentage de pente avait changé de façon significative par rapport au dernier point.

À chaque point d'observation, les informations suivantes étaient notées :

Épaisseur et type de dépôt, texture à 20 cm, drainage, situation topographique, exposition, pente, surface terrière en pin blanc et bouleau jaune et bouleau à papier (vigues 1-3 regroupées et vigues 2-4 regroupées), surface terrière totale, et présence ou absence de *ribes sp* (gadeliers). De plus, 10 placettes de 25 m² étaient effectuées.

À l'intérieur de ces dernières, les informations suivantes étaient relevées :

Présence/absence de bouleau jaune et de bouleau à papier, la hauteur dominante de l'individu le plus haut (bop ou boj, cette tige étant considérée comme la tige d'avenir), hauteur de la pousse annuelle de cet individu, pourcentage de recouvrement de la végétation compétitrice, principale espèce compétitrice, présence de broutage, présence d'érable à sucre (si bop ou boj absent) et présence d'un ancien sentier de débusquage.

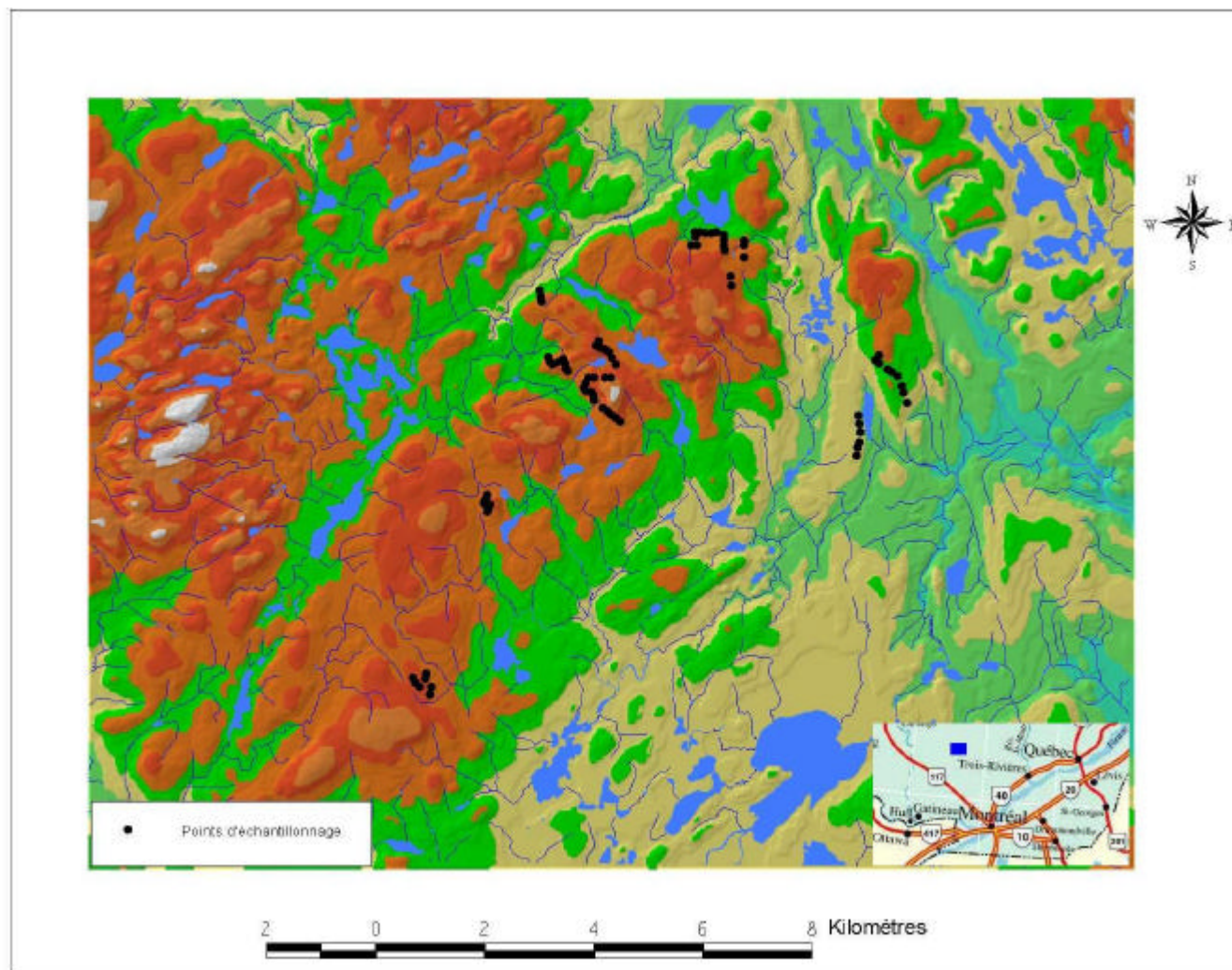


Figure 1 : Localisation du territoire d'étude (31J16NO) et des points d'échantillonnage effectués.

3 Description générale des sites à remettre en production

3.1 Description des facteurs abiotiques

Les conditions écologiques rencontrées lors des inventaires ne sont pas très diversifiées (Tableaux 1 et 2). En effet tous les sites rencontrés reposent sur des tills et la plupart présentent un drainage de classe 3. Les situations sur la pente sont un peu plus diversifiées, même si plus de la moitié des points échantillonnés se trouvent en mi-pente. Cette relative homogénéité des conditions s'explique probablement par le fait que les peuplements du secteur d'étude à vocation bouleau jaune et ayant été traités par CPE ou CDL se présentent sur des conditions écologiques semblables.

Tableau 1 : Fréquence des différentes combinaisons dépôt-drainage

Dépôt	Drainage	Fréquence (n=81)
1AM-1AY	Bon (2)	11
1AM-1AY	Modéré (3)	3
1A	Bon (2)	2
1A	Modéré (3)	58
1A	Imparfait (4)	7

Tableau 2 : Fréquence des diverses situations sur la pente

Situation sur la pente	Fréquence (n =81)
Sommet arrondi (3)	4
Haut de pente (4)	8
Mi-pente (4)	48
Plateau (6)	11
Bas de pente (7)	7
Dépression ouverte (8)	3

3.2 Description forestière

3.2.1 Peuplements

La surface terrière moyenne des peuplements échantillonnés était de 11 m²/ha (Tableau 3). Par contre, cette surface terrière n'était pas uniforme à travers les secteurs comme en témoigne les surfaces terrières minimales et maximales. Les bouleaux jaunes et à papier constituent une forte proportion des peuplements. Aucune présence du pin blanc n'a été détectée dans les inventaires. De plus, il est intéressant de noter que les tiges de qualité 1-3 présentent souvent plus de la moitié de la surface terrière des peuplements échantillonnés (Figure 2). Cela semble indiquer qu'il est toujours intéressant de récolter ces peuplements pour l'industrie du sciage.

Tableau 3 : Surface terrière moyenne (m²), minimale et maximale en fonction des diverses essences d'intérêt

Surface terrière/placette	Moyenne	Minimale	Maximale
Totale	11,0	0	28
Bouleau jaune	6.4	0	24
Bouleau à papier	1.2	0	20
Pin blanc	0	0	0

3.2.2 Régénération

Plusieurs espèces composent la végétation compétitrice des bouleaux jaunes et à papier (Tableau 4), les principales étant l'érable à épi (*Acer spicatum*), le cerisier de Pennsylvanie (*Prunus pensylvanica*), le framboisier (*Rubus idaeus*) et la viorne à feuille d'aulne (*Viburnum alnifolium*). Nous avons aussi noté des essences commerciales désirées comme espèces compétitrices (bouleaux jaune, bouleau à papier et érable à sucre), sachant toutefois que ces tiges peuvent jouer un rôle important dans l'éventualité de la mort de la tige d'avenir identifiée.

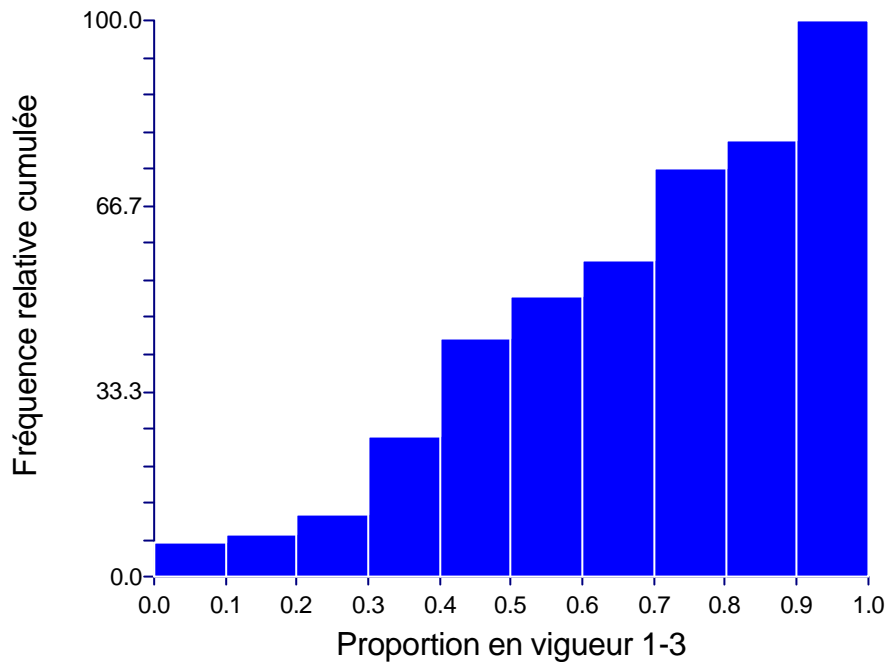


Figure 2 : Fréquence relative cumulée des proportions en surface terrière des tiges de vigueur 1-3

Tableau 4 : Fréquence des espèces identifiées comme principale espèce compétitrice dans les placettes de régénération.

Espèce	Fréquence (n=810)	Espèce	Fréquence (n=810)
<i>Nemopanthus mucronatus</i>	1	<i>Betula papyrifera</i>	48
<i>Picea glauca</i>	2	<i>Abies balsamea</i>	53
<i>Viburnum cassinoides</i>	2	<i>Corylus cornuta</i>	64
<i>Amélanchier Sp.</i>	3	<i>Prunus pensylvanica</i>	68
<i>Populus tremuloides</i>	3	<i>Viburnum alnifolium</i>	69
Aucune	4	<i>Betula alleghaniensis</i>	85
<i>Acer rubrum</i>	7	<i>Rubus idaeus</i>	122
<i>Sorbus amer/caria</i>	14	<i>Acer spicatum</i>	244
<i>Acer saccharum</i>	21		

Les semis de bouleau jaune et de bouleau à papier semblent présenter une bonne croissance générale si l'on se fie aux hauteurs moyennes rencontrées (Tableau 5) et à la position des semis par rapport à la végétation compétitrice (Tableau 6). Le bouleau à

papier présente particulièrement une bonne croissance ; la différence entre les deux essences s'explique sans doute principalement par le fait que le bouleau à papier se régénère bien par rejet de souche. Il est aussi intéressant de noter que la très grande majorité des semis sont soit en compétition, soit libres de croître¹ indiquant ainsi que la très grande majorité des semis présentent un potentiel intéressant s'ils sont suivis. De plus, tous les points d'échantillonnage (composées de 10 placettes de régénération) présentent un stocking d'au moins 40 % en bouleaux jaunes ou bouleaux à papier (Figure 3c), ce qui nous amène à penser qu'il serait intéressant d'éduquer la régénération en place et d'enrichir au besoin.

Tableau 5 : Hauteur moyenne, minimale et maximale des tiges d'avenir de bouleau jaune et de bouleau à papier

Espèce/Hauteur	Moyenne	Minimale	Maximale
Bouleau jaune	1.63	0.1	10.5
Bouleau à papier	2.85	0.2	10.5

Tableau 6 : Position par rapport à la compétition des semis d'avenir

Position par rapport à la compétition ¹	Fréquence (n=810)
Libre	354
En compétition	185
Opprimé	87
Pas de régénération	184

¹ Une description de ces classes est présentée à l'Annexe 2.

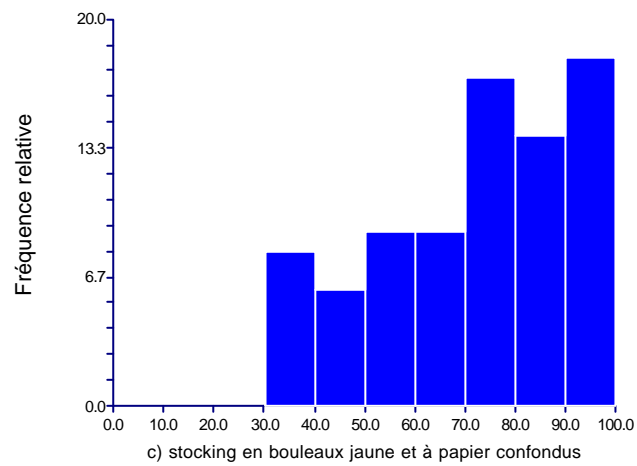
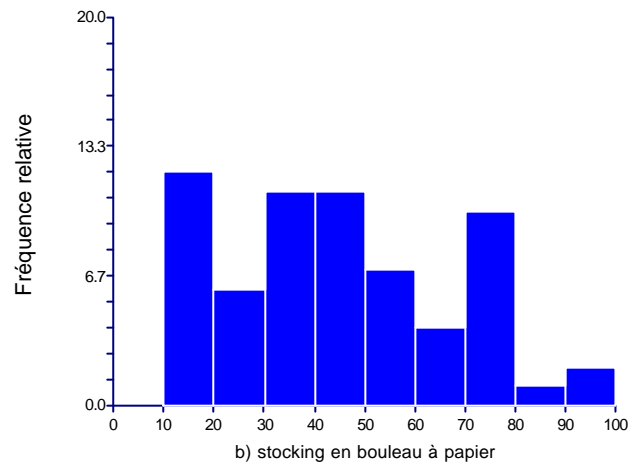
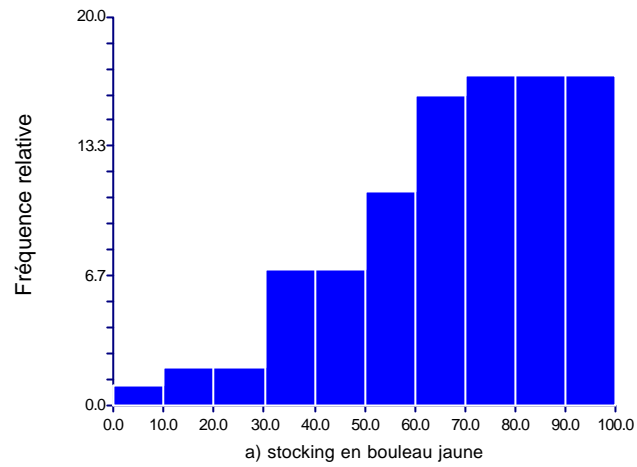


Figure 3 : Fréquence relative du niveau de stocking en a) bouleau jaune, b) bouleau à papier et c) bouleau jaune et de bouleau à papier confondus

4 Guide pour la remise en production de peuplements traités par CPE ou CDL

4.1 Généralités

La figure 4 présente un cheminement logique pour guider la remise en production des peuplements traités par coupe progressive d'ensemencement ou coupe à diamètre limite. Ce cheminement est basé sur la littérature existante et sur l'analyse de données récoltées dans le cadre du présent projet. Les ellipses constituent les questions auxquelles l'aménagiste doit répondre pour circuler à travers le cheminement. L'aménagiste est référé à une sous-section pour l'aider à bien répondre à la question. Si le document est lu par voie électronique, le lecteur peut accéder à l'information pertinente par un hyperlien. Les rectangles présentent les actions proposées en fonction des situations rencontrées. Lorsque nécessaire, ces rectangles réfèrent aussi à des sous-sections expliquant les motifs de l'action proposée.

4.2 Détermination d'un stocking suffisant

Plus précisément, la question ici est : Quelle densité et/ou quel stocking de bouleau jaune devrait-on considérer suffisant pour considérer un peuplement stocké?

Afin de bien répondre à cette question, l'aménagiste doit, dans une première étape, identifier ses objectifs en termes de stocking et/ou de densité. L'information présentée devrait permettre à l'aménagiste de déterminer plus aisément ce qu'est un stocking suffisant ou insuffisant. Nous distinguons deux approches pour répondre à cette question. C'est à l'aménagiste de décider laquelle convient le mieux au contexte dans lequel il opère.

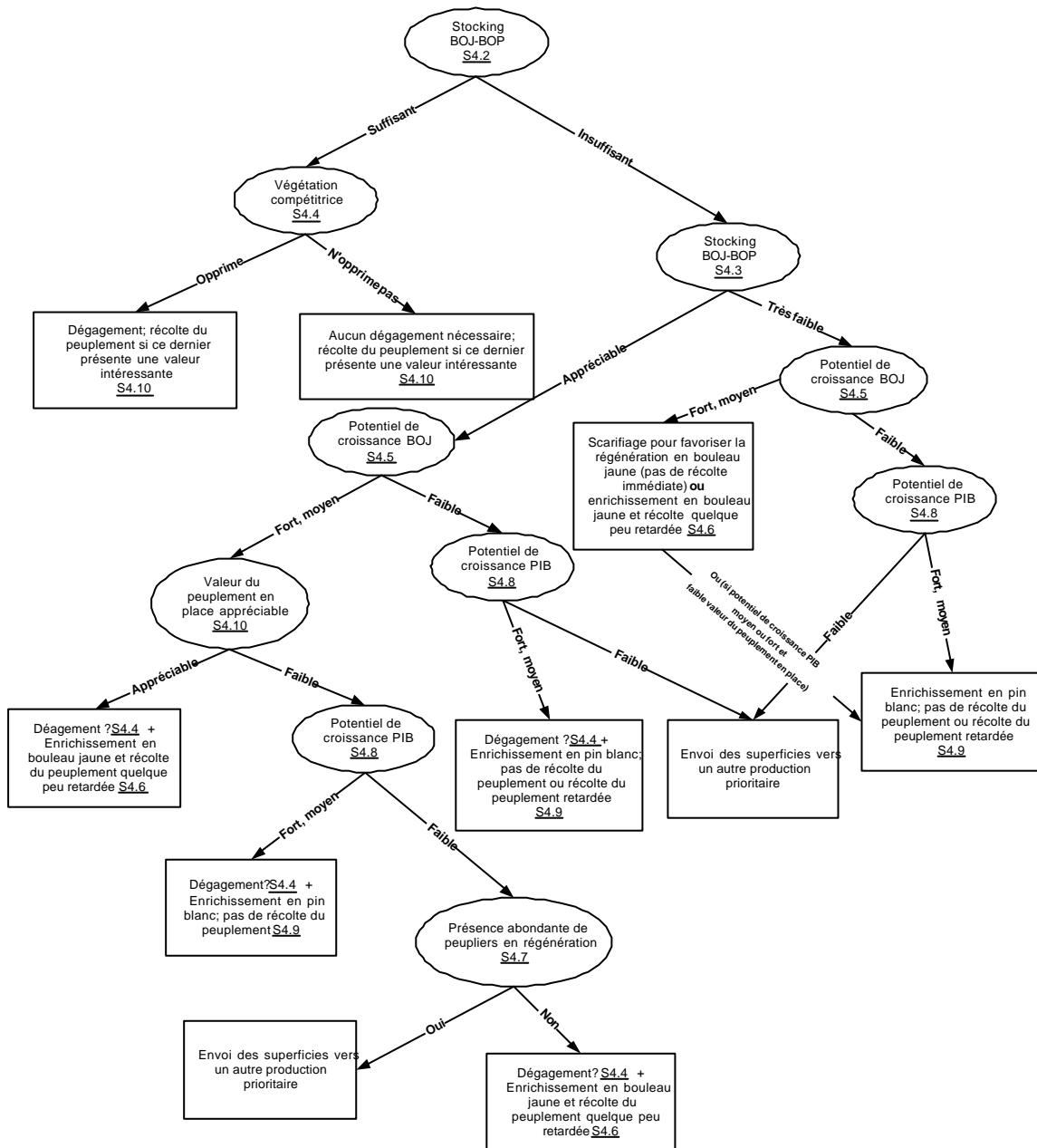


Figure 4 : Cheminement logique proposé pour la remise en production des peuplements traités par CPE ou CDL

4.2.1 Approche 1 : Le stocking et la densité

Solomon et Leak (1969) ont établi ceci :

À partir d'inventaires de différents peuplements équiennes non aménagés de forêts feuillues, les auteurs ont déterminé le nombre d'individus, de diamètre initial x , nécessaire afin de produire un arbre à un diamètre futur y . Par exemple, pour les espèces à tolérance intermédiaire (dont le bouleau jaune et le bouleau à papier), le nombre moyen d'arbres requis pour produire un arbre, lorsque le groupe atteint 12,7 cm (5 pouces) de DHP est de 3,7 lorsque le DHP initial moyen est de 2,54 cm (1 pouce) (Tableau 7).

Tableau 7 : Nombre de tiges initiales nécessaires pour obtenir une tige de 12.7 cm en fonction du DHP initial (adapté de Solomon et Leak 1969).

DHP initial moyen (cm)	Nombre de tiges nécessaire pour obtenir une tige de 12.7 cm
2.54	3.7
5.8	2.7
7.62	1.9
10.16	1.4

Les auteurs font ensuite le raisonnement suivant :

Les guides de gestion de densité pour les peuplements feuillus ou de bouleaux à papier plus âgés indiquent qu'il faudrait un minimum de 956 tiges/ha adéquatement distribuées et bien formées lorsque le peuplement atteint un DHP. moyen de 12.7cm. À partir de cela, si l'on échantillonne un peuplement en utilisant des parcelles de 1/956 ha (10.5 m²), il semblerait raisonnable d'exiger que chacune d'elles contienne au minimum le nombre moyen de bonnes tiges nécessaires à l'obtention d'au moins une bonne tige au moment où le peuplement aura atteint un DHP. moyen de 12.7 cm. Toute parcelle qui répond à ces exigences est considérée adéquatement stockée.

On peut appliquer le même raisonnement à tout objectif de densité. Par exemple, si l'on désire 400 tiges/ha, il faudrait échantillonner les peuplements en utilisant des parcelles de

1/25 ha. Si les tiges présentent un diamètre moyen de 2,5 cm, il faudrait 3,7 tiges dans une parcelle de 25 m² pour la considérer stockée.

Les auteurs ajoutent que lorsqu'un peuplement ne contient pas suffisamment de tiges pour être considéré stocké, il devrait être soumis à un nettoyage, afin de réduire la mortalité parmi les bonnes tiges. Inversement, un peuplement suffisamment stocké ne nécessiterait pas de traitement, sachant qu'il demeure possible de prescrire un nettoyage dans le but de promouvoir sa croissance.

Cette approche nécessite donc à la fois une densité de semis/ha ; elle est basée sur le fait qu'une quantité importante des semis mourra au cours de l'évolution du peuplement.

4.2.2 Approche 2 : Le stocking en tiges libres de croître et en compétition

Dans cette approche, seulement un inventaire du stocking est effectué ; la densité n'est pas prise en compte. Par contre, les semis opprimés ne sont pas considérés : on ne considère que les semis libres de croître et que les semis en compétition – ces derniers, s'ils sont dégagés, ne souffriront pas d'une aussi grande mortalité que celle prévue par Solomon et Leak (1969). Cette méthode implique donc :

- 1) qu'il n'est pas nécessaire de dénombrer tous les semis lors des inventaires;
- 2) que l'on doit classer les semis en 3 classes : a) opprimés, b) en compétition et c) libre de croître lors des inventaires;
- 3) que l'aménagiste est prêt à investir dans le dégagement des semis en compétition, sinon il ne doit considérer que les tiges libres de croître lors des inventaires.

Certaines informations devraient être précisées pour rendre cette méthode applicable. Mentionnons d'abord la mise au point d'un système objectif de classification des tiges en

classe de compétition², puis la détermination du taux de mortalité des tiges libres de croître ou dégagées.

Avec cette approche, l'inventaire de régénération n'a pas à être aussi intensif que lorsque l'on utilise la méthode précédente. En effet, en utilisant des analyses statistiques de puissance, il est possible d'évaluer l'intensité d'échantillonnage pour obtenir une précision désirée. Nous avons utilisé la routine « intervalle de confiance des proportions » du Logiciel PASS 2000 (NCSS inc. 2001) afin de calculer l'échantillon nécessaire pour atteindre une précision donnée pour des intervalles de confiance de 95 et 99 %. Ainsi, nous avons été en mesure d'établir le nombre de placettes (**localisées aléatoirement et non en grappes**) qu'il est nécessaire d'effectuer en fonction de divers objectifs de stocking (Tableau 8). Si on compare ce tableau aux directives fournies par les instructions relatives, il y a des différences frappantes d'intensité d'échantillonnage. Pour un secteur de 20 hectares où l'on désire un stocking de 70 %, 250 placettes (25 grappes de 10 placettes) sont nécessaires selon les instructions relatives, alors que statistiquement, 24 placettes réparties aléatoirement seraient suffisantes pour s'assurer que le stocking obtenu est d'au moins 70 % (intervalle de confiance à 95 %). Pour que cette méthode soit valable, l'aménagiste doit avoir une certaine confiance dans l'homogénéité du secteur échantillonné. Si, par exemple, les conditions écologiques du secteur sont hétérogènes, l'aménagiste devrait envisager la possibilité de diviser le secteur et de procéder à un échantillonnage aléatoire pour chacun des sous-secteurs.

Tableau 8 : Nombre de placettes d'inventaire à effectuer en fonction du stocking et de la précision désirée.

Stocking désiré	Nombre de placettes requis (Intervalle de confiance à 95 %)	Nombre de placettes requis (Intervalle de confiance à 99 %)
50 %	13	21
60 %	18	28
70 %	24	37
80 %	36	61

² Nous avons entamé une étude préliminaire dans le cadre du présent projet à cet égard. Les résultats sont présentés à l'Annexe 2.

4.3 Stocking appréciable et insuffisant

Dans le cadre du présent projet, nous faisons la distinction entre stocking suffisant, appréciable et insuffisant. La section précédente devrait permettre à l'aménagiste de mieux définir ce qu'est un stocking suffisant. Par contre, nous croyons qu'il est important de travailler avec la régénération en place (même si elle n'est pas suffisante), car :

- Cette régénération a plusieurs années de croissance d'avance sur toute régénération que l'on voudrait établir avec un scarifiage ;
- L'enrichissement en bouleau jaune peut fournir des résultats intéressants (Roberge, 1977; section 4.6).

Ainsi, nous proposons **arbitrairement** qu'un secteur soit considéré stocké de façon appréciable s'il présente 1/3 du stocking désiré. Au-dessus de ce seuil, il nous apparaît illogique de procéder à un scarifiage qui détruirait la régénération en place, car un enrichissement peut être envisagé.

4.4 Le dégagement du bouleau jaune

En fait, les questions précises que nous nous posons dans le cadre de ce projet concernent les circonstances qui font qu'un dégagement devrait être effectué et, le cas échéant, comment il devrait être effectué. Afin de répondre adéquatement à cette question, il est important de considérer l'ensemble des effets de la végétation compétitrice sur le bouleau jaune, soit principalement la croissance, la survie et le broutage.

4.4.1 La croissance

Les travaux de Kobe et al. (1995) et ceux de Beudet et Messier (1998) démontrent que la croissance en hauteur du bouleau jaune tend à plafonner assez rapidement (approximativement à 10 % du plein ensoleillement). À partir des inventaires réalisés dans le cadre du présent projet, nous avons mis en relation la croissance de la tige terminale en fonction du pourcentage de végétation compétitrice (évalué visuellement). Cette relation montre que la végétation concurrente n'a un effet significatif sur la croissance des semis de bouleau jaune seulement lorsqu'elle représente plus de 50 % du

couvert (Figure 5a). En effet, les semis entourés d'un couvert de végétation concurrente inférieur à 50% ont enregistré une croissance moyenne en hauteur de 32.1 cm alors que ceux entourés d'un couvert de végétation concurrente supérieur à 50%, ont enregistré une croissance moyenne de 25 cm. Cette différence est statistiquement significative (test t; $p < 0.001$). On a aussi observé une moins grande croissance en hauteur lorsque le pourcentage de compétition est plus petit que 10 % comparativement à la classe 10-50 de pourcentage de compétition (test t; $p = 0.017$). Pour le bouleau à papier, nous n'avons observé aucune différence significative entre les classes plus petites et plus grandes que 50 % de compétition (test t; $p = 0.68$) (Figure 5b). Par contre, à l'instar du bouleau jaune, nous avons observé une moins bonne croissance en hauteur lorsque le pourcentage de compétition est plus petit que 10 % comparativement à la classe 10-50 de pourcentage de compétition (test t; $p = 0.009$).

Ces résultats semblent donc indiquer :

- 1) Que la croissance en hauteur du bouleau jaune est influencée négativement par la compétition, mais seulement après un certain seuil ;
- 2) Que la croissance du bouleau jaune et du bouleau à papier est plus faible lorsqu'il n'y a pas ou très peu de compétition. Deux hypothèses pourraient expliquer ce phénomène : a) les microsites sans compétition présentent des conditions de croissance moins favorables à la fois pour la végétation concurrente et les bouleaux ou b) la compétition partielle stimule la croissance en hauteur de bouleau jaune.

Par ailleurs, Hannah (1988) émet l'hypothèse que la présence du cerisier de Pennsylvanie exerce un effet bénéfique sur la croissance du bouleau jaune. En effet, le cerisier semble lui offrir à la fois une protection adéquate contre une trop forte intensité lumineuse tout en laissant passer suffisamment de lumière pour promouvoir sa croissance. Donc en plus de considérer l'effet du pourcentage de végétation compétitrice sur la croissance, il semble important de considérer le type de végétation compétitrice. Dans le cadre de ce projet, nous n'avons pu détecter aucun effet significatif du type de végétation concurrente sur la croissance du bouleau jaune (résultats non présentés). Nous croyons toutefois

qu'avec un protocole expérimental explicitement établi pour répondre à cette question, il serait possible de voir des différences statistiquement et biologiquement significatives.

4.4.2 La survie

D'après Bellefleur et Petillon (1983), la végétation herbacée aurait un impact négatif beaucoup plus important sur la croissance en diamètre et en hauteur des semis de bouleau jaune que la végétation arbustive. En revanche, ils observent que la mortalité est beaucoup plus grande lorsque l'on retire la végétation concurrente. Christian Messier (communication personnelle) a aussi observé dans la région de Portneuf une plus grande mortalité hivernale des semis de bouleau jaune après désherbage (retrait complet de toute végétation concurrente). Les raisons à l'origine cette plus grande mortalité ne sont pas encore connues. On connaît cependant la grande sensibilité du bouleau jaune aux variations d'humidité dans le sol.

4.4.3 Le broutage

Le bouleau jaune est fortement affecté par le broutage. C'est une essence sensible à l'effet du broutage et elle constitue une espèce de choix pour le cerf et le lièvre (Erdmann 1990). Marquis (1981) a démontré toutefois que les peuplements feuillus du plateau Allegheny sont significativement affectés par un broutage important lorsqu'ils ne sont pas « protégés » par des plantes herbacées, principalement le *Rubus*. Il a aussi remarqué que le cerisier de Pennsylvanie a été pratiquement éliminé par le broutage sur les placettes clôturées – comparativement à des placettes non clôturées - probablement parce que c'est une essence à croissance rapide. Elle émerge rapidement au-dessus de la végétation où elle est vite remarquée. La présence du cerisier et/ou du framboisier sur un site donné, indiquerait donc le que le développement de la régénération en bouleau jaune sera peu affecté par le broutage. Ces espèces sont d'ailleurs fréquentes et abondantes dans le secteur étudié (Tableau 5).

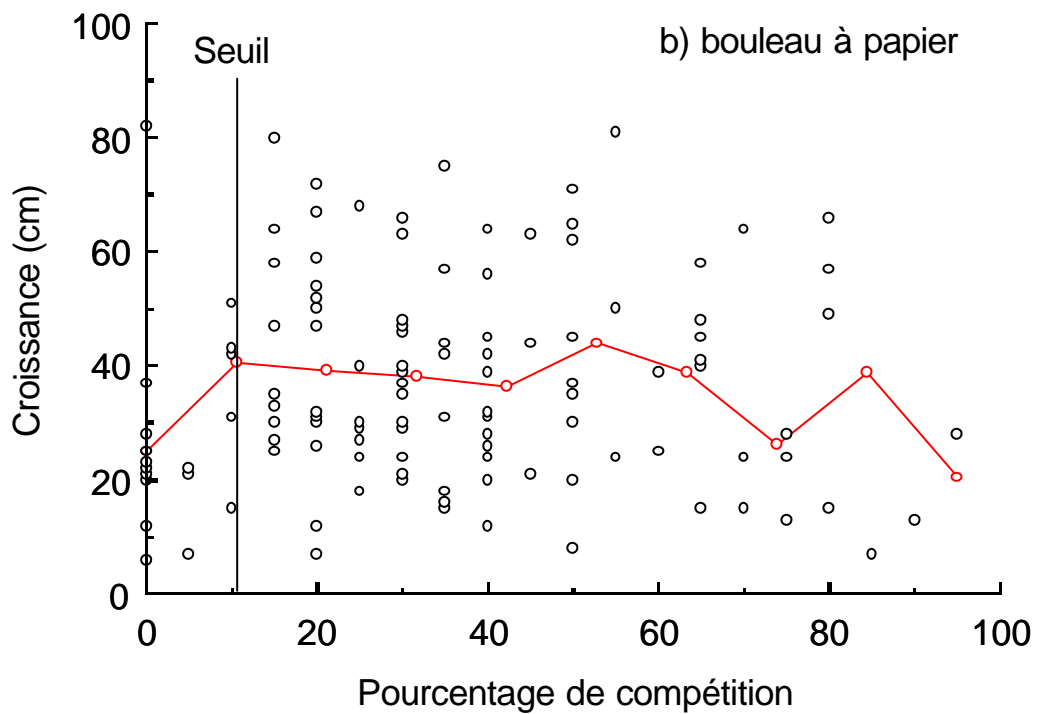
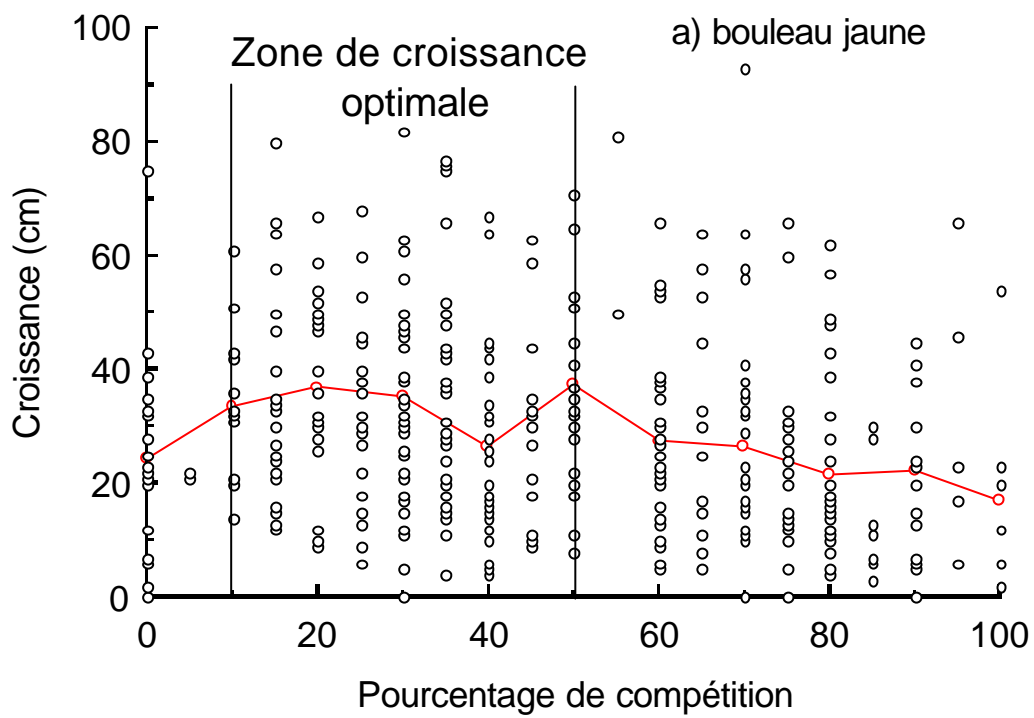


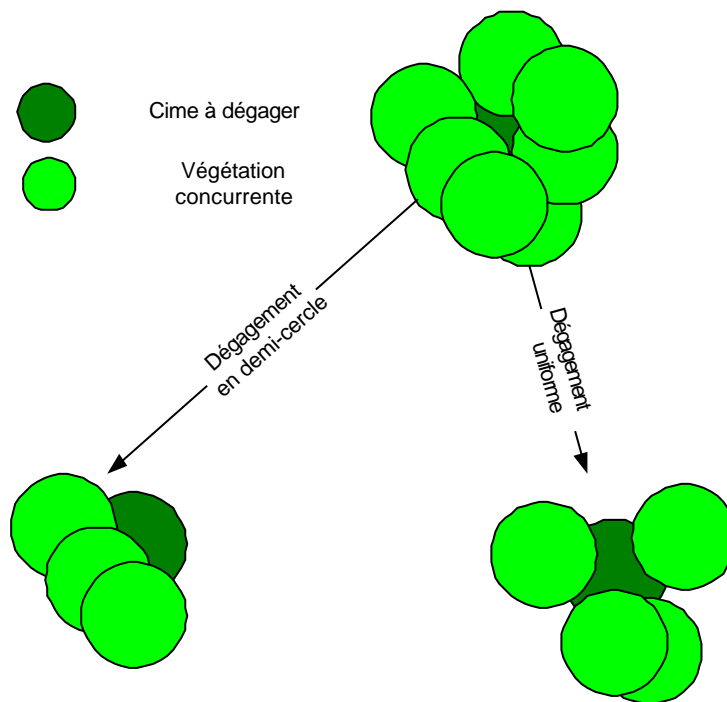
Figure 5 : Effet de la compétition sur la croissance en hauteur des semis de a) bouleau jaune et b) bouleau à papier.

4.4.4 Proposition

Il semble que la végétation concurrente n'a pas que des effets négatifs sur la croissance et la survie de bouleau jaune ; elle a aussi beaucoup d'effets positifs. Ainsi, il est proposé :

- 1) Que le bouleau jaune ne soit dégagé que s'il est très fortement concurrencé, et
- 2) Que, si un dégagement s'avère nécessaire, que ce dégagement soit partiel afin de diminuer les problèmes de broutage et de mortalité.
- 3) Que des recherches soient entreprises afin de tester le caractère opérationnel et l'efficacité biologique de diverses formes de dégagement partiel.

Différentes formes de dégagement partiel pourraient être testées. Par exemple, on pourrait libérer seulement une moitié de la cime ou libérer tout au pourtour de la cime de façon uniforme tel qu'illustré sur le schéma suivant. Les approches présentées diffèrent donc de l'approche par puit de lumière (non présentée ici) communément utilisée puisqu'une partie de la végétation concurrente est laissée suite au dégagement.



4.5 Facteurs abiotiques et croissance du bouleau jaune

Le bouleau jaune arrive à s'installer sur une panoplie de conditions de sol et d'humidité, de diversités géologiques et topographiques (Erdmann 1990).

Sa croissance est affectée par la texture du sol, le drainage, la profondeur des racines, la pierrosité, l'élévation, l'orientation, et la fertilité (Erdmann 1990). Sa croissance est meilleure sur les terrains plats et les bas de pentes. Le bouleau jaune préfère les sites humides et bien drainés. Notons en revanche, que plus le sol est humide plus la capacité compétitrice du bouleau jaune augmente (Hill 1986). Même si sa croissance y est lente, on retrouve souvent cette espèce sur des sols à drainage restreint parce que la compétition y est nettement moins sévère. Dans les Green Mountains du Vermont, il apparaît que le bouleau jaune croît mieux à des élévations inférieures qu'à des élévations supérieures et lorsqu'il est orienté vers le nord est que vers le sud ouest (Erdmann 1990).

Dans le cadre du présent projet, nous avons vérifié l'effet de la classe de drainage, de la situation topographique et de l'exposition sur la croissance annuelle des semis de bouleau jaune (Figure 6). Nous n'avons pu distinguer aucun effet significatif de ces variables qui nous permettraient de confirmer l'information obtenue de la littérature. Il est par contre nécessaire de souligner que nous n'avons analysé les données de croissance que d'une seule année. Une étude portant sur la croissance à long terme permettrait peut-être de distinguer des effets significatifs de ces variables.

Ainsi, nous croyons que l'aménagiste se trouve devant deux options en ce qui a trait aux conditions écologiques :

- 1) Considérant que tous les sites d'intérêt dans le cadre du présent projet ont démontré par le passé leur capacité à produire du bouleau jaune et que dans le cadre du présent

projet, aucune variable écologique n'est apparue limitante pour la croissance du bouleau jaune,

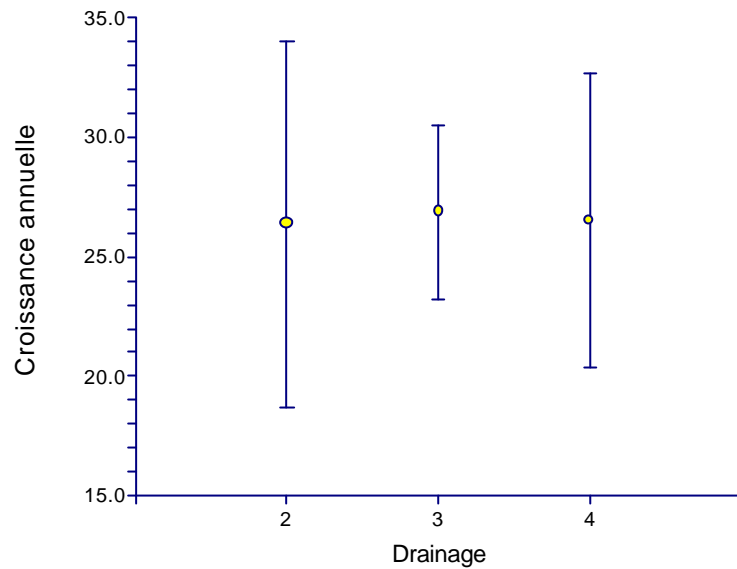
- L'aménagiste pourrait considérer que la très grande majorité des sites ayant fait l'objet de coupes progressives d'ensemencement ou de coupe à diamètre limite dans des peuplements à forte dominance de bouleau jaune présentent un potentiel de production intéressant pour le bouleau jaune.

Ou

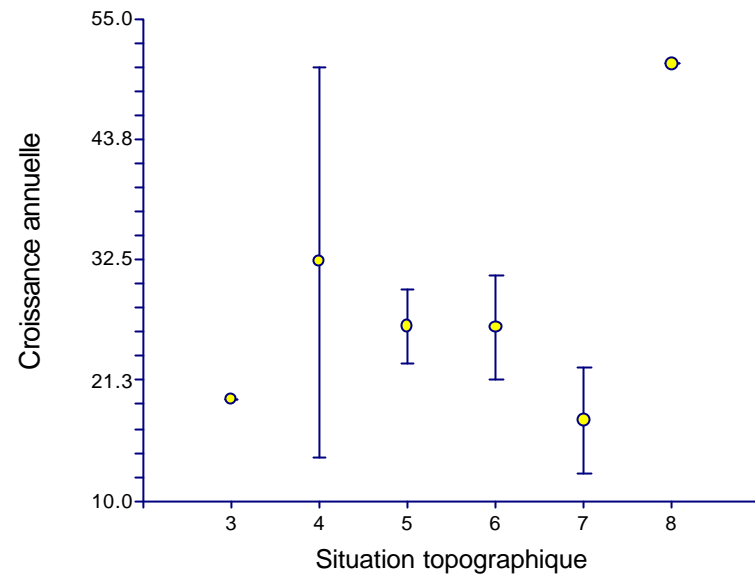
2) Considérant que la littérature démontre que les sites plus humides présentent un meilleur potentiel de production pour le bouleau jaune et que, dans le cadre d'un aménagement intensif, il est logique de choisir les sites optimaux pour la croissance des diverses essences,

- L'aménagiste pourrait déclasser un site pour la production du bouleau jaune si le site présente une des situations suivantes :
 - Sol mince (< 50 cm de profondeur) ou
 - Sol sec (classes de drainage 0, 1 et 2) ou
 - Sol trop humide (classes de drainage 5 et 6) ou
 - Exposition sud-ouest (180-225°) couplée à une pente de plus de 15 %.

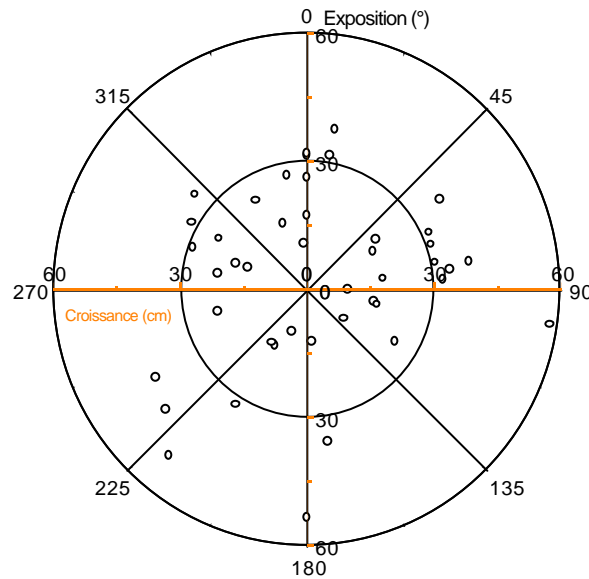
Nous ne pouvons trancher entre ces deux options ; nous répétons donc que la décision revient à l'aménagiste en fonction des objectifs visés. Une carte interprétative du potentiel de croissance du bouleau jaune a été bâtie à partir du modèle numérique d'élévation et en tenant compte des situations qui défavorisent le bouleau jaune (Annexe 1, Figure 8). Pour les peuplements issus de vieilles CDL ou CPE sur le territoire d'étude, on estime que 80 % des sites présentent un potentiel élevé et approximativement 19 % un potentiel moyen.



a)



b)



c)

Figure 6 : Effet du a) drainage, de b) la situation topographique et de c) l'exposition sur la croissance annuelle (cm) des semis de bouleau jaune. Les barres d'erreurs indiquent les intervalles de confiance à 95 %. Voir Tableaux 1 et 2 pour la description des classes de drainage et des situations topographiques.

4.6 Enrichissement en bouleau jaune

Dumont (1995), dans son guide de plantation des feuillus nobles, propose le bouleau jaune comme essence en milieu boisé fermé. On peut penser que cette essence serait à même de produire des résultats intéressants dans des peuplements dégradés ouverts tels qu'étudiés dans le présent projet.

Roberge (1977) a effectué de l'enrichissement en bouleau jaune dans des trouées de 0.08 ha. On peut présumer que les conditions lumineuses (intensités intermédiaires) dans ces trouées peuvent se comparer à celles observées dans les peuplements d'intérêt dans le cadre du présent projet. L'auteur a observé une survie d'environ 70 % des plants (2-0) 10 ans après traitement. Il conclut que le bouleau jaune peut être établi par plantation (sur site adéquat) sans préparation de terrain à l'intérieur des trouées.

Hannah (1988) suggère que la coupe finale d'une coupe progressive d'ensemencement visant à favoriser le bouleau jaune devrait être effectuée lorsque les plants ont atteint (1 mètre de hauteur afin de préserver l'humidité du sol. Dans certains peuplements de la région de Lanaudière où la surface terrière est relativement élevée, il peut se peut qu'un dégagement sous-couvert - ou même l'ouverture du peuplement - soit nécessaire afin de libérer les semis de la compétition,

Nous proposons donc :

- 1) Que le bouleau jaune soit utilisé pour enrichir les peuplements dégradés ;
- 2) Que les plants soient mis en terre sans préparation de terrain sur des microsites où la végétation arbustive est faible mais existante (voir section 4.4) **et**
- 3) Que la coupe finale soit effectuée lorsque les plants qui ont atteint 1 m de hauteur. Ainsi, la coupe finale devrait être une coupe d'hiver effectuée après l'enrichissement.

4.7 Le drageonnement du peuplier

La question d'intérêt dans le cadre du présent projet est de déterminer quel pourrait être l'effet d'un scarifiage sur un jeune peuplement de peuplier faux-tremble établi suite à une CPE ou CDL. À cet égard, certaines études indiquent qu'un peuplement de jeune peuplier maintient une très grande capacité de drageonnement. On a observé que le nombre de drageons peut augmenter de 20 à 30 fois, atteignant une valeur vraisemblablement comprise entre 45 000 et 75 000 drageons ou plus par hectare (Sandberg, 1951; Turlo, 1963 dans Infotremble (1993). Perala (1972) démontre que la coupe de trois jeunes peuplements de peupliers (de 2 à 8 ans) a produit de 74 100 à 101 300 nouveaux rejets de souche/ha.

Ainsi, nous pensons qu'en présence d'une forte densité de peupliers en régénération, il est inutile de tenter un scarifiage pour favoriser l'établissement du bouleau jaune, car cela entraînerait des coûts énormes de dégagement pour contrer le peuplier. Cela peut signifier que de telles superficies soient destinées vers une autre production prioritaire.

4.8 Facteurs abiotiques et croissance du pin blanc

Plusieurs auteurs ont proposé des classifications relatives à l'aménagement du pin blanc (Scott 1958 ; OMNR 1973 ; Lancaster et Leak 1978 ; Chapeskie *et al.* 1989 ; Carleton et Arnup 1993 ; Corbett 1994), mais ces classifications demeurent assez générales. Vlasiu et al (2000) ont regroupé l'information la plus pertinente à la figure 7 où l'on décrit l'effet de différentes variables abiotiques sur la productivité et sur les risques associés à la rouille vésiculeuse et à la végétation concurrente.

On remarque tout d'abord que la productivité est optimale sur les sites mésiques dont le sol présente une texture fine (Figure 7). Un sol très argileux peut au contraire nuire à la productivité, de même qu'une profondeur de sol de moins de 30 cm. Les sites riches présentent un plus grand risque de compétition, ce qui est aussi le cas des sites humides par rapport aux sites xériques. Cette figure permet aussi de constater que les sites avec le

meilleur potentiel de croissance pour le pin blanc sont aussi ceux sur lesquels le pin blanc risque de rencontrer des problèmes de compétition et de rouille vésiculeuse.

Vlasiu et al. (2000) concluent que l'aménagiste se trouve donc devant l'alternative suivante : ou bien il aménage le pin blanc sur des sites relativement moins productifs en y mettant des efforts modérés, ou bien il aménage celui-ci sur des sites plus productifs qui nécessiteront toutefois des efforts plus soutenus pour contrer la compétition et la rouille vésiculeuse.

Dans le cas du présent projet, nous suggérons donc d'éviter les sites humides (drainage 4 et plus) et les sites xériques (sol très mince, drainage 0-1 inventaires). Une carte interprétative du potentiel de croissance du pin blanc a été bâtie à partir du modèle numérique d'élévation et en tenant compte des situations qui défavorisent sa croissance (Annexe 1, Figure 9). Pour les peuplements issus de vieilles CPL ou CPE sur le territoire d'étude, on estime que 70 % des sites présentent un potentiel élevé et approximativement 30 % un potentiel moyen.

Ainsi, la grande majorité des sites rencontrés présentent un très bon potentiel pour la croissance du pin blanc. L'aménagiste doit prévoir des travaux de dégagement de la végétation concurrente.

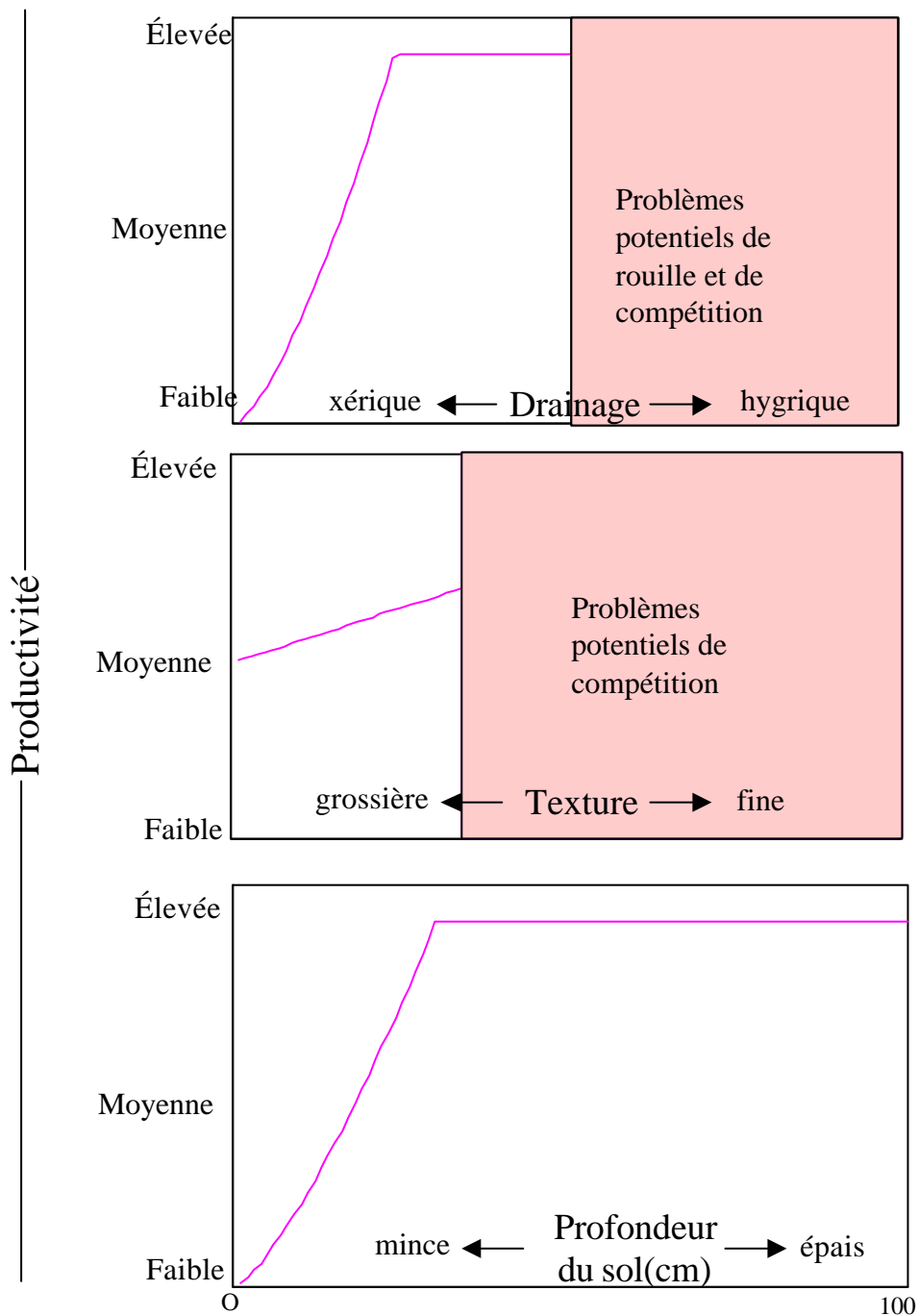


Figure 7 : Relations entre les caractéristiques de sol, la productivité du pin blanc et les problèmes liés à la compétition et à la rouille vésiculeuse

4.9 L'enrichissement en pin blanc

Il est possible d'obtenir des résultats intéressants avec l'enrichissement en pin blanc (Smidt et Puettmann 1998 ; Saunders et Puettmann 1999). Par exemple, Saunders et Puettmann (1999) ont observé une croissance en hauteur de plus de 30 cm/an pour des plants mis en terre 4 ans auparavant. Plusieurs agents nuisibles peuvent attaquer les semis de pin blanc dont la rouille vésiculeuse, le charançon et le chevreuil. Or, divers auteurs ont remarqué qu'un couvert arbustif offre une protection contre ces différents agents. Par exemple, Stiehl (1985) rapporte une réduction des dommages causés par le charançon lors de plantations effectuées sous un couvert de peupliers préalablement éclaircis, ainsi que sous l'ombrage de drageons de peuplier issus d'une coupe totale dans une peupleraie. Dans les deux cas, un contrôle du couvert dominant a été nécessaire pour l'obtention d'un équilibre entre la protection que le couvert offre au pin blanc et l'oppression qu'il engendre chez celui-ci. Cet équilibre critique pour la survie du pin blanc est particulièrement difficile à maintenir sur les sites mésiques où une ouverture trop grande du couvert favorise la croissance d'un sous-étage dense d'arbustes.

Autre exemple, Saunders et Puettmann (1999) rapportent que l'absence de couvert arbustif augmente la probabilité qu'un plant soit brouté par le chevreuil. Par contre, une trop grande compétition fera en sorte que le plant se trouve plus longtemps vulnérable au chevreuil. Les auteurs concluent que le dégagement de l'étage arbustif et la protection contre le broutage du chevreuil devraient se faire « main dans la main » afin de favoriser la régénération du pin blanc.

L'influence du sous-étage dans les plantations sous couvert est aussi notée par Smidt et Puettmann (1998) et par Saunders et Puettmann (1999). Ainsi, sur des sites riches comme ceux rencontrés dans la région de Lanaudière, nous suggérons :

- 1) D'enrichir en pin blanc dans les microsites où la compétition arbustive est faible mais existante;
- 2) De ne pas procéder à la récolte finale avant que les plants aient atteint 5 m de hauteur. En effet, une récolte immédiate pourrait avoir pour effet d'augmenter la couverture de

l'étage arbustif. De plus, le couvert résiduel pourrait offrir une certaine protection contre le charançon (Hannah, 1988). ; et

3) D'envisager la possibilité d'un dégagement (Hannah, 1988).

Des études seraient toutefois nécessaires afin de valider la proposition d'Hannah (1988) dans le cas d'un couvert feuillu. Stiell et Berry (1985) ont remarqué que la protection contre le charançon était surtout efficace avec un couvert résineux, car un feuillage permanent permet d'assurer une certaine protection au pin blanc tôt au printemps, durant la période de réveil du charançon.

De plus, il faut spécifier qu'il n'existe pas de panacée contre les divers agents nuisibles du pin blanc. L'aménagiste qui désire procéder à de l'enrichissement avec cette essence doit effectuer un suivi rigoureux des superficies ainsi aménagées.

Dans le cas de jeunes peuplements denses de peupliers, l'enrichissement en pin blanc est possible, mais nécessitera beaucoup de travaux d'éducation. En effet, Lavallée et Daoust (1998) rapportent que plusieurs traitements de dégagement ont été nécessaires à l'intérieur d'une période de 6 ans, suite à la plantation de pin blanc dans des bandes de 2 et 3 m sous le couvert de peuplements denses à dominance de peuplier issus de coupes totales.

4.10 Valeur du peuplement en place

Nous avons relevé le fait que les peuplements en place peuvent jouer un rôle d'éducation tant pour le bouleau jaune que le pin blanc. Cela étant, si l'aménagiste juge qu'il n'est pas rentable financièrement de récolter le peuplement (en raison de la trop forte proportion de bois de trituration), il pourrait décider le conserver afin qu'il joue un rôle d'éducation plus longtemps. Ceci est particulièrement vrai dans le cas du pin blanc (section 4.9). Nous proposons ici **arbitrairement** un ratio minimal de 1 :1 en volume de bois d'œuvre vs bois de trituration pour procéder à la récolte (ratio > 1) ou non (ratio < 1). Des données économiques seraient nécessaires pour mieux définir ce seuil.

5 Conclusion

Les travaux proposés dans ce guide ne constituent aucunement les derniers travaux que devra effectuer l'aménagiste pour obtenir les peuplements désirés. Côté et al (2000) présentent d'ailleurs à cet égard une série de traitements possibles au cours de l'évolution du peuplement en fonction des caractéristiques écologiques. Les travaux exécutés doivent être suivis pour s'assurer qu'ils conduisent à la réalisation des objectifs établis. **De plus, ces suivis doivent être documentés**, au moyen de rapports clairs et précis indiquant les conditions dans lesquelles les travaux ont été exécutés, la méthodologie employée et la localisation précise. Ces rapports détaillés doivent pouvoir servir de **mémoire collective** en terme de sylviculture.

Les rapports de travaux exécutés dans un cadre opérationnel ne permettent pas toujours de comprendre pourquoi tel traitement produit les résultats escomptés ou non, car plusieurs variables interagissent et font en sorte qu'il est difficile de distinguer l'effet du traitement. Par exemple, certains suivis d'éclaircie commerciale dans des peuplements de pin blanc démontrent que l'éclaircie commerciale produit de bons résultats alors que d'autres suivis démontrent qu'elle n'a que peu d'effet. La mise en place de dispositifs de recherche plus complets a permis de comprendre que la structure du peuplement avant coupe et la qualité du sol jouent un effet primordial sur le succès du traitement. Cette compréhension permet maintenant de mieux cibler les interventions.

Dans le cadre du présent projet, plusieurs sujets de recherche ont été identifiés :

- Comment peut-on établir de façon objective si un semis est libre de croître, en compétition ou opprimé?
- Quelles sont les chances de survie de ces semis en fonction de leur position par rapport à la végétation compétitrice ?
- Est-il possible d'effectuer un dégagement partiel efficace du bouleau jaune ?
- Quelles sont les conditions qui favoriseront l'enrichissement du bouleau jaune et du pin blanc dans les peuplements de faible surface terrière ?

Quelle est importance réelle des facteurs abiotiques (exposition, drainage, situation sur la pente) sur la survie et la croissance à long terme du bouleau jaune ?

Les peuplements de faible surface terrière résiduelle peuvent-ils fournir une protection adéquate contre le charançon?

Ces questions ne peuvent être répondues par un simple suivi des travaux. Des dispositifs de recherche doivent être établis spécifiquement si l'on désire identifier les situations à l'intérieur desquelles un traitement produit les résultats escomptés.

6 Références

- Beaudet, M. et C. Messier. 1998. Growth and morphological responses of yellow birch, sugar maple, and beech seedlings growing under a natural light gradient. *Canadian Journal of Forest Research*. 28 (7): 1007-1015.
- Bellefleur, P. et Y. Petillon. 1983. Experiments on interspecific competition by selective elimination of forest species. *Canadian Journal of Forest Research*. 13 (3): 522-532.
- Carleton, T. J. et R. W. Arnup. 1993. Vegetation ecology of eastern white pine and red pine forests in Ontario. Sault Ste Marie, Ontario Forest Research Institute.
- Chapeskie, D. J. 1984. An evaluation of the growth and yield of plantation white pine (*Pinus strobus* L.) in southeastern Ontario.
- Corbett, C. M. 1994. White pine management and conservation in Algonquin Park. *The Forestry chronicle*. 70 (4): 435-436.
- Côté, S., G. Lessard, B. Ménard et F. Pelletier. 2000. Guide sylvicole terrain. Air commune 44-02. Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERFO). 52 pp.
- Dumont, M. 1995. Plantation de feuillus nobles, Ministère des Ressources Naturelles, Québec: 126.
- Erdmann, G. G. 1990. *Betula alleghaniensis*. *Silvics of North America: 2. Hardwoods. Agriculture Handbook 654*. U.S. Burns, R. M., and Barbara H. Honkala, tech. coords. Washington, DC, Department of Agriculture, Forest Service.
- Hannah, P. R. 1988. The shelterwood method in northeastern forest types: a literature review. *Northern Journal of applied forestry*. 5 (1) : 70-77.
- Hill, D. B. 1987. Stand dynamics and early growth of yellow birch and associates in the White Mountains. General technical report SE - U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Experiment Station. (46) : 20-26.
- Kobe, R. K., S. W. Pacala, J. A. Silander Jr. et C. D. Canham. 1995. Juvenile tree survivorship as a component of shade tolerance. *Ecological Applications*. 5 (2): 517-532.

- Lancaster, K. F. et W. B. Leak. 1978. A silvicultural guide for white pine in the Northeast. USDA Forest Service, General Technical Report, Northeastern Forest Experiment Station (E-41). 13 p.
- Lavallée, R. et G. Daoust. 1998. Lutte contre le charançon du pin blanc: Revue des méthodes et résultats d'application. 7 p.
- Marquis, D. A. 1981. Effect of deer browsing on timber production in Allegheny hardwood forests of northwestern Pennsylvania, U. S. Dep. Agric. For. Serv. Res. Pap. NE - U.S. Northeastern Forest Experiment Station. 475 10 p.
- NCSS inc. 2001. PASS 2000.
- Perala, D. A. 1972. Regeneration : Biotic and silvicultural factors. Aspen symp. Proc. USDA For. Ser. Gen Tech. Rep. NC-1
- Roberge, M. R. 1977. Influence of cutting methods on natural and artificial regeneration of yellow birch in Quebec northern hardwoods. Canadian Journal of Forest Research. 7 (1) : 175-182.
- Saunders, M. R. et J. K. Puettmann. 1999. Effects of overstory and understory competition and simulated herbivory on growth and survival of white pine seedlings. Canadian Journal of Forest Research. 29 (5) : 536-546.
- Scott, D. R. M. 1958. Forest ecology, as related to white pine silviculture in Central Ontario. Soc. Amer. For., Proc. 1957. pp. 72-74.
- Service canadien des forêts. 1993. Aspen management information system.
- Smidt, M. F. et K. J. Puettmann. 1998. Overstory and understory competition affect underplanted eastern white pine. Forest ecology and management. 105 : 137-150.
- Stiell, W. M. 1985. Silviculture of eastern white pine. Proceedings of the Entomological Society of Ontario 116 (supplement): 95-107.
- Stiell, W. M. et A. B. Berry. 1985. Limiting white pine weevil attacks by side shade. The Forestry chronicle. 61 (1): 5-9.
- Vlasiu, P. D., P. Nolet et F. Doyon. 2000. Le pin blanc. Revue de littérature. Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt Feuillue. 99 p.

Annexe 1 : Potentiel de croissance du bouleau jaune et du pin blanc sur le territoire.

Nous avons tenté d'évaluer le potentiel de croissance pour le bouleau jaune (Figure 9) et pour le pin blanc (Figure 10) sur le territoire d'étude. Ces potentiels ont été déterminés en mettant en la relation le modèle d'élévation numérique et les variables écologiques récoltées dans le cadre du présent projet. Ces cartes fournissent, d'une part, un aperçu général du potentiel du territoire pour ces deux essences et, d'autre part, elles donnent une première indication du potentiel pour un site précis. Dans le cas de cette seconde utilisation, l'aménagiste doit procéder à une vérification sur le terrain, car le territoire n'a pas été visité dans son ensemble.

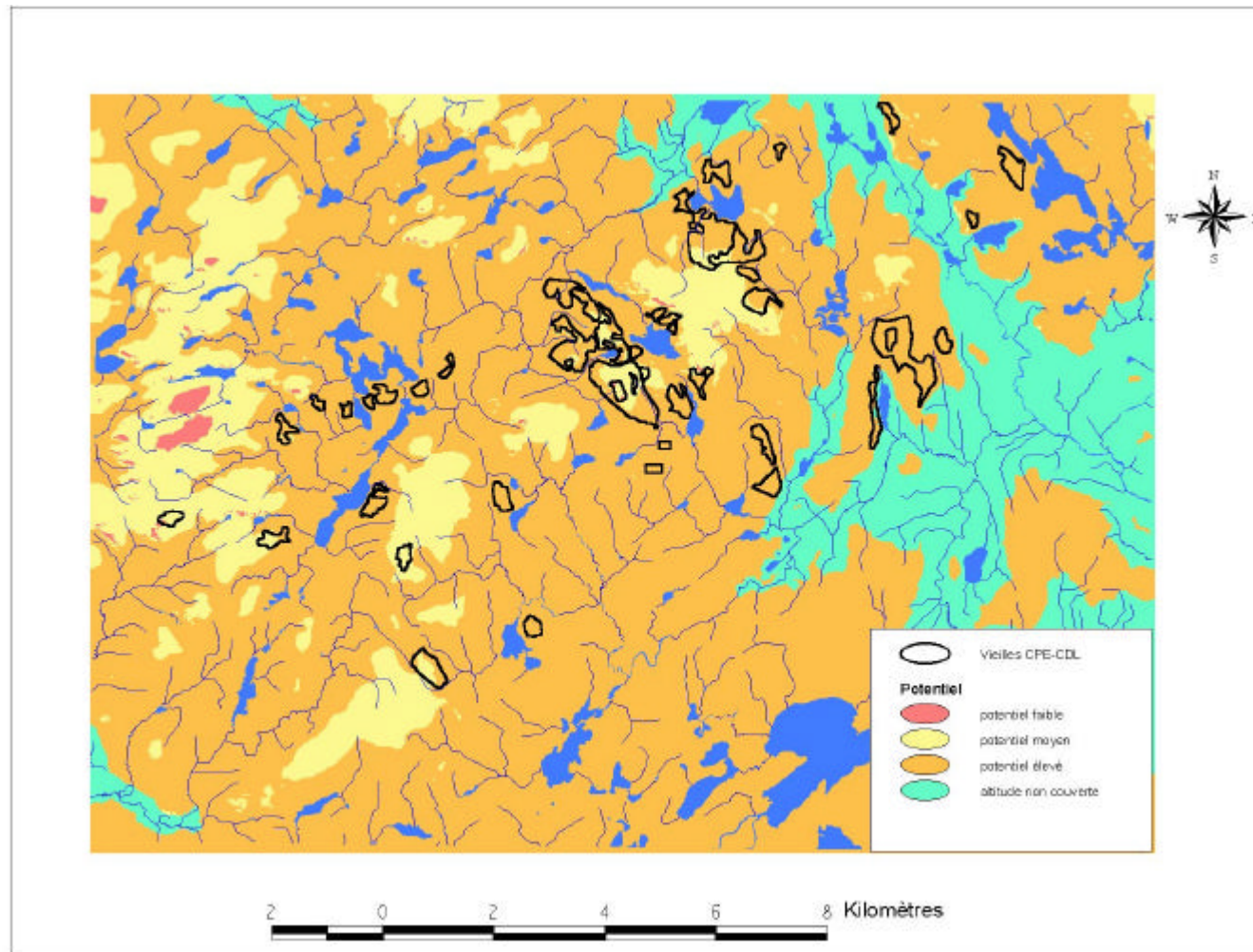


Figure 8 : Carte interprétative du potentiel de croissance du bouleau jaune

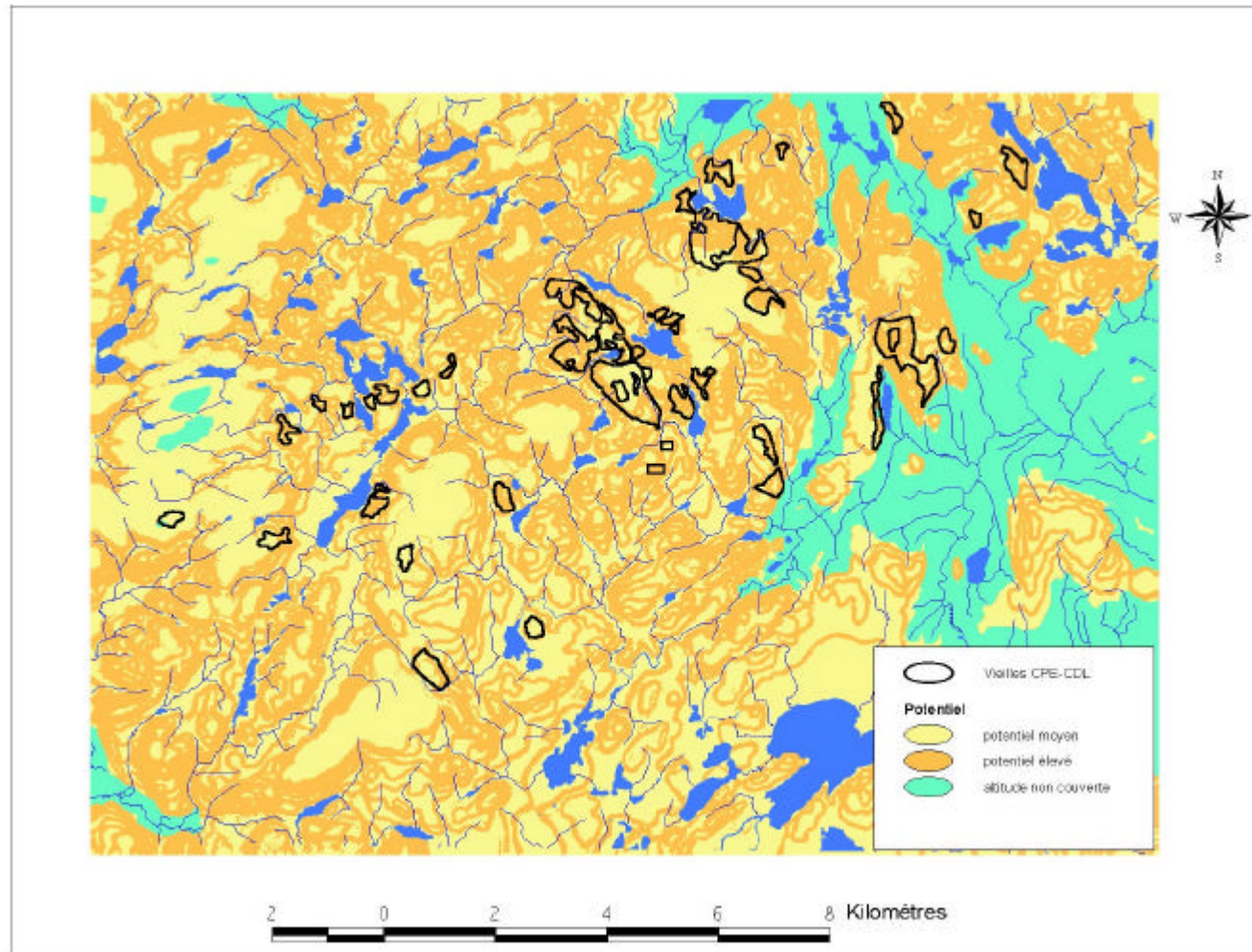


Figure 9 : Carte interprétative du potentiel de croissance du pin blanc

Annexe 2 : Croissance en fonction de la position par rapport à la compétition

Il peut être utile de diviser les semis en fonction de leur position par rapport à la compétition, car cela permet de vérifier si des plants doivent être dégagés ou non. Dans le cas de ce projet, nous avons adopté la terminologie suivante : 1) les tiges qui étaient plus hautes que la végétation concurrente étaient des tiges libres 2) les tiges qui étaient à la même hauteur que la végétation concurrente et qui semblaient avoir une chance de passer à travers la végétation concurrente étaient des tiges en compétition et 3) les tiges qui ne semblaient incapables de passer à travers la végétation concurrente étaient des tiges opprimées. La figure 10 présente les croissances obtenues pour les trois catégories de tige. La croissance des tiges libres est plus grande que celle des tiges opprimées et en compétition (respectivement $p = 0.0002$ et $p = 0.024$; ANOVA) ; La différence entre les tiges opprimées et tiges en compétition n'est pas tout à fait significative ($p = 0.054$; ANOVA).

Nous avons considéré à la section 8 que les tiges opprimées ne devraient pas être considérées comme tiges d'avenir, et ce, pour deux principales raisons. D'abord, il est possible que ces tiges présentent une moins bonne croissance en raison d'un bagage génétique plus faible et il est aussi possible que ces tiges n'aient pas développé un système racinaire suffisant pour leur permettre de réagir à un dégagement éventuel. Ainsi, notre démarche montre qu'il est possible de classer de façon relativement objective le potentiel des tiges. On pourrait utiliser la couverture exercée par la compétition, mais cette mesure peut ne pas être la même pour deux estimateurs, ce qui diminue son intérêt. La croissance en hauteur de la dernière année de croissance pourrait aussi être utilisée ; elle est par contre dépendante des conditions climatiques. Par contre, en utilisant plus d'une année de croissance on pourrait obtenir probablement une mesure plus fiable. Ainsi, une tige qui présente une croissance en hauteur moyenne dans les 2-3 dernières années de moins de 23 cm pourrait être considérée opprimée. Cela constitue un exemple ; il demeure à confirmer et devrait être adapté à la hauteur des tiges mesurées.

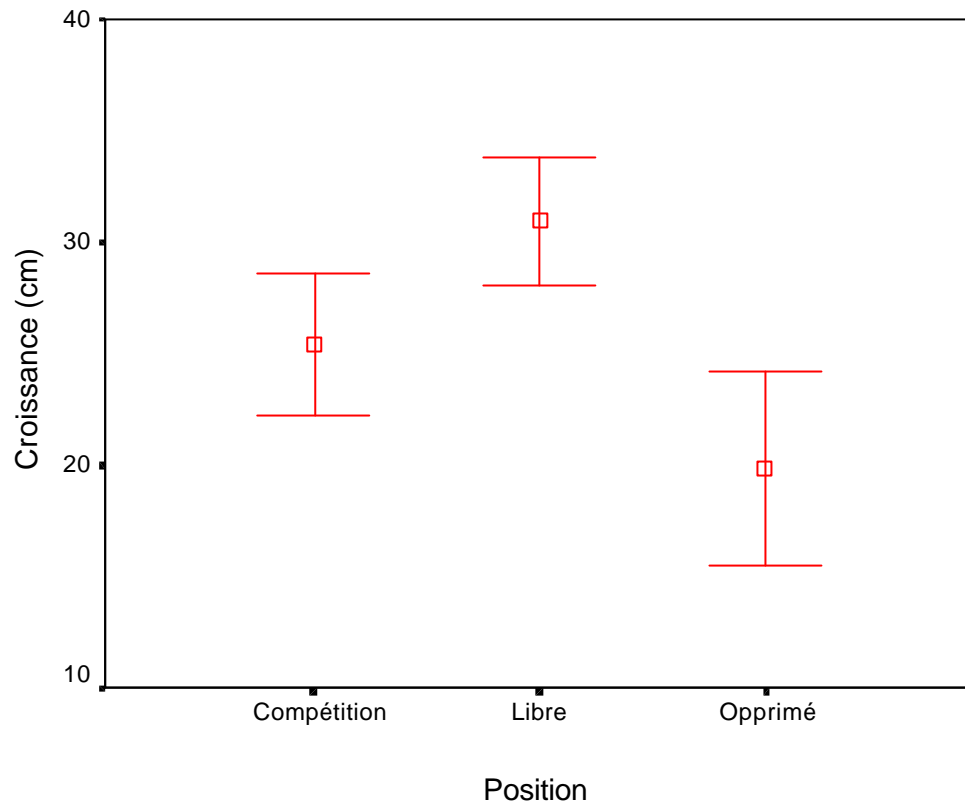


Figure 10 : Croissance en hauteur en fonction de la position de la tige par rapport à la compétition.