PROGRAMME DE MISE EN VALEUR DES RESSOURCES DU MILIEU FORESTIER – VOLET 1

Rapport final

Élaboration d'une stratégie alternative pour la production du pin blanc (Première mesure après interventions dans le dispositif expérimental de comparaison de traitement du secteur Lascar Maniwaki)

Présenté au :

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Guy Lesage, ing.f.
Lise Guay, ing.f.

Et :

La Compagnie Commonwealth Plywood Ltée
Christian Picard, ing.f.

Par :

CERFO
Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc.
Sylvie Côté, ing.f., M.Sc.
Philippe Bournival, ing.f., M.Sc.
Donald Blouin, ing.f., M.Sc.
Guy Lessard, ing.f., M.Sc.

Avril 2010

© CERFO 2010-10

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES ..... **II**

LISTE DES TABLEAUX ..... **II**

REMERCIEMENTS ..... **III**

RÉSUMÉ ..... **IV**

INTRODUCTION **1**

BUT DU PROJET **1**

OBJECTIFS **2**

1. MISE EN CONTEXTE 3
   1.1. La coupe progressive ontarienne *3*
   1.2. Le régime des perturbations naturelles *4*
2. MÉTHODOLOGIE 8
   2.1. Territoire à l'étude *8*
   2.2. Traitements *8*
   2.2.1. La coupe progressive uniforme (CPU) 8
   2.2.1.1. Objectifs du traitement 9
   2.2.1.2. Directives de martelage 9
   2.2.2. La coupe d'éclaircie commerciale de feuillus et de pins (ECF) 10
   2.2.2.1. Objectifs du traitement 10
   2.2.2.2. Consignes de martelage 10
   2.2.3. La coupe d'éclaircie commerciale de feuillus et de pins modifiée (ECFm) 12
   2.2.3.1. Consignes de martelage 12
3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL 14
   3.1. Description du dispositif *14*
   3.1.1. Délimitation des unités expérimentales 14
   3.1.2. Délimitation des unités expérimentales 17
   3.2. Données récoltées *17*
   3.2.1. Inventaire de bois marchand 17
   3.2.2. Inventaire des gaules 18
   3.2.3. Inventaire de régénération 18
   3.2.4. Inventaire des études d'arbres 19
   3.2.5. Analyses statistiques 19
4. RÉSULTATS 21
   4.1. Description du bois sur pied *21*
   4.2. Prélèvements *27*
   4.3. Gaules *32*
   4.4. Régénération *36*
   4.5. Études d'arbres *41*
5. DISCUSSION 46
   5.1. Cas de l'ECFm *46*
6. RECOMMANDATIONS 48
7. SUITE DES TRAVAUX 48

CONCLUSION **49**

RÉFÉRENCES **50**

ANNEXE 1. RÉSULTATS SUPPLÉMENTAIRES POUR LA MESURE APRÈS INTERVENTION **52**

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation des traitements, des répétitions et des placettes du dispositif de pin blanc du secteur Lascar ..15

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Répartition des placettes par dépôt-drainage et caractérisation de la station pour chacun des blocs 16
Tableau 2. Surface terrière (m²/ha) moyenne par unité expérimentale et essence 23
Tableau 3. Densité moyenne par unité expérimentale et essence 24
Tableau 4. Diamètre quadratique (DHP_Q) moyen et surface terrière moyenne par unité expérimentale et classe de qualité (MSCR) 25
Tableau 5. Densité moyenne par unité expérimentale et classe de qualité (MSCR) 25
Tableau 6. Densité moyenne, surface terrière moyenne et proportion par traitement et essence 26
Tableau 7. Surface terrière moyenne par traitement et classe de qualité (MSCR) 27
Tableau 8. Densité moyenne par traitement et classe de qualité (MSCR) 27
Tableau 9. Diamètre quadratique moyen par traitement 27
Tableau 10. Surface terrière moyenne initiale, résiduelle prévue et résiduelle et prélèvement moyen par unité expérimentale 29
Tableau 11. Densité moyenne initiale, résiduelle prévue et résiduelle et prélèvement moyen par unité expérimentale 30
Tableau 12. Surface terrière initiale moyenne, résiduelle prévue et résiduelle et prélèvement par traitement et essence 31
Tableau 13. Surface terrière initiale, résiduelle prévue et résiduelle par traitement et classe de qualité (MSCR) 32
Tableau 14. Surface terrière moyenne initiale, résiduelle prévue et résiduelle et prélèvement moyen par traitement 32
Tableau 15. Densité moyenne initiale, résiduelle prévue et résiduelle et prélèvement moyen par traitement 32
Tableau 16. Densité moyenne des gaules par traitement et essence 34
Tableau 17. Densité moyenne des gaules par unité expérimentale et groupe d'essences 35
Tableau 18. Densité moyenne des gaules par traitement et groupe d'essences 35
Tableau 19. Surface terrière moyenne par traitement 36
Tableau 20. Densité moyenne des semis par traitement et essence 38
Tableau 21. Coefficient de distribution (CD) moyen des semis par traitement et essence 39
Tableau 22. Densité moyenne des semis par unité expérimentale et groupe d'essences 40
Tableau 23. Coefficient de distribution (CD) moyen des semis par unité expérimentale et groupe d'essences 40
Tableau 24. Densité moyenne des semis par traitement et groupe d'essences 41
Tableau 25. Coefficient de distribution moyen des semis par traitement et groupe d'essence 41
Tableau 26. Diamètre, hauteur, largeur de cime, ouverture de cime, âge et ratio hauteur/diamètre moyen par unité expérimentale et essence 43
Tableau 27. Diamètre, hauteur, largeur de cime, ouverture de cime, âge et ratio hauteur/diamètre moyen par bloc et essence 44
Tableau 28. Diamètre, hauteur, largeur de cime, ouverture de cime, âge et ratio hauteur/diamètre moyen par traitement et essence 45

REMERCIEMENTS

Le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) tient à remercier le ministère des Ressources naturelles et de la Faune pour la confiance accordée pour la réalisation de ce mandat. Il tient à souligner l'appui de M. Christian Picard de la Compagnie Commonwealth Plywood Ltée et l'étroite collaboration de M. Guy Lesage et de Mme Lise Guay du Ministère des Ressources naturelle et de la Faune (MRNF). Il en est de même pour la participation de la compagnie MC Forêt pour la supervision et la réalisation des travaux. Finalement, nos remerciements vont au groupe Del Degan, Massé et Associés pour sa contribution technique au niveau du rubannage, du martelage et de l'inventaire forestier.

RÉSUMÉ

La région de l'Outaouais désire devenir la région ressource pour le développement de la stratégie de production du pin blanc. Dans cette région, comme dans d'autres régions au Québec, la régénération du pin blanc s'avère difficile et la possibilité en bois d'œuvre s'en trouve affectée. En fait, la protection contre les feux de forêt et les interventions sylvicoles actuellement utilisées dans les pinèdes du Québec ne favorisent pas la régénération des superficies en pin blanc.

Dans ce contexte, un projet global a été initié en 2004 afin de développer une stratégie alternative permettant de pallier à la problématique de régénération du pin blanc. À cet effet, un dispositif expérimental faisant l'essai d'un nouveau traitement de coupe progressive uniforme (CPU) inspiré des travaux réalisés en Ontario a été installé dans la région de Fort-Coulonge. Le présent projet s'inscrit dans la continuation du projet global par l'implantation d'une 2e répétition du dispositif dans la région de Maniwaki. L'implantation de cette 2e répétition visait initialement à comparer deux traitements sylvicoles différents pour la production de pin blanc : la coupe progressive uniforme (CPU), et l'éclaircie commerciale de feuillus et de pins (ECF). Inspirée des travaux de Fort-Coulonge, la CPU a pour objectifs de maintenir les fonctions écologiques des pinèdes et de régénérer adéquatement le pin blanc. À cet effet, elle est suivie d'une préparation de terrain, généralement effectuée à l'aide d'un bouteur sur toute la superficie possible, lors d'une bonne année semencière. L'ECF, quant à elle, correspond à la coupe normalement prescrite au Québec. De plus, une mauvaise transmission des consignes lors de l'exécution des travaux a produit un troisième traitement, appelé « éclaircie commerciale de feuillus et de pins modifiée » (ECFm), laquelle a été effectuée dans deux des blocs initialement prévus pour l'ECF, et qui s'est soldée par le maintien des 100 tiges/ha visées par le martelage positif de l'ECF et l'abattage de tout le reste.

Le présent rapport décrit le dispositif expérimental du secteur Lascar de Maniwaki, fournit la description des traitements, ainsi que les portraits du peuplement avant et immédiatement après les interventions de récolte.

INTRODUCTION

Dans la région de l'Outaouais comme dans d'autres régions au Québec, la régénération du pin blanc s'avère difficile et la possibilité en bois d'œuvre s'en trouve affectée. En fait, le type d'intervention actuellement utilisé au Québec ne favorise pas la régénération des superficies en pin blanc. Un projet global a été initié en 2004 afin de développer une stratégie alternative permettant de pallier à la problématique de régénération du pin blanc qui, si elle n'est pas résolue, risque d'engendrer un effondrement de la possibilité pour cette essence. Dans cette optique, un dispositif expérimental faisant l'essai d'un nouveau traitement de coupe progressive uniforme (CPU) inspiré des travaux réalisés en Ontario a été installé dans la région de Fort-Coulonge. Le présent projet s'inscrit dans la continuation du projet global par l'implantation d'une 2e répétition du dispositif dans la région de Maniwaki. L'implantation de cette 2e répétition permettra de comparer deux traitements sylvicoles différents, visant la production de pin blanc : **la coupe progressive uniforme** (CPU), inspirée des travaux de Fort-Coulonge, et **l'éclaircie commerciale de feuillus et de pins** (ECF), telle que pratiquée usuellement au Québec. Dans ce dispositif, une mauvaise transmission de données a conduit à la réalisation d'un troisième traitement, appelé **l'éclaircie commerciale de feuillus et de pins modifiée** (ECFm), qui conserve les mêmes arbres d'avenir que l'ECF, mais retire tout le reste.

BUT DU PROJET

Le but du projet est d'expérimenter un nouveau scénario sylvicole pour régénérer le pin dans une perspective d'aménagement forestier durable. Pour ce faire, le traitement doit être conçu sur la base de l'autécologie des espèces et s'inspirer de l'effet produit par les perturbations naturelles, tout en diminuant la vulnérabilité entomologique du pin blanc et en étant économiquement et socialement acceptable. De plus, l'intervention à promouvoir pour les pins devrait aussi permettre de maintenir le chêne rouge dans la mesure où il y en aurait à proximité. Le chêne rouge est une essence compagne dont plusieurs caractéristiques autécologiques sont semblables à celles du pin blanc.

OBJECTIFS

Objectifs généraux

- Initier, dès l'âge de 100 ans, l'installation et le développement d'une régénération de PIB (PIR et CHR) sous couvert de pins et ainsi réorienter la production vers le PIB sur des sites qui, autrement, risquent d'évoluer vers des peuplements d'essences tolérantes de faible valeur.
- Vérifier si l'intervention préconisée (CPU) peut permettre la venue de peuplements à double cohorte de pin blanc.
- Évaluer la similarité entre cette intervention et les perturbations naturelles (feux) à partir des informations provenant de la littérature.
- Vérifier si cette approche permet d'assurer la régénération du pin blanc
- Vérifier si ces peuplements seront vulnérables au charançon du pin blanc.

Objectifs plus spécifiques

- Poursuivre le projet initié en 2004, en installant un dispositif semblable à celui de Fort-Coulonge dans la région de Maniwaki pour fins de comparaison et de validation.
- Comparer la coupe progressive uniforme (CPU) avec l'éclaircie commerciale de feuillus et de pins (ECF), qui est la coupe normalement prescrite au Québec, et évaluer l'éclaircie commerciale de feuillus et de pins modifiée (ECFm) réalisée par erreur.

1. MISE EN CONTEXTE

1.1. LA COUPE PROGRESSIVE ONTARIENNE

La coupe progressive uniforme (CPU) s'inspire des travaux réalisés en Ontario où le scénario prévoit la régénération des pinèdes, effectuée en plusieurs coupes successives pouvant aller jusqu'à 4 interventions : la coupe préparatoire (*preparatory cut*), la coupe d'ensemencement (*seed cut*), la coupe secondaire (*release cut*) et la coupe finale (*final removal cut*) (OMNR, 1998).

La coupe préparatoire est une coupe facultative, réalisée lorsque les cimes ont 4 à 5 m de diamètre, soit entre 61 et 80 ans, pour favoriser le développement des cimes des futurs semenciers et retirer les espèces indésirables, le cas échéant. Les arbres résiduels sont codominants ou dominants, uniformément distribués, et d'essences désirées incluant les essences compagnes pouvant généralement être présentes sur ces stations (le pin rouge et le chêne), ainsi que certaines espèces importantes pour la biodiversité. La coupe suivante est la coupe de d'ensemencement, réalisée 20 ans après la précédente, soit entre 81 et 100 ans, ou lorsque les cimes ont de 6 à 8 m de diamètre, et qui vise à faciliter la régénération naturelle. Les arbres résiduels sont codominants ou dominants, d'essences désirées, sans défauts, avec une bonne forme et une cime symétrique. L'éclaircie se fait par le bas, ce qui permet de concentrer le prélèvement sur les arbres de faible qualité et de moindre vigueur. Le degré de fermeture du couvert doit être réduit pour promouvoir la croissance des semis de pin blanc, tout en les protégeant contre les agents nuisibles (rouille vésiculeuse et charançon). Ceci est obtenu en utilisant un espacement de ½ cime entre les arbres (ou un espacement de 1,5 cime entre les tiges), ce qui est équivalent à 40 % de leur hauteur. Une préparation de terrain permettant une bonne exposition du sol minéral réalisée lors d'une bonne année semencière favorisera l'établissement des semis (Hannah, 1988). L'intervention suivante est la coupe secondaire qui prévoit le maintien de 30 à 40 % de couverture, ce qui correspond à un espacement équivalent à une cime entre les arbres. Cette intervention permet d'allonger la durée de la protection des semis contre les agents nuisibles. À l'instar des coupes précédentes, les arbres de meilleure qualité sont conservés pour maximiser la valeur. La coupe finale peut être réalisée lorsque les semis atteignent 5 à 6 m de hauteur. Cette intervention s'approchera davantage de l'effet produit par les perturbations naturelles si elle est assortie d'une rétention d'arbres qui serviront de source de semences et/ou pour leur valeur faunique, et deviendront les vétérans du prochain peuplement. Les arbres retenus à cet effet devraient être identifiés plus tôt dans le processus pour éviter de récolter les arbres à

valeur faunique existants. Le scénario pourra comporter trois coupes (sans coupe secondaire) lorsqu'il s'agit de peuplements de pin rouge ou si les risques d'attaque par le charançon sont faibles.

1.2. LE RÉGIME DES PERTURBATIONS NATURELLES

Les travaux de Frelich (1992), résumés dans les lignes qui suivent, ont permis de décrire les relations existant entre les perturbations naturelles et le développement des pinèdes. Les pinèdes blanches sont associées à un cycle de feux catastrophiques de 150 à 300 ans. À la suite d'un feu intense, l'établissement de la nouvelle cohorte s'effectue lentement sur une période de 20 à 40 ans, à partir des semences provenant de pins blancs ayant survécu au feu ou situés dans les environs. L'établissement du pin blanc, favorisé par l'exposition de sol minéral et l'ensoleillement important généré par le feu, se fait souvent en même temps ou peu après celui d'espèces à croissance plus rapide, telles que le peuplier, le bouleau, l'érable rouge ou le chêne. L'ombrage des espèces feuillues s'établissant après feu serait moins important que celui produit dans les peuplements d'érable à sucre et convient mieux au pin blanc. Le maintien du pin blanc à long terme sera possible grâce à sa grande longévité, à la capacité qu'ont les arbres matures de résister aux feux de surface du fait de leur écorce épaisse, ainsi qu'à sa tolérance modérée à l'ombre. Sur les stations sèches, les feux de surface qui reviennent à tous les 20 à 40 ans éliminent progressivement les feuillus tolérants et peuvent former graduellement des pinèdes multi-étagées qui seraient susceptibles de se maintenir pendant des siècles. Sur les stations plus fraîches, les feux intenses plus rares expliquent la moindre abondance de pinèdes et la rareté des feux de surface favorise plutôt une succession vers les feuillus tolérants, soutenue par la meilleure croissance de l'érable à sucre par rapport au pin. Les chablis totaux, dont la récurrence varie entre 1 000 et 2 000 ans dans les forêts de feuillus tolérants, peuvent ensuite graduellement réduire la proportion de pins et orienter l'évolution de la composition en faveur des feuillus tolérants. Le retour d'une pinède à la suite d'une forêt de feuillus tolérants peut survenir lorsqu'un feu intense s'allume dans les débris ligneux générés par les chablis totaux. De nos jours, la suppression des incendies favorise une évolution des pinèdes vers des peuplements de feuillus tolérants. Dans les forêts de feuillus tolérants, le maintien du pin blanc comme essence compagne est assuré par de petits feux qui permettent l'établissement de taches de régénération de pin blanc et de chêne rouge. Les pins blanc isolés qui émergent du couvert ont davantage de chances d'être foudroyés lorsqu'ils sont vieux et de causer un petit feu au même endroit que celui ayant été à l'origine de leur établissement.

Dans la forêt aménagée, en plus de la rouille vésiculeuse, la raréfaction du pin blanc serait le résultat conjugué du retrait des semenciers sur d'importantes superficies, de la substitution de la coupe au feu comme élément de perturbation majeur, de la faible qualité du lit de germination pour le pin sous les forêts de seconde venue, de l'aptitude de plusieurs espèces de feuillus durs à se régénérer par rejets exacerbée par la réalisation de coupes répétées sur de courtes rotations, ainsi que de la pression exercée par le broutement du cerf (Frelich, 1992).

Des travaux subséquents ont permis de préciser qu'au nord de l'aire de distribution du pin blanc, la succession pouvait s'effectuer en faveur du sapin baumier, de l'épinette noire ainsi que de l'épinette blanche, alors qu'au sud et à l'est, l'évolution subséquente de la végétation s'effectuait plutôt en faveur de l'érable rouge, l'érable à sucre et la pruche (Weyenberg *et al.*, 2004). De plus, ces auteurs font la relation entre les pinèdes équiennes qui résultent d'un feu intense et les inéquiennes qui sont maintenues par les feux de surface. Il semble que les caractéristiques de la station jouent également un rôle, puisqu'une étude menée par Drever *et al.* (2006) dans le Témiscamingue a permis de mettre en évidence que la présence de pins blanc, de pins rouges, de bouleaux à papier et de peupliers était associée à des temps relativement courts depuis la dernière perturbation sévère, aux stations situées en altitude relativement basse, ainsi qu'aux dépôts de texture grossière de drainage bon à excessif. En revanche, l'érable à sucre le bouleau jaune et la pruche étaient plutôt associés à de longues périodes depuis la dernière perturbation sévère, une altitude plus élevée et, dans une moindre mesure, avec les dépôts de texture plus fine, comme les tills.

Précisons que le pin blanc développe une écorce épaisse dans la partie inférieure du tronc lui permettant de résister à des feux de basse intensité à partir d'une hauteur de 18 m, et que les gros individus peuvent survivre à des feux d'intensité modérée (Carey, 1993). Par contre, un feu d'intensité plus que modérée survenant au cours des 50 premières années pourra détruire entièrement un peuplement (Carey, 1993). La croissance en jeunes peuplements denses est favorable à un bon élagage naturel qui empêche ensuite les feux de surface d'atteindre les cimes. Par conséquent, les feux de surface d'intensité faible à modérée laissent de bonnes quantités de semenciers qui peuvent résister grâce à leur écorce épaisse et à l'absence de branches basses. Ces arbres résiduels permettent d'ensemencer le parterre que le feu a nettoyé de la végétation compétitrice et transformé en lit de germination favorable en consumant l'accumulation de matière organique sur la surface du sol (Carey, 1993). En plus de l'ombrage favorable au maintien des conditions humides en sous-bois nécessaires à l'établissement et à la survie des semis, ces rémanents offrent un couvert protecteur contre le charançon du pin blanc et fournissent également un habitat à des prédateurs du charançon (OMNR, 1998).

Soulignons toutefois que le retrait des pins par l'exploitation conjugué à l'absence de régénération de pin peut entraîner une modification du régime de feu en altérant les caractéristiques de structure et de composition qui rendaient le peuplement sujet à de fréquents feux de surface de basse intensité et permettaient le maintien des pinèdes (Drever *et al.*, 2006). Ainsi, par exemple, un feu survenant dans une pinède régénérée en grandes gaules de sapins pourrait plus facilement monter dans les cimes des pins et conduire à la destruction de la pinède qui ne pourrait plus se régénérer faute de semenciers (Doyon et Bouffard, 2009).

Les perturbations ont des effets caractéristiques selon l'agent en cause et leur sévérité (Roberts, 2007). Les perturbations n'affectent pas uniquement le couvert forestier; elles peuvent également avoir des effets plus ou moins importants sur le sous-bois et le parterre forestier. Il est possible de comparer les effets des perturbations anthropiques et naturelles en utilisant un modèle conceptuel reposant sur l'évaluation de ces trois facteurs (Roberts, 2007). Les feux de surface produisent des legs biologiques caractéristiques qui diffèrent par rapport à ceux générés par les feux de cime plus intenses, dont les quantités relatives par rapport à d'autres types de perturbations peuvent être exprimées comme suit (Lindenmayer *et al.*, 2008) :

Legs biologiques	**Feux de surface (faible intensité)**	**Feux de cimes**
Arbres vivants de la canopée	Nombreux (++)	Quelques-uns (+)
Végétation de sous-bois et régénération préétablie	Rare (-)	Rare (-)
Chicots	Quelques-uns (+)	Abondants (+++)
Débris ligneux	Quelques-uns (+)	Nombreux (++)
Litière, humus, graines et rhizomes	Un peu (+)	Un peu (+)
Animaux survivants (dans la canopée ou sous terre)	Quelques-uns (+)	Quelques-uns (+)

Soulignons qu'il s'agit là d'une évaluation générale établissant des ordres de grandeur pour un feu de surface de faible intensité, alors que les pinèdes se régénèrent à la suite de feux de surface d'intensité modérée (OMNR, 1998) ou de feux catastrophiques (Frelich, 1992). Une étude détaillée de l'effet des feux de surface ayant été à l'origine de pinèdes du secteur à l'étude serait nécessaire pour mieux préciser l'effet sur les 3 paramètres diagnostics. Ces considérations font tout de même ressortir la nécessité de s'attarder sur l'effet produit à chacun des trois niveaux : réduction de la couverture de la canopée, réduction de la couverture du sous-bois et proportion de sol perturbé (litière et horizon supérieurs).

Pour que la méthode de régénération s'approche le plus possible de l'effet produit par les feux de surface d'intensité modérée qui sont souvent à l'origine de la formation des pinèdes (OMNR, 1998), il conviendrait de :

- Conserver une bonne densité d'arbres matures;
- Éliminer une proportion importante de la végétation en sous-bois;
- Perturber les horizons supérieurs du sol sur la majeure partie de la surface du parterre forestier.

Une fois établie, la pinède se maintient grâce à la récurrence des feux de surface, qui permettent une suppression régulière de la végétation compétitrice. Ajoutons que de récentes études américaines préconisent des brûlages contrôlés récurrents sous couvert non perturbé pour régénérer des peuplements mixtes de pin blanc (Neumann et Dickmann, 2001).

Aussi, l'adéquation entre l'effet des perturbations anthropiques et naturelles doit tenir compte de la récurrence associée au régime de perturbations naturelles. Or, certaines études ont permis de constater que le régime de feux pouvait varier selon les stations dans la forêt de feuillus tolérants et que le cycle de feu serait plus court sur les dépôts fluvio-glaciaires que sur les ceux de texture moins grossière (Drever *et al.*, 2006). Ainsi, la récurrence des feux ferait en sorte qu'il serait possible que des pinèdes se succèdent sur les dépôts sableux (cycle de feu moyen de 216 ans (100- 274 ans) sur les dépôts fluvioglaciaires dans le Témiscamingue, selon Drever *et al.* (2006)), alors que sur les dépôts de tills, où les feux reviennent moins souvent (cycle de feu moyen de 610 ans (100-815 ans) sur les tills, selon Drever *et al.* (2006)), la forêt évoluerait plutôt vers une composition en essences de fin de succession moins susceptibles au feu (telles que ERS, BOJ, HEG, PRU, THO).

2. MÉTHODOLOGIE

2.1. TERRITOIRE À L'ÉTUDE

Le territoire retenu se situe dans la région de Maniwaki. Il fait partie de l'unité de paysage régionale du Lac Notawissi de la sous-région écologique 4b-M, comprise dans le sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'ouest (Gosselin *et al.*, 1998). Cette unité se caractérise par un relief de collines (d'une amplitude de l'ordre de 100 m) où les dépôts de till minces dominent et les affleurements rocheux sont fréquents sur les sommets. Les dépôts fluvio-glaciaires peuvent couvrir de larges vallées dans cette unité.

2.2. TRAITEMENTS

Les traitements expérimentés sont :

- La coupe progressive uniforme (CPU)
- La coupe d'éclaircie commerciale de feuillus et de pins (ECF)
- La coupe d'éclaircie commerciale de feuillus et de pins modifiée (ECFm)
- L'absence d'intervention dans les témoins non traités (TEM)

Les directives de martelage utilisées et certains paramètres descriptifs du dispositif sont tirés du rapport d'établissement du dispositif (Blouin *et al.*, 2009).

2.2.1. La coupe progressive uniforme (CPU)

Le scénario prévu pour la CPU en est un de coupe progressive à régénération lente (Nyland, 2002), puisqu'il est prévu de générer un peuplement comportant deux étages de pin avant la coupe finale, ce qui implique un délai d'installation de la régénération supérieur à 20 % de la révolution.

La réalisation du traitement de CPU a été supervisée par les agents du MRNF en collaboration avec ceux de l'OMNR. L'ensemble des peuplements du secteur Lascar avait déjà été martelé durant la saison 2007-2008. Le protocole de travail du MRNF est présenté ci-dessous.

2.2.1.1. Objectifs du traitement

L'objectif fondamental est de générer des conditions favorables à l'établissement d'une régénération en pin blanc, en quantité suffisante pour conduire à la formation d'une pinède. Pour ce faire, les objectifs spécifiques sont les suivants :

1. Obtenir une luminosité minimale au sol entre 40 et 50 % (pour limiter la compétition);
2. Distribuer uniformément les semenciers;
3. Réduire au maximum la végétation compétitrice;
4. Obtenir des microsites adéquats sur l'ensemble de la superficie.

2.2.1.2. Directives de martelage

Marteler positivement (en bleu) en ordre de priorité :

1. PIB
2. PIR
3. CHR
4. EPB
5. BOJ

Critères de sélection :

- Prioriser les tiges dominantes de plus grand DHP de qualité C et R;
- Espacer de ½ couronne entre les cimes des tiges martelées (ce qui correspond à un espacement de 1,5 cime entre les arbres). Se traduit souvent par un espacement équivalent à 40 % de la hauteur moyenne des tiges;
- Prioriser les plus belle tiges avec la cime de plus grande dimension car ces tiges sont les meilleurs semenciers.

Autre directives :

- Exclure les bosquets de petites tiges de pins ou de chênes;
- Marteler positivement les arbres en dépérissement avancé (les presque chicot), mettre un W. Viser la conservation de 8 à 10 tiges à l'hectare pour des considérations fauniques;
- S'il n'y a pas de PIB, viser quand même l'ombrage désiré en conservant les essences suivantes :
    1. ERS
    2. ERR
    3. BOP
    4. PEU

L'évaluation du martelage a porté prioritairement sur :

- Les choix des essences où le maintien d'ombrage a dû être considéré (utilisation d'une autre essence si absence de pins);
- L'espacement entre les pins (EPB, CHR et BOJ);
- La qualité du choix retenu = priorité C et R;
- Les diamètres du choix = plus grosses tiges;
- Le diamètre de cime.

La coupe progressive sera éventuellement suivie d'une préparation de terrain en plein, lorsque surviendra une bonne année semencière.

2.2.2. La coupe d'éclaircie commerciale de feuillus et de pins (ECF)

L'éclaircie commerciale de feuillus et de pins (ECF) s'inscrit dans le cadre du régime régulier.

La réalisation du traitement ECF a été supervisée par le CERFO. La prescription a été élaborée selon la norme en vigueur (Instructions relatives 2008-2009, MRNF, 2008). Les secteurs ayant déjà été martelés selon la prescription de la CPU, des corrections de martelage ont dû être effectuées en plus des martelages positif et négatif tels que prescrits pour l'éclaircie.

2.2.2.1. Objectifs du traitement

Les objectifs du traitement sont les suivants (MRNF, 2008) :

1. Accélérer l'accroissement du diamètre des arbres résiduels;
2. À long terme, assurer l'établissement d'une régénération abondante en pin blanc.

Soulignons que l'établissement de la régénération ne fait pas partie des objectifs normalement associés à l'éclaircie commerciale. Dans le cadre de l'éclaircie commerciale, l'établissement d'une régénération désirée constitue plutôt un effet accessoire qui n'est pas toujours observé. Le dispositif permettra d'évaluer dans quelle mesure cet effet accessoire peut effectivement survenir à la suite de ce traitement.

2.2.2.2. Consignes de martelage

Dans le cadre de cette intervention, le martelage a été effectué en deux temps. Tout d'abord un martelage positif a été réalisé pour identifier les tiges à éclaircir, puis un martelage négatif a permis d'identifier les tiges à abattre.

Martelage par la méthode dite « positive »

- Identifier sur le terrain les tiges d'avenir d'essences désirées (voir la liste ci-dessous) que l'on choisit de favoriser et d'éclaircir : ces tiges font partie du capital forestier en croissance et occupent le couvert principal ou supérieur du peuplement.
- La quantité à éclaircir était de 100 tiges d'essences désirées pour la production de pin. Les tiges à éclaircir devaient être espacées le plus uniformément possible.

L'ordre de priorité des essences désirées (contient une bille de bois d'œuvre ou a un potentiel d'en produire) est :

1. Les pins blancs et rouges (S-C-R)
2. Les chênes
3. Les EP et PIG (C-R)
4. Les autres essences nobles (ERS, CET, BOJ) (R et C)
5. Les sapins (R)

Martelage par la méthode dite « négative »

- Identifier les tiges à abattre pour former un puits de lumière autour des tiges identifiées par la méthode dite « positive », afin de favoriser une augmentation de leur croissance et obtenir des arbres de plus grandes dimensions.
- Une tige sera considérée éclaircie lorsque le pourtour de la demie supérieure de sa cime aura été idéalement dégagé, sur une largeur d'environ trois mètres pour les feuillus et pins et deux mètres pour les résineux, sur au moins deux de ses quatre faces.

La surface terrière marchande résiduelle du capital forestier est d'au moins 16 m^2/ha.

Les essences non désirées étaient, par ordre d'importance :

1. Bouleau à papier
2. Sapin (M-S-C)
3. Peupliers
4. Érable rouge
5. Hêtre

L'ordre de priorité des essences à marquer par la méthode dite négative était :

1. Les essences non désirées
2. Les sapins (R)
3. Les autres essences nobles (ERS, CET, BOJ)
4. Les EP et PIG
5. Les CHR
6. Les pins blancs et rouges

La priorité de récolte a été élaborée en commençant par :

1. Marquer les tiges de priorité de récolte M possédant au moins une bille de bois d'œuvre en fonction de l'ordre de priorité des essences établies;
2. Marquer les tiges de priorité de récolte M de classe pâte en fonction de l'ordre de priorité des essences;
3. Marquer les tiges de priorité de récolte S possédant au moins une bille de bois d'œuvre en fonction de l'ordre de priorité des essences;
4. Marquer les tiges de priorité de récolte S, de classe pâte en fonction de l'ordre de priorité des essences;
5. Marquer les tiges de priorité de récolte C et R, de classe pâte en fonction de l'ordre de priorité des essences;
6. Marquer les tiges de priorité de récolte C et R, possédant au moins une bille de bois d'œuvre en fonction de l'ordre de priorité des essences.

L'objectif était de créer un puits de lumière pour les tiges martelées positivement. Le pourcentage de prélèvement désiré était de 25 %.

2.2.3. La coupe d'éclaircie commerciale de feuillus et de pins modifiée (ECFm)

La réalisation du traitement ECFm découle d'une mauvaise transmission des consignes qui a fait en sorte de conserver uniquement les tiges martelées positivement dans le cadre de l'ECF. Ainsi transformée, cette intervention pourrait, en principe, s'assimiler à une coupe progressive uniforme, à condition d'y adjoindre des mesures d'assistance à la régénération.

2.2.3.1. Consignes de martelage

Dans le cadre de cette intervention, seules les tiges identifiées lors du martelage positif ont été conservées.

Martelage par la méthode dite « positive »

- Identifier sur le terrain les tiges d'avenir d'essences désirées (voir la liste ci-dessous) que l'on choisit de favoriser et d'éclaircir : ces tiges font partie du capital forestier en croissance et occupent le couvert principal ou supérieur du peuplement.
- La quantité à éclaircir était de 100 tiges d'essences désirées pour la production de pin. Les tiges à éclaircir devaient être espacées le plus uniformément possible.

L'ordre de priorité des essences désirées (contient une bille de bois d'œuvre ou a un potentiel d'en produire) était :

1. Les pins blancs et rouges (S-C-R)
2. Les chênes
3. Les EP et PIG (C-R)
4. Les autres essences nobles (ERS, CET, BOJ) (R et C)
5. Les sapins (R)

3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

3.1. DESCRIPTION DU DISPOSITIF

3.1.1. Délimitation des unités expérimentales

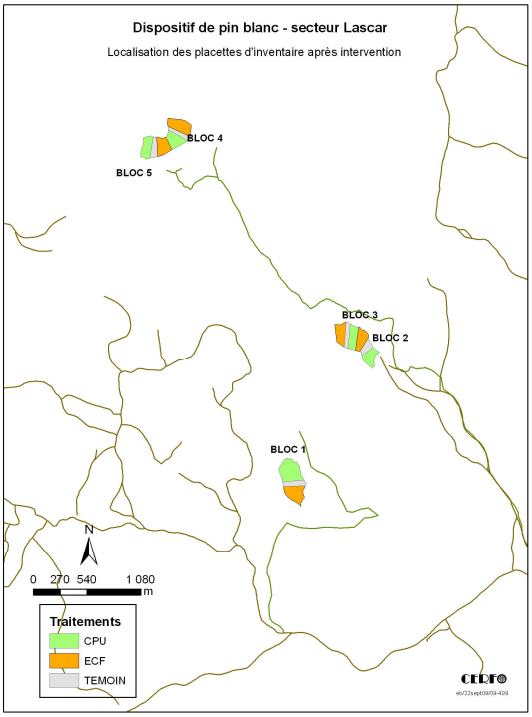
La localisation des secteurs a été faite à partir des inventaires disponibles, des cartes, des photographies aériennes et d'une visite terrain. L'objectif était de cibler des portions (blocs) relativement homogènes en bois sur pied et en conditions de station, afin de pouvoir y comparer des traitements différents à l'intérieur de conditions relativement semblables au sein d'un même bloc. Les peuplements retenus pour l'implantation du dispositif sont situés dans le secteur Lascar (figure 1).

Le dispositif a été constitué à partir de 3 peuplements dans lesquels 5 blocs ont été formés. À l'intérieur de chacun des blocs, 3 traitements ont été répartis de façon aléatoire. Dans chacun des blocs, les traitements de coupe progressive uniforme (CPU) et les témoins (TEM) sont présents. L'éclaircie commerciale de feuillus et de pins (ECF) a été réalisée dans les blocs 1, 2 et 3, alors que l'éclaircie commerciale de feuillus et de pins modifiée (ECFm) a été réalisée dans les blocs 4 et 5. Les unités expérimentales ECF et ECFm ont une superficie de 2 hectares, les témoins ont une superficie de 1 hectare et les CPU couvrent le reste de la superficie disponible qui est au minimum de 2 hectares (figure 2). Les coupes ont été réalisées en 2009.

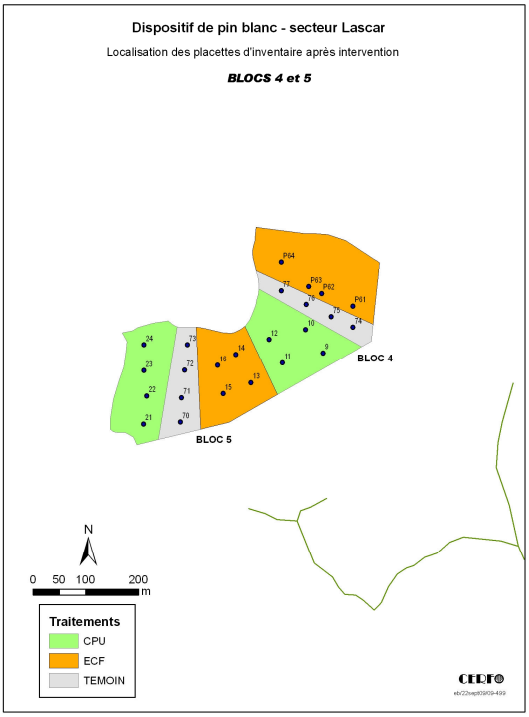
En principe, chaque unité expérimentale (combinaison bloc-traitement) devait comporter 4 placettes. Or, il s'est avéré que 2 placettes de la CPU du bloc 5 n'avaient pas été traitées (placettes 22 et 23). Ces placettes ont donc été retirées des compilations. Par ailleurs, la placette 24a a été rajouté à rajouté à la CPU faisant partie du bloc 2.

Il y a donc 2 répétitions sur 5 pour lesquelles il ne sera plus possible de faire la comparaison entre l'éclaircie et la coupe progressive; ceci enlève de la puissance aux tests de comparaison des traitements du dispositif. La possibilité d'agrandir le dispositif dans le secteur Noha ou dans d'autres secteurs pourra être envisagée.

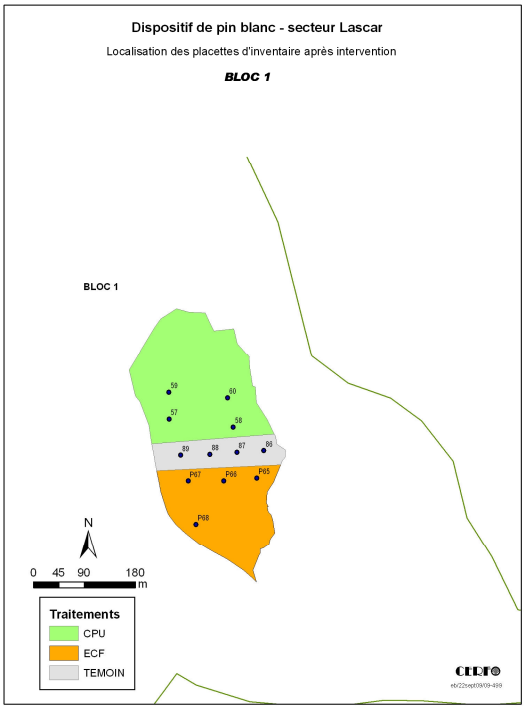
Carte générale



Blocs 4 et 5



Bloc 1



Blocs 2 et 3

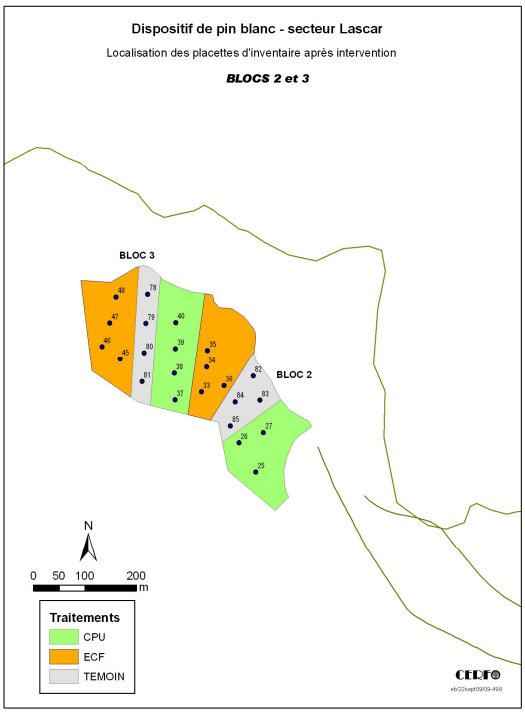


Figure 1. Localisation des traitements, des répétitions et des placettes du dispositif de pin blanc du secteur Lascar

La caractérisation écologique des placettes a été réalisée lors du mesurage après interventions. La répartition du nombre de placettes par classes de dépôt (classes : texture grossière, moyenne et fine, ainsi que dépôts minces : < 25 cm d'épaisseur ou roc sur plus de 25 % dans la superficie) et de drainage (classes de drainage de l'inventaire écologique, Saucier *et al.*, 1994) est présentée au tableau 1.

Tableau 1. Répartition des placettes par dépôt-drainage et caractérisation de la station pour chacun des blocs

Bloc (no)	Peuplement (Strate carto.)	Classes de dépôt-drainage (sur le terrain)								Nb total de placettes	Station
		Fine	Moyenne		Grossière		Roc		?		
		30	20	30	20	30	20	30	?		
1	PBEP B2 90		1	1		1	6	3		12	Versant à dépôt mince de drainage bon à modéré
2	PBPB B1 90		2		10					12	Platière sableuse bien drainée
3	PBPB B1 90		3		8				1	12	Platière sableuse bien drainée
4	PBFT C1 12050	3		3		5		1		12	Bas versant de texture hétérogène et de drainage modéré
5	PBFT C1 12050		7*		2		1*			12*	Haut versant de texture hétérogène et bien drainé

* : Deux placettes non traitées ont été exclues des compilations, soit une sur dépôt de texture moyenne et une sur roc.

En bref, le bloc 1 se trouve sur un versant à dépôt mince, dont le drainage varie de bon à modéré. Les blocs 2 et 3 se situent sur des dépôts de texture grossière, bien drainés. Le bloc 4 occupe un bas versant dont les dépôts sont de texture hétérogène et modérément drainés, alors que le bloc 5 se situe sur un haut versant dont les dépôts sont de texture hétérogène et bien drainés. Ces variations de conditions écologiques confirment la pertinence de l'usage de blocs dans le cadre du dispositif expérimental et devront être prises en compte lors de l'interprétation des résultats. Il est possible que le cycle de feu soit différent (plus court) sur les stations à dépôts sableux (Drever *et al.*, 2006) et le cortège floristique incluant les espèces compétitrices peut varier selon les conditions écologiques. Il sera par conséquent judicieux de tenir compte de ces aspects lors de l'interprétation des résultats qui sera faite dans le cadre du suivi du dispositif.

3.1.2. Délimitation des unités expérimentales

Les unités expérimentales ont été délimitées sur le terrain afin de bien les identifier lors des opérations forestières. Une charte de codes de couleurs de rubans a été produite.

Charte de couleurs

- Le contour des blocs Témoin (TEM) a été identifié par deux rubans d'hiver côte à côte de couleurs jaune et bleu.
- Le contour des unités ECF, ECFm et CPU a été identifié par du ruban d'hiver de couleur jaune.

3.2. DONNÉES RÉCOLTÉES

Dans les traitements d'ECF et de CPU, l'inventaire après intervention a été réalisé dans les mêmes placettes que l'inventaire avant intervention et après martelage. De nouvelles placettes ont été positionnées dans les témoins. En 2009, un inventaire de bois marchand, de gaules et de régénération a été réalisé.

3.2.1. Inventaire de bois marchand

Dans chaque unité expérimentale (combinaison bloc-traitement), l'inventaire conventionnel du bois sur pied a été effectué au moyen de 4 placettes de 11,28 m, pour un total de 60 placettes (20 pe CPU et 12 pe ECF, 8 pe ECFm et 20 pe TEM).

Une fois les interventions réalisées, les placettes ont été marquées de manière permanente avec une fiche métallique, une étiquette et du ruban d'hiver bleu lors de la mesure après traitement. Dans les placettes, chaque arbre a été numéroté, puis marqué à la peinture bleue à la hauteur du DHP.

Dans chacune des placettes, pour chaque tige d'essence commerciale feuillue ou résineuse de 10 cm et plus présente dans la placette, il a été noté :

- Si elle est renversée (oui / non);
- Son essence;
- Son diamètre circonférentiel au millimètre près;
- Le code MSCR (classes M-S-C-R);

- Le code de défaut;
- Sa qualité (ABCD);
- Sa vigueur (1, 2, 3, 4, 5);
- La contenance de la tige en bois d'œuvre (2,5 m) ou pâte pour les tiges de 24 cm et plus de diamètre;
- Si la tige est martelée positivement ou négativement;
- Si elle est située dans un sentier (oui / non).

Des problèmes d'identification des épinettes ont été relevés en comparant les données avant et après interventions. Les données ont été regroupées pour toutes les épinettes, pour la compilation du bois marchand. Suite aux analyses, la même situation a été observée pour les peupliers. Une attention particulière devra être portée à l'identification des peupliers lors des prochains inventaires.

3.2.2. Inventaire des gaules

Les gaules ont été mesurées par classe de diamètre de 2 cm dans des placettes de 5,64 m de rayon, situées au centre des placettes de 11,28 m.

3.2.3. Inventaire de régénération

La régénération a été dénombrée par essence et par classe de hauteur (5 à 60 cm et 61 cm à gaule), dans 5 micro-placettes de 1,13 m de rayon par grande placette. Une micro-placette se situait au centre et les 4 autres étaient disposées à 5 m de distance par rapport à la centrale, selon les 4 points cardinaux. Le lit de germination de chaque micro-placette a été décrit selon les classes suivantes :

- Lit non perturbé;
- Jusqu'à 50 % de la superficie de la micro-placette perturbée (en considérant que la perturbation correspond au brassage de la couche d'humus, sans nécessairement voir apparaître le sol minéral);
- Plus de 50 % de la superficie de la micro-placette perturbée;
- 100 % de la superficie de la micro-placette perturbée.

Il est à noter que l'échantillonnage initial réalisé avant les interventions ne couvrait pas les témoins. Dans les aires traitées (CPU, ECF et ECFm), les mêmes placettes que celles mesurées lors de l'inventaire initial (avant et après martelage) ont été utilisées. Toutefois, une période d'un

an s'est écoulée entre le mesurage initial et celui après intervention. Il y a donc lieu de tenir compte du fait qu'il y ait pu y avoir un certain recrutement entre les deux mesures.

Il importe de souligner que les densités de régénération présentées pour cette première mesure après intervention s'avèrent minimales, puisque les dénombrements n'ont pas été réalisés de manière exhaustive lorsque les densités présentes par micro-placette étaient élevées (les essences affectées sont : l'ERE, l'ERR, le BOP, l'ERP, le COC et le VIC). On ignore dans quelle mesure cette imprécision pourrait avoir masqué certaines différences de composition au niveau du sous-étage.

3.2.4. Inventaire des études d'arbres

Dans chaque placette, 3 études d'arbres ont été réalisées selon les consignes suivantes :

- Donner la priorité aux PIB, puis aux épinettes et enfin à l'espèce la plus représentée dans la placette;
- Noter le DHP (en mm);
- Noter la hauteur de la tige (en dm);
- Noter le diamètre de la cime (en dm), à l'aide de 2 mesures effectuées à 90°;
- Prélever et identifier (no de placette et d'arbre) une carotte qui passe par le centre de la tige, à 1 m de hauteur. Ces échantillons permettront de déterminer l'âge des arbres.

3.2.5. Analyses statistiques

Les analyses de variance ont été effectuées avec la procédure « MIXED » du logiciel SAS version 9.2. Les analyses de variance (ANOVA) ont tenu compte de la disposition aléatoire en blocs du plan d'expérience. Cette procédure a permis de considérer les effets aléatoires reliés à l'échantillonnage et de mettre en lumière les effets fixes. La procédure « LSD » est venue compléter l'analyse de variance et a permis de déterminer s'il y avait des différences significatives entre les divers groupes étudiés. Les postulats de l'analyse de variance, à savoir la normalité des données, l'homogénéité des variances et l'auto-corrélation des erreurs expérimentales ont été vérifiés et les ajustements nécessaires ont été effectués lorsque la situation l'exigeait.

Pour les gaules et les semis, les analyses de variance ont été réalisées par groupe d'essences, pour éviter les effets sur les évènements rares associés aux essences faiblement abondantes. Les regroupements effectués ont été les suivants :

- Pins : PINS=PIB+PIR
- Autres résineux : AR=SAB+EPB+EPN+EPR+THO
- Feuillus de début de succession : FI=BOP+SAL+ERR+PET
- Feuillus nobles peu tolérants : FPT=BOJ+CHR
- Feuillus tolérants : FT=ERS+HEG
- Feuillus non commerciaux :
  FNC=AME+COC+COR+DIE+ERE+ERP+LON+NEM+PRP+SOA+TAC+VIC+VIL

Soulignons que l'érable rouge a été regroupé avec les essences intolérantes, malgré sa tolérance intermédiaire, étant donné qu'il s'agit d'une d'espèce de début de succession (Burns et Honkala, 1990), qui envahit rapidement les ouvertures causées par les perturbations.

4. RÉSULTATS

4.1. DESCRIPTION DU BOIS SUR PIED

Les résultats après coupe par unité expérimentale sont présentés aux tableaux 2 à 5. Les données sont d'abord présentées en surface terrière, puis en nombre de tiges. Les tableaux 2 et 3 présentent les résultats par unité expérimentale, par essence. Les tableaux 4 et 5 fournissent les résultats par unité expérimentale, par classe MSCR. Les résultats de la compilation des données par classes MSCR, ventilés pour les classes diamétrales de 10-22 cm et de 24 cm et plus, sont présentés aux tableaux a et b de l'annexe 1.

Une fois la coupe réalisée, les moyennes par unité expérimentale montrent que la surface terrière résiduelle variait entre 16,4 et 18,3 m^2/ha dans les CPU, 21,6 et 23,4 m^2/ha dans les ECF, 22 et 23,4 m^2/ha dans les ECFm et 25,2 et 42,4 m^2/ha dans les TEM (tableau 2).

Les moyennes par traitement, exprimées en termes de densité et de surface terrière, pour chaque essence sont présentées au tableau 6. Les proportions par essence calculées à partir de la densité ainsi que de la surface terrière sont également fournies. À la suite des interventions, la proportion en pin blanc est de 89 % de la surface terrière et 62 % du nombre de tiges dans les CPU, 63 % de la surface terrière et 21 % du nombre de tiges dans les ECF, 86 % de la surface terrière et 43 % du nombre de tiges dans les ECFm, ainsi que 57 % de la surface terrière et 22 % dans les tiges des témoins.

Les tableaux 7 et 8 fournissent respectivement les surfaces terrières et les densités moyennes par traitement, ventilées par classe MSCR. La répartition par classe MSCR et par classe de diamètre (10-22 cm, 24 cm et plus) est présentée aux tableaux c et d de l'annexe 1. Le tableau 9 présente le diamètre quadratique moyen par traitement.

Les analyses de variance effectuées montrent que tous les traitements diffèrent très significativement entre eux quant à la densité totale de tiges, à l'exception de l'ECFm dont la densité totale ne diffère pas par rapport à celle de la CPU (tableau 8). Par contre, sur la base de la surface terrière, les traitements diffèrent tous significativement par rapport au témoin, mais ne sont pas différents les uns par rapport aux autres (tableau 7). Les analyses de variance effectuées sur les données pour le pin blanc uniquement ont permis de vérifier que les quantités de pin blanc ne différaient pas entre les traitements, aussi bien sur le plan de la densité que sur celui de la surface terrière.

Il s'avère donc que, pour ce qui est du bois de dimension marchande, tous les traitements ont laissé des quantités de pin blanc équivalentes, aussi bien en termes de nombre de tiges (entre 113 et 161 ti/ha selon les traitements; voir tableau 6) que de surface terrière (entre 14,3 et 19,5 m^2/ha selon les traitements; voir tableau 6). Malgré une tendance à ce que la CPU ait une surface terrière inférieure à celle enregistrée dans l'ECF et l'ECFm (tableau 7), les surfaces terrières résiduelles toutes essences des aires traitées ne diffèrent pas significativement entre elles. Soulignons l'importante variabilité de la surface terrière toutes essences au sein des témoins, qui est susceptible d'avoir masqué des différences. Par contre, il y a significativement beaucoup plus de tiges dans les ECF (535 ti/ha) que dans les deux autres traitements (CPU : 219 ti/ha et ECFm : 288 ti/ha) (tableaux 6 et 8), alors que le témoin, qui diffère significativement par rapport à chacune des interventions, comporte davantage de tiges (745 ti/ha).

Tel que prévu, l'ECFm pourrait être assimilée à une CPU en ce qui a trait aux données générales de bois sur pied. Cependant, l'ECFm a conservé un peu plus de tiges que la CPU, et davantage parmi les petites classes de diamètre (147 ti/ha de 10-22 cm dans l'ECFm contre 91 dans la CPU; tableau c de l'annexe 1), dont une proportion relativement importante (43 %) de M (tableau f de l'annexe 1). Après vérifications, il s'agit essentiellement de petits sapins et érables rouges qui n'ont pas été récoltés lors de l'intervention. Les tests effectués ont permis de vérifier qu'il n'y avait pas de différence significative entre les blocs pour ce qui est du bois sur pied, aussi bien en termes de surface terrière que de nombre de tiges.

De manière qualitative, puisqu'aucune analyse statistique n'a été réalisée sur les résultats par essence, on constate des variations de la composition entre les traitements. À la suite des interventions, la proportion moyenne de pins (PIB+PIR) est de 92 % de la surface terrière dans les CPU, de 67 % dans l'ECF et de 88 % dans l'ECFm, alors qu'elle est de 63 % dans le témoin (tableau 6). Soulignons que bien que l'ECFm présente une proportion de pins en surface terrière qui s'approche de celle de la CPU, la proportion en termes de nombre de tiges est bien moins importante (64 % pour la CPU contre 44 % pour l'ECFm). Initialement, il n'y avait pas de chêne rouge dans les placettes ayant fait l'objet de coupes (Blouin *et al.*, 2009), mais il y en avait dans les placettes du témoin, en très faible quantité (tableau 3). Soulignons qu'étant donné l'impossibilité de contrôler la présence de semenciers de chêne rouge à l'intérieur de ce dispositif, tout constat relatif au chêne émanant de ce dispositif n'aura qu'un caractère factuel. Les quantités moyennes d'épinettes sont plus élevées dans l'ECF et dans le témoin, par rapport à la CPU et à l'ECFm (tableau 6). L'érable à sucre était initialement présent dans certaines unités expérimentales du dispositif (Blouin *et al.*, 2009), mais les interventions ont prélevé tous les érables à sucre marchands qui se trouvaient dans les placettes. Concernant l'érable rouge, il y a eu un recrutement notable dans l'ECF du bloc 1 entre les deux mesures.

Tableau 2. Surface terrière (m²/ha) moyenne par unité expérimentale et essence

UE	BOJ		BOP		CHR		EPB		EPN		EPR		ERR		PEB		PEG		PET		PIB		PIR		SAB		THO		Total	
	G	*2sd*	G	*2sd*	G	*2sd*	G	*2sd*	G	*2sd*	G	*2sd*	G	*2sd*	G	*2sd*	G	*2sd*	G	*2sd*	G	*2sd*	G	2sd	G	*2sd*	G	*2sd*	G	*2sd*
1_CPU	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,1	*0,2*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	15,0	*11,4*	2,2	*5,2*	0,3	*0,1*	0,0	*0,0*	17,6	*6,1*
1_ECF	0,0	*0,0*	1,3	*1,6*	0,0	*0,0*	0,5	*1,1*	1,2	*1,9*	0,0	*0,0*	0,6	*0,8*	0,1	*0,3*	0,8	*1,8*	0,7	*2,8*	12,7	*15,0*	2,9	*7,4*	2,6	*3,6*	0,0	*0,0*	23,3	*7,0*
1_TEM	0,0	*0,0*	0,7	*1,7*	0,4	*1,7*	0,5	*1,1*	3,1	*8,0*	0,0	*0,0*	0,4	*0,6*	0,0	*0,0*	2,5	*4,4*	0,0	*0,0*	12,2	*15,8*	7,3	*9,6*	1,3	*1,7*	0,0	*0,0*	28,3	*22,8*
2_CPU	0,0	*0,0*	0,6	*2,2*	0,0	*0,0*	1,6	*3,4*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	16,0	*19,2*	0,0	*0,0*	0,1	*0,3*	0,0	*0,0*	18,3	*17,8*
2_ECF	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,7	*1,8*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	1,3	*2,0*	0,0	*0,0*	0,1	*0,3*	0,0	*0,0*	19,6	*10,4*	0,0	*0,0*	1,7	*1,7*	0,0	*0,0*	23,4	*8,7*
2_TEM	0,0	*0,0*	3,4	*7,9*	0,0	*0,0*	2,0	*3,0*	0,5	*1,2*	0,0	*0,0*	1,7	*2,5*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	11,1	*7,6*	0,0	*0,0*	5,3	*3,9*	1,1	*4,5*	25,2	*8,3*
3_CPU	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,2	*0,6*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,5	*1,9*	16,1	*17,1*	0,0	*0,0*	0,5	*0,9*	0,0	*0,0*	17,3	*17,9*
3_ECF	0,4	*1,7*	1,5	*2,6*	0,0	*0,0*	3,2	*4,0*	0,7	*2,3*	0,2	*0,8*	1,2	*0,9*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,8	*1,6*	10,5	*18,0*	0,0	*0,0*	3,0	*1,4*	0,0	*0,0*	21,6	*12,1*
3_TEM	0,0	*0,0*	5,3	*5,5*	0,0	*0,0*	3,1	*5,1*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	1,3	*2,2*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,5	*1,8*	19,6	*27,4*	0,0	*0,0*	2,8	*1,6*	0,6	*1,4*	33,3	*20,2*
4_CPU	0,0	*0,0*	0,0	*0,2*	0,0	*0,0*	1,5	*3,4*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,2	*0,5*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	15,9	*13,6*	0,0	*0,0*	0,3	*1,0*	0,0	*0,0*	17,9	*12,1*
4_ECFm	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,3	*1,1*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,5	*0,6*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	22,2	*9,3*	0,0	*0,0*	0,3	*0,9*	0,0	*0,0*	23,4	*9,0*
4_TEM	0,5	*0,9*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	2,3	*3,5*	0,1	*0,4*	0,0	*0,0*	5,5	*4,5*	0,0	*0,0*	3,7	*12,7*	3,0	*4,0*	15,1	*19,3*	0,0	*0,0*	1,9	*0,5*	0,1	*0,5*	32,3	*24,4*
5_CPU	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,2	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	15,3	*8,6*	0,0	*0,0*	1,0	*0,4*	0,0	*0,0*	16,4	*9,0*
5_ECFm	0,2	*1,0*	0,3	*1,1*	0,0	*0,0*	2,5	*7,5*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,7	*0,9*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,1	*0,2*	16,8	*9,9*	0,7	*2,8*	0,7	*1,5*	0,0	*0,0*	22,0	*4,8*
5_TEM	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,5	*1,3*	1,3	*1,3*	0,0	*0,2*	0,0	*0,0*	1,0	*1,1*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	34,7	*10,8*	1,8	*4,3*	3,1	*2,4*	0,0	*0,0*	42,4	*8,2*

Tableau 3. Densité moyenne par unité expérimentale et essence

UE	BOJ		BOP		CHR		EPB		EPN		EPR		ERR		PEB		PEG		PET		PIB		PIR		SAB		THO		Total	
	Ti/ha	*2sd*	Ti/ha	*2sd*	Ti/ha	*2sd*	Ti/ha	*2sd*	Ti/ha	*2sd*	Ti/ha	*2sd*	Ti/ha	*2sd*	Ti/ha	*2sd*	Ti/ha	*2sd*	Ti/ha	*2sd*	Ti/ha	*2sd*	Ti/ha	*2sd*	Ti/ha	2sd	Ti/ha	2sd	Ti/ha	*2sd*
1_CPU	0	*0*	0	*0*	0	*0*	13	*29*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	175	*108*	25	*71*	44	25	0	*0*	256	*63*
1_ECF	0	*0*	44	*25*	0	*0*	25	*41*	50	*58*	0	*0*	63	*87*	6	*25*	13	*29*	6	*25*	144	*138*	31	*75*	238	312	0	*0*	619	*240*
1_TEM	0	*0*	25	*58*	6	*25*	19	*48*	138	*401*	0	*0*	25	*41*	0	*0*	44	*85*	0	*0*	156	*189*	81	*111*	119	165	0	*0*	613	*194*
2_CPU	0	*0*	6	*25*	0	*0*	25	*41*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	125	*142*	0	*0*	13	29	0	*0*	169	*144*
2_ECF	0	*0*	0	*0*	0	*0*	31	*75*	0	*0*	0	*0*	81	*132*	0	*0*	6	*25*	0	*0*	131	*48*	0	*0*	150	142	0	*0*	400	*135*
2_TEM	0	*0*	113	*263*	0	*0*	56	*63*	31	*75*	0	*0*	81	*132*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	119	*75*	0	*0*	444	350	13	*50*	857	*345*
3_CPU	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	13	*50*	0	*0*	0	*0*	6	*25*	156	*149*	0	*0*	56	95	0	*0*	231	*250*
3_ECF	31	*125*	50	*91*	0	*0*	75	*91*	19	*48*	13	*50*	63	*50*	0	*0*	0	*0*	25	*41*	63	*119*	0	*0*	250	212	0	*0*	588	*171*
3_TEM	0	*0*	119	*132*	0	*0*	75	*82*	0	*0*	0	*0*	81	*95*	0	*0*	0	*0*	6	*25*	163	*185*	0	*0*	281	138	19	*48*	744	*138*
4_CPU	0	*0*	6	*25*	0	*0*	19	*48*	0	*0*	0	*0*	19	*48*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	106	*125*	0	*0*	38	119	0	*0*	188	*250*
4_ECFm	0	*0*	0	*0*	0	*0*	6	*25*	0	*0*	0	*0*	50	*41*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	125	*91*	0	*0*	44	118	0	*0*	225	*142*
4_TEM	25	*41*	0	*0*	0	*0*	31	*25*	6	*25*	0	*0*	356	*160*	0	*0*	31	*95*	25	*41*	81	*85*	0	*0*	156	63	6	*25*	719	*165*
5_CPU	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	25	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	113	*35*	0	*0*	113	35	0	*0*	250	*71*
5_ECFm	6	*25*	6	*25*	0	*0*	38	*96*	0	*0*	0	*0*	81	*111*	0	*0*	0	*0*	6	*25*	125	*100*	6	*25*	81	165	0	*0*	350	*147*
5_TEM	0	*0*	0	*0*	19	*48*	38	*29*	6	*25*	0	*0*	100	*108*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	288	*156*	13	*29*	331	184	0	*0*	794	*165*

Tableau 4. Diamètre quadratique (DHP_Q) moyen et surface terrière moyenne par unité expérimentale et classe de qualité (MSCR)

			M		S		C + R		Total	
UE	DHP_Q (cm)	*2sd*	G (m²/ha)	*2sd*	G (m²/ha)	*2sd*	G (m²/ha)	*2sd*	G (m²/ha)	*2sd*
1_CPU	30	*8*	0,0	*0,2*	1,3	*5,0*	16,3	*5,3*	17,6	*6,1*
1_ECF	22	*4*	1,4	*1,9*	0,1	*0,4*	21,8	*8,3*	23,3	*7,0*
1_TEM	24	*8*	2,3	*5,7*	1,7	*5,1*	24,3	*14,4*	28,3	*22,8*
2_CPU	37	*4*	2,1	*5,1*	2,4	*6,1*	13,8	*20,5*	18,3	*17,8*
2_ECF	27	*6*	1,3	*3,9*	0,6	*1,4*	21,6	*9,3*	23,4	*8,7*
2_TEM	20	*6*	3,6	*4,2*	3,7	*1,8*	17,9	*6,1*	25,2	*8,3*
3_CPU	32	*12*	6,1	*13,4*	0,1	*0,3*	11,2	*6,2*	17,3	*17,9*
3_ECF	21	*6*	1,4	*1,0*	2,1	*2,4*	18,2	*13,1*	21,6	*12,1*
3_TEM	24	*6*	8,1	*6,5*	3,1	*7,3*	22,1	*19,4*	33,3	*20,2*
4_CPU	38	*17*	0,1	*0,3*	1,6	*5,1*	16,2	*10,7*	17,9	*12,1*
4_ECFm	37	*11*	2,4	*7,7*	1,1	*4,5*	19,8	*9,4*	23,4	*9*
4_TEM	24	*10*	9,2	*19,6*	4,4	*4,5*	18,7	*18,7*	32,3	*24,4*
5_CPU	29	*4*	1,8	*4,4*	4,4	*12,4*	10,3	*1,1*	16,4	*9.0*
5_ECFm	29	*7*	2,2	*7,1*	1,2	*3,0*	18,7	*10,3*	22	*4,8*
5_TEM	26	*4*	5,5	*8,4*	5,6	*6,8*	31,2	*19,4*	42,4	*8,2*

Tableau 5. Densité moyenne par unité expérimentale et classe de qualité (MSCR)

	M		S		C + R		Total	
UE	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*
1_CPU	6	*25*	19	*48*	231	*111*	256	*63*
1_ECF	56	*63*	6	*25*	556	*229*	619	*239*
1_TEM	50	*91*	19	*48*	544	*125*	613	*194*
2_CPU	25	*41*	19	*48*	125	*158*	169	*144*
2_ECF	31	*75*	38	*65*	331	*111*	400	*135*
2_TEM	163	*126*	106	*131*	588	*236*	856	*345*
3_CPU	63	*119*	6	*25*	163	*132*	231	*250*
3_ECF	75	*58*	94	*111*	419	*165*	588	*171*
3_TEM	169	*118*	69	*85*	506	*184*	744	*138*
4_CPU	13	*29*	13	*29*	163	*233*	188	*250*
4_ECFm	56	*25*	6	*25*	163	*132*	225	*141*
4_TEM	163	*96*	138	*119*	419	*75*	719	*165*
5_CPU	25	*0*	25	*71*	200	*0*	250	*71*
5_ECFm	88	*185*	31	*63*	231	*75*	350	*147*
5_TEM	100	*41*	69	*63*	625	*158*	794	*165*

Tableau 6. Densité moyenne, surface terrière moyenne et proportion par traitement et essence

		Densité		Surface terrière		Proportion (%)	
Traitements	**Essences**	**ti/ha**	***2sd***	**m²/ha**	***2sd***	**Densité**	**Surface terrière**
CPU	BOP	3	*7*	0,1	*0,5*	1%	1%
	EP	11	*22*	0,6	*1,7*	5%	4%
	ERR	11	*22*	0,1	*0,2*	5%	1%
	PET	1	*6*	0,1	*0,4*	1%	1%
	PIB	135	*59*	15,7	*1,0*	62%	89%
	PIR	5	*22*	0,4	*2,0*	2%	3%
	SAB	53	*74*	0,5	*0,6*	24%	3%
	Total	***219***	***78***	***17,5***	***1,4***	***100%***	***100%***
ECF	BOJ	10	*36*	0,1	*0,5*	2%	1%
	BOP	31	*54*	0,9	*1,6*	6%	4%
	EP	71	*75*	2,2	*3,5*	13%	10%
	ERR	69	*22*	1,0	*0,8*	13%	5%
	PEB	2	*7*	0,0	*0,1*	0%	0%
	PEG	6	*13*	0,3	*0,9*	1%	1%
	PET	10	*26*	0,5	*0,8*	2%	2%
	PIB	113	*88*	14,3	*9,5*	21%	63%
	PIR	10	*36*	1,0	*3,4*	2%	4%
	SAB	213	*109*	2,4	*1,4*	40%	11%
	Total	***535***	***237***	***22,8***	***2,0***	***100%***	***100%***
ECFm	BOJ	3	*9*	0,1	*0,3*	1%	1%
	BOP	3	*9*	0,1	*0,4*	1%	1%
	EP	22	*44*	1,4	*3,1*	8%	6%
	ERR	66	*44*	0,6	*0,3*	23%	3%
	PET	3	*9*	0,0	*0,1*	1%	0%
	PIB	125	*0*	19,5	*7,6*	43%	86%
	PIR	3	*9*	0,3	*1,0*	1%	2%
	SAB	63	*53*	0,5	*0,5*	22%	2%
	Total	***288***	***177***	***22,7***	***1,9***	***100%***	***100%***
TEM	BOJ	5	*22*	0,1	*0,5*	1%	0%
	BOP	51	*119*	1,9	*4,7*	7%	6%
	CHR	5	*16*	0,2	*0,5*	1%	1%
	EP	80	*95*	2,6	*1,7*	11%	8%
	ERR	129	*260*	2,0	*4,1*	17%	6%
	PEG	15	*42*	1,2	*3,5*	2%	4%
	PET	6	*22*	0,7	*2,6*	1%	2%
	PIB	161	*155*	18,5	*19,2*	22%	57%
	PIR	19	*71*	1,8	*6,3*	3%	6%
	SAB	266	*264*	2,9	*3,1*	36%	9%
	THO	8	*16*	0,4	*1,0*	1%	1%
	Total	***745***	***182***	***32,3***	***13,0***	***100%***	***100%***

Tableau 7. Surface terrière moyenne par traitement et classe de qualité (MSCR)

	M		S		C + R		Total	
Traitements	**G (m²/ha)**	***2sd***	**G (m²/ha)**	***2sd***	**G (m²/ha)**	***2sd***	**G (m²/ha)**	***2sd***
CPU	2	*4,9*	1,9	*3,2*	13,6	*5,6*	17,5***a***	*1,4*
ECF	1,3	*0,1*	0,9	*2,1*	20,5	*4,1*	22,8***a***	*2,0*
ECFm	2,3	*0,4*	1,1	*0*	19,3	*1,6*	22,7***a***	*1,9*
TEM	5,7	*5,9*	3,7	*2,9*	22,9	*10,8*	32,3***b***	*13,0*

Les lettres a et b indiquent des différences significatives entre les traitements à un niveau de probabilité de 95 %

Tableau 8. Densité moyenne par traitement et classe de qualité (MSCR)

	M		S		C + R		Total	
Traitements	**Densité (ti/ha)**	***2sd***	**Densité (ti/ha)**	***2sd***	**Densité (ti/ha)**	***2sd***	**Densité (ti/ha)**	***2sd***
CPU	26	*44*	16	*14*	176	*81*	219***a***	*78*
ECF	54	*44*	46	*89*	435	*227*	535***b***	*237*
ECFm	72	*44*	19	*35*	197	*97*	288***a***	*177*
TEM	129	*104*	80	*89*	536	*159*	745***c***	*182*

Les lettres a, b et c indiquent des différences significatives entre les traitements à un niveau de probabilité de 95 %

Tableau 9. Diamètre quadratique moyen par traitement

Traitements	**DHP_Q (cm)**	***2sd***
CPU	33	*9*
ECF	24	*6*
ECFm	33	*12*
TEM	23	*5*

4.2. PRÉLÈVEMENTS

Les données avant intervention proviennent du rapport d'établissement du dispositif (Blouin *et al.*, 2009), sauf pour l'unité expérimentale 2_CPU qui a été recompilée à la suite de l'ajout de la placette 24A et pour l'unité 5_CPU qui a été recompilée sans les placettes 22 et 23, puisqu'elles n'ont pas été traitées. Les données ont été compilées par unité expérimentale. Le prélèvement a été calculé sur le résultat par unité expérimentale.

Les tableaux 10 et 11 présentent respectivement les résultats exprimés en surface terrière, puis en nombre de tiges. Ils fournissent, pour chaque unité expérimentale, les moyennes initiales, résiduelles prévues à la suite du martelage et résiduelles effectives après la coupe.

La surface terrière initiale totale variait de 25,3 à 34,0 m^2/ha (tableau 10). La majorité des tiges appartenait aux classes C et R et le diamètre quadratique moyen était faible et toujours inférieur à 26 cm (Blouin *et al.*, 2009). Une fois la coupe réalisée, la surface terrière résiduelle varie entre 16,4 et 23,4 m^2/ha dans les aires récoltées (tableau 10). La majorité des tiges appartient toujours aux classes C et R (tableau 7) et leur proportion a généralement augmenté, sauf dans les CPU des blocs 3 et 5 où la proportion de C et R après traitement est inférieure par rapport à la proportion avant traitement (tableau e, annexe 1). À la suite des interventions, le diamètre quadratique moyen est passé à 33 cm dans les CPU ainsi que l'ECFm, et à 24 cm dans l'ECF, alors qu'il est de 23 cm dans le témoin (tableau 9).

Le détail des résultats par unité expérimentale comparant les proportions de surface terrière initiales, prévues et effectives, ventilées par classe MSCR et par classe de diamètre (10-22 cm, 24 cm et plus) est présenté au tableau e de l'annexe 1. Le tableau f de la même annexe fournit les moyennes correspondantes par traitement. Ces tableaux montrent que dans la CPU, les petits M (dhp = 10-22 cm) n'ont pas été totalement récoltés alors qu'ils devaient tous l'être, et que seulement une partie des gros M devant être retirés ont effectivement été prélevés. Cette situation s'applique surtout aux érables rouges de petits diamètres.

Le tableau 12 fournit les résultats moyens, calculés sur la base de la surface terrière, initiaux, prévus et effectifs, par traitement et par essence. La répartition moyenne de la surface terrière initiale, prévue et effective, par classe MSCR est fournie pour chaque traitement au tableau 13. Le sommaire des résultats par traitements relatifs aux prélèvements prévus et effectifs est présenté aux tableaux 14 et 15, pour les résultats en surface terrière et en nombre de tiges respectivement.

Dans la CPU, le prélèvement moyen a été de 42 % de la surface terrière marchande, réparti sur 70 % des tiges (tableaux 14 et 15), alors que pour l'ECF, le prélèvement a été 19 % de la surface terrière marchande réparti sur 21 % des tiges. Finalement, pour l'ECFm, le prélèvement a été de 30 % de la surface terrière réparti sur 57 % des tiges. On constate une divergence entre les prélèvements prévus et ceux réalisés. Pour l'ECFm, cette différence n'est pas surprenante puisque l'intervention devait, en principe, avoir retiré tout ce qui n'avait pas été martelé positivement. Il s'avère cependant qu'il reste plusieurs petits sapins et érables rouges classés M

qui n'avaient sûrement pas fait l'objet d'un martelage positif, mais qui sont toujours debout. En moyenne, la proportion de C+R a augmenté dans la CPU, mais moins que prévu (tableau 13), alors que la proportion de M n'a pas diminué autant que prévu. Pour l'ECF, la proportion de C+R s'est accrue et les proportions moyennes résiduelles par classe MSCR sont à peu près équivalentes à celles prévues. Enfin, le prélèvement effectué dans l'ECFm a eu un impact négatif puisqu'il a réduit la proportion de C+R et a fait augmenter celle de M.

En décortiquant par unité expérimentale, on constate que le prélèvement réalisé a été inférieur au prélèvement prévu dans chacune des unités expérimentales de la CPU (tableaux 10 et 11). Pour ce qui est de l'ECF, le prélèvement a été inférieur aux prévisions dans une des trois unités, supérieur aux prévisions dans une autre, alors qu'il a été supérieur aux prévisions en termes de densité mais pas en termes de surface terrière dans la troisième. Bref, il semble que le martelage n'a pas été parfaitement respecté lors des interventions.

Les interventions ont permis d'augmenter la proportion de la surface terrière de pin blanc dans toutes les unités expérimentales.

Après les interventions, les unités expérimentales de CPU sont principalement constituées de pin blanc alors que la composition en essences des unités expérimentales d'ECF est beaucoup plus variée (tableau 6). L'ECFm s'approche de la CPU, mais elle comporte beaucoup d'érable rouge.

Tableau 10. Surface terrière moyenne initiale, résiduelle prévue et résiduelle et prélèvement moyen par unité expérimentale

	Surface terrière (m²/ha)						Prélèvement	
UE	**Initiale**	***2sd***	**Résiduelle prévue**	***2sd***	**Résiduelle**	***2sd***	**Prévu**	**Réalisé**
1_CPU	26,0	*9,1*	11,7	*10,2*	17,6	*6,1*	55%	32%
1_ECF	26,6	*9,8*	21,9	*13,2*	23,3	*7,0*	18%	12%
2_CPU	31,6	*21,6*	13,7	*18,7*	18,3	*17,8*	67%	42%
2_ECF	32,3	*8,6*	25,8	*3,5*	23,4	*8,7*	20%	27%
3_CPU	29,8	*20,8*	10,5	*15,2*	17,3	*17,9*	65%	42%
3_ECF	25,3	*13,7*	21,3	*12,2*	21,6	*12,1*	16%	14%
4_CPU	29,6	*14,6*	11,1	*10,6*	17,9	*12,1*	62%	40%
4_ECFm	31,9	*3,1*	29,6	*5,0*	23,4	*9,0*	7%	27%
5_CPU	34,0	*27,2*	14,3	*6,8*	16,4	*9,0*	58%	52%
5_ECFm	33,3	*9,2*	27,0	*7,4*	22,0	*4,8*	19%	34%

Tableau 11. Densité moyenne initiale, résiduelle prévue et résiduelle et prélèvement moyen par unité expérimentale

	Densité (ti/ha)						Prélèvement	
UE	**Initiale**	***2sd***	**Résiduelle prévue**	***2sd***	**Résiduelle**	***2sd***	**Prévu**	**Réalisé**
1_CPU	675	*204*	131	*138*	256	*63*	81%	62%
1_ECF	650	*426*	575	*442*	619	*239*	12%	5%
2_CPU	650	*426*	108	*115*	169	*144*	83%	74%
2_ECF	644	*352*	513	*330*	400	*135*	20%	38%
3_CPU	781	*304*	94	*85*	231	*250*	88%	70%
3_ECF	750	*294*	644	*250*	588	*171*	14%	22%
4_CPU	756	*361*	81	*75*	188	*250*	89%	75%
4_ECFm	613	*194*	569	*210*	225	*141*	7%	63%
5_CPU	750	*71*	100	*0*	250	*71*	87%	67%
5_ECFm	713	*29*	644	*75*	350	*147*	10%	51%

Tableau 12. Surface terrière initiale moyenne, résiduelle prévue et résiduelle et prélèvement par traitement et essence

		Surface terrière initiale		Surface terrière résiduelle prévue		Surface terrière résiduelle		Prélèvement	
Traitements	**Essences**	**G (m²/ha)**	***2sd***	**G (m²/ha)**	***2sd***	**G (m²/ha)**	***2sd***	**Prévu**	**Réalisé**
CPU	BOJ	0,0	*0,1*	0,0	*0,1*	0,0	*0,1*	0%	0%
	BOP	1,7	*3,8*	0,0	*0*	0,1	*0,5*	100%	94%
	EP	2,3	*2,0*	0,7	*1,6*	0,6	*1,7*	69%	74%
	ERR	1,8	*1,6*	0,0	*0,0*	0,1	*0,2*	100%	94%
	ERS	0,1	*0,2*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	100%	100%
	PEG	1,0	*2,5*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	100%	100%
	PET	0,2	*0,5*	0,1	*0,4*	0,1	*0,4*	41%	41%
	PIB	18,0	*1,1*	10,7	*4,3*	15,7	*1,0*	40%	13%
	PIR	1,1	*2,9*	0,5	*1,9*	0,4	*2,0*	53%	62%
	SAB	3,0	*2,0*	0,0	*0,0*	0,5	*0,6*	100%	83%
	THO	0,0	*0,2*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	100%	100%
	Total	**29,1**	***4,1***	**12,0**	***3,2***	**17,5**	***1,4***	**59%**	**40%**
ECF	BOJ	0,1	*0,4*	0,1	*0,4*	0,1	*0,5*	0%	0%
	BOP	1,5	*0,8*	0,9	*1,4*	0,9	*1,6*	42%	37%
	EP	2,7	*2,5*	2,5	*2,7*	2,2	*3,5*	5%	18%
	ERR	1,7	*2,3*	1,2	*1,5*	1	*0,8*	30%	37%
	PEG	1,4	*1,9*	0,5	*1,6*	0,3	*0,9*	65%	80%
	PET	0,8	*1,8*	0,2	*0,8*	0,5	*0,8*	71%	42%
	PIB	15,6	*12,5*	14	*10,5*	14,3	*9,5*	10%	8%
	PIR	1,3	*4,4*	0,9	*3,1*	1	*3,4*	29%	24%
	SAB	3	*1,4*	2,7	*0,9*	2,4	*1,4*	12%	19%
	Total	**28**	***7,4***	**23**	***4,9***	**22,8**	***2***	**18%**	**19%**
ECFm	BOJ	0,8	*1,3*	0,8	*1,3*	0,1	*0,3*	0%	85%
	BOP	0,5	*0,8*	0,3	*0,3*	0,1	*0,4*	34%	71%
	EP	3,4	*2*	3,1	*1,3*	1,4	*3,1*	7%	59%
	ERR	1,8	*0,7*	1,7	*0,6*	0,6	*0,3*	6%	65%
	ERS	0,7	*2*	0,7	*2*	0	*0*	0%	100%
	PEG	3,4	*6*	0,4	*1,1*	0	*0*	88%	100%
	PET	0,4	*1,1*	0	*0,1*	0	*0,1*	94%	92%
	PIB	19,7	*6,9*	19,3	*7,9*	19,5	*7,6*	2%	1%
	PIR	0,4	*1,1*	0,4	*1,1*	0,3	*1*	0%	13%
	SAB	1,5	*0,1*	1,4	*0,3*	0,5	*0,5*	7%	65%
	Total	**32,6**	***2,1***	**28,3**	***3,7***	**22,7**	***1,9***	**13%**	**30%**

Tableau 13. Surface terrière initiale, résiduelle prévue et résiduelle par traitement et classe de qualité (MSCR)

		Surface terrière (%)		
Traitements	**Qualité (MSCR)**	**Initiale**	**Résiduelle prévue**	**Résiduelle**
CPU	C + R	73%	87%	81%
	S	14%	8%	7%
	M	14%	5%	12%
ECF	C + R	71%	81%	81%
	S	14%	10%	9%
	M	15%	10%	10%
ECFm	C + R	72%	75%	68%
	S	9%	9%	7%
	M	19%	16%	25%
Témoin	C + R			72%
	M			17%
	S			11%

Tableau 14. Surface terrière moyenne initiale, résiduelle prévue et résiduelle et prélèvement moyen par traitement

	Surface terrière (m²/ha)						Prélèvement	
Traitements	**Initiale**	***2sd***	**Résiduelle prévue**	***2sd***	**Résiduelle**	***2sd***	**Prévu**	**Réalisé**
CPU	29,1	*4,1*	12,0	*3,2*	17,5	*1,4*	59%	40%
ECF	28,0	*7,4*	23,0	*4,9*	22,8	*2,0*	18%	19%
ECFm	32,6	*2,1*	28,3	*3,7*	22,7	*1,9*	13%	30%

Tableau 15. Densité moyenne initiale, résiduelle prévue et résiduelle et prélèvement moyen par traitement

	Densité (ti/ha)						Prélèvement	
Traitements	**Initiale**	***2sd***	**Résiduelle prévue**	***2sd***	**Résiduelle**	***2sd***	**Prévu**	**Réalisé**
CPU	722	*224*	98	*41*	219	*78*	86%	70%
ECF	681	*119*	577	*131*	535	*237*	15%	21%
ECFm	663	*141*	606	*106*	288	*177*	8%	57%

4.3. GAULES

Les densités moyennes de gaules par traitement et par essence sont présentées au tableau 16. Au tableau 17, on retrouve les résultats de la compilation de la densité de gaules par groupe d'essence pour chaque unité expérimentale, alors que la moyenne par traitement est présentée au tableau 18. Le tableau 19 présente la surface terrière moyenne des gaules par traitement. Les compilations des gaules en termes de surface terrière sont présentées aux tableaux g et h de l'annexe 1.

Sur le plan descriptif, le sapin domine largement la composition des gaules dans tous les traitements, avec des densités moyennes variant de 906 à 2 216 tiges/ha (tableau 16). Ces résultats permettent donc de confirmer le bien fondé des appréhensions d'ensapinage dans les pinèdes du Québec (Grondin et Cimon, 2003). En plus des sapins, les gaules présentes dans la CPU comportent une quantité notable d'érables rouges et d'érables à épis (tableau 16). Dans l'ECF, où la densité de gaules est globalement plus élevée, ce sont l'érable à épis, le noisetier et l'érable rouge qui accompagnent le sapin. La quantité de gaules d'épinettes est plus importante dans l'ECF ainsi que dans le témoin, par rapport aux autres traitements. L'abondance des épinettes au sein du peuplement mature semble donc se répercuter sur celles des gaules. Quant à l'ECFm, les gaules répertoriées sont essentiellement des sapins et des érables rouges.

Soulignons la rareté des gaules de pin dans l'ensemble du dispositif (tableau 17), alors que seulement 2 gaules de pin blanc ont été répertoriées : une dans une placette de CPU et une autre dans l'ECF (qui génèrent chacune 25 ti/ha en moyenne pour l'unité expérimentale). De plus, l'examen des résultats par unité expérimentale (tableau 17) indique d'importantes variations à la fois sur le plan de la composition du sous-étage de gaules et sur celui de la densité des gaules.

Les analyses de variance (tableau 18) montrent qu'il y a des différences significatives entre la densité de gaules par traitement, par groupe d'essences et qu'il existe une interaction entre le traitement et le groupe d'essences. Ces différences entre traitements sont observables sur les résineux (sans les pins) pour lesquels tous les traitements diffèrent significativement entre eux, à l'exception de la CPU et de l'ECFm où les densités de gaules d'autres résineux ne diffèrent pas significativement. Des différences s'observent également pour les gaules de feuillus non commerciaux qui sont significativement plus élevées dans le témoin que dans la CPU, et aussi dans l'ECF par rapport à la CPU, mais qui ne diffèrent pas entre l'ECFm par rapport à la CPU, ni entre l'ECF par rapport au témoin. Il n'y a pas de différences entre les traitements pour les autres groupes d'essences. Les tests effectués sur les surfaces terrières des gaules n'ont détecté aucune différence. Les analyses indiquent également que la variabilité était trop grande pour qu'un effet de bloc ne soit détectable. On observe un gradient croissant de la densité moyenne de gaules, en classant les traitements dans l'ordre suivant : CPU, ECFm, ECF puis témoin (tableau 16), alors que le prélèvement diminue progressivement si l'on considère les traitements dans la même séquence. Il est possible que cette situation soit reliée aux déplacements plus nombreux associés à des prélèvements plus importants qui briseraient davantage de gaules, mais en l'absence d'inventaire des gaules avant intervention, il est impossible de le vérifier.

Tableau 16. Densité moyenne des gaules par traitement et essence

	Traitements							
	CPU		ECF		ECFm		TEM	
Essences	**Densité (ti/ha)**	***2sd***	**Densité (ti/ha)**	***2sd***	**Densité (ti/ha)**	***2sd***	**Densité (ti/ha)**	***2sd***
AME	10	*27*	8	*29*	13	*35*	15	*45*
BOJ	0	*0*	17	*58*	13	*35*	0	*0*
BOP	0	*0*	17	*58*	38	*106*	30	*90*
CHR	0	*0*	0	*0*	0	*0*	20	*42*
COC	25	*87*	250	*782*	0	*0*	130	*434*
EPB	35	*67*	8	*29*	13	*35*	55	*139*
EPN	15	*67*	125	*433*	0	*0*	90	*375*
EPR	0	*0*	0	*0*	0	*0*	15	*67*
ERE	120	*336*	275	*577*	13	*35*	615	*1 979*
ERP	10	*45*	25	*87*	0	*0*	65	*211*
ERR	155	*323*	225	*361*	200	*142*	345	*377*
ERS	0	*0*	0	*0*	0	*0*	5	*22*
NEM	5	*22*	58	*202*	0	*0*	35	*110*
PEG	0	*0*	8	*29*	0	*0*	0	*0*
PET	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
PIB	5	*22*	8	*29*	0	*0*	0	*0*
SAB	906	*1 317*	1 810	*1 080*	1 076	*354*	2 216	*1 607*
SAL	5	*22*	0	*0*	0	*0*	10	*45*
SOA	0	*0*	0	*0*	0	*0*	40	*179*
VIL	5	*22*	67	*189*	0	*0*	40	*115*
Total	**1 296**	***1 162***	**2 902**	***2 003***	**1 363**	***177***	**3 728**	***1 665***

Tableau 17. Densité moyenne des gaules par unité expérimentale et groupe d'essences

	Groupe d'essences											
	FI		FNC		FPT		FT		PINS		R	
UE	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*
1_CPU	125	*192*	75	*192*	0	*0*	0	*0*	25	*100*	1 276	*1 501*
1_ECF	500	*490*	225	*773*	50	*200*	0	*0*	25	*100*	2 777	*2 296*
1_TEM	525	*886*	575	*1 025*	25	*100*	0	*0*	0	*0*	1 801	*849*
2_CPU	100	*283*	500	*849*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	425	*444*
2_ECF	75	*192*	375	*839*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	1 301	*2 048*
2_TEM	300	*817*	2 577	*6 332*	25	*100*	0	*0*	0	*0*	2 076	*1 160*
3_CPU	0	*0*	200	*283*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	500	*589*
3_ECF	175	*342*	1 451	*2 427*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	1 751	*2 539*
3_TEM	150	*383*	901	*967*	0	*0*	25	*100*	0	*0*	2 752	*1 860*
4_CPU	425	*1 012*	50	*200*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	575	*1 419*
4_ECFm	325	*1 038*	25	*100*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	951	*740*
4_TEM	575	*379*	575	*551*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	1 851	*1 090*
5_CPU	150	*425*	50	*142*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	2 001	*566*
5_ECFm	150	*258*	25	*100*	25	*100*	0	*0*	0	*0*	1 226	*2 195*
5_TEM	375	*444*	75	*100*	499	*1 994*	0	*0*	0	*0*	3 402	*2 235*

Tableau 18. Densité moyenne des gaules par traitement et groupe d'essences

	Groupe d'essences											
	FI		FNC		FPT		FT		PINS		R	
Traitements	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*
CPU	160	*318*	175***a***	*384*	0	*0*	0	*0*	5	*22*	956***a***	*1 352*
ECF	250	*445*	684***b***	*1 337*	17	*58*	0	*0*	8	*29*	1 943***b***	*1 513*
ECFm	238	*248*	25***a***	*0*	13	*35*	0	*0*	0	*0*	1 088***a***	*389*
TEM	385	*344*	941***b***	*1 922*	20	*42*	5	*22*	0	*0*	2 377***c***	*1 375*

Les lettres a, b et c indiquent des différences significatives entre les traitements à un niveau de probabilité de 95 %

Tableau 19. Surface terrière moyenne par traitement

Traitements	G (m²/ha)	*2sd*
CPU	1,9	*2,4*
ECF	3,7	*2,4*
ECFm	1,8	*0,8*
TEM	4,6	*2,7*

4.4. RÉGÉNÉRATION

L'inventaire de régénération a été réalisé l'année suivant les interventions de récolte. Il est donc possible que l'effet de la perturbation du couvert ait déjà commencé à se faire sentir au niveau de la régénération, notamment pour les espèces pouvant se régénérer par rejets. Les données ont été compilées par unité expérimentale. Les densités et coefficients de distribution moyens par essence pour chaque traitement sont présentés aux tableaux 20 et 21.

Les résultats par groupe d'essences pour chaque unité expérimentale, en termes de densité puis de coefficient de distribution, sont présentés aux tableaux 22 et 23, et les moyennes par traitement et par groupe d'essence font l'objet des tableaux 24 et 25. On constate que de manière générale, la régénération de pin blanc est rare (entre 25 et 224 semis/ha; tableau 20) et éparse (entre 1 et 7 %; tableau 21). Les analyses de variance ont confirmé qu'il n'y avait pas de différence quant à la régénération en pins (PIB+PIR) entre les traitements.

Les analyses statistiques montrent cependant qu'il y a des différences significatives de densité de régénération entre les traitements, entre les groupes d'essences et qu'il existe une interaction entre le traitement et le groupe d'essences (tableau 24). Les différences s'observent pour le groupe des feuillus de début de succession (groupe FI) dont la densité est significativement différente entre chacun des traitements comparés deux à deux, à l'exception de la densité de FI qui ne diffère pas entre l'ECF et le témoin. Les différents traitements se classent comme suit, quant à la densité des feuillus de début de succession : ECFm (17 574 ti/ha) > CPU (9 248 ti/ha) > ECF (3 822 ti/ha) ≈ TEM (1 795 ti/ha). Il existe également des différences quant à la densité de feuillus non commerciaux qui est significativement plus élevée dans la CPU que dans le témoin, et aussi plus élevée dans la CPU que dans l'ECFm. On constate également une tendance ($|pr > t| = 0,0632$) à y avoir une plus forte densité de feuillus non commerciaux dans la CPU par rapport à l'ECF. Les analyses ont montré qu'il n'y avait pas de différences quant à la densité de régénération par traitement pour les autres groupes d'essences. Soulignons cependant l'importante variabilité des résultats qui est susceptible de masquer des différences.

En ce qui concerne les coefficients de distribution, les analyses n'ont pas permis de détecter de différence significative entre les traitements. Cependant, il y a un effet significatif du groupe d'essences et de l'interaction entre les groupes d'essences et les traitements (tableau 25). Ainsi, le coefficient de distribution des feuillus de début de succession (FI) est significativement différent lorsque l'on compare chaque traitement deux à deux, à l'exception de la CPU et de l'ECF dont le coefficient de distribution de FI est similaire. Des différences de distribution sont également perceptibles chez les résineux (excluant les pins) et indiquent que la distribution des résineux dans l'ECF est significativement plus importante que dans la CPU et que dans l'ECFm, et qu'elle est aussi plus importante dans le témoin que dans la CPU et l'ECFm. Les coefficients de distribution des autres groupes d'essences ne présentent pas de différences significatives.

Les analyses indiquent qu'il n'y a pas d'effet de blocs selon le seuil de probabilité habituel de 5 %, mais les niveaux de probabilité sont près du seuil et la variabilité est très importante. Cette variabilité s'observe tant au niveau des valeurs quantitatives que sur le mélange d'espèces présentes, comme il est possible de le constater en examinant les résultats par essence et par unité expérimentale pour les densités et la distribution de la régénération, présentés afin de fournir des éléments descriptifs d'intérêt, aux tableaux i et j de l'annexe 1. On constate que les espèces compétitrices dominantes varient d'un bloc à l'autre, ce qui pourrait avoir une incidence sur la dynamique végétale future. Signalons, à ce chapitre, les importantes densités et distributions d'érable à épis enregistrées dans le bloc 3, ainsi que dans le bloc 2 mais dans une moindre mesure, et qui devront faire l'objet d'un examen attentif lors des prochains suivis. Les densités de peuplier présentent également d'importantes variations. Cette essence est absente au sein de la régénération du bloc 1, elle est relativement peu abondante dans les témoins des autres blocs, alors qu'elle l'est davantage dans les aire traitées, mais en quantités très variables, ce qui pourrait indiquer que l'ouverture du couvert ait déjà eu des répercussions sur la régénération en peuplier. L'érable à sucre qui était présent au niveau du bois sur pied avant les interventions, n'a pas donné naissance à une régénération préétablie; les conditions du milieu semblent donc lui être défavorables. Par contre, le sapin est présent en régénération partout et l'ordination des traitements sur la base des densités moyennes de sapin est la même, aussi bien pour les gaules que pour la régénération, soit CPU < ECFm < ECF < TEM, ce qui peut traduire un effet de destruction des semis consécutif aux interventions, sans toutefois qu'il soit possible de le confirmer. Considérant les densités moyennes de gaules et de semis de sapin en régénération, il appert qu'en l'absence d'interventions, le dispositif était en voie d'ensapinage. Un an après l'ouverture du couvert, on constate l'abondance de feuillus non commerciaux, mais il est impossible de savoir dans quelle mesure celle-ci a pu s'accroître consécutivement à l'ouverture du couvert.

Il importe néanmoins de souligner que malgré l'absence de différences significatives, à ce stade, les coefficients de distribution des feuillus non commerciaux enregistrés dans les blocs 2 et 3, combinés au fait qu'il s'agit principalement d'érable à épis, laissent présager de sérieux problèmes de compétition dans ces blocs.

Tableau 20. Densité moyenne des semis par traitement et essence

	Traitements							
	CPU		ECF		ECFm		TEM	
Essences	**Densité (ti/ha)**	***2sd***	**Densité (ti/ha)**	***2sd***	**Densité (ti/ha)**	***2sd***	**Densité (ti/ha)**	***2sd***
AME	224	*480*	125	*249*	125	*353*	623	*1 971*
BOJ	0	*0*	42	*144*	62	*176*	0	*0*
BOP	2 169	*6 403*	42	*144*	374	*0*	100	*446*
CHR	0	*0*	42	*144*	0	*0*	249	*705*
COC	5 908	*12 283*	6 149	*10 164*	4 051	*4 759*	3 789	*7 945*
COR	0	*0*	0	*0*	0	*0*	399	*1 784*
DIE	175	*780*	0	*0*	0	*0*	25	*111*
EPB	249	*864*	125	*249*	0	*0*	224	*1 003*
EPN	75	*334*	291	*1 007*	0	*0*	1 820	*5 257*
EPR	0	*0*	0	*0*	0	*0*	50	*223*
ERE	7 603	*18 720*	7 105	*12 412*	2 431	*4 407*	4 562	*10 710*
ERP	274	*1 092*	0	*0*	187	*176*	175	*517*
ERR	3 540	*4 592*	2 534	*2 522*	8 600	*7 051*	1 620	*3 236*
ERS	125	*557*	0	*0*	62	*176*	0	*0*
HEG	0	*0*	0	*0*	187	*176*	25	*111*
LON	0	*0*	0	*0*	0	*0*	100	*446*
NEM	1 097	*3 014*	332	*519*	499	*353*	299	*819*
PET	3 540	*8 071*	1 246	*2 626*	8 538	*8 990*	75	*223*
PIB	25	*111*	42	*144*	125	*353*	224	*871*
PRP	150	*540*	42	*144*	1 496	*2 820*	0	*0*
SAB	1 072	*1 177*	1 745	*748*	1 246	*353*	2 817	*2 329*
SAL	0	*0*	0	*0*	62	*176*	0	*0*
SOA	125	*249*	42	*144*	436	*1 234*	50	*223*
TAC	0	*0*	0	*0*	0	*0*	50	*223*
THO	0	*0*	0	*0*	0	*0*	100	*446*
VIC	2 543	*3 581*	1 662	*3 403*	312	*529*	1 645	*1 958*
VIL	199	*892*	83	*288*	0	*0*	75	*223*
Total	**29 093**	***17 728***	**21 646**	***13 450***	**28 792**	***4 230***	**19 095**	***6 390***

Tableau 21. Coefficient de distribution (CD) moyen des semis par traitement et essence

	Traitements							
	CPU		ECF		ECFm		TEM	
Essences	**CD (%)**	***2sd***	**CD (%)**	***2sd***	**CD (%)**	***2sd***	**CD (%)**	***2sd***
AME	6 %	*8 %*	5 %	*10 %*	3 %	*7 %*	9 %	*19 %*
BOJ	0 %	*0 %*	2 %	*6 %*	3 %	*7 %*	0 %	*0 %*
BOP	7 %	*11 %*	2 %	*6 %*	10 %	*14 %*	1 %	*4 %*
CHR	0 %	*0 %*	2 %	*6 %*	0 %	*0 %*	7 %	*26 %*
COC	34 %	*42 %*	32 %	*46 %*	38 %	*35 %*	32 %	*45 %*
COR	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	1 %	*4 %*
DIE	4 %	*18 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	1 %	*4 %*
EPB	5 %	*17 %*	5 %	*10 %*	0 %	*0 %*	1 %	*4 %*
EPN	1 %	*4 %*	5 %	*17 %*	0 %	*0 %*	11 %	*39 %*
EPR	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	1 %	*4 %*
ERE	31 %	*54 %*	47 %	*72 %*	23 %	*35 %*	35 %	*66 %*
ERP	2 %	*5 %*	0 %	*0 %*	8 %	*7 %*	4 %	*8 %*
ERR	27 %	*23 %*	23 %	*21 %*	43 %	*21 %*	23 %	*25 %*
ERS	2 %	*9 %*	0 %	*0 %*	3 %	*7 %*	0 %	*0 %*
HEG	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	8 %	*7 %*	1 %	*4 %*
LON	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	3 %	*13 %*
NEM	7 %	*11 %*	7 %	*6 %*	5 %	*0 %*	4 %	*13 %*
PET	27 %	*52 %*	23 %	*45 %*	68 %	*78 %*	2 %	*5 %*
PIB	1 %	*4%*	2 %	*6 %*	5 %	*14 %*	7 %	*26 %*
PRP	4 %	*13 %*	2 %	*6 %*	13 %	*7 %*	0 %	*0 %*
SAB	29 %	*23 %*	47 %	*15 %*	33 %	*35 %*	47 %	*26 %*
SAL	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	3 %	*7 %*	0 %	*0 %*
SOA	4 %	*8 %*	2 %	*6 %*	10 %	*28 %*	1 %	*4 %*
TAC	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	1 %	*4 %*
THO	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	1 %	*4 %*
VIC	20 %	*31 %*	15 %	*20 %*	10 %	*14 %*	20 %	*16 %*
VIL	4 %	*18 %*	2 %	*6 %*	0 %	*0 %*	2 %	*5 %*

Tableau 22. Densité moyenne des semis par unité expérimentale et groupe d'essences

	Groupement d'essences											
	FI		FNC		FPT		FT		PINS		R	
UE	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*	Densité (ti/ha)	*2sd*
1_CPU	8 351	*18 501*	5 360	*12 701*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	2 617	*1 255*
1_ECF	1 870	*5 663*	1 745	*2 374*	125	*499*	0	*0*	125	*499*	3 116	*4 260*
1_TEM	4 986	*5 927*	1 870	*2 056*	748	*997*	0	*0*	997	*2 700*	9 223	*6 836*
2_CPU	7 603	*12 491*	35 897	*31 469*	0	*0*	623	*1 888*	0	*0*	2 119	*3 764*
2_ECF	2 867	*4 910*	20 317	*28 113*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	1 371	*2 356*
2_TEM	623	*1 888*	18 073	*29 494*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	4 362	*7 783*
3_CPU	12 838	*18 357*	35 024	*39 227*	0	*0*	0	*0*	125	*499*	623	*1 255*
3_ECF	6 731	*17 697*	24 554	*39 714*	125	*499*	0	*0*	0	*0*	1 994	*2 154*
3_TEM	997	*2 154*	19 195	*10 347*	0	*0*	125	*499*	0	*0*	4 736	*4 422*
4_CPU	14 957	*30 991*	9 223	*16 873*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	1 122	*955*
4_ECFm	11 841	*17 163*	12 090	*19 749*	125	*499*	125	*499*	249	*997*	1 371	*2 056*
4_TEM	1 122	*1 703*	17 325	*12 004*	0	*0*	0	*0*	125	*499*	2 244	*3 307*
5_CPU	2 493	*1 410*	5 983	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*	499	*1 410*
5_ECFm	23 308	*15 326*	6 980	*11 485*	0	*0*	374	*955*	0	*0*	1 122	*1 703*
5_TEM	1 246	*2 076*	2 493	*6 359*	499	*1 994*	0	*0*	0	*0*	4 487	9 389

Tableau 23. Coefficient de distribution (CD) moyen des semis par unité expérimentale et groupe d'essences

	Groupement d'essences											
	FI		FNC		FPT		FT		PINS		R	
UE	CD (%)	*2sd*	CD (%)	*2sd*	CD (%)	*2sd*	CD (%)	*2sd*	CD (%)	*2sd*	CD (%)	*2sd*
1_CPU	30 %	*69 %*	20 %	*57 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	50 %	*23 %*
1_ECF	20 %	*46 %*	30 %	*23 %*	5 %	*20 %*	0 %	*0 %*	5 %	*20 %*	65 %	*38 %*
1_TEM	50 %	*52 %*	35 %	*20 %*	30 %	*40 %*	0 %	*0 %*	30 %	*69 %*	80 %	*0 %*
2_CPU	65 %	*60 %*	95 %	*20 %*	0 %	*0 %*	10 %	*23 %*	0 %	*0 %*	45 %	*68 %*
2_ECF	50 %	*69 %*	90 %	*23 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	40 %	*46 %*
2_TEM	20 %	*57 %*	90 %	*23 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	60 %	*65 %*
3_CPU	55 %	*38 %*	95 %	*20 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	5 %	*20 %*	15 %	*20 %*
3_ECF	60 %	*0 %*	90 %	*40 %*	5 %	*20 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	55 %	*20 %*
3_TEM	15 %	*20 %*	85 %	*38 %*	0 %	*0 %*	5 %	*20 %*	0 %	*0 %*	65 %	*68 %*
4_CPU	70 %	*95 %*	80 %	*46 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	40 %	*33 %*
4_ECFm	70 %	*69 %*	80 %	*57 %*	5 %	*20 %*	5 %	*20 %*	10 %	*40 %*	45 %	*60 %*
4_TEM	20 %	*33 %*	75 %	*20 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	5 %	*20 %*	40 %	*33 %*
5_CPU	30 %	*28 %*	70 %	*28 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	20 %	*57 %*
5_ECFm	100 %	*0 %*	55 %	*68 %*	0 %	*0 %*	15 %	*38 %*	0 %	*0 %*	20 %	*33 %*
5_TEM	20 %	*33 %*	35 %	*68 %*	5 %	*20 %*	0 %	*0 %*	0 %	*0 %*	35 %	*38 %*

Tableau 24. Densité moyenne des semis par traitement et groupe d'essences

	Groupement d'essences											
	FI		FNC		FPT		FT		PINS		R	
Traitements	**Densité (ti/ha)**	***2sd***	**Densité (ti/ha)**	***2sd***	**Densité (ti/ha)**	***2sd***	**Densité (ti/ha)**	***2sd***	**Densité (ti/ha)**	***2sd***	**Densité (ti/ha)**	***2sd***
CPU	9 248***a***	*9 727*	18 297***a***	*31 479*	0	*0*	125	*557*	25	*111*	1 396	*1 869*
ECF	3 822***b***	*5 135*	15 539***ab***	*24 264*	83	*144*	0	*0*	42	*144*	2 160	*1 769*
ECFm	17 574***c***	*16 217*	9 535***b***	*7 227*	62	*176*	249	*353*	125	*353*	1 246	*353*
TEM	1 795***b***	*3 598*	11 791***b***	*17 601*	249	*705*	25	*111*	224	*871*	5 011	*5 116*

Les lettres a, b et c indiquent des différences significatives entre les traitements à un niveau de probabilité de 95 %

Tableau 25. Coefficient de distribution moyen des semis par traitement et groupe d'essence

	Groupement d'essences											
	FI		FNC		FPT		FT		PINS		R	
Traitements	**CD (%)**	***2sd***	**CD (%)**	***2sd***	**CD (%)**	***2sd***	**CD (%)**	***2sd***	**CD (%)**	***2sd***	**CD (%)**	***2sd***
CPU	50 %***a***	*38 %*	72 %	*62 %*	0 %	*0 %*	2 %	*9 %*	1 %	*4 %*	34 %***a***	*31 %*
ECF	43 %***a***	*42 %*	70 %	*69 %*	3 %	*6 %*	0 %	*0 %*	2 %	*6 %*	53 %***bc***	*25 %*
ECFm	85 %***b***	*42 %*	68 %	*35 %*	3 %	*7 %*	10 %	*14 %*	5 %	*14 %*	33 %***ac***	*35 %*
TEM	25 %***c***	*28 %*	64 %	*54 %*	7 %	*26 %*	1 %	*4 %*	7 %	*26 %*	56 %***bd***	*37 %*

Les lettres a, b et c indiquent des différences significatives entre les traitements à un niveau de probabilité de 95 %

4.5. ÉTUDES D'ARBRES

Les résultats des mesures prises sur les arbres-études par essence et par unité expérimentale sont présentés au tableau 26, les moyennes par essence et par bloc au tableau 27, et les moyennes par essence et par traitement au tableau 28.

Les pins blancs identifiés comme arbres-études ont un DHP moyen se situant entre 341 et 535 mm selon l'unité expérimentale (tableau 26), leur âge moyen varie entre 105 et 117 ans, leur hauteur moyenne se situe entre 21,5 et 27,6 m et leur largeur de cime moyenne entre 5,1 et 8,1 m.

À titre indicatif, pour l'ensemble du dispositif, le diamètre des pins blancs échantillonnés comme arbres-études variait entre 9,6 et 70,8 cm. Leur âge variait de 78 à 132 ans.

Une analyse de corrélation a permis de vérifier que pour les pins blancs, l'âge n'était pas corrélé au DHP dans notre échantillon. La hauteur était corrélée au DHP (r^2=0,56953) et faiblement, à la largeur moyenne de cime (r^2=0,34026). De plus, la densité, tout comme la surface terrière avant traitement, n'étaient pas corrélées au ratio h/d. Bien que ce dernier ait tendance à être plus élevé dans les blocs 2 et 3 qui sont situés sur dépôts grossiers, aucune différence significative n'a pu être détectée quant au rapport h/d entre les blocs.

Les analyses statistiques ont également permis de vérifier que les pins blancs retenus comme arbres-études ne présentaient pas de différence d'âge entre les blocs. Par contre, les analyses montrent qu'en dépit d'une hauteur et d'un âge équivalent entre les blocs, le diamètre moyen est plus élevé dans le bloc 4 par rapport aux autres. Soulignons que le bloc 4 se situe sur un bas versant et pourrait donc correspondre à un site plus riche.

Par ailleurs, les analyses permettent de confirmer que les pins blancs retenus comme arbres-études ne présentent pas de différence entre les traitements en ce qui a trait à leur âge, leur diamètre, leur hauteur et leur largeur de cime.

Tableau 26. Diamètre, hauteur, largeur de cime, ouverture de cime, âge et ratio hauteur/diamètre moyen par unité expérimentale et essence

UE	Essences	N	Dhp (mm)	*2sd*	Hauteur (dm)	*2sd*	Largeur moyenne de cime (dm)	*2sd*	Ouverture moyenne de cime (dm)	*2sd*	Âge	*2sd*	Ratio h/d	*2sd*
1_CPU	PIB	10	433	*139*	229	*41*	78	*28*	130	*64*	112	*18*	0,54	*0,13*
	PIR	2	433	*4*	195	*25*	68	*12*	119	*75*	-	-	0,45	*0,05*
1_ECF	PIB	9	383	*141*	215	*56*	55	*26*	92	*59*	116	*15*	0,4	*0,62*
	PIR	3	387	*60*	206	*18*	54	*7*	103	*24*	-	-	0,53	*0,04*
1_TEM	PIB	7	379	*202*	227	*76*	58	*24*	97	*65*	117	*17*	0,62	*0,22*
	PIR	5	374	*89*	197	*57*	56	*14*	76	*48*	-	-	0,53	*0,09*
2_CPU	EPB	2	315	*150*	216	*61*	34	*2*	69	*4*	-	-	0,69	*0,14*
	PIB	10	455	*183*	269	*53*	81	*34*	133	*69*	112	*12*	0,61	*0,23*
2_ECF	PIB	12	459	*177*	282	*51*	75	*35*	111	*78*	110	*20*	0,63	*0,2*
2_TEM	PIB	12	341	*193*	244	*62*	57	*34*	88	*57*	106	*21*	0,75	*0,25*
3_CPU	PIB	12	385	*151*	262	*44*	61	*36*	104	*76*	112	*21*	0,7	*0,21*
3_ECF	EPB	4	279	*121*	173	*96*	50	*32*	79	*32*	-	-	0,62	*0,14*
	EPN	1	324	-	196	-	41	-	81	-	-	-	0,6	-
	PIB	7	444	*268*	253	*52*	73	*59*	128	*129*	108	*31*	0,61	*0,34*
3_TEM	EPB	1	340	-	254	-	42	-	64	-	-	-	0,75	-
	PIB	11	458	*248*	276	*46*	74	*53*	93	*73*	111	*23*	0,64	*0,28*
4_CPU	EPB	1	391	-	245	-	30	-	59	-	-	-	0,63	-
	PIB	10	481	*180*	254	*46*	51	*38*	99	*77*	116	*10*	0,54	*0,21*
4_ECFm	PIB	12	535	*151*	259	*44*	69	*50*	127	*88*	105	*27*	0,49	*0,13*
4_TEM	EPB	2	167	*199*	114	*123*	31	*2*	41	*24*	,	,	0,7	*0,09*
	PIB	9	481	*346*	252	*95*	62	*60*	101	*119*	114	*21*	0,58	*0,35*
	SAB	1	158	-	147	-	42	-	42	-	-	-	0,93	-
5_CPU	EPB	1	190	-	134	-	30	-	38	-	-	-	0,71	-
	PIB	10	446	*192*	231	*70*	75	*39*	129	*74*	106	*20*	0,53	*0,22*
	PIR	1	448	-	229	-	69	-	88	-	-	-	0,51	-
5_ECFm	EPB	2	349	*113*	225	*34*	44	*20*	82	*54*	,	,	0,65	*0,11*
	PIB	9	437	*202*	251	*52*	66	*38*	103	*70*	105	*28*	0,59	*0,21*
	PIR	1	377	-	251	-	63	-	119	-	-	-	0,67	-
5_TEM	PIB	12	473	*168*	252	*46*	75	*36*	107	*84*	114	*20*	0,55	0,2

Tableau 27. Diamètre, hauteur, largeur de cime, ouverture de cime, âge et ratio hauteur/diamètre moyen par bloc et essence

Blocs	Essences	N	Dhp (mm)	2sd	Hauteur (dm)	2sd	Largeur moyenne de cime (dm)	2sd	Ouverture moyenne de cime (dm)	2sd	Âge	2sd	Ratio h/d	2sd
1	PIB	12	400***a***	109	223	49	63	26	103	55	115	18	0,52	0,35
	PIR	7	399	71	201	37	59	16	96	55	-	-	0,50	0,09
2	EPB	1	315	-	216	-	34	-	69	-	-	-	0,69	-
	PIB	12	417***a***	132	262	47	72	30	114	66	109	12	0,65	0,18
3	EPB	3	299	85	200	96	47	12	74	19	-	-	0,66	0,15
	EPN	1	324	-	196	-	41	-	81	-	-	-	0,60	-
	PIB	11	432***a***	161	265	37	70	37	110	76	110	17	0,65	0,19
4	EPB	3	241	295	157	175	31	3	47	27	-	-	0,67	0,10
	PIB	12	490***b***	199	253	39	59	42	106	77	110	19	0,55	0,27
	SAB	1	158	-	147	-	42	-	42	-	-	-	0,93	-
5	EPB	2	270	225	180	129	37	19	60	62	-	-	0,68	0,08
	PIB	12	451***a***	109	244	47	72	25	111	53	109	15	0,56	0,13
	PIR	2	413	100	240	31	66	8	104	44	-	-	0,59	0,22

Les lettres a et b et indiquent des différences significatives entre les traitements à un niveau de probabilité de 95 %

Tableau 28. Diamètre, hauteur, largeur de cime, ouverture de cime, âge et ratio hauteur/diamètre moyen par traitement et essence

Traitements	Essences	N	Dhp (mm)	2sd	Hauteur (dm)	2sd	Largeur moyenne de cime (dm)	2sd	Ouverture moyenne de cime (dm)	2sd	Âge	2sd	Ratio h/d	2sd
CPU	EPB	3	299	203	198	115	31	5	55	31	-	-	0,67	0,08
	PIB	5	440	71	249	37	69	26	119	32	112	7	0,58	0,14
	PIR	2	440	22	212	48	68	0	103	43	-	-	0,48	0,09
ECF	EPB	1	279	-	173	-	50	-	79	-	-	-	0,62	-
	EPN	1	324	-	196	-	41	-	81	-	-	-	0,60	-
	PIB	3	429	80	250	67	68	23	111	36	111	9	0,55	0,25
	PIR	1	387	-	206	-	54	-	103	-	-	-	0,53	-
ECFm	EPB	1	349	-	225	-	44	-	82	-	-	-	0,65	-
	PIB	2	486	139	255	12	68	4	115	35	105	1	0,54	0,14
	PIR	1	377	-	251	-	63	-	119	-	-	-	0,67	-
TEM	EPB	2	253	245	184	199	36	14	52	33	,	,	0,72	0,07
	PIB	5	426	125	250	36	65	17	97	14	113	8	0,62	0,15
	PIR	1	374	-	197	-	56	-	76	-	-	-	0,53	-
	SAB	1	158	-	147	-	42	-	42	-	-	-	0,93	-

5. DISCUSSION

Les analyses indiquent que la réalisation de blocs était pertinente et qu'elle permet de contrôler une part de la variation qui pourrait être associée à d'éventuelles différences de stations au sein du dispositif. La réalisation des blocs permettra de tenir compte de la présence de sites qui pourraient évoluer différemment compte tenu de leur composition arbustive initiale différente.

Les analyses ont également permis de confirmer que les traitements ont laissé des quantités équivalentes de pin blanc marchand sur pied et que la présence de gaules de pin blanc était marginale. Il a aussi été possible de vérifier qu'un an après la coupe, la régénération de pin blanc était rare dans l'ensemble du dispositif et que le sous-étage était plutôt caractérisé par une abondance de sapin dont la position, à la fois parmi les gaules et la régénération, laissait entrevoir une évolution vers une régénération en sapin.

La CPU a laissé un peuplement formé majoritairement de pin blanc, aussi bien en termes de surface terrière (89 %) que de nombre de tiges (62 %). L'ECF a laissé un peuplement dominé par le pin blanc en termes de surface terrière (63 %) mais il compte pour 21 % des tiges et est accompagné par une quantité importante de tiges d'autres espèces, notamment le sapin (qui compte pour 40 % du nombre de tiges). L'ECFm a aussi laissé un peuplement dominé par le pin blanc en termes de surface terrière (86 %) mais pas en nombre de tiges (43 %) et il comporte de bonnes proportions d'érable rouge (23 %) et de sapin (22 %).

Un an après les interventions, ce sont les feuillus non commerciaux qui dominent en termes de nombre de tiges au niveau de la régénération. On constate déjà des différences de régénération entre les traitements, pour ce qui est des feuillus non commerciaux et des feuillus arborescents de début de succession (BOP+PET+ERR).

Il appert que les coupes seules ne permettent pas de régénérer le pin blanc et que la préparation de terrain sera indispensable à la régénération de cette essence.

5.1. CAS DE L'ECFM

À priori, on aurait pu penser que l'ECFm aurait été assimilable à la CPU, puisque dans les deux cas, une densité équivalente de pins blancs a été martelée positivement. Or, les résultats indiquent qu'il y a des différences entre les deux traitements. Ces différences se situent au niveau de la régénération en feuillus arborescents de début de succession qui est nettement plus abondante et

mieux distribuée dans l'ECFm que dans les autres traitements, incluant la CPU (tableaux 24 et 25). À titre indicatif, les fortes quantités de feuillus arborescents de début de succession en régénération dans l'ECFm sont composées d'érable rouge et de peuplier. D'autre part, on a vu précédemment que l'intervention avait laissé des quantités notables d'érables rouges et de sapins dont une portion aurait été retirée dans le cadre d'une CPU normale. Par conséquent, il n'apparait pas judicieux de regrouper l'ECFm avec la CPU.

6. RECOMMANDATIONS

Pour régénérer le pin blanc, il faut réaliser la préparation de terrain. Idéalement, elle devra être synchronisée avec une bonne année semencière, mais elle peut être réalisée une année à l'avance selon la disponibilité de la machinerie. L'interprétation des résultats des futurs suivis devra tenir compte des différences de composition initiales pouvant indiquer des différences sur le plan écologique.

Afin de s'approcher des effets produits par les perturbations naturelles, la coupe finale devra prévoir une rétention d'arbres (pins blancs) vivants qui deviendront les surdominants du prochain peuplement, assureront le maintien d'une source de semences et rehausseront la structure de l'habitat. La coupe finale devrait également comporter une rétention de chicots et de bois mort. Les quantités à conserver devraient être déterminées à la suite d'une revue de littérature visant à mieux caractériser les legs biologiques résultant de l'action du régime de feu régissant les pinèdes.

7. SUITE DES TRAVAUX

Les prochaines étapes du projet sont :

- Préparation de terrain dans les CPU
- Suivi de la régénération après la préparation de terrain
- Compilations et analyses
- Production du rapport

CONCLUSION

Le projet global permettra de comparer les interventions et l'effet des interventions sylvicoles sur la production de pins en peuplements mélangés. Le projet devrait démontrer la nécessité d'appliquer une coupe de régénération mieux adaptée aux exigences du pin blanc et **d'investir davantage dans les interventions d'assistance à la régénération** (**préparation de terrain, reboisement**, dégagement) afin d'assurer une régénération suffisante en pin blanc. Il permettra aussi d'acquérir des connaissances pratiques en vue de réviser les pratiques pour un meilleur aménagement du pin blanc au Québec

RÉFÉRENCES

Blouin, D., G. Lessard, G. Joanisse et L. Vachon. 2009. Élaboration d'une stratégie alternative pour la production du pin blanc (mise en place d'une 2e répétition du dispositif expérimental de comparaison de traitement). CERFO, rapport 2009-19. 28 p.

Burns, R. M. and B. H. Honkala. 1990. Silvics of North America. Volume 1, Conifer / Volume 2. Hardwood. Agricultural Handbook 654. Forest Service. United States Department of Agriculture.

Carey, J. H. 1993. *Pinus strobus*. *In:* Fire Effects Information System [Online]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). Available: http://www.fs.fed.us/database/feis/ [2010, February 8].

Doyon, F. et D. Bouffard. 2009. Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise. Québec, pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, 63 p.

Frelich, L. E. 1992. The relationship of natural disturbances to white pine stand development. *In:* Stine, R. A., and M. J. Boughman, dir. The White Pine Symposium Proceedings: History, Ecology, Policy, and Management, p. 27-37.

Gosselin, J., P. Grondin, et J.-P. Saucier. 1998. Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'ouest. MRNQ, Dir. de la gestion des stocks forestiers. 160 p.

Grondin, P. et A. Cimon. 2003. Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier. 200 p.

Hannah, P. R. 1988. The Shelterwood Method in Northeastern Forest Types: A Literature Review. North. J. Appl. For. 5 (1): 70-77.

Lindenmayer, D. B., P. J. Burton and J. F. Franklin. 2008. Salvage logging and its ecological consequences. Island Press, Washington, 227 p.

MRNF, 2008. Instructions relatives à l'application de l'arrêté ministériel sur la valeur des traitements sylvicoles admissibles en paiement des droits. Exercice 2008-2009. MRNF, Forêt Québec.121 p.

Neumann, D. D. and D. I. Dickmann. 2001. Surface burning in a mature stand of *Pinus resinosa* and *Pinus strobus* in Michigan: effects on understory vegetation. International Journal of Wildland Fire. 10: 91-101.

Nyland, R. D. 2002. Silviculture. Concepts and applications. 2nd edition. Waveland Press, Long Grove, Il, USA. 682 p.

Saucier, J.-P., J.-P. Berger, H. D'Avignon, et P. Racine. 1994. Le point d'observation écologique. Service des inventaires forestiers. MRN. 116 p.

OMNR. 1998. A silvicultural guide for the Great Lakes-St. Lawrence conifer forest in Ontario. Ont. Min. Nat. Resour. Queen's Printer for Ontario. Toronto. 424 p.

OMNR. 2008. White pine in the Lake Abitibi and Lake Temagami ecoregions of Ontario. State of resources reporting. 10 p.
En ligne : http://www.mnr.gov.on.ca/263708.pdf

Roberts, M. R. 2007. A conceptual model to characterize disturbance severity in forest harvests. Forest Ecology and Management 242 (2007) 58-64.

ANNEXE 1. RÉSULTATS SUPPLÉMENTAIRES POUR LA MESURE APRÈS INTERVENTION

Tableau a. Surface terrière moyenne par unité expérimentale, classe de DHP et classe de qualité MSCR

		M		S		C + R	
UE	Classe de DHP	G (m²/ha)	2sd	G (m²/ha)	2sd	G (m²/ha)	2sd
1_CPU	10_22	0	0,2	0	0,2	1,7	1,3
	24+	0	0	1,3	5,1	14,6	5,3
	Total	**0**	**0,2**	**1,3**	**5**	**16,3**	**5,3**
1_ECF	10_22	0,7	1	0,1	0,4	6,4	3
	24+	0,7	2,8	0	0	15,4	7,8
	Total	**1,4**	**1,9**	**0,1**	**0,4**	**21,8**	**8,3**
1_TEM	10_22	0,3	0,6	0	0	6,3	3,7
	24+	1,9	5,5	1,7	5,1	18,1	16,6
	Total	**2,3**	**5,7**	**1,7**	**5,1**	**24,3**	**14,4**
2_CPU	10_22	0,1	0,2	0	0	0,8	1
	24+	2	5,2	2,4	6,1	13,1	18,5
	Total	**2,1**	**5,1**	**2,4**	**6,1**	**13,8**	**19,4**
2_ECF	10_22	0,3	0,9	0,6	1,4	2,9	2,4
	24+	1	3,9	0	0	18,6	11,6
	Total	**1,3**	**3,9**	**0,6**	**1,4**	**21,6**	**9,3**
2_TEM	10_22	2,9	1,5	1,5	2,9	6,9	5,1
	24+	0,7	2,8	2,2	1,8	11	8,5
	Total	**3,6**	**4,2**	**3,7**	**1,8**	**17,9**	**6,1**
3_CPU	10_22	0,4	1,2	0,1	0,3	0,9	1,5
	24+	5,7	13,4	0	0	10,3	4,8
	Total	**6,1**	**13,4**	**0,1**	**0,3**	**11,2**	**6,2**
3_ECF	10_22	1,1	0,2	1,7	2,1	4,2	1,1
	24+	0,3	1,1	0,3	1,3	14	13,3
	Total	**1,4**	**1**	**2,1**	**2,4**	**18,2**	**13,1**
3_TEM	10_22	2	3,3	1	1,2	5,6	2,6
	24+	6,1	8,6	2,2	6,2	16,4	16,9
	Total	**8,1**	**6,5**	**3,1**	**7,3**	**22,1**	**19,4**
4_CPU	10_22	0,1	0,3	0,2	0,9	0,6	1,7
	24+	0	0	1,3	5,4	15,7	9,7
	Total	**0,1**	**0,3**	**1,6**	**5,1**	**16,2**	**10,7**
4_ECFm	10_22	0,4	0,5	0	0	0,7	1,3
	24+	2	8,2	1,1	4,5	19,1	9
	Total	**2,4**	**7,7**	**1,1**	**4,5**	**19,8**	**9,4**
4_TEM	10_22	2,3	1,9	1,8	1,9	4,1	0,8
	24+	6,9	20,7	2,6	3,7	14,5	19,4
	Total	**9,2**	**19,6**	**4,4**	**4,5**	**18,7**	**18,7**
5_CPU	10_22	0,1	0,3	0	0	1,4	1
	24+	1,7	4,7	4,4	12,4	8,9	0
	Total	**1,8**	**4,4**	**4,4**	**12,4**	**10,3**	**1,1**
5_ECFm	10_22	0,7	1,5	0,2	0,5	1,4	0,9
	24+	1,5	5,9	1	2,6	17,3	9,5
	Total	**2,2**	**7,1**	**1,2**	**3**	**18,7**	**10,3**
5_TEM	10_22	1	1	0,2	0,7	4,8	3,1
	24+	4,5	8,4	5,4	6,9	26,5	20,9
	Total	**5,5**	**8,4**	**5,6**	**6,8**	**31,2**	**19,4**

Tableau b. Densité moyenne par unité expérimentale, classe de diamètre et classe de qualité MSCR

		M		S		C + R	
UE	Classe de DHP	Densité (ti/ha)	2sd	Densité (ti/ha)	2sd	Densité (ti/ha)	2sd
1_CPU	10_22	6	25	6	25	100	71
	24+	0	0	13	50	131	48
	Total	**6**	**25**	**19**	**48**	**231**	**111**
1_ECF	10_22	50	82	6	25	406	229
	24+	6	25	0	0	150	71
	Total	**56**	**63**	**6**	**25**	**556**	**229**
1_TEM	10_22	31	63	0	0	344	189
	24+	19	48	19	48	200	168
	Total	**50**	**91**	**19**	**48**	**544**	**125**
2_CPU	10_22	6	25	0	0	25	41
	24+	19	48	19	48	100	129
	Total	**25**	**41**	**19**	**48**	**125**	**158**
2_ECF	10_22	25	71	38	65	206	155
	24+	6	25	0	0	125	58
	Total	**25**	**71**	**38**	**65**	**331**	**111**
2_TEM	10_22	156	103	81	131	469	304
	24+	6	25	25	0	119	103
	Total	**13**	**29**	**106**	**131**	**588**	**236**
3_CPU	10_22	25	71	6	25	56	75
	24+	38	87	0	0	106	75
	Total	**13**	**35**	**6**	**25**	**163**	**132**
3_ECF	10_22	69	48	88	104	306	149
	24+	6	25	6	25	113	87
	Total	**75**	**58**	**94**	**111**	**419**	**165**
3_TEM	10_22	100	168	50	41	375	173
	24+	69	75	19	48	131	48
	Total	**169**	**118**	**69**	**85**	**506**	**184**
4_CPU	10_22	13	29	6	25	56	165
	24+	0	0	6	25	106	85
	Total	**13**	**29**	**13**	**29**	**163**	**233**
4_ECFm	10_22	44	63	0	0	56	95
	24+	13	50	6	25	106	48
	Total	**56**	**25**	**6**	**25**	**163**	**132**
4_TEM	10_22	119	85	113	87	331	63
	24+	44	111	25	41	88	132
	Total	**163**	**96**	**138**	**119**	**419**	**75**
5_CPU	10_22	13	35	0	0	138	35
	24+	13	35	25	71	63	35
	Total	**25**	**0**	**25**	**71**	**200**	**0**
5_ECFm	10_22	81	165	19	48	94	48
	24+	6	25	13	29	138	29
	Total	**88**	**185**	**31**	**63**	**231**	**75**
5_TEM	10_22	75	41	19	48	425	158
	24+	25	41	50	71	200	129
	Total	**100**	**41**	**69**	**63**	**625**	**158**

Tableau c. Densité moyenne par traitement, classe de diamètre et classe de qualité MSCR

		M		S		C + R		Total	
Traitements	Classe de DHP	Densité (ti/ha)	2sd	Densité (ti/ha)	2sd	Densité (ti/ha)	2sd	Densité (ti/ha)	2sd
CPU	10_22	13	15	4	7	75	88	91	88
	24+	14	31	13	20	101	50	128	40
ECF	10_22	48	44	44	82	306	200	398	224
	24+	6	0	2	7	129	38	138	33
ECFm	10_22	63	53	9	27	75	53	147	133
	24+	9	9	9	9	122	44	141	44
TEM	10_22	96	94	53	91	389	115	538	237
	24+	33	49	28	26	148	101	208	107

Tableau d. Surface terrière moyenne par traitement, classe de diamètre et classe de qualité MSCR

		M		S		C + R		Total	
Traitements	Classe de DHP	G (m²/ha)	2sd	G (m²/ha)	2sd	G (m²/ha)	2sd	G (m²/ha)	2sd
CPU	10_22	0,1	0,3	0,1	0,2	1,1	0,9	1,3	0,8
	24+	1,9	4,7	1,9	3,3	12,5	5,7	16,3	2,0
ECF	10_22	0,7	0,8	0,8	1,7	4,5	3,5	6,0	3,8
	24+	0,7	0,7	0,1	0,4	16,0	4,8	16,8	5,2
ECFm	10_22	0,5	0,4	0,1	0,3	1,0	1,0	1,6	1,7
	24+	1,8	0,8	1,1	0,2	18,2	2,6	21,0	3,6
TEM	10_22	1,7	2,0	0,9	1,6	5,5	2,2	8,2	4,1
	24+	4,0	5,3	2,8	2,9	17,3	11,5	24,1	16,1

Tableau e. Pourcentage de surface terrière initial, résiduel prévu et résiduel, par classe de qualité, classe de diamètre et unité expérimentale

		% M			% S			% CR		
UE	Classe de DHP	Initial	Résiduel prévu	Résiduel	Initial	Résiduel prévu	Résiduel	Initial	Résiduel prévu	Résiduel
1_CPU	Total 10_22	15%	0%	2%	10%	0%	3%	75%	100%	95%
	Total 24+	0%	0%	0%	7%	0%	8%	93%	100%	92%
	Total	**5%**	**0%**	**0%**	**7%**	**0%**	**7%**	**89%**	**100%**	**93%**
1_ECF	Total 10_22	15%	14%	10%	10%	12%	1%	75%	74%	89%
	Total 24+	3%	5%	4%	10%	3%	0%	87%	92%	96%
	Total	**7%**	**8%**	**6%**	**9%**	**4%**	0%	**84%**	**88%**	94%
2_CPU	Total 10_22	26%	0%	7%	11%	0%	0%	64%	100%	93%
	Total 24+	24%	7%	12%	3%	0%	14%	73%	93%	75%
	Total	**24%**	**7%**	11%	**5%**	**0%**	13%	**70%**	**93%**	76%
2_ECF	Total 10_22	12%	8%	8%	18%	8%	15%	70%	84%	77%
	Total 24+	12%	2%	5%	11%	4%	0%	77%	94%	95%
	Total	**12%**	**3%**	5%	**13%**	**5%**	2%	**75%**	**93%**	92%
3_CPU	Total 10_22	21%	0%	28%	10%	0%	7%	69%	100%	65%
	Total 24+	19%	21%	36%	12%	0%	0%	68%	79%	64%
	Total	**20%**	**19%**	35%	**11%**	**0%**	1%	**69%**	**81%**	65%
3_ECF	Total 10_22	20%	10%	15%	19%	20%	25%	61%	71%	60%
	Total 24+	12%	2%	2%	11%	7%	2%	77%	91%	96%
	Total	**16%**	**5%**	6%	**14%**	**13%**	10%	**70%**	**82%**	84%
4_CPU	Total 10_22	18%	0%	13%	27%	100%	24%	55%	0%	63%
	Total 24+	14%	0%	0%	4%	3%	8%	82%	97%	92%
	Total	**14%**	**0%**	1%	**10%**	**5%**	9%	**77%**	**95%**	91%
4_ECFm	Total 10_22	29%	27%	37%	12%	13%	0%	59%	60%	63%
	Total 24+	8%	0%	9%	8%	7%	5%	84%	93%	86%
	Total	**12%**	**0%**	10%	**8%**	**7%**	5%	**80%**	**93%**	85%
5_CPU	Total 10_22	7%	0%	7%	12%	0%	0%	81%	100%	93%
	Total 24+	20%	0%	11%	18%	21%	29%	62%	79%	60%
	Total	**14%**	**0%**	11%	**17%**	**21%**	27%	**69%**	**79%**	63%
5__ECFm	Total 10_22	7%	0%	31%	2%	0%	8%	91%	100%	61%
	Total 24+	21%	5%	7%	21%	24%	5%	58%	71%	88%
	Total	**19%**	**5%**	10%	**17%**	**23%**	5%	**64%**	**72%**	85%

Tableau f. Pourcentage de surface terrière initial, résiduel prévu et résiduel, par traitement, classe de diamètre et classe de qualité MSCR

		% M			% S			% CR		
Traitements	Classe de DHP	Initial	Résiduel prévu	Résiduel	Initial	Résiduel prévu	Résiduel	Initial	Résiduel prévu	Résiduel
CPU	Total 10_22	14 %	0 %	14 %	14 %	13 %	4 %	72 %	88 %	82 %
	Total 24+	12 %	6 %	11 %	13 %	7 %	10 %	75 %	87 %	79 %
	Total	***14 %***	***5 %***	***12 %***	***14 %***	***8 %***	***7 %***	***73 %***	***87 %***	***81 %***
ECF	Total 10_22	17 %	12 %	12 %	13 %	10 %	11 %	70 %	78 %	77 %
	Total 24+	10 %	4 %	5 %	16 %	8 %	2 %	74 %	88 %	94 %
	Total	***15 %***	***10 %***	***10 %***	***14 %***	***10 %***	***9 %***	***71 %***	***81 %***	***81 %***
ECFm	Total 10_22	20 %	19 %	43 %	7 %	7 %	6 %	73 %	74 %	51 %
	Total 24+	15 %	13 %	7 %	16 %	9 %	7 %	69 %	79 %	87 %
	Total	***19 %***	***16 %***	***25 %***	***9 %***	***9 %***	***7 %***	***72 %***	***75 %***	***68 %***

Tableau g. Surface terrière moyenne des gaules par unité expérimentale et groupe d'essence

	Groupement d'essences											
	FI		FNC		FPT		FT		PINS		R	
UE	**G (m²/ha)**	***2sd***	**G (m²/ha)**	***2sd***	**G (m²/ha)**	***2sd***	**G (m²/ha)**	***2sd***	**G (m²/ha)**	***2sd***	**G (m²/ha)**	***2sd***
1_CPU	0,1	*0,1*	0,0	*0,1*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,1	*0,5*	1,9	*2,5*
1_ECF	0,3	*0,3*	0,1	*0,4*	0,0	*0,1*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	4,5	*3,2*
1_TEM	0,5	*0,7*	0,4	*0,9*	0,1	*0,3*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	2,6	*2,5*
2_CPU	0,1	*0,3*	0,2	*0,3*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,5	*0,6*
2_ECF	0,4	*1,0*	0,2	*0,6*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	1,9	*2,6*
2_TEM	0,3	*0,9*	0,9	*2,1*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	2,8	*1,4*
3_CPU	0,0	*0,0*	0,1	*0,1*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,7	*1,5*
3_ECF	0,4	*0,9*	0,5	*0,8*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	2,9	*3,6*
3_TEM	0,4	*1,0*	0,3	*0,3*	0,0	*0,0*	0,0	*0,1*	0,0	*0,0*	4,3	*1,3*
4_CPU	1,2	*2,9*	0,0	*0,1*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,9	*1,9*
4_ECFm	0,6	*1,8*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	1,5	*1,2*
4_TEM	1,4	*1,7*	0,2	*0,2*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	2,3	*3,6*
5_CPU	0,6	*1,8*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	3,0	*1,7*
5_ECFm	0,3	*0,8*	0,0	*0,0*	0,1	*0,3*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	1,2	*2,5*
5_TEM	0,6	*0,8*	0,0	*0,1*	0,0	*0,2*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	6,2	*4,8*

Tableau h. Surface terrière moyenne des gaules par traitement et groupe d'essence

	Groupement d'essences											
	FI		FNC		FPT		FT		PINS		R	
Traitements	G	*2sd*	G	2sd	G	*2sd*	G	*2sd*	G	*2sd*	G	*2sd*
CPU	0,4	*1,0*	0,1	0,1	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,1*	1,4	*2,1*
ECF	0,3	*0,1*	0,3	0,4	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	3,1	*2,6*
ECFm	0,5	*0,3*	0,0	0,0	0,0	*0,1*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	1,3	*0,5*
TEM	0,6	*0,9*	0,4	0,6	0,0	*0,1*	0,0	*0,0*	0,0	*0,0*	3,6	*3,2*

Tableau i. Densité des semis par essence et unité expérimentale

	Unité expérimentale																	
	1_CPU		1_ECF		1_TEM		2_CPU		2_ECF		2_TEM		3_CPU		3_ECF		3_TEM	
Essences	**Densité (ti/ha)**	**2sd**	**Densité (ti/ha)**	**2sd**	**Densité (ti/ha)**	**2sd**	**Densité (ti/ha)**	**2sd**	**Densité (ti/ha)**	**2sd**	**Densité (ti/ha)**	**2sd**	**Densité (ti/ha)**	**2sd**	**Densité (ti/ha)**	**2sd**	**Densité (ti/ha)**	**2sd**
AME	125	499	249	576	374	955	125	499	125	499	2368	8821	623	1888	0	0	249	997
BOJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	499	0	0
BOP	1994	7977	0	0	499	1994	872	3490	0	0	0	0	7728	19292	125	499	0	0
CHR	0	0	125	499	748	997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COC	0	0	499	1994	125	499	15705	32612	7603	16513	2617	2622	6606	8397	10345	16513	3864	8970
COR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DIE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EPB	249	997	125	499	0	0	997	3357	0	0	0	0	0	0	249	576	1122	4487
EPN	374	1496	872	2864	5734	12361	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EPR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	249	997	0	0	0	0	0	0
ERE	249	997	249	997	0	0	13835	10406	8725	10600	9223	21363	21064	24592	12340	27578	11342	8318
ERP	0	0	0	0	0	0	125	499	0	0	623	1496	1246	4986	0	0	0	0
ERR	6357	13036	1870	5663	4487	7236	1496	2700	1745	2638	623	1888	3739	5052	3989	14655	872	2211
ERS	0	0	0	0	0	0	623	1888	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	499
LON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NEM	3615	8821	623	1888	0	0	374	1496	249	997	748	2991	1371	3394	125	499	748	1287
PET	0	0	0	0	0	0	5235	11586	1122	3295	0	0	1371	4842	2617	3490	125	499
PIB	0	0	125	499	997	2700	0	0	0	0	0	0	125	499	0	0	0	0
PRP	125	499	0	0	0	0	623	1496	125	499	0	0	0	0	0	0	0	0
SAB	1994	2575	2119	2056	3490	6462	1122	2056	1371	2356	4113	6830	623	1255	1745	2374	3116	3764
SAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOA	0	0	0	0	0	0	125	499	0	0	249	997	249	576	125	499	0	0
TAC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	249	997	0	0	0	0	0	0
THO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	499	1994
VIC	1246	4986	125	499	1122	2622	4986	3454	3490	8500	1994	5401	3864	9715	1371	4842	2991	4308
VIL	0	0	0	0	249	997	0	0	0	0	0	0	0	0	249	997	0	0

Tableau i. Densité des semis par essence et unité expérimentale (suite)

	Unité expérimentale											
	4_CPU		4_ECFm		4_TEM		5_CPU		5_ECFm		5_TEM	
Essences	Densité (ti/ha)	2sd	Densité (ti/ha)	2sd	Densité (ti/ha)	2sd	Densité (ti/ha)	2sd	Densité (ti/ha)	2sd	Densité (ti/ha)	2sd
AME	249	576	0	0	0	0	0	0	249	997	125	499
BOJ	0	0	125	499	0	0	0	0	0	0	0	0
BOP	0	0	374	955	0	0	249	705	374	1496	0	0
CHR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	499	1994
COC	5734	11528	5734	7745	10470	10266	1496	2820	2368	2864	1870	5663
COR	0	0	0	0	1994	7977	0	0	0	0	0	0
DIE	872	1703	0	0	125	499	0	0	0	0	0	0
EPB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EPN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3365	8592
EPR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ERE	1122	3192	3989	12744	2244	4496	1745	4936	872	2356	0	0
ERP	0	0	125	499	125	499	0	0	249	576	125	499
ERR	5110	9152	6107	12985	872	2056	997	2820	11093	11025	1246	2076
ERS	0	0	0	0	0	0	0	0	125	499	0	0
HEG	0	0	125	499	0	0	0	0	249	576	0	0
LON	0	0	0	0	499	1151	0	0	0	0	0	0
NEM	125	499	374	1496	0	0	0	0	623	2493	0	0
PET	9847	22168	5360	11837	249	997	1246	3525	11716	8323	0	0
PIB	0	0	249	997	125	499	0	0	0	0	0	0
PRP	0	0	499	1151	0	0	0	0	2493	5757	0	0
SAB	1122	955	1371	2056	2244	3307	499	1410	1122	1703	1122	955
SAL	0	0	0	0	0	0	0	0	125	499	0	0
SOA	249	997	872	2211	0	0	0	0	0	0	0	0
TAC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
THO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VIC	872	2056	499	1410	1745	3100	1745	4936	125	499	374	955
VIL	0	0	0	0	125	499	997	2820	0	0	0	0

Tableau j. Coefficient de distribution des semis par essence et unité expérimentale

	Unité expérimentale																	
	1_CPU		1_ECF		1_TEM		2_CPU		2_ECF		2_TEM		3_CPU		3_ECF		3_TEM	
Essences	**CD (%)**	**2sd**	**CD (%)**	**2sd**	**CD (%)**	**2sd**	**CD (%)**	**2sd**	**CD (%)**	**2sd**	**CD (%)**	**2sd**	**CD (%)**	**2sd**	**CD (%)**	**2sd**	**CD (%)**	**2sd**
AME	5 %	20 %	10 %	23 %	10 %	23 %	5 %	20 %	5 %	20 %	25 %	76 %	10 %	23 %	0 %	0 %	5 %	20 %
BOJ	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %
BOP	5 %	20 %	0 %	0 %	5 %	20 %	5 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	15 %	38 %	5 %	20 %	0 %	0 %
CHR	0 %	0 %	5 %	20 %	30 %	40 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
COC	0 %	0 %	5 %	20 %	5 %	20 %	55 %	68 %	45 %	50 %	30 %	23 %	45 %	50 %	45 %	68 %	40 %	57 %
COR	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
DIE	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0%	0 %
EPB	5 %	20 %	5 %	20 %	0 %	0 %	20 %	57 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	10 %	23 %	5 %	20 %
EPN	5 %	20 %	15 %	38 %	45 %	68 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
EPR	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
ERE	5 %	20 %	5 %	20 %	0 %	0 %	60 %	33 %	65 %	38 %	60 %	33 %	60 %	33 %	70 %	52 %	70 %	40 %
ERP	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %	10 %	23 %	5 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %
ERR	25 %	50 %	20 %	46 %	45 %	60 %	25 %	20 %	35 %	60 %	20 %	57 %	35 %	68 %	15 %	38 %	15 %	20 %
ERS	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	10 %	23 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
HEG	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %
LON	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
NEM	10 %	23 %	10 %	23 %	0 %	0 %	5 %	20 %	5 %	20 %	5 %	20 %	15 %	38 %	5 %	20 %	15 %	20 %
PET	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	55 %	89 %	25 %	60 %	0 %	0 %	15%	38 %	45 %	38 %	5 %	20 %
PIB	0 %	0 %	5 %	20 %	30 %	69 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %
PRP	5 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	15 %	38 %	5 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
SAB	40 %	46 %	55 %	38 %	45 %	82 %	30 %	52 %	40 %	46 %	60 %	65 %	15 %	20 %	45 %	20 %	60 %	73 %
SAL	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
SOA	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %	5 %	20 %	10 %	23 %	5 %	20 %	0 %	0 %
TAC	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
THO	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %
VIC	10 %	40 %	5 %	20 %	15 %	38 %	45 %	60 %	25 %	38 %	25 %	38 %	25 %	50 %	15 %	38 %	3 0%	52 %
VIL	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %

Tableau j. Coefficient de distribution des semis par essence et unité expérimentale (suite)

	Unité expérimentale											
	4_CPU		4_ECFm		4_TEM		5_CPU		5_ECFm		5_TEM	
Essences	**CD (%)**	**2sd**	**CD (%)**	**2sd**	**CD (%)**	**2sd**	**CD (%)**	**2sd**	**CD (%)**	**2sd**	**CD (%)**	**2sd**
AME	10 %	23 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	5 %	20 %
BOJ	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0%
BOP	0 %	0 %	15 %	38 %	0 %	0 %	10 %	28 %	5 %	20 %	0 %	0 %
CHR	0 %	0 %	0 %	0%	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %
COC	40 %	33 %	50 %	69 %	65 %	38 %	30 %	28 %	25 %	20 %	20 %	57 %
COR	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
DIE	20 %	33 %	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0%	0 %	0 %
EPB	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0%
EPN	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	10 %	23 %
EPR	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
ERE	20 %	33 %	35 %	60 %	45 %	76 %	10 %	28 %	10 %	23 %	0 %	0 %
ERP	0 %	0 %	5 %	20 %	5 %	20 %	0 %	0 %	10 %	23 %	5 %	20 %
ERR	40 %	73 %	35 %	50 %	15 %	38 %	10 %	28 %	50 %	23 %	20 %	33 %
ERS	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %
HEG	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	10 %	23 %	0 %	0 %
LON	0 %	0 %	0 %	0 %	15 %	38 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
NEM	5 %	20 %	5 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %
PET	55 %	82 %	40 %	73 %	5 %	20 %	10%	28 %	95 %	20 %	0 %	0 %
PIB	0 %	0 %	10 %	40 %	5 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
PRP	0 %	0 %	10 %	23 %	0 %	0 %	0 %	0 %	15 %	38 %	0 %	0 %
SAB	40 %	33 %	45 %	60 %	40 %	33 %	20 %	57 %	20 %	33 %	30 %	23 %
SAL	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	0 %	0 %
SOA	5 %	20 %	20 %	33 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
TAC	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
THO	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
VIC	10 %	23%	15 %	38 %	20 %	33 %	10 %	28 %	5 %	20 %	10 %	23 %
VIL	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	20 %	20 %	57 %	0 %	0 %	0 %	0 %