PROGRAMME DE MISE EN VALEUR DES RESSOURCES DU MILIEU FORESTIER – VOLET 1- 2008-2009

Rapport final

Essais comparatifs de traitements sylvicoles lorsque le jardinage ne s'applique pas (Lanaudière-peuplements mixtes et feuillus) Phase 2 - Suivi de la régénération

Présenté au :

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec
Jean-François Béland, ing.f.

Et

Simon Lussier Ltée
Éric Caya, ing.f.

Par :

CERFO
Centre Collégial de Transfert de Technologie en foresterie
Donald Blouin, ing.f., M.Sc.
Philippe Bournival, ing.f., M.Sc.
Guy Lessard, ing.f., M.Sc.

Juillet 2009

© CERFO 2009-20

TABLE DES MATIÈRES

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

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

RÉSUMÉ ..... **III**

INTRODUCTION **1**

1. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES **2**

1.1. OBJECTIFS DU PROJET 2
1.2. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE 2

2. MISE EN CONTEXTE **4**

2.1. LE RÉGIME DE LA FUTAIE IRRÉGULIÈRE ET LA COUPE PROGRESSIVE IRRÉGULIÈRE 4
2.2. TROIS VARIANTES DE LA COUPE PROGRESSIVE IRRÉGULIÈRE 5
2.2.1. *Coupe progressive irrégulière avec régénération en plein* *5*
2.2.2. *Coupe progressive irrégulière par trouées* *6*
2.2.3. *Coupe progressive irrégulière par lisières* *7*

3. MÉTHODOLOGIE **9**

3.1. RÉGION À L'ÉTUDE 9
3.2. CHOIX DES SECTEURS 9
3.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL 11
3.4. INVENTAIRE RÉALISÉ 14
3.5. ANALYSES STATITIQUES 14

4. RÉSULTATS **15**

4.1. RECOUVREMENT DE LA CANOPÉE APRÈS TRAITEMENT 15
4.2. RÉGÉNÉRATION DE TOUTES LES ESSENCES 16
4.3. RÉGÉNÉRATION DANS LES SENTIERS DE DÉBARDAGES 18
4.4. RÉGÉNÉRATION DU BOULEAU JAUNE 20
4.5. RÉGÉNÉRATION DE L'ÉRABLE À SUCRE 25

5. DISCUSSION **28**

5.1. EFFET DES TRAITEMENTS SUR LE RECOUVREMENT DE LA CANOPÉE APRÈS TRAITEMENT 28
5.2. EFFET DES SENTIERS DE DÉBARDAGE SUR LA RÉGÉNÉRATION 28
5.3. EFFET DU TRAITEMENT ET DU SCARIFIAGE SUR LA RÉGÉNÉRATION DES AUTRES ESSENCES 29
5.4. EFFET DU TRAITEMENT ET DU SCARIFIAGE SUR LA RÉGÉNÉRATION DU BOULEAU JAUNE ET DE L'ÉRABLE À SUCRE 30

6. RECOMMANDATIONS **33**

CONCLUSION **34**

RÉFÉRENCES **35**

ANNEXE 1 ..... **37**

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Schémas traditionnels de la coupe progressive irrégulière....6
Figure 2. Schéma d'une coupe progressive irrégulière par trouées....7
Figure 3. Domaines bioclimatiques et localisation des deux secteurs du dispositif de coupe progressive irrégulière....10
Figure 4. Plan du dispositif - localisation et répartition des traitements dans le secteur Chantier....11
Figure 5. Plan du dispositif - localisation et répartition des traitements dans le secteur Cousineau....12
Figure 6. Coefficient de distribution moyen et intervalle de confiance du bouleau jaune en fonction des traitements et de la préparation de terrain....21
Figure 7. Densité moyenne et intervalle de confiance du bouleau jaune en fonction des traitements et de la préparation de terrain....23
Figure 8. Coefficient de distribution moyen et intervalle de confiance de l'érable à sucre en fonction des traitements et de la préparation de terrain....26
Figure 9. Densité moyenne et intervalle de confiance de l'érable à sucre en fonction des traitements et de la préparation de terrain....27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Données climatiques moyennes de la sous-région écologique 4c-T....9
Tableau 2. Pourcentage de recouvrement de la canopée en fonction des traitements....15
Tableau 3. Coefficient de distribution moyen par espèce et par traitement....17
Tableau 4. Densité moyenne par espèce et par traitement....18
Tableau 5. Coefficient de distribution moyen par essence et par traitement dans les sentiers de débardage....19
Tableau 6. Densité moyenne par traitement dans les sentiers de débardage....20
Tableau 7. Caractéristiques et probabilités associées au modèle de coefficient de distribution moyen du bouleau jaune....20
Tableau 8. Différence entre les traitements en fonction de la préparation de terrain pour le coefficient de distribution moyen du bouleau jaune....22
Tableau 9. Différence entre les préparations de terrain pour chacun des traitements sur le coefficient de distribution moyen du bouleau jaune....22
Tableau 10. Caractéristiques et probabilités associées au modèle de densité moyenne de bouleau jaune....23
Tableau 11. Différence entre les traitements en fonction de la préparation de terrain pour la densité moyenne du bouleau jaune....24
Tableau 12. Différence entre les préparations de terrain pour chacun des traitements sur la densité moyenne du bouleau jaune....24
Tableau 13. Caractéristiques et probabilités associées au modèle de coefficient de distribution moyen de l'érable à sucre....25
Tableau 14. Caractéristiques et probabilités associées au modèle de coefficient de densité moyenne de l'érable à sucre....26
Tableau 15. Coefficient de distribution moyen par traitement et par essence en fonction des classes de dimension....37
Tableau 16. Densité moyenne par traitement et par essence en fonction des classes de dimension....39

RÉSUMÉ

Un dispositif en blocs complets aléatoires en tiroirs a été élaboré en 2005 par le CERFO et la compagnie Simon Lussier Ltée pour trouver des solutions qui favoriseront l'implantation du bouleau jaune dans les forêts de Lanaudière. Le dispositif est situé dans des peuplements mixtes et feuillus du domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune (4c). Il comporte 4 blocs expérimentaux de 4 unités expérimentales chacune. Dans chaque bloc, il y a un témoin, un traitement de jardinage par trouées, un traitement de coupe progressive irrégulière en lisières et un traitement de coupe progressive irrégulière en plein. Chaque unité expérimentale ayant fait l'objet d'une coupe a été subdivisée en deux où une moitié a été scarifiée et l'autre moitié ne l'a pas été. L'évaluation des effets des traitements et du scarifiage sur le coefficient de distribution et la densité de la régénération a été basée sur un inventaire de régénération réalisé selon un plan de sondage aléatoire.

Les résultats de cette étude ont démontré que la distribution du bouleau jaune a été favorisée par le traitement de coupe progressive irrégulière en lisières avec scarifiage et, dans une moindre mesure, par la coupe de jardinage par trouées avec scarifiage. Le scarifiage a contribué à augmenter le coefficient de distribution en bouleau jaune, mais il a également favorisé le développement des espèces intolérantes comme le framboisier et le cerisier de Pennsylvanie. Cependant, ce constat ne s'applique pas à la coupe progressive irrégulière en plein ou aucune différence significative entre les unités expérimentales scarifiées et non scarifiées n'a été observée. La difficulté technique à réaliser le scarifiage dans ce type de coupe en a probablement compromis sa qualité. De son côté, l'érable à sucre n'a pas été favorisé par l'une ou l'autre des combinaisons de traitements étudiées et il semble que sa présence sur le territoire est garantie peu importe l'intervention effectuée.

Les résultats obtenus avec le procédé de coupe progressive irrégulière en lisières avec scarifiage et la coupe de jardinage par trouées avec scarifiage sont très satisfaisants et ont permis d'atteindre les objectifs initialement fixés par le projet qui étaient d'avoir une distribution de bouleau jaune se situant entre 50 et 100 %. Sans scarifiage, aucun des autres traitements n'a permis d'atteindre cet objectif. Les suivis après 5 et 7 ans permettront de suivre l'évolution du bouleau jaune et de déterminer les besoins de dégagements de l'un ou l'autre des traitements. À la lumière des présents résultats, on peut anticiper qu'une éclaircie précommerciale hâtive sera nécessaire pour assurer le maintien d'une proportion importante de bouleau jaune dans la cohorte en régénération.

INTRODUCTION

Pendant de nombreuses années, les forêts feuillues de Lanaudière ont fait l'objet de récoltes partielles privilégiant le prélèvement des arbres matures les plus intéressants au niveau du type d'essence recherché et de la qualité du bois. Le résultat de telles pratiques est la présence sur une proportion importante des forêts feuillues de Lanaudière, d'une forêt dont la composition et la structure en essences prioritaires à aménager sont souvent déficientes (faible présence voire absence des essences désirées, faible qualité, etc.). De plus, dans la région d'étude comme dans d'autres régions feuillues du Québec, la régénération des espèces les plus recherchées comme le bouleau jaune s'avère difficile, car les méthodes de régénération habituellement utilisées dans les forêts feuillues et les normes qui les accompagnent tendent à favoriser des essences comme l'érable à sucre et le hêtre, en créant des conditions où l'ombre domine. Ainsi, la possibilité forestière en bois d'œuvre recherchée devient de plus en plus compromise.

Au Québec, plusieurs possibilités s'offrent aux sylviculteurs pour régénérer une telle forêt. Historiquement, différentes méthodes ont été étudiées : il y a eu d'abord les coupes à diamètre limite, les coupes par bande, la coupe progressive, et récemment la coupe par parquet inspirée de résultats américains et des aménagements par blocs équiennes européens. Chacune des méthodes présente des caractéristiques différentes, des modalités propres, des avantages ainsi que des désavantages. Il devient donc très intéressant et pertinent de tester certaines d'entre elles sur le territoire propre de Lanaudière, de manière à identifier quelles seraient celles qui favoriseraient la régénération et la croissance des espèces recherchées.

Notons que certaines des méthodes proposées dans le cadre de ce projet cherchent à s'inspirer des perturbations naturelles. Or, la recherche de stratégies sylvicoles basées sur le concept d'aménagement écosystémique en vue d'une foresterie durable est également l'une des priorités de la région Lanaudière et fait partie des recommandations de la Commission Coulombe.

1. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

1.1. OBJECTIFS DU PROJET

Dans ce contexte, le présent projet a pour objectif principal d'identifier les procédés de récolte qui permettent la réintroduction du bouleau jaune.

Dans le cadre de l'installation d'un dispositif expérimental, les objectifs secondaires sont de comparer les différents procédés de récolte au niveau dendrométrique dont les résultats (effets) mesurables attendus à moyen terme sont :

1) Augmenter entre 50 et 100 % la distribution de la régénération des essences recherchées, notamment le bouleau jaune. Actuellement, ce taux se situe entre 0 et 40 %.
2) Augmenter la quantité de bois d'essences désirées prélevée à environ 4 à 6 m^3/ha. Actuellement, la quantité prélevée est de 2 à 3 m^3/ha.

De plus, ce projet vise à créer un site de démonstration pour la réalisation pratique de ces nouveaux traitements novateurs, ce qui permettra d'apporter des solutions à d'autres industriels de la région ou même d'autres régions touchées par la même problématique, puisque cette préoccupation est d'envergure provinciale.

1.2. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Fermeture de la canopée :

1) La coupe progressive irrégulière en plein présente une fermeture de la canopée plus importante que les autres types de coupe.

Espèces intolérantes :

2) Les sentiers de débardage stimulent la prolifération des espèces intolérantes.
3) La coupe progressive irrégulière en lisières favorise le développement des espèces intolérantes.

Bouleau jaune :

4) La coupe progressive irrégulière en lisières favorise le développement du bouleau jaune.
5) La préparation de terrain contribue à augmenter le coefficient de distribution et la densité du bouleau jaune.

Érable à sucre :

6) La préparation de terrain diminue le coefficient de distribution et la densité de l'érable à sucre.

2. MISE EN CONTEXTE

Un bilan sommaire des connaissances concernant les régimes sylvicoles à l'étude a été réalisé afin de guider le choix des traitements et des modalités.

2.1. LE RÉGIME DE LA FUTAIE IRRÉGULIÈRE ET LA COUPE PROGRESSIVE IRRÉGULIÈRE

Le régime de la futaie irrégulière se situe entre le régime de la futaie régulière et le régime de la futaie jardinée. Dans ce régime, la régénération s'effectue sur une durée supérieure au cinquième de la révolution (Matthews, 1989; Smith, 1986; Van der Kelen et Lessard, 2004) et certains auteurs proposent que cette période s'étende jusqu'à la moitié de la révolution (OMNR, 1998b; Van der Kelen et Lessard, 2004). Ce régime ne cherche pas à maintenir un couvert permanent comprenant toutes les classes de diamètre, ce qui implique que l'on ne vise pas l'obtention d'un rendement soutenu à l'hectare. Dans ce cas, le rendement soutenu s'obtiendra plutôt en considérant l'ensemble des strates d'un secteur ou d'un territoire donné.

La coupe progressive irrégulière se caractérise par une façon de procéder non homogène, qui convient particulièrement bien aux peuplements mélangés. Comme le jardinage, il faut régénérer, éduquer et récolter, mais les régimes irréguliers « se distinguent (…) par le fait qu'on n'y recherche pas l'uniformisation du peuplement en vue d'atteindre une norme » (Soulères, 1990 dans Bélanger *et al.*, 1998). Ces régimes utilisent des coupes partielles plus ou moins importantes qui permettent de maintenir plusieurs étages correspondant à des classes d'âge différentes. Il s'agit de régimes flexibles qui s'adaptent aux différentes situations rencontrées sur le terrain et qui conséquemment, nécessitent une prescription particulière.

La coupe progressive irrégulière

L'objectif de ce traitement est de constituer plusieurs cohortes se superposant ou se juxtaposant en créant des conditions adéquates pour favoriser la régénération des essences désirées d'une manière non homogène (Otto, 1998). L'intervention demeure souple et s'adapte aux conditions rencontrées : groupes d'arbres plus jeunes à éduquer, présence de taches de régénération, essences longévives et à haut potentiel économique à favoriser, et récolte des tiges matures.

Le type de peuplement se prêtant bien à cette intervention possède :

- Une structure irrégulière
- Des espèces à autécologie différente
- Des espèces à longévités variées
- Un potentiel forestier minimum
- Une régénération difficile

2.2. TROIS VARIANTES DE LA COUPE PROGRESSIVE IRRÉGULIÈRE

Trois grandes approches sont actuellement documentées, reliées particulièrement à leur patron, soit :

- La coupe progressive irrégulière uniforme
- La coupe progressive irrégulière par trouées
- La coupe progressive irrégulière par lisières

2.2.1. Coupe progressive irrégulière avec régénération en plein

Pour cette première forme de coupe progressive irrégulière, l'objectif est de constituer plusieurs cohortes **se superposant.**

Dans les peuplements mixtes, Bélanger *et al.,* (1998) proposent notamment de maintenir une proportion de grands arbres après la coupe finale, ce qui conduit à un peuplement à deux étages où sont maintenues des sources de semences jusqu'à la révolution suivante. Ce régime reproduit les mêmes conditions que celles qui prévalent dans les peuplements forestiers subissant des vagues de mortalité partielle consécutives à des périodes d'épidémies d'insectes (ex. : TBE) qui permettent le développement de nouvelles cohortes, créant ainsi des peuplements étagés comportant des âges multiples.

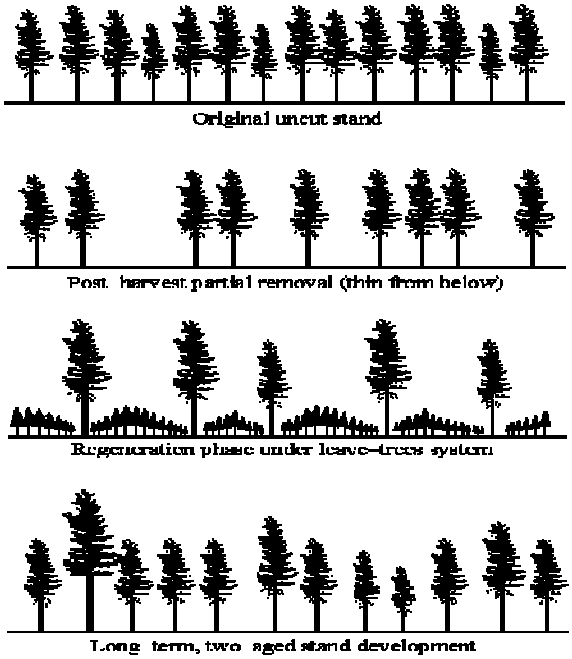

Figure 1. Schémas traditionnels de la coupe progressive irrégulière

Source : Guide sylvicole de Colombie-Britannique

2.2.2. Coupe progressive irrégulière par trouées

Pour cette seconde forme de coupe progressive irrégulière, l'objectif est de constituer plusieurs cohortes se **juxtaposant horizontalement.** Elle serait particulièrement appropriée quand le peuplement naturel présente certains éléments de structure comme des agglomérations ou des regroupements de tiges formant des îlots distincts. L'intervention permet de mettre en valeur, malgré la variabilité des conditions rencontrées, des groupes d'arbres de différents âges, des espèces à autécologie distincte, etc. En plus des travaux d'éducation comme l'éclaircie commerciale et de procédés de coupe progressive, la technique des trouées est utilisée dans le but de :

- Libérer les taches de régénération en place;
- Permettre une récolte;
- Créer de nouvelles taches de régénération en essence désirée tout en minimisant la compétition par le contrôle des conditions optimales de lumière et de microclimat.

Le diamètre des trouées ne devrait pas dépasser 2 longueurs d'arbres (2H) à moins d'être de forme étroite dont le diamètre ne dépasse pas 1 longueur et demie d'arbre. Le maintien d'un couvert partiel permet de contrôler l'envahissement par la compétition, tel que démontré par de récents projets de recherche (Guillemette et al., 2003ab).

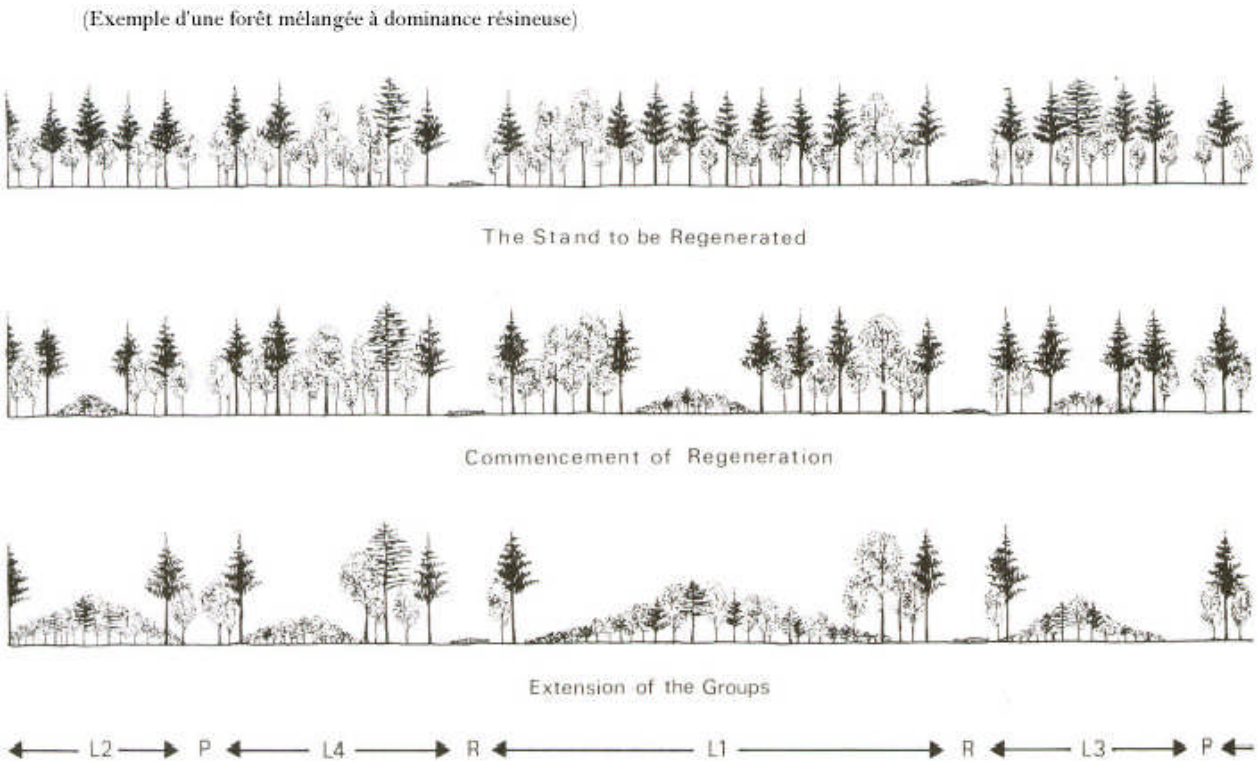

Figure 2. Schéma d'une coupe progressive irrégulière par trouées
Source : Matthews, 1989

2.2.3. Coupe progressive irrégulière par lisières

Cette troisième forme de coupe progressive irrégulière correspond au même objectif que la coupe progressive par trouées, soit de constituer des cohortes qui se **juxtaposent horizontalement**. Au lieu de créer des ouvertures discontinues dans le couvert entre les sentiers de débardage, des bandes parallèles sont installées. Cette façon de procéder confère des avantages opérationnels en regroupant les déplacements de la machinerie. La préparation des lits de germination est également plus aisée.

Bien entendu, la localisation des bandes parallèles est systématique, tout comme la largeur. L'orientation peut être fonction des vents dominants pour favoriser l'ensemencement naturel ou pour gérer l'ensoleillement durant la journée (Marquis, 1965). Comme désavantage, on retrouve principalement l'impossibilité de modeler le martelage aux diverses composantes de peuplement; le prélèvement ne peut être ainsi optimisé. Certains sacrifices sont ainsi incontournables.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1. RÉGION À L'ÉTUDE

Le territoire d'étude est situé dans la région de Lanaudière au Nord de Montréal, dans l'aire commune 062-02. Il est localisé dans le sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est (figure 1), et plus spécifiquement dans la sous-région écologique 4c-T (Colline de la rivière Vermillon). Le climat que l'on retrouve dans les deux secteurs à l'étude est caractérisé par une saison de croissance de longueur moyenne (de 160 à 170 jours) avec des degrés-jours de croissance compris entre 2 200 et 2 400 °C (tableau 1). Les sites mésiques sont principalement représentés par la végétation potentielle de la bétulaie jaune à sapin, ainsi que de l'érablière à bouleau jaune sur les sommets bien drainés. Les sites hydriques sont occupés par la végétation de la sapinière à épinette noire et l'aulne rugueux.

Dans le cas du relief, on observe une légère différence entre les deux unités de paysage où se retrouvent les secteurs d'étude. Ainsi, l'unité de paysage 49 où est situé le secteur Chantier est caractérisée par une altitude moyenne plus élevée que l'unité 50 du secteur Cousineau (520 m versus 463 m). De plus, le relief est modérément accidenté et formé de collines aux versants en pente modérée dans le cas de l'unité de paysage 49, alors qu'on parle de collines d'amplitude altitudinale modestes aux versants en pente faible pour l'unité 50.

Tableau 1. Données climatiques moyennes de la sous-région écologique 4c-T

Sous région écologique	No	Température annuelle moyenne (°C)	Degrés-jours de croissance (°C)	Longueur de la saison de croissance (jours)	Précipitations annuelles moyennes (mm)
Collines de la rivière Vermillon	4c	2,5 à 5,0	de 2 200 à 2 400	160 à 170	de 900 à 1 100

3.2. CHOIX DES SECTEURS

La localisation du dispositif a été réalisée à partir des inventaires d'intervention disponibles et de plusieurs visites sur le terrain. Les peuplements recherchés devaient être feuillus, de structure irrégulière avec un capital forestier en croissance entre 7 et 9 m^2/ha, sur une station permettant la production de bouleau jaune de haute qualité. Il importait également de s'assurer d'une certaine homogénéité des caractéristiques écologiques du site, de la structure et de la composition du peuplement, certaines variables pouvant cependant être contrôlées par le blocage du dispositif.

Quatre secteurs homogènes (trois au Cousineau, un au Chantier), représentant un gradient de la présence du bouleau jaune ont été retenus, soit deux érablières à bouleau jaune (entre 25 et 50 % de BOJ), une bétulaie jaune feuillue (plus de 50 % BOJ) et une bétulaie jaune avec 20 à 45 % de résineux.

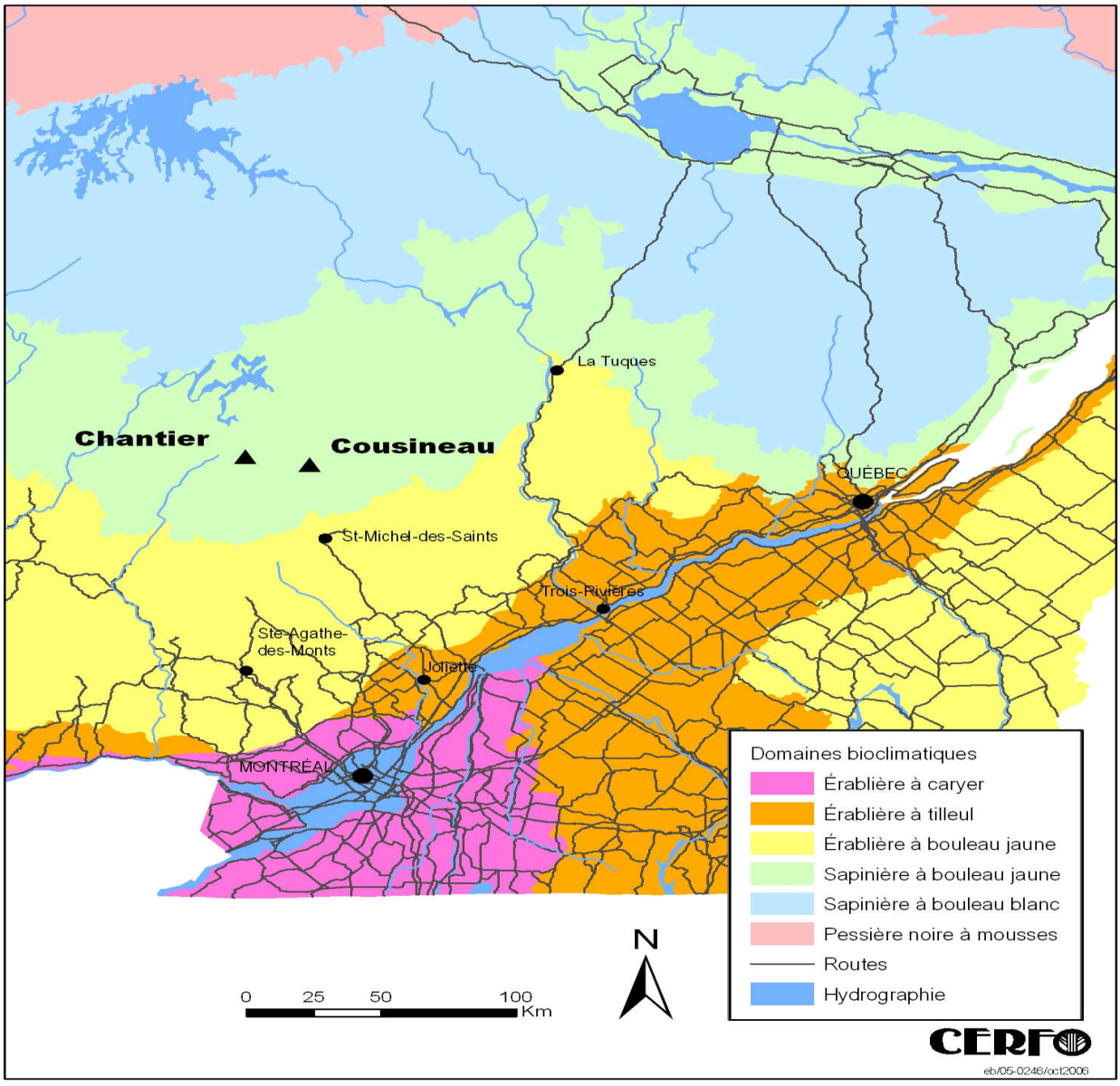

Figure 3. Domaines bioclimatiques et localisation des deux secteurs du dispositif de coupe progressive irrégulière

3.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'expérimentation a été réalisée selon un dispositif en blocs complets aléatoires en tiroir comprenant quatre blocs. À l'intérieur de chacun des blocs, quatre traitements représentant quatre unités expérimentales sont étudiés pour un total de 16 unités expérimentales. Dans chaque bloc, il y a un témoin dans lequel aucune intervention n'a été pratiquée, une coupe de jardinage par trouées, une coupe progressive irrégulière en lisières et une coupe progressive irrégulière en plein (figures 4 et 5).

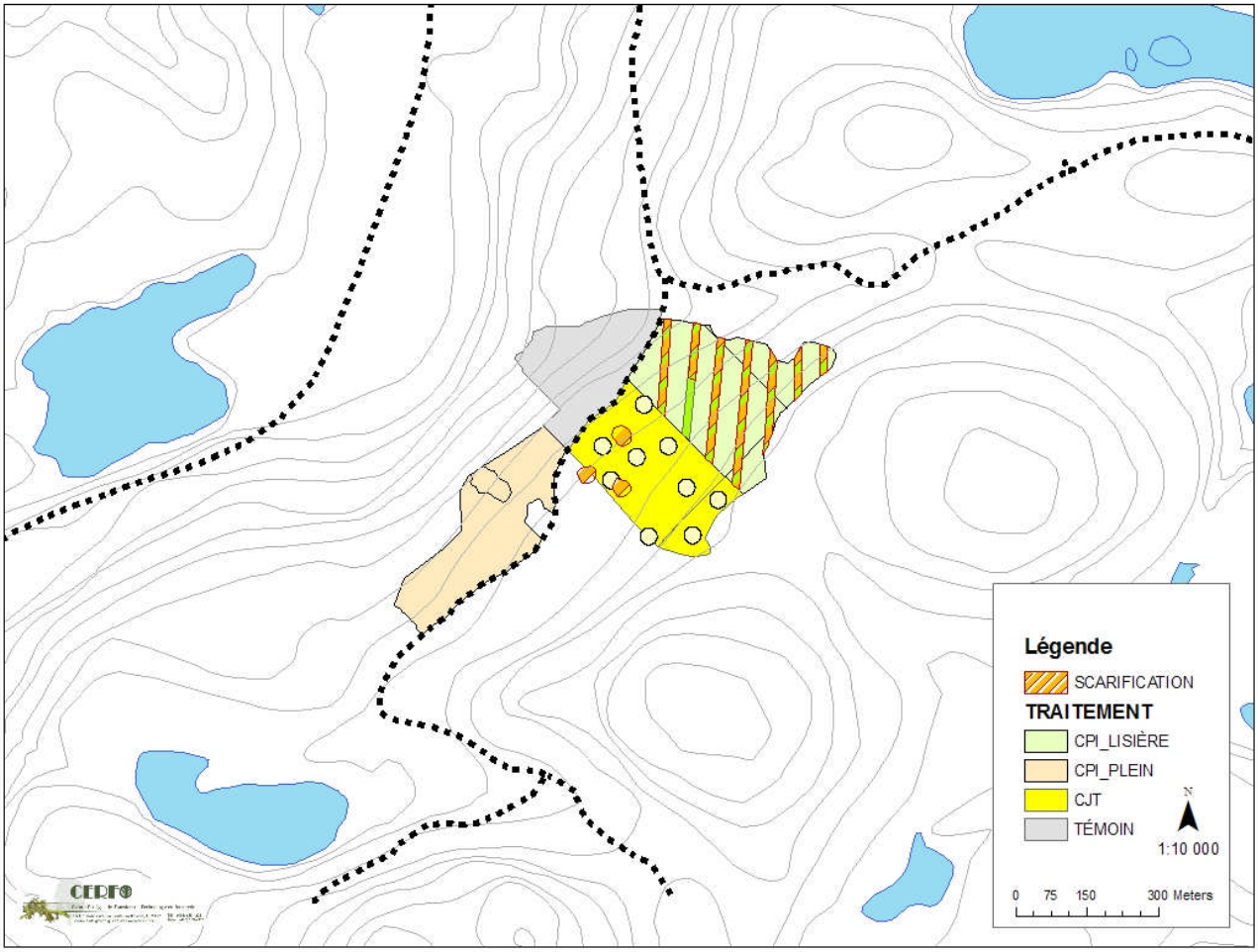

Figure 4. Plan du dispositif - localisation et répartition des traitements dans le secteur Chantier

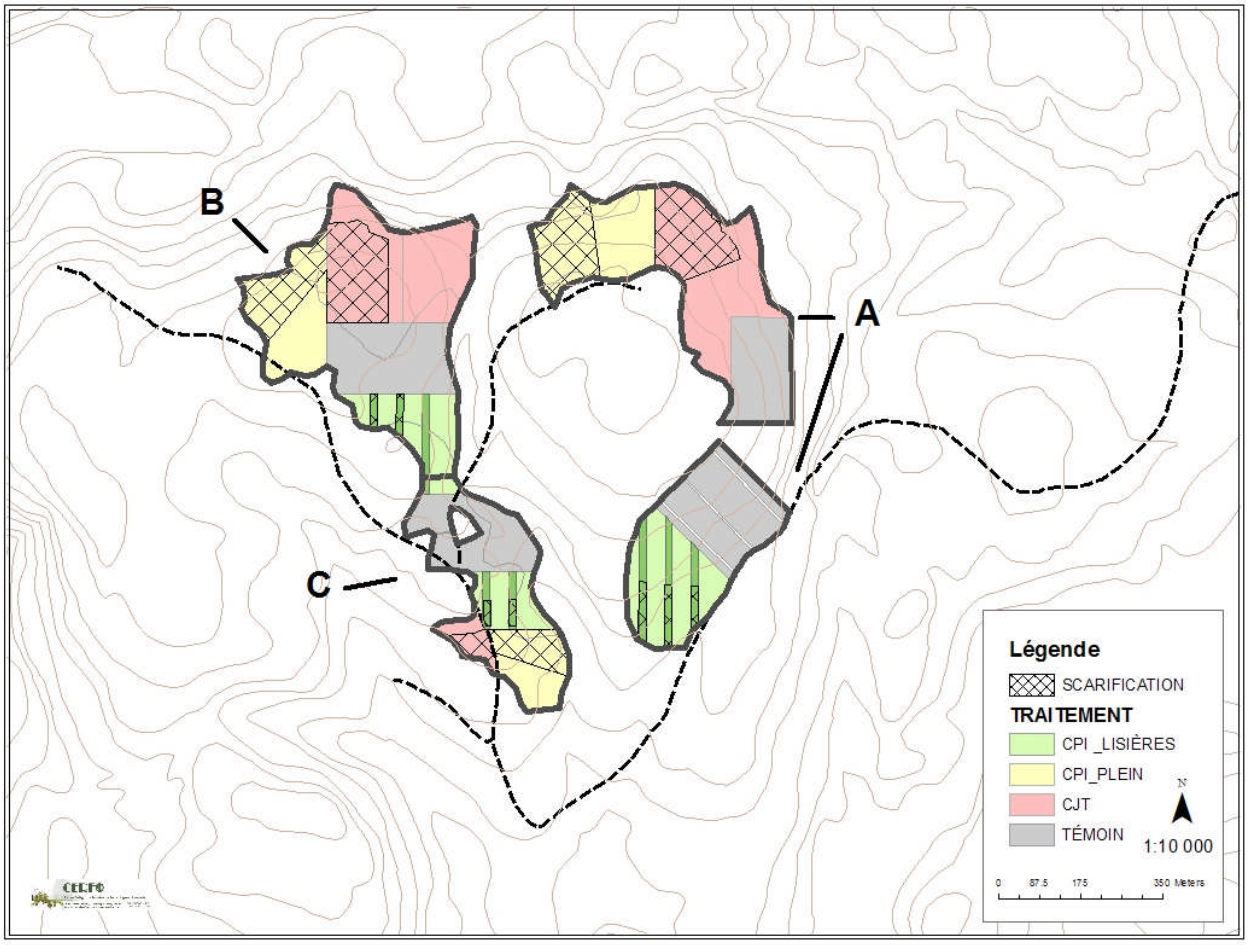

Figure 5. Plan du dispositif - localisation et répartition des traitements dans le secteur Cousineau

Les principaux arguments qui ont guidé le choix de ces traitements sont les suivants :

- La priorisation des coupes par lisières au détriment des trouées, car ce procédé devrait être plus productif au niveau de l'opération de récolte. Il a été décidé de réaliser des opérations mécanisées par manque de personnel en région pour effectuer des travaux par abattage conventionnel.
- Le suivi dans le temps et tous les travaux subséquents seront plus efficaces à réaliser et à localiser dans les lisières que dans les trouées.
- La structure irrégulière est très présente dans le dispositif observable tant dans la répartition des diamètres que dans la répartition des hauteurs, ce qui justifie d'explorer d'autres régimes en plus du régime de la futaie jardinée.
- Le potentiel en bouleau jaune est facilement remarquable. Cependant, il existe des manques dans certaines classes de diamètre, notamment 10 à 28. Une sylviculture adaptée aux besoins de l'espèce est nécessaire.

Les opérations de récolte ont eu lieu durant l'automne 2005 et l'hiver 2006. Le scarifiage du sol a suivi les opérations de récolte pour favoriser l'installation de la régénération du bouleau jaune. Celui-ci a été réalisé dans une subdivision de chacune des unités expérimentales. Prévu initialement à l'automne 2005, il a été reporté à l'été 2006, étant donné le retard des opérations de récolte.

Toutefois, ce décalage a eu pour avantage de profiter d'une meilleure année semencière pour le bouleau jaune que l'année 2005. Très peu de cônes ont été observés dans les arbres matures en 2005, ce qui a potentiellement pour conséquence une limitation significative de l'installation des semis de bouleau jaune cette année-là. En effet, selon Burns et Honkala (1990), lors des mauvaises années semencières, il faut s'attendre non seulement à une production de graines bien plus limitée, mais le taux de viabilité de graines est également moindre, sachant que lors de bonnes années semencières, le taux de germination maximale est rarement supérieur à 20 %. L'année semencière 2006 a été excellente, comme il était prévu par l'observation de la présence importante de bourgeons de fleur mâle dans les arbres à l'automne 2005.

La superficie de chaque unité expérimentale est comprise entre 3 et 8 hectares afin que les conditions de l'expérience soient suffisamment représentatives du contexte opérationnel. Les placettes du bois sur pied ont été établies avant les interventions (été 2005), puis ont été suivies à l'automne 2006 de manière à établir le portrait après réalisation des opérations de récolte et de scarifiage.

Chaque unité expérimentale ayant fait l'objet d'une intervention a été divisée en deux pour y étudier l'effet du scarifiage sur la régénération. Une moitié a été scarifiée et l'autre ne l'a pas été. Cependant, après révision des secteurs scarifiés avec l'industriel, il a été constaté que le bloc 1 du secteur chantier n'a pas été scarifié selon le protocole préalablement établi. Dans ce cas, l'unité expérimentale de la coupe progressive en plein n'a pas été scarifiée et celle de la coupe progressive irrégulière en lisières a été scarifiée dans 5 placettes sur 6 alors qu'elle devait l'être dans 3 placettes seulement. Dans cette situation, seule la grappe d'inventaire de régénération numéro 15 n'a pas fait l'objet d'un scarifiage.

3.4. INVENTAIRE RÉALISÉ

À l'été 2008, un inventaire de régénération a été réalisé selon un plan de sondage aléatoire. Un total de 820 micro-placettes de 1,13 mètre de rayon a été réalisé en grappes de dix. Les témoins ont fait l'objet de trois grappes d'inventaire et les unités expérimentales scarifiées et non scarifiées ont fait l'objet de trois grappes chacune.

L'inventaire consistait en un recensement des essences ligneuses présentes dans dix micro-placettes d'inventaire, alors que dans les deuxième, cinquième et huitième placettes, un dénombrement était effectué. Dans les deux cas, une distinction était faite au niveau de la classe de dimension. De plus, la présence de broutage, de sentier de débardage et le pourcentage de recouvrement de la canopée dans la placette étaient notés.

3.5. ANALYSES STATITIQUES

Les données d'inventaire ont été compilées de façon à calculer les densités de semis à l'hectare et la distribution des espèces dans chaque traitement. Les statistiques descriptives ont été utilisées pour tracer le portrait de la régénération établie dans le dispositif. Elles ont servi à comparer les variations qui existaient entre les essences, les classes de diamètre et les traitements.

L'analyse de variance a été utilisée pour comparer les variations du coefficient de distribution et la densité du bouleau jaune et de l'érable à sucre (ANOVA). Les analyses statistiques ont tenu compte des postulats de l'analyse de variance et elles ont été réalisées avec le logiciel SAS version 9.1 (SAS Institute, 2009) à l'aide de la procédure MIXED afin de tenir compte des effets reliés à l'échantillonnage pour les placettes et les arbres provenant d'un même site. Les effets des blocs et des unités expérimentales ont été intégrés dans les effets aléatoires et dans l'estimation du coefficient de détermination (R^2). Le choix du meilleur modèle s'est effectué sur la base de la valeur la plus basse du critère d'information de Akaike (AIC) et seules les variables et les interactions significatives au seuil $\alpha = 5$ % ont été retenues. La différence des moindres carrés « LSD » a été utilisée pour déterminer s'il y avait des différences significatives entre les différents traitements et la préparation de terrain utilisés.

4. RÉSULTATS

4.1. RECOUVREMENT DE LA CANOPÉE APRÈS TRAITEMENT

Le tableau 2 met en lumière le pourcentage de recouvrement de la canopée par traitement. Il indique que la majorité des placettes du témoin sont situées dans les classes de 50-75 % et 75-100 %. Le témoin présente les pourcentages de recouvrement les plus élevés. La coupe de jardinage par trouées présente des placettes dans toutes les classes de recouvrement dont une majorité se retrouve dans la classe de recouvrement 0-25 %. Ceci s'explique par le fait que toutes les placettes ont été implantées dans les trouées et que leur faible dimension crée un bon effet de bordure. La coupe progressive en plein présente des placettes dans toutes les classes de recouvrement dont la majorité se retrouvent entre 25 et 75 % de recouvrement. La coupe progressive en lisières présente 97 % de ses placettes dans la classe de recouvrement de 0-25 %. Ce type de coupe se démarque des autres en présentant une nette dominance dans la classe de recouvrement la plus faible. Ceci est dû au fait que toutes les placettes de suivi de la régénération ont été implantées dans les lisières coupées et qu'il y a peu d'effet de bordure.

Tableau 2. Pourcentage de recouvrement de la canopée en fonction des traitements

Traitements	Recouvrement de la canopée			
	0-25 %	25-50 %	50-75 %	75-100 %
Témoin	3 % 3/120	11 % 13/120	38 % 46/120	**48 %** **58/120**
CJT	**43 %** **98/230**	20 % 46/230	25 % 58/230	12 % 28/230
CPI en lisières	**97 %** **224/230**	2 % 5/230	0 % 1/230	0 % 0/230
CPI en plein	15 % 34/230	37 % 85/230	**38 %** **87/230**	10 % 24/230

4.2. RÉGÉNÉRATION DE TOUTES LES ESSENCES

Les statistiques descriptives ont été utilisées pour décrire les effets des traitements et de la préparation de terrain sur le coefficient de distribution moyen et la densité moyenne. Le tableau 3 présente le coefficient de distribution des essences en fonction des traitements. Le bouleau jaune présente son meilleur coefficient de distribution dans la coupe progressive irrégulière en lisières avec scarifiage où un coefficient de distribution moyen de l'ordre de 80 % a été observé. Ensuite, ce traitement est suivi de la coupe de jardinage par trouées où un coefficient de distribution de 49 % a été observé. Les autres traitements ne se sont pas réellement démarqués entre eux à l'exception que le témoin présente les coefficients de distribution moyen les plus bas.

L'érable à sucre ne présente aucune tendance notable entre les différents traitements. Parfois le scarifiage augmente le coefficient de distribution et parfois, il le diminue. Son meilleur coefficient de distribution a été observé dans la coupe progressive irrégulière en plein avec scarifiage où un coefficient de 80 % a été observé. À l'inverse, le coefficient de distribution le plus bas a été observé dans la coupe de jardinage par trouées sans scarifiage avec 53 %.

La présence de certains feuillus non commerciaux varie en fonction des traitements, mais globalement ils sont toujours très bien distribués (FNC). Le scarifiage n'a pas eu d'impact sur eux, mis à part de modifier légèrement la présence de l'un au dépend d'un autre. La coupe progressive irrégulière en lisières avec scarifiage a favorisé la présence du framboisier (RUI), du cerisier de Pennsylvanie (PRP) et du sureau du Canada (SAC). Ceci indique qu'une forte compétition sur le bouleau jaune s'est développée malgré un coefficient de distribution moyen plus élevé du bouleau jaune dans ce type de procédé. Par ailleurs, les essences non commerciales sont mieux représentées dans les classes de diamètre supérieures que le bouleau jaune ou l'érable à sucre, à l'exception de la coupe progressive irrégulière en plein avec scarifiage qui démontre que certains érables à sucre ont pu être conservés lors des opérations de récolte. Ceci signifie que malgré la présence du bouleau jaune ou de l'érable à sucre, les essences non commerciales se développent plus rapidement que les essences désirées. Pour plus de détails sur la présence et le développement de ces espèces en fonction des classes de dimension, veuillez consulter l'annexe 1.

Le sapin baumier semble avoir été maintenu dans la coupe de jardinage avec trouées et la coupe progressive irrégulière en plein où des coefficients de distribution autour de 30 % sont semblables au témoin. Le scarifiage a tendance à le faire baisser à l'exception de la coupe progressive irrégulière en lisières avec scarifiage où ils sont égaux.

Les feuillus intolérants commerciaux (BOP, PET) sont absents des blocs témoins et les traitements ont introduit la possibilité de les retrouver en faible proportion sur le territoire à l'étude. Les traitements comportant la meilleure distribution de ceux-ci sont la coupe progressive irrégulière en lisières avec scarifiage pour le bouleaux à papier (17 %) et la coupe de jardinage avec trouées pour le peuplier (16 %).

Tableau 3. Coefficient de distribution moyen par espèce et par traitement

Essences	Témoin	CJT	CJT avec scarifiage	CPI en lisières	CPI en lisières avec scarifiage	CPI en plein	CPI en plein avec scarifiage
BOJ	8%	21%	49%	27%	80%	17%	24%
ERS	70%	53%	67%	69%	58%	62%	80%
ERR	0%	14%	3%	0%	1%	1%	0%
BOP	0%	8%	12%	10%	17%	1%	3%
PET	0%	16%	5%	13%	9%	6%	0%
SAB	28%	34%	20%	9%	9%	29%	21%
EPB	1%	1%	1%	1%	0%	0%	1%
AME	2%	5%	2%	3%	1%	1%	0%
AUR	1%	10%	15%	0%	0%	1%	13%
COC	26%	13%	15%	27%	19%	28%	20%
COR	0%	1%	0%	5%	0%	0%	0%
ERE	48%	48%	43%	46%	33%	53%	54%
ERP	4%	12%	5%	3%	1%	5%	1%
FRA	0%	3%	0%	0%	0%	1%	1%
FRN	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
PRP	0%	11%	15%	41%	53%	5%	15%
RUI	2%	28%	29%	73%	88%	12%	16%
SAC	8%	11%	17%	34%	68%	13%	10%
SOA	0%	3%	1%	0%	2%	0%	0%
VIL	55%	48%	56%	61%	25%	66%	60%
FNC	100%	100%	98%	100%	100%	99%	98%

FNC signifie feuillus non commerciaux

Le tableau 4 est un sommaire de la densité moyenne observée par espèce et par traitement. Il décrit que les densités globales les plus fortes ont été observées dans les traitements ayant fait l'objet d'un scarifiage à l'exception de la coupe progressive irrégulière en plein. Parmi toutes ces essences, l'érable à sucre domine le dispositif et présente des densités toujours supérieures à 19 000 ti/ha. Par ailleurs, les densités de bouleau jaune observées varient énormément en fonction des traitements et de la préparation de terrain. Elle passe de 369 ti/ha pour la coupe progressive irrégulière en lisières à 59 650 ti/ha pour la coupe progressive irrégulière en lisières avec scarifiage. La coupe de jardinage par trouées avec scarifiage présente la deuxième densité la plus haute avec une moyenne de 10 500 ti/ha. La viorne à feuilles d'aulnes, l'érable à épis et le cerisier de Pennsylvanie sont les trois principales espèces de compétition recensées sur le territoire.

Tableau 4. Densité moyenne par espèce et par traitement

Essences	Témoin	CJT	CJT avec scarifiage	CPI en lisières	CPI en lisières avec scarifiage	CPI en plein	CPI en plein avec scarifiage
BOJ	604	2 424	10 500	369	59 650	3 452	3 701
ERS	35 655	24 028	29 990	35 823	38 639	37 392	19 716
ERR	0	3 324	2 871	0	0	64	0
BOP	0	762	906	92	1 721	64	76
PET	0	2 147	604	1 477	59	1 214	0
SAB	1 511	1 731	680	185	475	959	755
EPB	76	0	0	0	59	0	0
AME	453	485	0	646	0	0	0
AUR	0	1 454	2 644	0	0	192	1 586
COC	3 173	2 562	3 853	12 095	1 365	3 324	2 946
COR	0	0	0	369	0	0	0
ERE	10 273	8 725	4 910	9 602	4 808	5 369	12 540
ERP	529	1 385	982	185	0	1 151	0
PRP	0	3 532	1 662	3 047	19 349	447	680
SAC	604	762	3 324	3 508	7 004	1 854	453
SOA	0	1 662	227	0	119	0	0
VIL	11 633	17 311	20 698	19 204	5 579	20 838	12 086
Total	**64 511**	**72 292**	**83 850**	**86 603**	**138 827**	**76 319**	**54 540**
Total FNC	**26 666**	**37 877**	**38 299**	**48 656**	**38 223**	**33 174**	**30 292**

FNC signifie feuillus non commerciaux

4.3. RÉGÉNÉRATION DANS LES SENTIERS DE DÉBARDAGES

Coefficient de distribution dans les sentiers de débardage

Le tableau 5 présente le coefficient de distribution moyen des essences en fonction des traitements dans les sentiers de débardage. Il indique que le bouleau jaune et l'érable à sucre ont des comportements similaires à ceux observés sur l'ensemble du dispositif à l'exception que les coefficients de distribution moyens de bouleaux jaunes sont légèrement plus élevés dans les sentiers de débardage.

Les feuillus non commerciaux ont des comportements légèrement différents dans les sentiers de débardage, mais ils sont tout aussi présents. Le tableau 5 indique que le cerisier de Pennsylvanie et le framboisier présentent une meilleure distribution que celles observées sur l'ensemble du dispositif. Ces espèces sont favorisées par la coupe progressive irrégulière en lisières avec ou sans scarifiage. Ceci met en lumière que la présence de sentiers associée à un recouvrement plus faible de la canopée favorise la prolifération de ces espèces.

Des espèces comme l'érable à épis et la viorne à feuilles d'aulnes sont aussi présentes dans les sentiers que hors sentiers. Il appert que la présence de sentiers affecte très peu leur développement.

Tableau 5. Coefficient de distribution moyen par essence et par traitement dans les sentiers de débardage

Essences	CJT	CJT avec scarifiage	CPI en lisières	CPI en lisières avec scarifiage	CPI en plein	CPI en plein avec scarifiage
BOJ	38%	50%	33%	92%	39%	46%
ERS	44%	94%	33%	53%	67%	63%
ERR	6%	0%	0%	0%	0%	0%
BOP	38%	11%	0%	20%	11%	8%
PET	6%	11%	0%	5%	17%	0%
FRA	6%	0%	0%	0%	11%	0%
SAB	13%	11%	0%	6%	11%	8%
EPB	0%	0%	0%	1%	0%	0%
AME	6%	0%	0%	0%	6%	0%
AUR	19%	28%	0%	0%	0%	21%
COC	6%	28%	0%	16%	39%	4%
COR	0%	0%	0%	3%	0%	0%
ERE	50%	22%	33%	28%	50%	38%
ERP	0%	0%	0%	0%	6%	0%
PRP	31%	33%	67%	68%	11%	25%
RUI	50%	28%	100%	91%	17%	42%
SAB	0%	6%	0%	0%	0%	0%
SAC	0%	0%	0%	48%	22%	8%
VIL	38%	56%	33%	22%	44%	50%

Densité dans les sentiers de débardage

La densité par traitement a également été calculée dans les sentiers de débardage. Les feuillus commerciaux et les résineux (FC et R) ont été distingués des feuillus non commerciaux (FNC). Les essences n'ont pas été distinguées individuellement à cause de leur faible représentativité dans l'échantillonnage des sentiers Le tableau 6 présente les résultats de ces calculs. Toutes essences confondues, les densités les plus élevées ont été recensées dans les traitements scarifiés. Il faut s'attendre à une compétition plus élevée dans les traitements ayant fait l'objet d'un scarifiage. La densité des feuillus commerciaux et des résineux est toujours plus élevée que celle des feuillus non commerciaux à l'exception de la coupe progressive en lisières où une densité de feuillus non commerciaux supérieure a été observée.

Tableau 6. Densité moyenne par traitement dans les sentiers de débardage

Essence	CJT	CJT avec scarifiage	CPI en lisières	CPI en lisières avec scarifiage	CPI en plein	CPI en plein avec scarifiage
FC et R	48 610	79 355	4 987	126 942	36 145	218 746
FNC	14 957	29 914	13 462	37 401	16 203	28 667
Total	**78 524**	**139 183**	**31 911**	**201 744**	**68 551**	**276 080**

FC et R signifie feuillus commerciaux et résineux
FNC signifie feuillus non commerciaux

4.4. RÉGÉNÉRATION DU BOULEAU JAUNE

Coefficient de distribution du bouleau jaune

Le tableau 7 présente les caractéristiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle du coefficient de distribution moyen du bouleau jaune. Il indique que le traitement s'est avéré significatif à un niveau de probabilité de 95 %. La préparation de terrain et l'interaction entre la préparation de terrain et le traitement se sont avérées significatives à un niveau de probabilité de 99 %. L'interaction entre la préparation de terrain et le traitement indique que l'effet du scarifiage varie en fonction du traitement. Le coefficient de détermination estimé indique que la majorité de la variation a pu être expliquée par le modèle avec un coefficient de détermination estimé de 88 %.

Tableau 7. Caractéristiques et probabilités associées au modèle de coefficient de distribution moyen du bouleau jaune

Caractéristiques statistiques du modèle	Coefficient de distribution du bouleau jaune
Nombre d'observations	81
R^2 estimé	0,88

Effets fixes du modèle	Num d.l.	Den d.l.	$F_{calculé}$	PR > F	Diff. sign.
Traitement	3	52	5,02	0,0039	*
Préparation de terrain	1	52	34,38	<,0001	***
Traitement*préparation de terrain	2	52	8,92	0,0005	**

* Différence significative à un niveau de probabilité de 95 %
** Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %
*** Différence significative à un niveau de probabilité de 99,9 %

La figure 6 illustre l'effet de la préparation de terrain et du traitement sur le coefficient de distribution moyen du bouleau jaune. Le bouleau jaune présente les mêmes tendances que celles présentées à la section 4.2 à l'exception que les effets de la variation des blocs et des unités expérimentales ne sont pas inclus dans les moyennes des statistiques descriptives présentées au tableau 3, ce qui induit des légères variations du coefficient de distribution moyen par traitement tel que présenté à la figure 6.

Sans scarifiage, aucune distinction ne peut être effectuée entre les différents traitements. Avec le scarifiage, la coupe progressive en lisères a donné de loin les meilleurs résultats. Le scarifiage augmente toujours le coefficient de distribution du bouleau jaune, mais il l'augmente davantage lorsqu'il est associé à la coupe progressive en lisières ou à la coupe de jardinage par trouées.

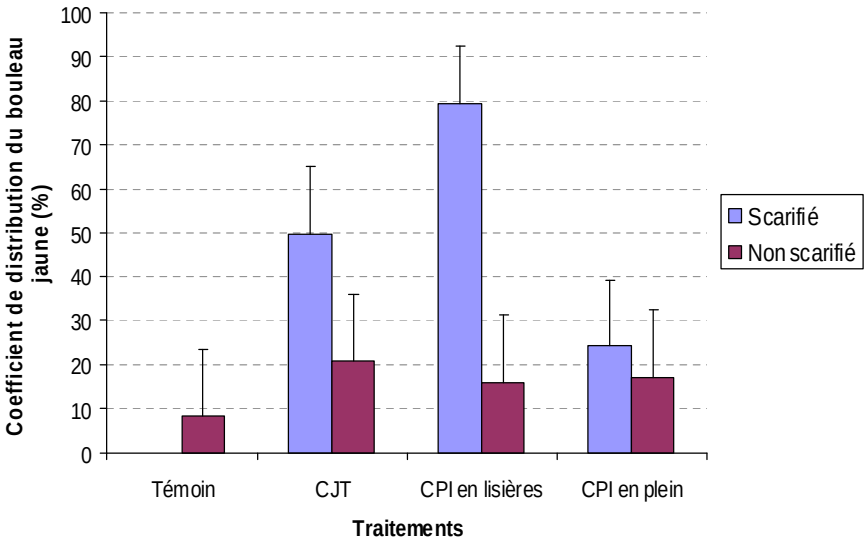

Figure 6. Coefficient de distribution moyen et intervalle de confiance du bouleau jaune en fonction des traitements et de la préparation de terrain

Le tableau 8 présente la différence entre les traitements en fonction de la préparation de terrain pour le coefficient de distribution moyen de la régénération du bouleau jaune. Lorsqu'il y a présence de scarifiage dans les traitements, les résultats indiquent que la coupe progressive irrégulière en lisières présente un coefficient de distribution significativement plus élevé que les autres traitements. La coupe de jardinage par trouées présente un coefficient de distribution moyen en bouleau jaune significativement supérieur à la coupe progressive irrégulière en plein. Une hypothèse avancée pour expliquer ce phénomène est que la qualité du scarifiage a été compromise dans la coupe progressive irrégulière en plein.

Tableau 8. Différence entre les traitements en fonction de la préparation de terrain pour le coefficient de distribution moyen du bouleau jaune

Préparation de terrain	Traitements			Estimé (%)	Erreur-type	Prob |t|	Diff. sign.
Non	Témoin	vs	CJT	-12,5	10,0	0,2188	N.S.
Non	Témoin	vs	CPI en lisières	-7,4	10,2	0,4700	N.S.
Non	Témoin	vs	CPI en plein	-8,8	10,1	0,3898	N.S.
Non	CJT	vs	CPI en lisières	5,1	10,2	0,6230	N.S.
Non	CJT	vs	CPI en lisières	3,7	10,1	0,7144	N.S.
Non	CPI en lisières	vs	CPI en plein	-1,3	10,3	0,8975	N.S.
Oui	CJT	vs	CPI en lisières	-29,5	9,5	0,0033	**
Oui	CJT	vs	CPI en plein	25,5	10,1	0,0149	*
Oui	CPI en lisières	vs	CPI en plein	54,9	9,5	<,0001	***

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %
* Différence significative à un niveau de probabilité de 95 %
** Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %
*** Différence significative à un niveau de probabilité de 99,9 %

Le tableau 9 présente la différence entre la préparation de terrain pour chacun des traitements sur le coefficient de distribution de la régénération en bouleau jaune. Il indique que le scarifiage a permis à tous les traitements d'augmenter leur coefficient de distribution en bouleau jaune. Cependant, l'augmentation observée dans la coupe progressive irrégulière en plein n'est pas significative où des augmentations de l'ordre de seulement 7 % ont été recensées.

Tableau 9. Différence entre les préparations de terrain pour chacun des traitements sur le coefficient de distribution moyen du bouleau jaune

Traitements	Préparation de terrain			Estimé (%)	Erreur-type	Prob |t|	Diff. sign.
CJT	Non	vs	Oui	-28,8	12,4	0,0063	**
CPI en lisières	Non	vs	Oui	-63,3	9,0	<,0001	***
CPI en plein	Non	vs	Oui	-7,1	10,1	0,4887	N.S.

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %
** Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %
*** Différence significative à un niveau de probabilité de 99,9 %

Densité du bouleau jaune

Le tableau 10 présente les caractéristiques et probabilités associées aux variables retenues pour le modèle de densité moyenne du bouleau jaune. Il indique que le traitement ne s'est pas avéré significatif à un niveau de probabilité de 95 %, mais que la préparation de terrain et l'interaction entre la préparation de terrain et le traitement se sont avérées significatives à un

niveau de probabilité de 99 %. L'interaction entre la préparation de terrain et le traitement indique que l'effet du scarifiage varie en fonction du traitement. Le coefficient de détermination estimé indique que la majorité de la variation a pu être expliquée par le modèle avec un coefficient de détermination estimé de 88 %.

Tableau 10. Caractéristiques et probabilités associées au modèle de densité moyenne de bouleau jaune

Caractéristiques statistiques du modèle	Densité du bouleau jaune
Nombre d'observations	81
R^2 estimé	0,88

Effets fixes du modèle	Num d.l.	Den d.l.	$F_{calculé}$	PR > F	Diff. sign.
Traitement	3	51	2,77	0,0511	N.S.
Préparation de terrain	1	51	8,85	0,0045	**
Traitement*préparation de terrain	2	51	5,86	0,0051	**

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %
** Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %

La figure 7 présente la densité moyenne de bouleau jaune en fonction des traitements et de la préparation de terrain. Elle indique que le scarifiage contribue à augmenter la densité de bouleau jaune à l'hectare. Cependant, seule l'augmentation observée dans la coupe progressive irrégulière en lisières est significative. La densité la plus basse a été observée dans le témoin.

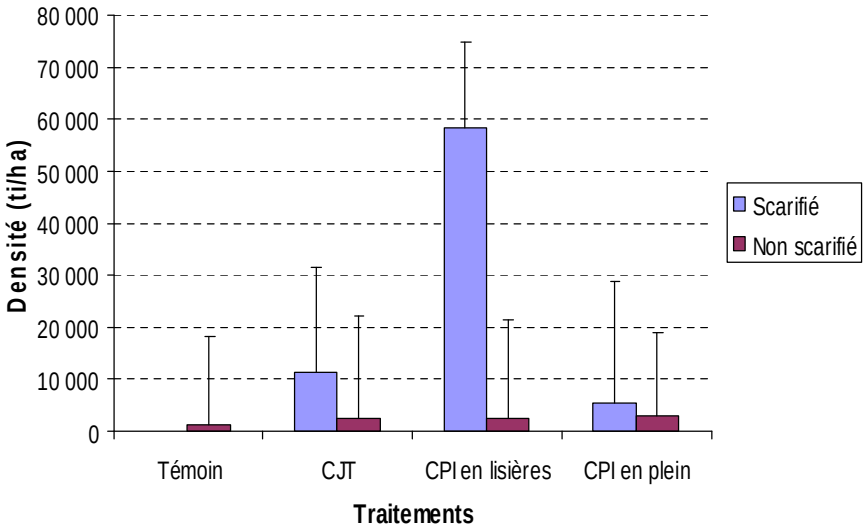

Figure 7. Densité moyenne et intervalle de confiance du bouleau jaune en fonction des traitements et de la préparation de terrain

Le tableau 11 présente les différences entre les traitements en fonction de la préparation de terrain. Il indique qu'aucun des traitements ne s'est distingué entre eux lorsqu'il n'y a pas eu de préparation de terrain.

Lorsqu'il y a eu préparation de terrain, la coupe progressive irrégulière en lisières s'est démarquée des autres traitements en présentant une densité moyenne nettement plus élevée. Une moyenne de 59 000 ti/ha a été recensée.

Tableau 11. Différence entre les traitements en fonction de la préparation de terrain pour la densité moyenne du bouleau jaune

Préparation de terrain	Traitements			Estimé (ti/ha)	Erreur-type	Prob |t|	Diff. sign.
Non	Témoin	vs	CJT	-1 204	13 000	0,9266	N.S.
Non	Témoin	vs	CPI en lisières	-1 323	12 658	0,9172	N.S.
Non	Témoin	vs	CPI en plein	-1 768	9 934	0,8595	N.S.
Non	CJT	vs	CPI en lisières	-119	13 651	0,9931	N.S.
Non	CJT	vs	CPI en lisières	-564	12 753	0,9649	N.S.
Non	CPI en lisières	vs	CPI en plein	-445	12 404	0,9715	N.S.
Oui	CJT	vs	CPI en lisières	-46 694	12 951	0,0007	**
Oui	CJT	vs	CPI en plein	5 837	15 227	0,7031	N.S.
Oui	CPI en lisières	vs	CPI en plein	52 530	14 193	0,0005	**

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %
** Différence significative à un niveau de probabilité de 99 %

Le tableau 12 présente la différence entre la préparation de terrain pour chacun des traitements. Il indique que le scarifiage a permis à tous les traitements d'augmenter leur densité en bouleau jaune. Cependant, contrairement au modèle du coefficient de distribution, seule l'augmentation observée dans la coupe progressive irrégulière en lisières est apparue significative où des augmentations de l'ordre de 55 562 ti/ha ont été recensées.

Tableau 12. Différence entre les préparations de terrain pour chacun des traitements sur la densité moyenne du bouleau jaune

Traitements	Préparation de terrain			Estimé (ti/ha)	Erreur-type	Prob |t|	Diff. sign.
CJT	Non	vs	Oui	-8 987	14 023	0,5245	N.S.
CPI en lisières	Non	vs	Oui	-55 562	10 709	<,0001	***
CPI en plein	Non	vs	Oui	-2 586	14 067	0,8554	N.S.

4.5. RÉGÉNÉRATION DE L'ÉRABLE À SUCRE

Coefficient de distribution de l'érable à sucre

Le tableau 13 présente les probabilités associées au modèle retenu pour exprimer les variations du coefficient de distribution moyen de l'érable à sucre. Il indique que le traitement et la préparation de terrain n'ont pas eu d'impact sur le coefficient de distribution moyen de l'érable à sucre. La présence de l'érable à sucre n'est pas influencée par l'un ou l'autre de ces facteurs.

Tableau 13. Caractéristiques et probabilités associées au modèle de coefficient de distribution moyen de l'érable à sucre

Caractéristiques statistiques du modèle	Coefficient de distribution moyen de l'érable à sucre				
Nombre d'observations	81				
R^2 estimé	0,81				
Effets fixes du modèle	**Num d.l.**	**Den d.l.**	**$F_{calculé}$**	**PR > F**	**Diff. sign.**
Traitement	3	51	0.41	0,7457	N.S.
Préparation de terrain	1	51	1,32	0,2566	N.S.
Traitement*préparation de terrain	2	51	0,81	0,4518	N.S.

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

La figure 8 présente le coefficient de distribution moyen de l'érable à sucre en fonction des traitements et de la préparation de terrain. Elle met en lumière la grande variabilité observée chez l'érable par les intervalles de confiance reliés à chacun des traitements. Elle indique que le coefficient de distribution moyen de l'érable à sucre se situe toujours entre 58 et 75 %. Ces résultats diffèrent de ceux observés à la section 4.2. Ceci s'explique par un effet des blocs très important, ce qui signifie que le coefficient de distribution de l'érable à sucre varie plus en fonction des blocs que des traitements ou de la préparation de terrain. D'ailleurs, dans cette situation, 65 % de la variation du coefficient de détermination est expliquée par l'effet bloc.

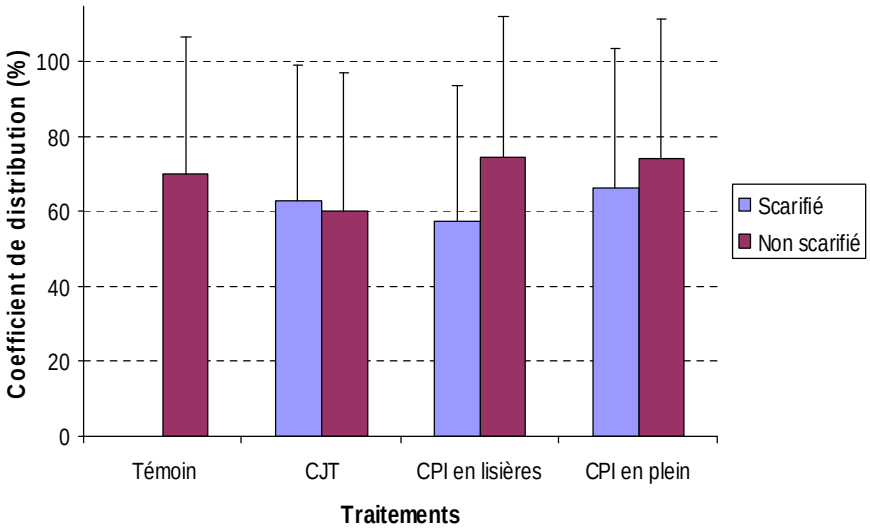

Figure 8. Coefficient de distribution moyen et intervalle de confiance de l'érable à sucre en fonction des traitements et de la préparation de terrain

Densité de l'érable à sucre

Le tableau 14 présente les probabilités associées au modèle retenu pour exprimer les variations de la densité moyenne de l'érable à sucre. Il indique que le traitement et la préparation de terrain n'ont pas eu d'impact sur le coefficient de distribution moyen de l'érable à sucre. La densité de l'érable à sucre n'est pas reliée à l'un ou l'autre de ces facteurs.

Tableau 14. Caractéristiques et probabilités associées au modèle de coefficient de densité moyenne de l'érable à sucre

Caractéristiques statistiques du modèle	Densité de l'érable à sucre				
Nombre d'observations	81				
R^2 estimé	0,48				
Effets fixes du modèle	**Num d.l.**	**Den d.l.**	**$F_{calculé}$**	**PR > F**	**Diff. sign.**
Traitement	3	51	0,23	0,8735	N.S.
Préparation de terrain	1	51	0,01	0,9670	N.S.
Traitement*préparation de terrain	2	51	0,75	0,4750	N.S.

N.S. Aucune différence significative à un niveau de probabilité de 95 %

La figure 9 illustre l'effet des traitements et de la préparation de terrain sur la densité moyenne de l'érable à sucre. Elle indique que la densité est très variable et qu'aucun des traitements n'a réussi à se démarquer des autres. Les densités moyennes observées varient de 18 000 ti/ha à 41 000 ti/ha.

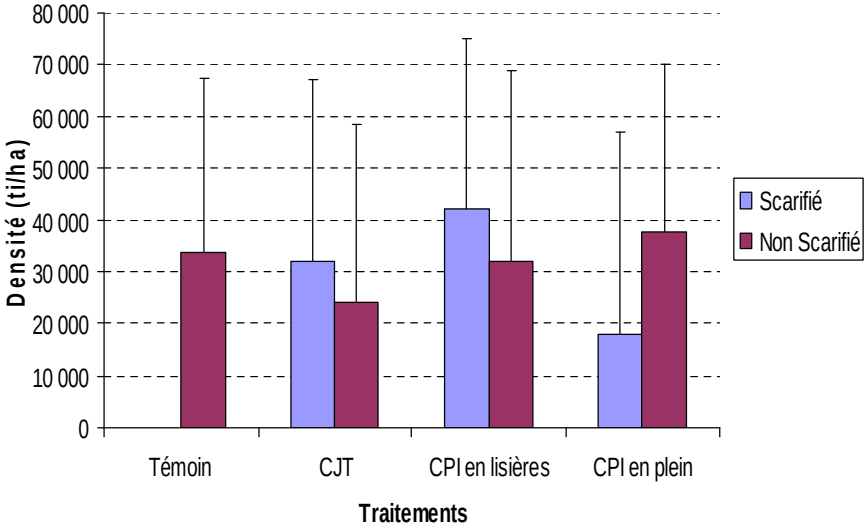

Figure 9. Densité moyenne et intervalle de confiance de l'érable à sucre en fonction des traitements et de la préparation de terrain

5. DISCUSSION

5.1. EFFET DES TRAITEMENTS SUR LE RECOUVREMENT DE LA CANOPÉE APRÈS TRAITEMENT

Les résultats de cette étude indiquent que le témoin est le traitement qui laisse passer le moins de lumière au sol. Ensuite, viennent la coupe progressive irrégulière en plein, la coupe de jardinage par trouées et la coupe progressive irrégulière en lisières. En théorie, la gestion de la compétition exercée par les feuillus intolérants et les feuillus non commerciaux devrait être moins ardue dans la coupe progressive irrégulière en plein. Cependant, tel que démontré à la section 4.2 de ce rapport, il y aura peut-être moins de compétition, mais il y aura aussi moins de bouleau jaune.

Les traitements de jardinage par trouées et de coupe progressive irrégulière en plein ont des comportements similaires où toutes les classes de recouvrement y sont représentées à l'exception de la coupe progressive en plein qui présente plus de placettes dans les classes de recouvrement supérieures. Malgré une légère dominance de la coupe de jardinage par trouées dans les classes de recouvrement les plus faibles, la coupe progressive irrégulière en plein et la coupe de jardinage par trouées répondent aux objectifs initialement fixés qui étaient de maintenir un recouvrement de 25-40 %. Cependant, la coupe progressive irrégulière en lisières ne répond pas à cet objectif puisque c'est le type de coupe de qui apporte le plus de lumière au sol.

1) *La coupe progressive irrégulière en plein présente une fermeture de la canopée plus importante que les autres types de coupe.*

Oui, le contrôle de la lumière a été plus efficace que dans les autres types de coupe (tableau 2).

5.2. EFFET DES SENTIERS DE DÉBARDAGE SUR LA RÉGÉNÉRATION

Les sentiers de débardage ont un impact sur le coefficient de distribution moyen du bouleau jaune. Il a été démontré que les coefficients de distribution moyens du bouleau jaune étaient légèrement plus élevés dans les sentiers de débardage que sur l'ensemble des unités expérimentales. Les sentiers de débardages favorisent l'implantation des semis de bouleaux

jaunes, mais ils favorisent aussi la prolifération des espèces comme le cerisier de Pennsylvanie et le framboisier. Les sentiers favorisent à la fois les bouleaux jaunes et leurs compétiteurs. A cet effet, il faudra porter une attention particulière à la compétition exercée par les feuillus non commerciaux dans les sentiers lors des prochaines interventions.

2) Les sentiers de débardage stimulent la prolifération des espèces intolérantes.

Oui, ils stimulent les espèces de lumières comme le framboisier et le cerisier de Pennsylvanie tout en stimulant également le bouleau jaune (tableau 5).

5.3. EFFET DU TRAITEMENT ET DU SCARIFIAGE SUR LA RÉGÉNÉRATION DES AUTRES ESSENCES

Les espèces non commerciales ne sont pas influencées par les traitements ou les travaux de préparation de terrain. La présence de l'une par rapport à une autre peut différer, mais dans l'ensemble elles sont toujours présentes sur le territoire en très grande proportion (tableau 3). Il a été observé que le cerisier de Pennsylvanie et le framboisier étaient favorisés dans la coupe progressive irrégulière en lisières, alors que l'érable à épis et la viorne à feuilles d'aulnes dominent dans les autres traitements. À cet égard, les feuillus intolérants et non commerciaux vont certainement nuire à l'implantation des espèces désirées durant les prochaines années puisqu'ils ont déjà pris un avantage sur eux. En effet, ils sont mieux représentés dans les classes de diamètre supérieures (annexe 1) que les bouleaux jaunes ou l'érable à sucre. A ce stade, la survie des semis de bouleau jaune est précaire et elle est compromise par la compétition exercée par les feuillus intolérants et non commerciaux.

Plus tard, les espèces intolérantes contribueront certainement à l'éducation des tiges lorsque celles-ci auront passé la canopée arbustive. Donc, l'idéal serait de les éradiquer pour laisser le temps au bouleau jaune de prendre un avantage compétitif et, ensuite, de les laisser croître pour accompagner et éduquer les tiges résiduelles de bouleau jaune. Dans ce cas précis, une éclaircie précommerciale hâtive serait une solution souhaitable puisqu'il est important de s'assurer qu'un maximum de tiges arrivera à passer cette strate arbustive.

Par ailleurs, les feuillus intolérants sont absents du témoin et sont présents dans les autres traitements. Ceci signifie qu'ils ont tendance à être favorisés par l'ouverture du couvert (tableau 3). Leur éradication dans un avenir rapproché est encore plus importante que celle des feuillus non commerciaux puisqu'ils peuvent compromettre à plus long terme la survie des bouleaux jaunes ou des érables à sucre. Les tableaux détaillés des coefficients de distribution des principales espèces recensées dans le dispositif sont présentés à l'annexe 1.

3) *La coupe progressive irrégulière en lisières favorise le développement des espèces intolérantes.*

Oui, la distribution et la quantité d'espèces intolérantes sont plus élevées dans ce type de coupe. Le contrôle moins efficace de la lumière explique en partie ce phénomène (annexe 1).

5.4. EFFET DU TRAITEMENT ET DU SCARIFIAGE SUR LA RÉGÉNÉRATION DU BOULEAU JAUNE ET DE L'ÉRABLE À SUCRE

Il a été démontré à la section 4.4 de cette étude que le traitement, la préparation de terrain et l'interaction entre le traitement et la préparation de terrain ont un impact significatif sur les variations du coefficient de distribution moyen du bouleau jaune. Ces résultats signifient que le bouleau jaune ne réagit pas toujours de la même façon au scarifiage à travers les différents traitements. Sans scarifiage, les traitements ne présentent aucune différence significative entre eux (tableau 8). Avec scarifiage, les traitements se distinguent tous entre eux. La coupe progressive irrégulière en lisières présente les coefficients de distribution les plus élevés; elle est suivie de la coupe de jardinage par trouées et de la coupe progressive irrégulière en plein. La moyenne obtenue dans la coupe progressive irrégulière en lisières est de 78 % alors qu'elle est de 49 % dans la coupe de jardinage par trouées et de 24 % dans la coupe progressive irrégulière en plein (figure 6). Donc, la coupe de jardinage par trouées ainsi que la coupe progressive irrégulière en lisières ont permis d'atteindre les objectifs initialement fixés par le projet qui étaient d'avoir un coefficient de distribution moyen de bouleau jaune variant entre 50 et 100 %.

Le scarifiage augmente toujours le coefficient de distribution moyen du bouleau jaune, mais des augmentations significatives ont été observées seulement dans la coupe progressive en lisères et dans la coupe de jardinage par trouées. Une hypothèse émise pour expliquer ce phénomène est

que le scarifiage ait été difficile à réaliser dans la coupe progressive irrégulière en plein et que la qualité de cette intervention ait été compromise à cause de la présence des tiges résiduelles. Néanmoins, le scarifiage semble être un gage de sûreté pour favoriser l'implantation du bouleau jaune puisque sans celui-ci aucune différence significative ne serait observée entre les traitements.

4) *La coupe progressive irrégulière en lisières favorise le développement du bouleau jaune.*

Non, En l'absence de scarifiage, aucun traitement ne favorise le développement du bouleau.

5) *La préparation de terrain contribue à augmenter le coefficient de distribution et la densité du bouleau jaune.*

Oui, le scarifiage s'avère nécessaire pour augmenter la densité et le coefficient de distribution du bouleau jaune (tableau 9) dans la coupe de jardinage par trouées et dans la coupe progressive irrégulière en lisières, mais pas dans la coupe progressive irrégulière en plein. Une hypothèse avancée pour expliquer ce phénomène est que la qualité du scarifiage ait été compromise par la difficulté technique à le réaliser dans la coupe progressive irrégulière en plein. En effet, il semble que la machinerie a eu de la misère à circuler entre les cohortes d'arbres résiduels. Il serait adéquat d'envisager l'utilisation d'une machinerie qui peut circuler plus librement afin de protéger un maximum de tiges et d'augmenter la qualité de la scarification.

De son côté, l'érable à sucre n'a pas été influencé par l'un ou l'autre des paramètres étudiés. Ni le traitement ni la préparation de terrain n'ont influencé celle-ci (tableau 13). Peu importe les situations étudiés, elle est toujours présente sur le territoire avec des distributions variant de 58 à 75 %. La présence de semenciers bien distribués à proximité des sites à l'étude pourrait expliquer en partie ce phénomène.

6) *La préparation de terrain diminue le coefficient de distribution et la densité de l'érable à sucre.*

Non, la préparation de terrain n'a pas d'effet sur la densité ou le coefficient de distribution de l'érable à sucre (tableaux 13 et 14).

6. RECOMMANDATIONS

1) Effectuer un suivi après 5 ans afin de s'assurer que la régénération en bouleau jaune soit libre de croître. Ce suivi permettrait de justifier les besoins de dégagement hâtif et de maximiser la survie du bouleau jaune.
2) Dans le prochain suivi (5 ans), identifier une tige d'avenir par placette et déterminer si elle est libre de croître ou pas afin de justifier les besoins de dégagement.
3) Effectuer les suivis prévus initialement (7 et 10 ans) afin de documenter le développement de la régénération. Ces suivis permettront d'anticiper les effets réels des traitements à plus long terme.
4) S'assurer d'un contrôle efficace sur le terrain et d'une meilleure qualité de scarifiage dans la coupe progressive irrégulière en plein.
5) Effectuer le scarifiage avec une machinerie qui circule plus librement dans la coupe progressive en plein afin de s'assurer d'un scarifiage de meilleure qualité.

CONCLUSION

Le suivi de ce dispositif a permis de tracer l'évolution de la régénération à travers les différents traitements étudiés. La distribution du bouleau jaune a été favorisée par la coupe progressive irrégulière en lisières avec scarifiage et par la coupe de jardinage par trouées avec scarifiage, mais n'a pas été nécessairement été favorisée par les autres combinaisons de traitement. La difficulté technique à réaliser le scarifiage dans la coupe progressive irrégulière en plein a compromis sa qualité.

Les résultats obtenus avec le procédé de coupe progressive irrégulière en lisières avec scarifiage et la coupe de jardinage par trouées avec scarifiage sont très satisfaisants et ont permis d'atteindre les objectifs initialement fixés par le projet qui étaient d'avoir une distribution en bouleau jaune se situant entre 50 et 100 %. Les autres combinaisons de traitements n'ont pas permis d'atteindre cet objectif. Cependant, le scarifiage a également favorisé la prolifération des espèces intolérantes et non commerciales. Ceci signifie qu'un niveau de compétition plus élevé sur le bouleau jaune est à prévoir dans les traitements qui ont été scarifiés.

Les autres essences comme les feuillus intolérants, les feuillus non commerciaux et l'érable à sucre n'ont présenté aucune tendance à être favorisés par un traitement au dépend d'un autre. Il semble que leur présence sur le territoire soit très forte peu importe l'intervention effectuée. Les suivis à plus long terme permettront de suivre l'évolution du bouleau jaune et de déterminer les besoins de dégagements de l'un ou l'autre des traitements. Ils permettront également d'anticiper les effets réels des traitements à plus long terme.

RÉFÉRENCES

BÉLANGER, L., J. PÂQUET et B. CAYER, 1998. Systèmes sylvicoles alternatifs pour la forêt du Haut-Saint-Maurice. Réalisé par C.A.P. Naturels dans le cadre du « Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier » du Ministère des Ressources naturelles. Charlesbourg, Québec. 17 p.

BURNS, R.M. and B.H. HONKALA, 1990. Silvics of North America: 1. Conifers; 2. Hardwoods. Agriculture Handbook 654.U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. vol.2, 877 p.

GRONDIN, P. et A. CIMON, 2003. Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière. Direction de l'environnement. MRNQ. 200 p.

GUILLEMETTE, F., D. BLOUIN et G. LESSARD, 2005. Résultats d'éclaircies commerciales dans l'érablière - Suivi après 8 ans. Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERFO).

GUILLEMETTE, F., D. BLOUIN, G. LESSARD et A. PATRY, 2003a. Suivi après trois ans - Installation de la régénération naturelle dans un peuplement mixte à dominance feuillue de la région de la Mauricie (dispositif du lac Marcotte), Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERFO), 2003-02. 39 p.

GUILLEMETTE, F., G. LESSARD, D. BLOUIN et A. PATRY, 2003b. Suivi après 2 ans - Détermination des conditions de réussite de la CPE dans les peuplements à dominance résineuse de la forêt mixte (Dispositif du lac Belette), Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERFO), 2003-13. 31 p. + 5 annexes.

KELTY, M.J., D.B. KITTREDGE Jr., T. KYKER-SNOWMAN and A.D. LEIGHTON, 2003. The Conversion of Even-Aged Stands to Uneven-Aged Structure in Southern New England. NJAF 20(3):109-116.

LEAK, W.B., D.S. SOLOMON and P.S. DEBALD, 1987. Silvicultural guide for northern hardwood types in the northeast (revised). Research paper NE-603, USDA, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station.

LESSARD, G. et D. BLOUIN, 1998. Étude comparative de différents traitements sylvicoles favorisant le développement du bouleau jaune. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Ste-Foy (CERFO). Rapport 3323, 72 p. + 7 annexes.

MARQUIS, D.A., 1965. Regeneration of Birch and associated hardwoods after patch cutting. Res. Pap. NE-32, Northeast. For. Exp. Stn., Upper Darby, PA. For. Serv., USDA 13 p.

MATTHEWS, J.D., 1989. Silvicultural Systems. Oxford University Press Inc., New York. 284 p.

MEUNIER, S., D. GRAVEL, G. LESSARD, D. BLOUIN, A. PATRY et F.J. RHEAULT, 2002. Étude sur les traitements sylvicoles favorisant la régénération du bouleau jaune à la Station forestière de Duchesnay. Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERFO). Rapport 3401. 29 p. + 2 annexes.

MRNF, 2004. Manuel d'aménagement forestier. 4e édition mise à jour en février 2004. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec.

MRNF, 2005. Instructions relatives à l'application du règlement sur la valeur des traitements sylvicoles admissibles en paiement des droits. Exercice 2005-2006. 109 p.

OMNR, 1998b. A silvicultural guide for the tolerant hardwood forest in Ontario. Ont. Min. Nat. Resour. Queen's Printer for Ontario, Toronto. 500 p.

OTTO, H.-J., 1998. Écologie forestière. Institut pour le développement forestier, Paris, France. 397 p.

SMITH, D., 1986. The practice of silviculture, 8th ed., John Wiley & Sons, New York, NY.

VAN DER KELEN, G. et G. LESSARD, 2004. Entre les coupes progressives et le jardinage par trouées : le cas des coupes progressives irrégulières. Synthèse de littérature. Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERFO), 2004. 124 p.

ANNEXE 1

Les tableaux 15 et 16 présentent les coefficients de distribution moyens et les densités moyennes obtenus par traitement, par classe de diamètre pour toutes les essences recensées dans le dispositif.

Tableau 15. Coefficient de distribution moyen par traitement et par essence en fonction des classes de dimension

		Coefficient de distribution par classe dimension (%)					
Traitements	Essences	5-60cm de hauteur	61 cm-1,5m de hauteur	2 cm de dhp	4 cm de dhp	6 cm de dhp	8 cm de dhp
Témoin	BOJ	6%	4%	1%	0%	0%	0%
	ERS	69%	37%	10%	3%	3%	3%
	AME	2%	2%	0%	0%	0%	0%
	COC	16%	23%	4%	0%	0%	0%
	ERE	35%	40%	9%	8%	3%	1%
	ERP	3%	1%	0%	0%	0%	0%
	RUI	1%	1%	0%	0%	0%	0%
	SAB	18%	13%	3%	3%	2%	0%
	SAC	7%	1%	0%	0%	0%	0%
	VIL	53%	44%	2%	0%	0%	0%
Coupe de jardinage par trouées	BOJ	31%	12%	1%	0%	1%	0%
	ERS	41%	27%	3%	2%	1%	1%
	AME	3%	2%	0%	0%	0%	0%
	AUR	6%	5%	0%	0%	0%	0%
	BOP	12%	3%	0%	0%	0%	0%
	COC	4%	9%	1%	0%	0%	0%
	ERE	33%	46%	3%	0%	0%	0%
	ERP	3%	9%	1%	1%	0%	0%
	ERR	8%	11%	1%	0%	0%	0%
	FRA	2%	2%	0%	0%	0%	0%
	FRN	1%	1%	0%	1%	0%	0%
	PET	1%	13%	5%	0%	0%	0%
	PRP	2%	9%	1%	0%	0%	0%
	RUI	36%	37%	0%	0%	0%	0%
	SAB	19%	18%	1%	1%	0%	1%
	SAC	11%	14%	0%	0%	0%	0%
	SOA	2%	1%	0%	1%	0%	0%
	VIL	43%	30%	0%	0%	0%	0%

Coupe de jardinage par trouées avec scarifiage	BOJ	35%	6%	3%	0%	0%	0%
	ERS	88%	34%	3%	1%	1%	1%
	AME	3%	0%	0%	0%	0%	0%
	AUR	13%	19%	0%	0%	0%	0%
	BOP	5%	0%	0%	0%	0%	0%
	COC	6%	16%	1%	0%	0%	0%
	ERE	26%	31%	0%	0%	0%	0%
	ERP	1%	5%	0%	0%	0%	0%
	ERR	1%	3%	1%	0%	0%	0%
	PET	1%	5%	0%	0%	0%	0%
	PRP	10%	11%	0%	0%	0%	0%
	RUI	9%	6%	0%	0%	0%	0%
	SAB	19%	8%	0%	0%	1%	0%
	SAC	1%	4%	0%	1%	0%	0%
	VIL	65%	54%	0%	0%	0%	0%
Coupe progressive irrégulière par lisières	BOJ	9%	9%	1%	1%	0%	0%
	ERS	80%	60%	6%	2%	0%	0%
	AME	2%	2%	0%	0%	0%	0%
	BOP	1%	2%	0%	0%	0%	0%
	COC	18%	30%	3%	1%	0%	0%
	COR	1%	4%	0%	0%	0%	0%
	ERE	26%	42%	4%	0%	1%	0%
	ERP	2%	2%	0%	0%	0%	0%
	PET	1%	13%	6%	0%	0%	0%
	PRP	8%	34%	21%	0%	0%	0%
	RUI	56%	66%	0%	0%	0%	0%
	SAB	4%	3%	0%	0%	0%	0%
	SAC	8%	23%	1%	0%	0%	0%
	VIL	62%	54%	0%	0%	0%	0%
Coupe progressive irrégulière par lisières avec scarifiage	BOJ	80%	11%	0%	0%	0%	0%
	ERS	49%	25%	2%	1%	0%	0%
	BOP	20%	6%	0%	0%	0%	0%
	COC	13%	14%	1%	1%	0%	0%
	ERE	19%	30%	0%	0%	0%	0%
	PET	3%	6%	1%	0%	0%	0%
	PRP	37%	47%	8%	1%	0%	0%
	RUI	85%	86%	0%	0%	0%	0%
	SAB	7%	6%	0%	0%	0%	0%
	SAC	35%	60%	1%	0%	0%	0%
	SOA	1%	1%	0%	0%	0%	0%
	VIL	27%	12%	0%	0%	0%	0%

Coupe progressive irrégulière en plein	BOJ	14%	7%	0%	1%	0%	0%
	ERS	54%	29%	6%	3%	0%	1%
	BOP	1%	1%	0%	0%	0%	0%
	COC	16%	23%	0%	0%	0%	0%
	ERE	41%	54%	6%	5%	1%	0%
	ERP	2%	4%	1%	0%	0%	0%
	FRA	1%	1%	0%	0%	0%	0%
	PET	1%	5%	0%	0%	0%	0%
	PRP	2%	5%	0%	0%	0%	0%
	RUI	14%	16%	1%	0%	0%	0%
	SAB	19%	19%	1%	2%	0%	0%
	SAC	10%	9%	0%	0%	0%	0%
	VIL	57%	49%	2%	1%	0%	0%
Coupe progressive irrégulière en plein avec scarifiage	BOJ	26%	1%	0%	0%	0%	0%
	ERS	82%	29%	10%	3%	2%	1%
	AUR	10%	9%	0%	0%	0%	0%
	BOP	2%	1%	0%	0%	0%	0%
	COC	9%	17%	2%	1%	0%	0%
	ERE	29%	29%	2%	1%	0%	0%
	FRA	1%	1%	0%	0%	0%	0%
	PRP	6%	12%	1%	0%	0%	0%
	RUI	3%	10%	0%	0%	0%	0%
	SAB	6%	7%	0%	1%	0%	0%
	SAC	1%	2%	0%	1%	0%	0%
	VIL	67%	52%	7%	0%	0%	0%

Tableau 16. Densité moyenne par traitement et par essence en fonction des classes de dimension

		Classe de dimension						
Traitements	Essences	5-60 cm de hauteur	61 cm- 1,5 m de hauteur	2 cm de dhp	4 cm de dhp	6 cm de dhp	8 cm de dhp	Total
Témoin	BOJ	346	208	0	0	0	0	554
	ERS	30 191	3 116	346	0	69	69	33 792
	AME	208	208	0	0	0	0	415
	COC	346	3 047	138	0	0	0	3 532
	EPB	69	0	0	0	0	0	69
	ERE	4 432	4 570	415	277	69	138	9 902
	ERP	485	0	0	0	0	0	485
	SAB	692	415	208	138	138	0	1 593
	SAC	1 246	0	0	0	0	0	1 246
	VIL	8 102	3 947	0	0	0	0	12 049

Coupe de jardinage par trouées	BOJ	1 523	762	69	0	69	0	2 424
	ERS	22 159	1 800	0	69	0	0	24 028
	AME	208	277	0	0	0	0	485
	AUR	1 454	0	0	0	0	0	1 454
	BOP	485	277	0	0	0	0	762
	COC	277	2 285	0	0	0	0	2 562
	ERE	2 077	6 578	69	0	0	0	8 725
	ERP	415	762	69	138	0	0	1 385
	ERR	1 177	2 077	69	0	0	0	3 324
	PET	0	1 593	554	0	0	0	2 147
	PRP	208	3 255	69	0	0	0	3 532
	SAB	762	900	0	0	0	69	1 731
	SAC	69	692	0	0	0	0	762
	SOA	1 385	208	0	69	0	0	1 662
	VIL	11 287	6 024	0	0	0	0	17 311
Coupe de jardinage par trouées avec scarifiage	BOJ	10 273	227	0	0	0	0	10 500
	ERS	28 705	1 284	0	0	0	0	29 990
	AUR	680	1 964	0	0	0	0	2 644
	BOP	831	76	0	0	0	0	906
	COC	906	2 795	151	0	0	0	3 853
	ERE	2 115	2 795	0	0	0	0	4 910
	ERP	227	755	0	0	0	0	982
	ERR	0	2 871	0	0	0	0	2 871
	PET	0	604	0	0	0	0	604
	PRP	906	755	0	0	0	0	1 662
	SAB	529	151	0	0	0	0	680
	SAC	1 058	2 266	0	0	0	0	3 324
	SOA	227	0	0	0	0	0	227
	VIL	14 353	6 345	0	0	0	0	20 698
Coupe progressive irrégulière en lisières	BOJ	369	0	0	0	0	0	369
	ERS	26 960	8 494	369	0	0	0	35 823
	AME	369	277	0	0	0	0	646
	BOP	0	92	0	0	0	0	92
	COC	2 124	9 140	646	185	0	0	12 095
	COR	0	369	0	0	0	0	369
	ERE	2 954	6 371	185	0	92	0	9 602
	ERP	0	185	0	0	0	0	185
	PET	0	1 293	185	0	0	0	1 477
	PRP	739	1 754	554	0	0	0	3 047
	SAB	185	0	0	0	0	0	185
	SAC	831	2 677	0	0	0	0	3 508
	VIL	9 971	9 233	0	0	0	0	19 204

Coupe progressive irrégulière en lisières avec scarifiage	BOJ	59 413	237	0	0	0	0	59 650
	ERS	35 018	3 621	0	0	0	0	38 639
	BOP	1 603	119	0	0	0	0	1 721
	COC	475	890	0	0	0	0	1 365
	EPB	59	0	0	0	0	0	59
	ERE	653	4 155	0	0	0	0	4 808
	PET	0	59	0	0	0	0	59
	PRP	7 657	11 396	237	59	0	0	19 349
	SAB	297	178	0	0	0	0	475
	SAC	1 543	5 460	0	0	0	0	7 004
	SOA	119	0	0	0	0	0	119
	VIL	3 680	1 899	0	0	0	0	5 579
Coupe progressive irrégulière en plein	BOJ	3 185	415	0	138	0	0	3 739
	ERS	37 116	2 008	69	208	0	0	39 401
	AUR	0	208	0	0	0	0	208
	BOP	69	0	0	0	0	0	69
	COC	277	2 701	0	0	0	0	2 978
	ERE	2 008	2 908	415	0	0	0	5 332
	ERP	969	208	69	0	0	0	1 246
	ERR	0	69	0	0	0	0	69
	PET	69	1 246	0	0	0	0	1 316
	PRP	69	415	0	0	0	0	485
	SAB	208	554	69	0	0	0	831
	SAC	485	831	0	0	0	0	1 316
	VIL	13 434	7 686	69	0	0	0	21 189
Coupe progressive irrégulière en plein avec scarifiage	BOJ	3 475	227	0	0	0	0	3 701
	ERS	16 770	2 342	227	151	151	76	19 716
	AUR	604	982	0	0	0	0	1 586
	BOP	76	0	0	0	0	0	76
	COC	1 058	1 586	302	0	0	0	2 946
	ERE	7 025	5 363	76	76	0	0	12 540
	PRP	227	453	0	0	0	0	680
	SAB	453	151	0	151	0	0	755
	SAC	151	151	0	151	0	0	453
	VIL	8 007	3 701	378	0	0	0	12 086