

PROGRAMME DE FINANCEMENT DE LA RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT EN AMÉNAGEMENT FORESTIER

Rapport final

COMPARAISON DE MÉTHODES D'ÉDUCATION DE PEUPEMENTS FEUILLUS ÉQUIENNES DE 32 ANS ISSUS D'UNE COUPE PAR BANDE IMPLANTATION D'UN DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL D'ÉCLAIRCIE PRÉCOMMERCIALE TARDIVE

Présenté à :

**Ministère de la Faune, des Forêts et des
Parcs (MFFP)**

Monsieur Paul Bouchard, ing. f.

Et

SÉPAQ, Station touristique de Duchesnay
René Dion, directeur adjoint et responsable des
services techniques et forestiers
Jean Dupuis, tech. for.

Par :



Centre d'enseignement et de recherche
en foresterie de Sainte-Foy inc.

Donald Blouin, ing. f., M.Sc.
Guy Lessard, ing. f., M.Sc.
Philippe Bournival, ing. f., M.Sc.
Mélanie Ruel ing. f.

FÉVRIER 2016

Mots-clés : Dispositif expérimental, bouleau jaune, éclaircie précommerciale tardive, coupe à blanc par bande, éducation, peuplement feuillu, sylviculture, intensification, peuplement équienné, Duchesnay.

Référence à citer :

Blouin, D., G. Lessard, P. Bournival et M. Ruel. 2016. Comparaison de méthodes d'éducation de peuplements feuillus équiennés de 32 ans issus d'une coupe par bande - Implantation d'un dispositif expérimental d'éclaircie précommerciale tardive. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2016-02. 58 pages + 3 annexes.

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières.....	i
Liste des figures	ii
Liste des tableaux	iii
Remerciements	iv
Résumé.....	v
Sommaire exécutif.....	vii
Introduction	10
Objectifs	11
1. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE.....	11
2. MÉTHODES.....	13
2.1. Localisation du secteur à l'étude.....	13
2.2. Historique du peuplement	14
2.3. Description du dispositif expérimental	16
2.4. Inventaire avant intervention et travaux d'éclaircie précommerciale tardive de 2013 ...	17
2.5. Plan de sondage et inventaire effectué au printemps 2014	19
2.6. Compilations et analyses.....	21
3. RÉSULTATS	25
3.1. Portrait avant intervention – Description du peuplement à 32 ans	25
3.2. Portrait avant intervention – Description des 400 plus belles tiges de bouleau jaune à l'hectare à 32 ans.....	34
3.3. Évaluation des travaux de l'EPCt effectués en 2013 et portrait après intervention.....	39
4. DISCUSSION	41
4.1. Réponses aux hypothèses.....	41
4.2. Discussions concernant le scénario sylvicole	46
5. RECOMMANDATIONS.....	51
5.1. Concernant la sylviculture en peuplement équienne feuillu	51
5.2. Concernant les cibles et les scénarios équiennes	52
5.3. Concernant le dispositif mis en place en 2013.....	52
6. CONCLUSION.....	54
RÉFÉRENCES.....	55
ANNEXES	56

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation du dispositif expérimental de coupe par bande à la station forestière de Duchesnay	13
Figure 2. Traitement de dégagement à l'européenne : étêtage des arbres nuisant aux tiges d'avenir.....	15
Figure 3. Dispositif expérimental d'éclaircie précommerciale tardive	17
Figure 4. Plan de sondage pour l'inventaire de 2013 avant les interventions d'éclaircie précommerciale tardive	18
Figure 5. Plan de sondage de l'ensemble du dispositif expérimental pour l'inventaire du printemps 2014.....	19
Figure 6. Exemple d'une tige gênante.....	20
Figure 7 : Schéma servant à identifier la zone libre de croître autour de la cime d'une tige d'avenir.....	21
Figure 8. Densité totale et densité en tiges marchandes en fonction de la position sur la pente... 26	
Figure 9. Densité totale et densité en tiges marchandes de BOJ en fonction de la position sur la pente	26
Figure 10. Densité totale des tiges de 2 cm et plus de DHP dans la bande 1 éduquée et la bande 2 non éduquée	28
Figure 11. Densité et surface terrière des tiges marchandes toutes essences dans la bande 1 éduquée et la bande 2 non éduquée	29
Figure 12. Densité et surface terrière des tiges marchandes de bouleau jaune dans la bande 1 éduquée et la bande 2 non éduquée	29
Figure 13. Surface terrière totale en bouleau jaune dans la bande 1 éduquée et la bande 2 non éduquée.....	30
Figure 14. Densité totale des tiges d'essences non désirées dans les bandes 1 et 2.....	30
Figure 15. Densité totale des tiges de hêtres à grandes feuilles dans les bandes 1 et 2	30
Figure 16. Densité et surface terrière totales des tiges de PRP dans la bande 1 éduquée et de la bande 2 non éduquée	30
Figure 17. DHP moyen des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha dans les bandes 1 et 2.....	35
Figure 18. Hauteur moyenne de la plus basse branche vivante des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha dans les bandes 1 et 2.....	35
Figure 19. Rayon moyen de la cime des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha dans les bandes 1 et 2.....	36
Figure 20. Surface de cime moyenne des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha dans les bandes 1 et 2.....	36
Figure 21. DHP moyen des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha en fonction de la position sur la pente.....	37
Figure 22. Proportion des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha libres de croître en fonction des traitements.....	40
Figure 23. Rondelles de tiges récoltées lors des interventions d'éclaircie précommerciale tardive en 2013 illustrant un ralentissement abrupt de croissance depuis les 14 dernières années (âge total ici 40 ans).....	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Comparaison des paramètres descriptions entre les deux bandes à 27 ans.	15
Tableau 2. Nombre d'unités expérimentales et superficie considérées pour chacun des types de traitement et de bande	16
Tableau 3. Nombre de placettes considérées en fonction de leur position sur la pente pour les analyses visant à comparer la bande éduquée et la bande non éduquée et superficie	22
Tableau 4. Nombre d'arbres études mesurés en fonction de leur position sur la pente dans la bande éduquée et la bande non éduquée et superficie	23
Tableau 5. Nombre de placettes et superficie considérées en fonction des blocs et des traitements considérées pour les analyses statistiques	23
Tableau 6. Nombre d'arbres-études et superficie considérés en fonction des blocs et des traitements considérés pour les analyses statistiques	24
Tableau 7. Densité, surface terrière et diamètre moyen quadratique en fonction de la position sur la pente et des essences	25
Tableau 8. Densité, surface terrière et diamètre moyen quadratique en fonction des deux bandes et des essences	28
Tableau 9. Densité et surface terrière totale moyenne selon la fonction sylvicole des tiges en fonction des bandes et des essences	31
Tableau 10. Densités, surfaces terrières et diamètre moyen quadratique initial en fonction des traitements et des essences	33
Tableau 11. Portrait des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha dans les bandes 1 et 2 en fonction de la position sur la pente	34
Tableau 12. Coefficients de forme des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha dans les bandes 1 et 2 en fonction de leur position sur la pente	37
Tableau 13. Proportion de tiges libres de croître parmi les 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha des 2 bandes en fonction de la position sur la pente.....	37
Tableau 14. Portrait avant intervention des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha en fonction des traitements	38
Tableau 15. Densité des tiges avant et après intervention d'EPCt, martelage et prélèvement par essence	39
Tableau 16. Surface terrière des tiges avant et après intervention d'EPCt, martelage et prélèvement par essence.....	40
Tableau 17. Proportion des 400 plus belles tiges d'avenir/ha de BOJ libres de croître par traitement	40

REMERCIEMENTS

Le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) tient à remercier le ministère de la Faune, de la Forêt et des Parcs (MFFP) pour son soutien financier dans le cadre du Programme de financement de la recherche et développement en aménagement forestier (PFRDAF), et, plus particulièrement, M. Paul Bouchard. Nous tenons également à remercier MM. René Dion et Jean Dupuis de la SÉPAQ ainsi que Services forestiers Pierre Brousseau pour les travaux d'inventaire forestier. Nous aimerions remercier Mme Pauline Suffice et M. Cédric Marcotte pour leur participation aux travaux de martelage et M. Jean Morin de Vert Forêt pour la réalisation des travaux d'éclaircie précommerciale tardive.

RÉSUMÉ

Dans les années 70 et 80, le procédé de régénération par coupe par bande a été largement utilisé pour la récolte dans les peuplements feuillus dégradés. Pour assurer la survie et la croissance des tiges de BOJ et favoriser la production de bois de haute qualité, des interventions sylvicoles sont nécessaires. À la station de Duchesnay, le programme du CERFO s'intéresse à la production de bois d'œuvre de haute qualité en BOJ, en l'occurrence ici, la poursuite d'une cible de 200 tiges à l'hectare de bouleau jaune avec 4 billes de déroulage par tige, déterminée par le professeur Pierre Ricard.

Les objectifs sont:

1. de comparer deux bandes de 32 dont l'une a été éduquée en bas âge par des dégagements à l'europpéenne (1987 ; 1992), un élagage (1992) et une taille de formation (1994) et l'autre non ;
2. d'évaluer la qualité des travaux d'éclaircie précommerciale tardive (EPCt) réalisés en 2013 ;
3. de permettre d'évaluer à plus long terme l'impact des EPCt sur différents paramètres en implantant un dispositif expérimental.

Trente-deux ans après la coupe, la bande traitée avec le dégagement à l'europpéenne (nettoisement) présente plus de tiges marchandes en général, plus de tiges de bouleau jaune marchandes et plus de tiges dans les classes 6 cm à 16 cm. Cependant pour les tiges de plus de 18 cm de DHP, il n'y a pas de différence dans le nombre de tiges, laissant supposer que, traitement ou non, les plus grandes tiges s'affranchissent de la compétition. La densité moyenne totale de tiges/ha est plus élevée dans la bande non éduquée comparativement à la bande éduquée, s'expliquant principalement par une densité en essences compétitrices plus élevée dans la bande non éduquée. La hauteur utilisable (hauteur sans branches) a été légèrement favorisée par le maintien d'une pression latérale et l'élagage ne permettant toutefois pas d'obtenir pour l'instant une bille de tronc de plus dans le peuplement éduqué.

Le jeune peuplement serait dans une phase de ralentissement de croissance; mais la situation diffère selon les bandes : dans la bande non traitée, les espèces non longévives s'éliminent libérant les BOJ favorisant leur croissance en DHP, leur rayon de cime et la surface de leur cime (plus élevés dans cette bande pour les 400 plus belles tiges de BOJ/ha); dans la bande traitée, la

compétition est intraspécifique, les tiges s'étiolent, les BOJ ne sont pas libérés, mais les co-dominants et intermédiaires favorisent l'élagage.

L'installation du dispositif expérimental d'EPCt (10,1 ha) comprend 18 unités expérimentales (UE), dont 6 témoins, 6 traitées par EPCt à l'hiver 2013 et 6 qui seront traitées par EPCt en 2023. Les tests confirment que le blocage (bande et position sur la pente) contrôle la variabilité du terrain. De plus, les densités et surfaces terrières (totales et marchandes) et celles du BOJ (totale et marchande) sont similaires au point de départ entre les unités traitées et non traitées.

Les travaux d'EPCt réalisés en 2013 respectent le martelage et préservent les tiges martelées positivement. Le nombre de tiges d'avenir blessées est presque nul. De plus, une plus grande proportion de tiges sont libres de croître parmi les plus beaux BOJ identifiés.

Dans le scénario choisi pour atteindre les cibles retenues, l'éducation en très bas âge a permis de constituer une cohorte de tiges utiles. La longue période sans intervention, prévue à l'origine pour maintenir le peuplement serré et favoriser l'élagage, entraîne un sacrifice de croissance. Est-ce qu'un dégagement dans la fenêtre opérationnelle autour de 18 ans aurait permis d'éviter le ralentissement de croissance et favoriser la dominance hiérarchique des arbres d'avenir sélectionnés, tout en maintenant une pression latérale et de nombreuses tiges marchandes de remplacement ?

SOMMAIRE EXÉCUTIF

Dans les années 80, le procédé de régénération par coupe par bande a été largement utilisé pour la récolte dans les peuplements feuillus dégradés. Lorsque des semenciers de bouleaux jaunes (BOJ) étaient présents en nombre suffisant, que le sol avait bénéficié d'un bouleversement adéquat et que la récolte se faisait lors d'une bonne année semencière, l'intervention permettait de créer des conditions favorables à l'installation d'une régénération abondante. Cependant, l'apport en lumière généré par la récolte, bénéfique à certaines espèces désirées, engendrait fréquemment une féroce compétition par l'envahissement d'essences concurrentes et agressives. Pour assurer la survie et la croissance des tiges de BOJ et favoriser la production de bois de haute qualité, des interventions sylvicoles sont recommandées.

Le programme de recherche du CERFO concernant la futaie équiennne consiste à préciser les meilleurs scénarios sylvicoles pour la production de bois d'œuvre de haute qualité en BOJ, en l'occurrence, ici, la poursuite d'une cible de 200 tiges à l'hectare de bouleau jaune avec 4 billes de déroulage par tige, déterminée par feu le professeur Pierre Ricard. Les objectifs du présent projet sont :

1. de comparer un peuplement équiennne de 32 ans éduqué en bas âge avec un peuplement non éduqué ;
2. d'évaluer la qualité des travaux d'éclaircie précommerciale tardive (EPCt) réalisés en 2013 ;
3. de permettre d'évaluer à plus long terme l'impact des EPCt sur la densité du peuplement, la croissance des BOJ (diamètre moyen quadratique, surface terrière et volume de bois d'œuvre), sur la qualité des tiges et le contrôle de la compétition en implantant un dispositif expérimental.

Les deux bandes à l'étude, issues d'une coupe à blanc par bande réalisée en 1981 à la station forestière de Duchesnay, sont localisées dans le sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'est (sous région écologique 4d-M, Unité de paysage 55 à faible indice d'aridité). Une des bandes a été éduquée en bas âge par des dégagements à l'européenne (1987 ; 1992) (nettoisement), un élagage (1992) et une taille de formation (1994). La deuxième bande n'a bénéficié d'aucun traitement. Les deux bandes sont situées parallèlement à la pente.

Le suivi du printemps 2014 a permis de comparer les bandes. Trente-deux ans après la coupe, la bande traitée avec le dégagement à l'européenne (nettoisement) présente plus de tiges de bouleau jaune marchandes et plus de tiges dans les classes 6 cm à 16 cm. Cependant pour les tiges de plus

de 18 cm de DHP, il n'y a pas de différence dans le nombre de tiges, laissant supposer que traitement ou non, les plus grandes tiges s'affranchissent de la compétition. La ramification sympodiale du bouleau jaune lui permettrait de développer une expansion de cimes avantageuse en multipliant parfois la quantité de branches et de fourches ; par contre, ces attributs sont moins prisés pour la production de bois d'œuvre. Sa grégarité favoriserait également son positionnement hiérarchique dans le peuplement.

La densité moyenne totale de tiges/ha est plus élevée dans la bande non éduquée (3 947 ti/ha) comparativement à la bande éduquée (3 375 ti/ha) alors que la surface terrière n'est pas significativement différente. La différence de densité totale s'explique principalement par une densité en essences compétitrices plus élevée dans la bande non éduquée (1 274 ti/ha contre 768 ti/ha) qui n'a pas eu de dégagement à l'européenne puisque la densité totale en BOJ n'est pas significativement différente. L'effet de l'intervention en bas âge se manifeste également sur les tiges marchandes de 10 cm et plus de DHP, la densité et la surface terrière toutes essences (éduquée : 1 579 ti/ha et 22,9 m²/ha ; non éduquée : 1 240 ti/ha et 20,4 m²/ha) et en BOJ (éduquée : 1 420 ti/ha et 20 m²/ha ; non éduquée : 1 017 ti/ha et 17,1 m²/ha) sont supérieures dans la bande éduquée.

L'étude des 400 plus belles tiges de BOJ/ha démontre que leur DHP est inférieur dans la bande éduquée (15,9 cm comparativement à 16,7 cm) ainsi que leur rayon de cime (1,6 m comparativement à 1,8 m) et la surface de leur cime (8,8 m² comparativement à 11,1 m²). D'ailleurs, en 2014, ces tiges ne sont pas significativement plus libres de croître dans la bande éduquée (48 % contre 36 %), cette caractéristique étant empreinte d'une grande variabilité. La hauteur utilisable (hauteur sans branches) a été favorisée par le maintien d'une pression latérale et l'élagage (8,1 m versus 7,6 m), ne permettant toutefois pas d'obtenir, pour l'instant, une bille de tronc de plus dans le peuplement éduqué.

Le jeune peuplement serait dans une phase de ralentissement de croissance, confirmé par l'observation des cernes des découpes de tiges et déjà observé après 27 ans (2008). Mais la situation diffère selon les bandes : dans la bande non traitée, les espèces non longévives s'éliminent libérant les BOJ ; dans la bande traitée, la compétition interspécifique s'effectue au sein d'une espèce semi-tolérante, les tiges s'étiolent, les BOJ ne sont pas libérés, mais les co-dominants et intermédiaires continuent à favoriser l'élagage. L'effet du nettoyage sur la croissance s'est estompé et la densité intraspécifique limite la croissance en DHP et l'expansion des cimes.

En 2014, le projet a aussi permis d'installer un dispositif expérimental d'EPCt (10,1 ha) et d'évaluer l'état initial du peuplement pour les futurs suivis. Le dispositif expérimental comprend 18 unités expérimentales (UE), dont 6 témoins, 6 traitées par éclaircie précommerciale tardive à l'hiver 2013 et 6 qui seront traitées par éclaircie précommerciale tardive en 2023. Les tests ont confirmé que le blocage (bande et position sur la pente) contrôle la variabilité du terrain. De plus, les analyses confirment que les densités et surfaces terrières totales, marchandes et celles du BOJ (totale et marchande) étaient similaires au point de départ entre les unités traitées et non traitées.

Les travaux d'EPCt réalisés en 2013 ont respecté le martelage et préservé les tiges martelées positivement. Le nombre de tiges d'avenir blessées est presque nul (3 ti/ha). De plus, ils ont permis d'obtenir une plus grande proportion de tiges libres de croître parmi les plus beaux BOJ identifiés (EPCt2013 = 61 % libres; l'EPCt2023 = 37 % libres; témoin = 25 % libres). En fait, si l'on tolère l'oppression sur une face, la proportion de tiges libres de croître après traitement grimpe à 96 %.

Dans le scénario choisi pour atteindre les cibles retenues, l'éducation en très bas âge a permis de constituer une cohorte de tiges utiles. Par contre, attendre par la suite, entraîne un sacrifice de croissance. Prévu à l'origine afin de maintenir le peuplement serré pour favoriser l'élagage de la troisième, mais surtout de la quatrième bille de déroulage, est-ce qu'un dégagement dans la fenêtre opérationnelle de 18 à 22 ans aurait permis d'éviter le ralentissement de croissance et la dominance hiérarchique des arbres d'avenir sélectionnés, tout en maintenant une pression latérale et de nombreuses tiges marchandes de remplacement ? Ceci reste une option à explorer tout comme le choix de cibles de 3 billes de déroulage par tige. L'exploration de différents régimes d'éclaircie qui vient d'être amorcée devrait permettre, lorsque le peuplement traité se sera affranchi de cette phase de stagnation (avec ou sans intervention), de vérifier l'obtention d'une bille de plus de déroulage par tige, d'une meilleure répartition par produit dans les tiges d'avenir en raison d'un maintien plus grand de tiges marchandes de remplacement.

INTRODUCTION

Dans les années 80, le procédé de régénération par coupe par bande a été largement utilisé pour la récolte dans les peuplements feuillus dégradés. Lorsque des semenciers de bouleaux jaunes (BOJ) étaient présents en nombre suffisant, que le sol avait bénéficié d'un bouleversement adéquat et que la récolte se faisait lors d'une bonne année semencière, l'intervention permettait de créer des conditions favorables à l'installation d'une régénération abondante. Cependant, l'apport en lumière généré par la récolte, bénéfique à certaines espèces désirées, engendrait fréquemment une féroce compétition par l'envahissement d'essences concurrentes et agressives. Pour assurer la survie et la croissance des tiges de BOJ et favoriser la production de bois de haute qualité, des interventions sylvicoles sont recommandées.

Le programme de recherche du CERFO concernant la futaie équienne consiste à préciser les meilleurs scénarios sylvicoles pour la production de bois d'œuvre de haute qualité en BOJ, dans le cas présent, ici, la poursuite d'une cible de 200 tiges à l'hectare de bouleau jaune avec 4 billes de déroulage par tige, déterminée par feu le professeur Pierre Ricard pour ce secteur de la station forestière de Duchesnay. Les objectifs du présent projet sont :

1. de comparer un peuplement équienne de 32 ans éduqué en bas âge avec un peuplement non éduqué ;
2. d'évaluer la qualité des travaux d'éclaircie précommerciale tardive (EPCt) réalisés en 2013 ;
3. de permettre d'évaluer à plus long terme l'impact des EPCt sur la densité du peuplement, la croissance des BOJ (diamètre moyen quadratique, surface terrière et volume de bois d'œuvre), sur la qualité des tiges et le contrôle de la compétition en implantant un dispositif expérimental.

Les deux bandes à l'étude, issues d'une coupe à blanc par bande réalisée en 1981, sont localisées dans le sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'est (sous région écologique 4d-M, Unité de paysage 55 à faible indice d'aridité). Une des bandes a été éduquée en bas âge par des dégagements à l'européenne (1987 ; 1992) (nettoisement), un élagage (1992) et une taille de formation (1994). La deuxième bande n'a bénéficié d'aucun traitement entre 1981 et 2013. Les deux bandes sont situées parallèlement à la pente.

Le peuplement étant entré dans une phase de ralentissement importante, facilement observable par l'étiollement des tiges, la question d'intervenir pour favoriser la croissance s'est posée. Mais quel est le meilleur moment, immédiatement (2013), faut-il retarder encore pour laisser la

sélection naturelle s'exprimer et favoriser un plus grand élagage naturel (2023), ou est-il même une dizaine d'années trop tard ?

OBJECTIFS

Le but du projet consiste à préciser le meilleur scénario sylvicole pour la production de bois d'œuvre de haute qualité en bouleau jaune dans les peuplements équiennes. Les objectifs sont :

1. Comparer un peuplement équienne de 32 ans éduqué en bas âge avec un peuplement non éduqué quant à leur :
 - a. Densité de tiges/ha marchandes et non marchandes, surface terrière et qualité des tiges de BOJ (DHP, hauteur sans branches, symétrie de la cime, surface de la cime), distribution diamétrale ;
 - b. la prévalence des essences compétitrices.
2. Évaluer la qualité des travaux d'EPC tardive réalisés en 2013.
3. Permettre d'évaluer à plus long terme l'impact de l'EPC tardive sur la densité du peuplement, la croissance des BOJ (diamètre moyen quadratique, surface terrière et volume de bois d'œuvre), sur la qualité des tiges et le contrôle de la compétition.

1. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Cette section présente les hypothèses de recherche qui guideront les analyses des données à effectuer dans le cadre de ce projet.

COMPARAISON DE LA BANDE ÉDUQUÉE (BANDE 1) ET DE LA BANDE NON ÉDUQUÉE (BANDE 2) DU PEUPEMENT DE 32 ANS

1. La densité de tiges à l'hectare et la surface terrière sont supérieures dans la bande non éduquée puisqu'aucune tige n'a été coupée entre 1981 et 2013.
2. Le DHP moyen des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha est supérieur dans la bande éduquée puisque les interventions de dégagement à l'européenne ont permis de meilleurs accroissements.
3. Les 400 plus belles tiges de BOJ/ha bien réparties subissent moins de compétition dans la bande éduquée puisque les dégagements à l'européenne ont éliminé plusieurs tiges compétitrices.
4. Les 400 plus belles tiges de BOJ/ha bien réparties possèdent une cime plus large et plus symétrique dans la bande éduquée car les dégagements à l'européenne ont permis aux cimes une meilleure croissance.

5. La hauteur des troncs sans branches des 400 plus belles tiges de BOJ/ha bien réparties est plus élevée dans la bande éduquée qui a bénéficié d'un élagage en 1992.

ÉVALUATION DE LA VALIDITÉ DU DESIGN DU DISPOSITIF D'ÉCLAIRCIE PRÉCOMMERCIALE TARDIVE

6. Avant intervention, il n'y a pas de différence significative de densité, surface terrière et caractéristiques des 400 plus beaux BOJ/ha bien répartis en fonction des blocs (bande et position sur la pente) du dispositif expérimental planifié.
7. Avant intervention, il n'y a pas de différence significative de densité, surface terrière et caractéristiques des 400 plus beaux BOJ/ha bien répartis en fonction des traitements du dispositif expérimental planifié.

ÉVALUATION DES TRAVAUX D'ÉCLAIRCIE PRÉCOMMERCIALE TARDIVE EFFECTUÉS EN 2013

8. Les travaux d'éclaircie précommerciale tardive réalisés en 2013 ont été bien faits et ont respecté la prescription.
9. Les 400 plus beaux BOJ/ha bien répartis sont plus libres de croître dans les unités expérimentales ayant bénéficié d'une éclaircie précommerciale tardive en 2013.

2. MÉTHODES

2.1. LOCALISATION DU SECTEUR À L'ÉTUDE

Le secteur à l'étude est localisé à la station forestière de Duchesnay à environ 40 km au nord-ouest de la ville de Québec. Il est situé sur le type écologique de l'érablière à bouleau jaune de drainage mésique (FE32) dans le sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est et la sous-région écologique des hautes collines de St-Tite-des-Caps (4d-M) (Figure 1 et Annexe 1). Il appartient à l'unité de paysage régional #55 intitulée Lac Saint-Joseph et Saint-Tite-des-Caps. Les précipitations moyennes annuelles sont de 1 200 à 1 600 mm par année, la température annuelle moyenne est de 2,5°C, la saison de croissance est de 150 à 170 jours par année et les degrés-jours de croissance varient entre 1 800 et 2 600°C (Robitaille et Saucier, 1998). Il s'agit d'un territoire plus humide que les unités de paysage de la plaine du Saint-Laurent, ce qui pourrait avoir une incidence majeure sur la survie des jeunes bouleaux jaunes.

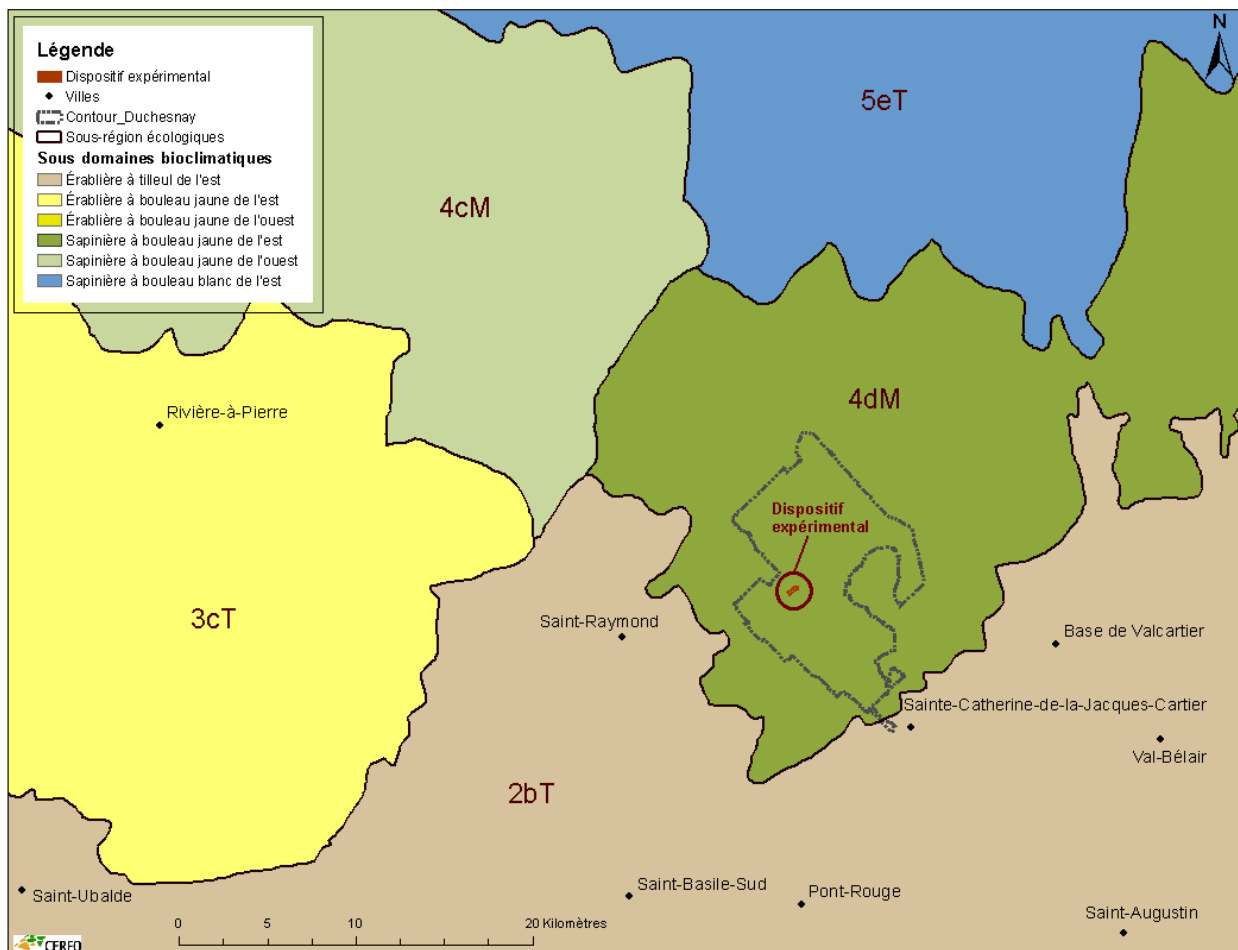


Figure 1. Localisation du dispositif expérimental de coupe par bande à la station forestière de Duchesnay

2.2. HISTORIQUE DU PEUPEMENT

La superficie étudiée est issue d'un peuplement qui était principalement composé d'érables à sucre (*Acer saccharum Marsh.*), de bouleaux jaunes (*Betula alleghaniensis Britton*), de hêtres à grandes feuilles (*Fagus grandifolia Ehrh.*) et d'érables rouges (*Acer rubrum L.*) traité par coupe à blanc par bande en 1981. La récolte a été réalisée de septembre à décembre selon un procédé par arbre entier, ce qui a eu pour effet de brasser le sol. Les sentiers de débardage ont été localisés en bordure des bandes.

À partir de 1987, ces bandes ont été suivies et traitées par des enseignants et des étudiants du département des technologies du bois et de la forêt du Cégep de Sainte-Foy. L'objectif de production fixé par le professeur Pierre Ricard était la production de deux billes de 16 pieds 8 pouces (5 m) de longueur par bouleau jaune à 90 ans sur 200 tiges à l'hectare. De plus, la première des deux billes devait être parfaite pour le déroulage (description du scénario sylvicole en annexe 3).

Le premier suivi de 1987 indiquait que la régénération était composée de 37 000 tiges/ha de plus de 30 cm de hauteur, dont 35 % en bouleau jaune, 23 % en érable, 23 % en hêtre à grandes feuilles et 20 % en essences non commerciales (ex. : *Prunus pensylvanica L.f.*, *Acer spicatum Lam.*). Cependant, la distribution de la régénération en bouleau jaune était inégale. De plus, la concurrence par le framboisier (*Rubus idaeus L.*), l'érable de Pennsylvanie (*Acer pensylvanicum L.*) et le cerisier de Pennsylvanie (*Prunus pensylvanica L.f.*) était très forte.

Un premier dégagement à l'euro péenne a été appliqué en 1987 afin d'étêter les essences non commerciales concurrentes (Figure 2). Ce traitement a permis de libérer en hauteur les essences commerciales tout en maintenant une pression latérale pour favoriser l'élague naturel. En 1992, un second dégagement à l'euro péenne a été réalisé. Cette fois, les plus grosses branches basses situées dans le premier 8 pieds ont également été éliminées. Une taille de formation de toutes les tiges appartenant à l'étage supérieur du peuplement a été réalisée en 1994 afin de compléter la préparation de la bille de pied. L'opération de dégagement à l'euro péenne correspond en partie au nettoyage indiqué dans le Tome 2 du Guide sylvicole du Québec (MRN, 2013).

Dégagement à l'européenne

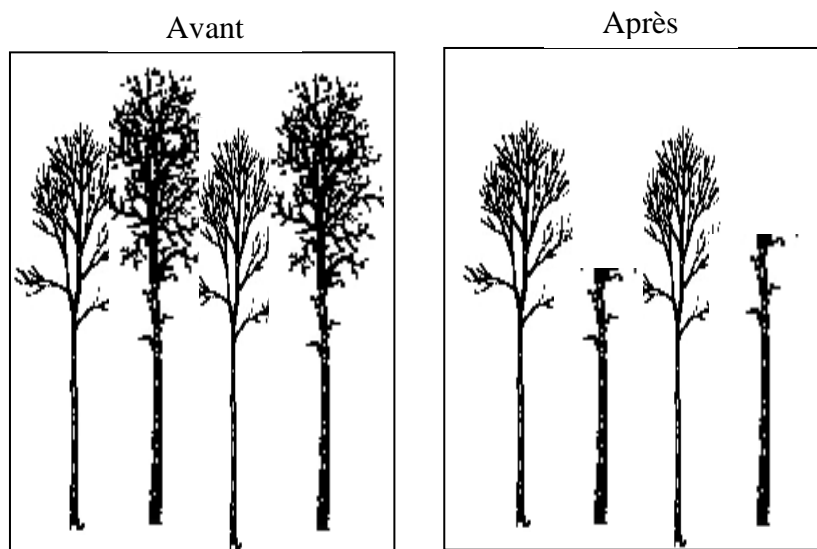


Figure 2. Traitement de dégagement à l'européenne : étêtage des arbres nuisant aux tiges d'avenir

Le tableau 1 compare les paramètres des deux bandes en 2008. On peut observer que le dégagement à l'européenne a permis de diminuer le nombre total de tiges à l'hectare, tout en augmentant le nombre total de tiges marchandes à l'hectare et, particulièrement, celles de bouleau jaune. Les diamètres moyens toutes essences et pour le bouleau jaune sont plus élevés, comme la surface terrière totale et l'accroissement en surface terrière ainsi que l'augmentation de la hauteur sans branches. Par contre, le diamètre moyen des 400 plus belles tiges de BOJ d'avenir/ha est inférieur : ceci pourrait peut-être s'expliquer par l'accompagnement de tiges non longévives qui commencent à s'éliminer dans la bande non traitée, libérant la croissance des BOJ d'avenir.

Tableau 1. Comparaison des paramètres descriptions entre les deux bandes à 27 ans

	Bande éduquée (Bande 1)	Bande non éduquée (Bande 2)
Nombre de tiges/ha	3 533	5 080
Nombre de tiges/ha marchandes	1 573	1 003
Nombre de tiges/ha BOJ	2 787	2 687
Nombre de tiges/ha marchandes BOJ	1 447	840
DHP moyen toutes essences des tiges de 2 cm et plus	8,41 cm	6,58 cm
DHP moyen BOJ des tiges de 2 cm et plus	9,31 cm	7,44 cm
Surface terrière marchande	19,8 m ² /ha	13,6 m ² /ha
Accroissement annuel moyen en surface terrière	0,73 m ² /ha	0,50 m ² /ha
DHP 400 plus belles tiges de BOJ d'avenir/ha	14,3 cm	15,1 cm

	Bande éduquée (Bande 1)	Bande non éduquée (Bande 2)
Longueur du tronc sans branches 400 plus belles tiges de BOJ d'avenir/ha	6,22 m	5,22 m

2.3. DESCRIPTION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Dans le cadre de ce projet, un dispositif expérimental d'éclaircie précommerciale tardive (EPCt) en plan aléatoire par blocs de 10,1 ha a été planifié et installé dans les deux bandes issues de la coupe par bande de 1981 (Figure 3). Comme mentionné précédemment, la bande 1 a bénéficié d'un premier dégagement à l'européenne en 1987 et d'un second en 1992. De plus, dans la bande 1, les plus grosses branches basses situées dans le premier 8 pieds ont été éliminées en 1992 et en 1994, une taille de formation de toutes les tiges appartenant à l'étage supérieur du peuplement a été réalisée. La bande 2 n'a pas été traitée (Figure 3).

Le dispositif expérimental par blocs comprend un total de 18 unités expérimentales (UE), dont 6 UE témoins, 6 traitées à l'hiver 2013 et 6 qui seront traitées 10 ans après la première EPCt en 2023 (tableau 2). Les 6 blocs permettent de contrôler l'influence de la pente (Figure 3). Le tableau 2 présente la répartition des UE en fonction des traitements et de bandes ainsi que les superficies associées.

Tableau 2. Nombre d'unités expérimentales et superficie considérés pour chacun des types de traitement et de bande

Traitements	Bande éduquée		Bande non éduquée		TOTAL	
	Nombre d'UE	Superficie (ha)	Nombre d'UE	Superficie (ha)	Nombre d'UE	Superficie (ha)
EPCt 2013	3	2,12	3	1,39	6	3,51
EPCt 2023	3	1,96	3	1,26	6	3,22
Témoin	3	1,99	3	1,38	6	3,37
Total	9	6,07	9	4,03	18	10,10

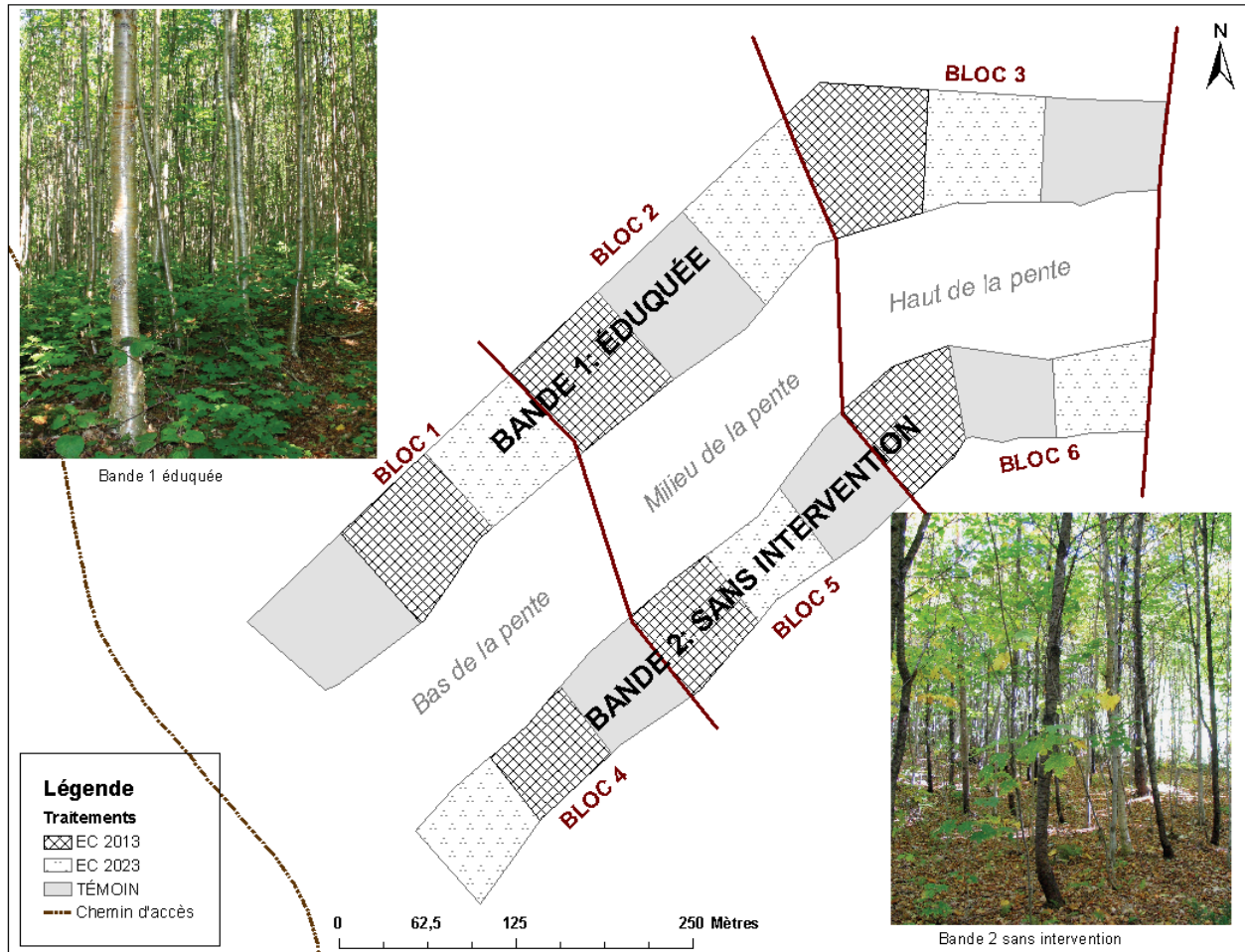


Figure 3. Dispositif expérimental d'éclaircie précommerciale tardive

2.4. INVENTAIRE AVANT INTERVENTION ET TRAVAUX D'ÉCLAIRCIE PRÉCOMMERCIALE TARDIVE DE 2013

En 2013, préalablement à l'EPCt, un inventaire a été réalisé pour évaluer la densité et la surface terrière par essence ainsi que la fonction sylvicole des tiges (avenir, gênant, hygiène ou remplissage) et la classification MSCR. Le plan de sondage est présenté à la figure 4. Des placettes de 5,64 m de rayon ont été réalisées. Un martelage positif et négatif a été effectué dans les 6 UE faisant l'objet de travaux d'éclaircie précommerciale tardive en 2013. Les tiges martelées ont également été notées sur les formulaires d'inventaire.

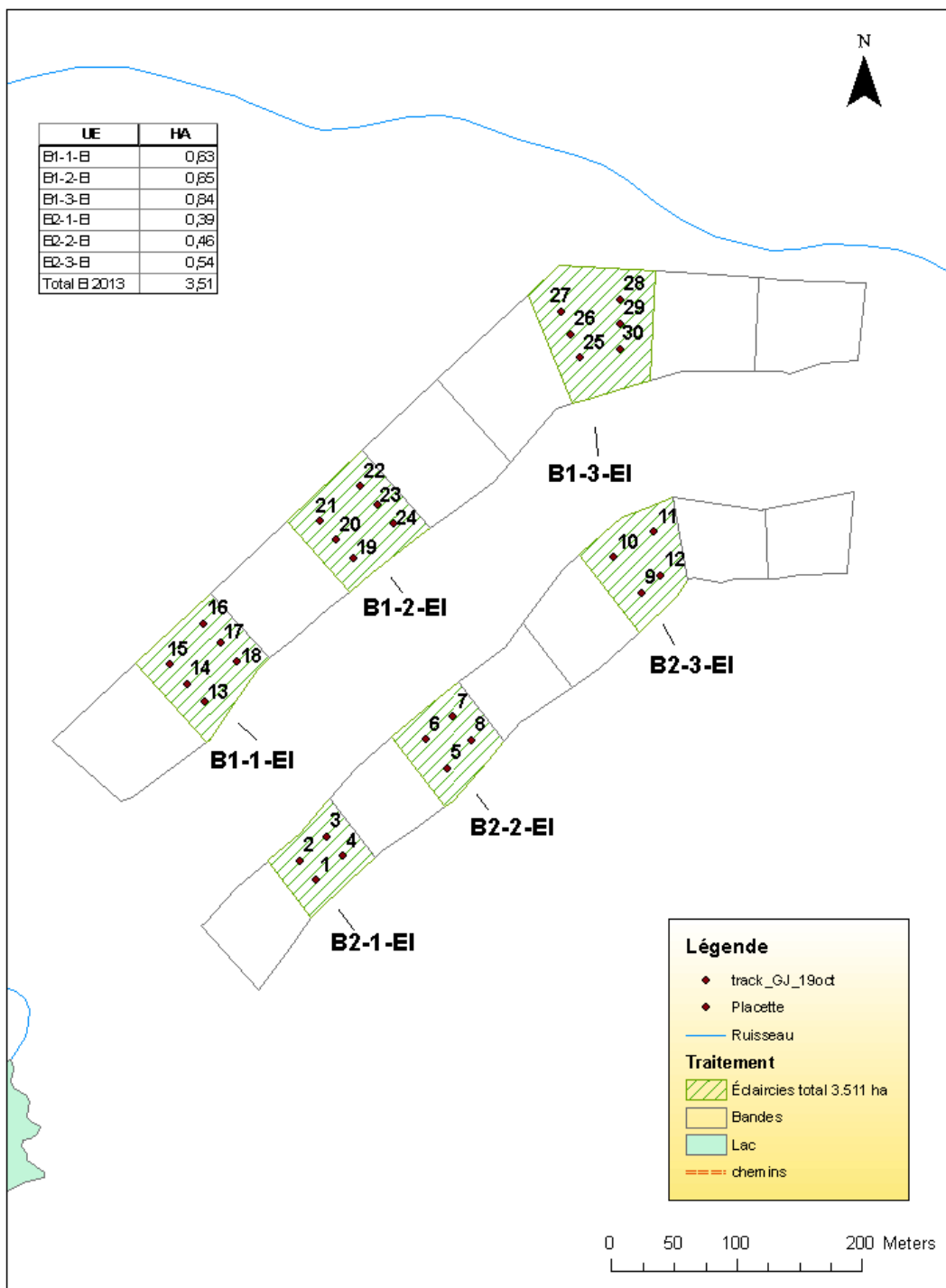


Figure 4. Plan de sondage pour l'inventaire de 2013 avant les interventions d'éclaircie précommerciale tardive

Les travaux ont été effectués manuellement à l'hiver 2013. La majorité des tiges coupées ont été laissées sur le parterre, les tiges les plus facilement accessibles ont été débitées et débardées en motoneige pour la production de bois de chauffage.

2.5. PLAN DE SONDAGE ET INVENTAIRE EFFECTUÉ AU PRINTEMPS 2014

Au printemps 2014, un inventaire couvrant la totalité du dispositif expérimental a été réalisé permettant de dresser le portrait initial des unités expérimentales non traitées et de faire le suivi des travaux effectués dans les UE traitées par éclaircie précommerciale tardive à l'hiver 2013 (EPCt2013). Ce sont 77 placettes permanentes de 5,64 m de rayon qui ont été installées dans tout le dispositif (Figure 5). Elles ont été identifiées à l'aide d'une fiche métallique munie d'un ruban d'hiver bleu et d'une étiquette métallique. De plus, les 4 plus beaux bouleaux jaunes d'avenir bien répartis de chaque placette¹ ont été identifiés avec de la peinture bleue (numérotés de 1 à 7) parce qu'à l'origine, certaines tiges étaient situées à l'extérieur de la placette et ont été éliminées de l'inventaire) et leur distance et leur azimut par rapport au centre ont été notés.

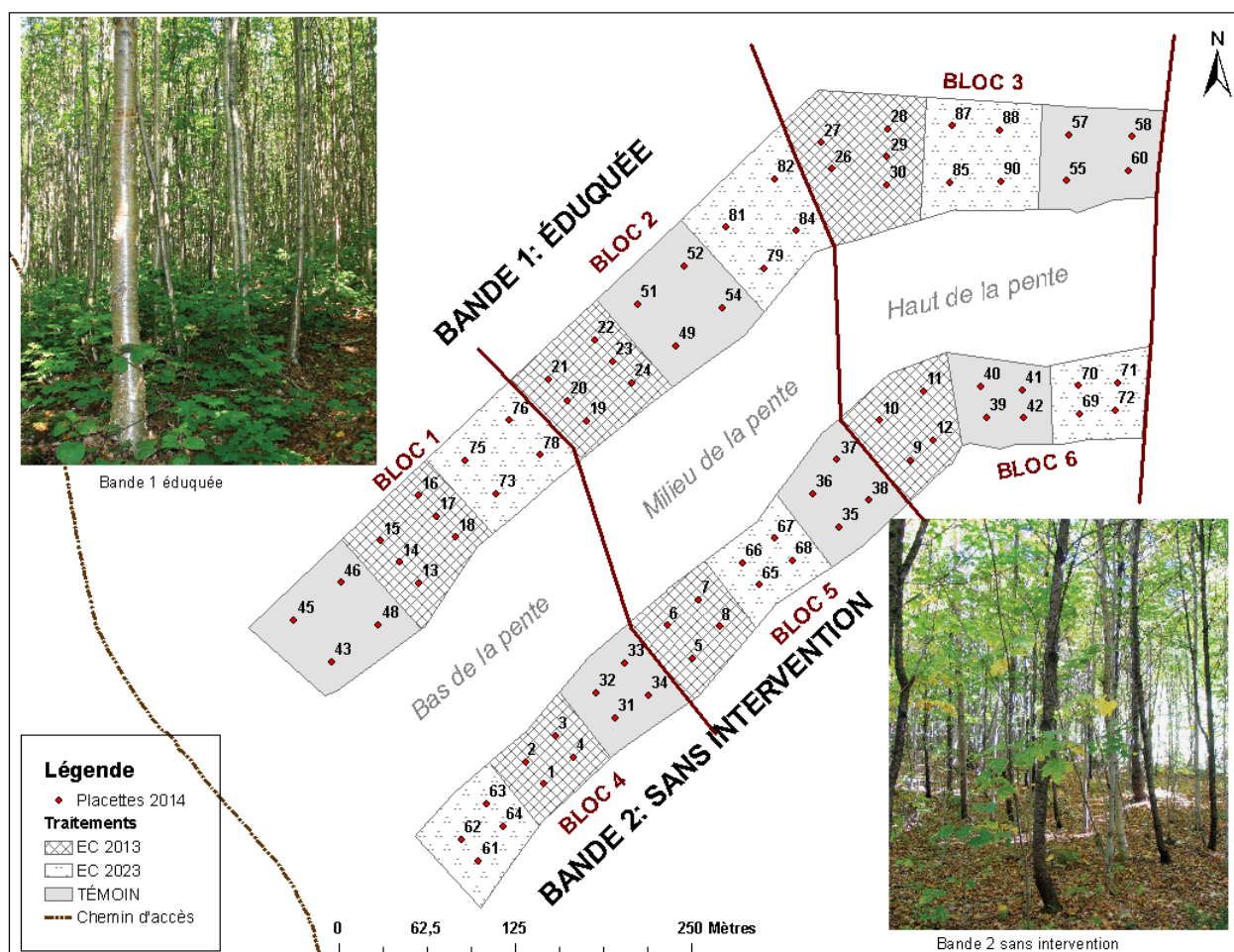


Figure 5. Plan de sondage de l'ensemble du dispositif expérimental pour l'inventaire du printemps 2014

¹ La répartition des BOJ d'avenir a été validée de deux manières : d'abord par la recherche de 4 tiges d'avenir par place-échantillon, puis en s'assurant que chacune de ces tiges soit bien espacée à l'intérieur de la place-échantillon.

Dans ces placettes, toutes les tiges ayant un diamètre à hauteur de poitrine (DHP) de 2 cm ou plus ont été mesurées en débutant au nord et en tournant dans le sens horaire. L'essence, la classe de DHP, la classification MSCR, l'étage auquel il appartient (vétérane, dominante, codominante, intermédiaire ou surcimé)² et la classe sylvicole (avenir, remplissage, gênante, hygiène) ont été évalués. Pour la classe sylvicole « avenir », les arbres devaient correspondre aux essences désirées présentant les caractéristiques permettant d'atteindre l'objectif de production optimal fixé. Pour être une tige d'avenir, la tige doit faire partie du couvert dominant, être droite, saine et ne présenter aucun défaut. Les tiges sont classées « gênantes » (Figure 6) seulement si elles nuisent au bon développement et à la croissance des tiges d'avenir. Les tiges gênantes ne se limitent donc pas aux tiges de faible vigueur (M ou S). Une tige est classée « hygiène » dans le cas où elle présente des signes de maladie ou qu'elle est en voie de dégradation. Enfin, toutes les autres tiges utiles pour favoriser la croissance et l'éducation des arbres sont classées « remplissage ». Pour les placettes se trouvant dans les unités éclaircies, on vérifiait si les tiges martelées positivement avaient été coupées, renversées ou blessées et si les tiges martelées négativement avaient été récoltées.

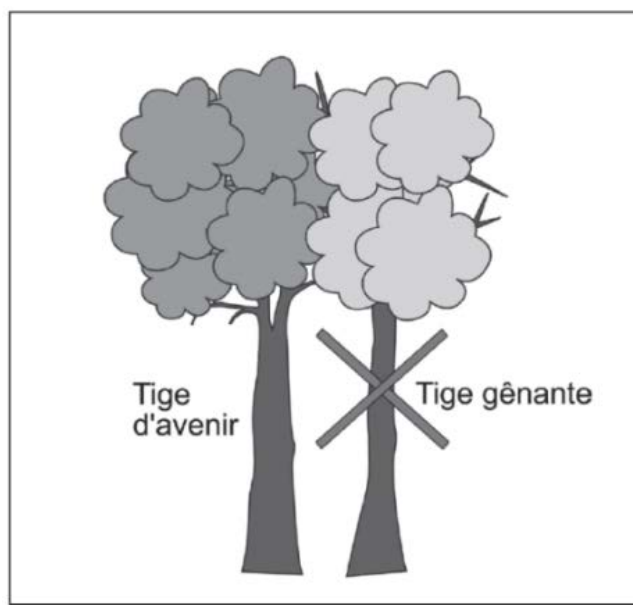


Figure 6. Exemple d'une tige gênante

² Vétérane : dépasse la partie supérieure du peuplement ;

Dominante : appartient à l'étage supérieur des cimes ;

Codominante : la cime, tout en participant à l'étage supérieur des cimes, se situe dans la moyenne de hauteur du peuplement ;

Intermédiaire : la cime ne participe pas à l'étage supérieur et ne reçoit pas la lumière directe. La cime est toutefois en contact avec les dominantes et codominantes ;

Surcimé : la cime ne participe pas à l'étage principal et n'est pas en contact avec lui.

Pour chaque placette, quatre arbres-études qui correspondaient aux plus beaux bouleaux jaunes, bien répartis et localisés à l'intérieur de la placette, étaient sélectionnés et mesurés. En plus de leur numérotation à la peinture bleue, un trait de peinture bleu a été fait à l'endroit où la mesure de DHP a été faite. Pour les arbres-études, les mesures suivantes ont été réalisées :

- hauteur totale de l'arbre (à 25 cm près) ;
- hauteur de la branche vivante la plus basse sur la tige (à 10 cm près) ;
- largeur des cimes, selon 4 axes (est, ouest, nord et sud), en se référant à la projection de la cime au sol (à 10 cm près) ;
- si elle est libre de croître (Figure 7) et le nombre de faces de la cime qui sont opprimées;
- pour les arbres subissant de la compétition, l'essence qui lui fait le plus de compétition, sa distance et sa hauteur.

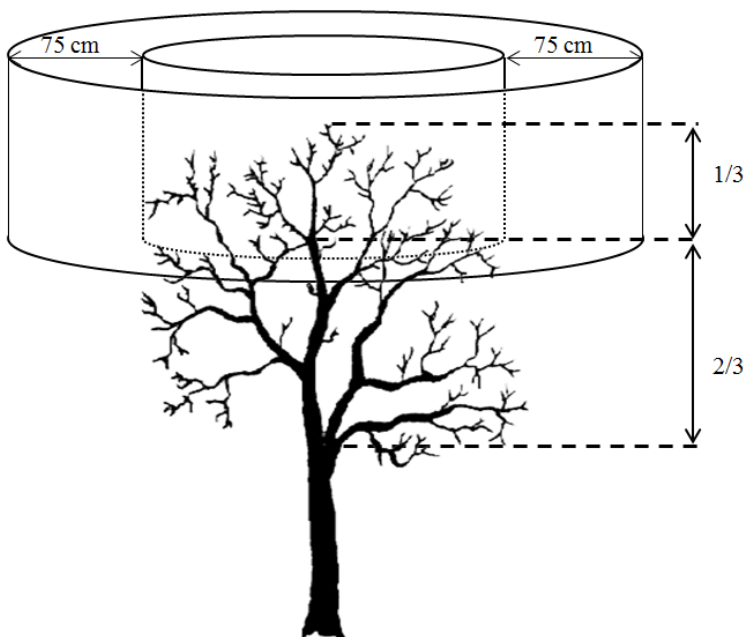


Figure 7 : Schéma servant à identifier la zone libre de croître autour de la cime d'une tige d'avenir

Une tige est libre de croître lorsqu'aucune branche d'une tige voisine ne pénètre dans le cylindre de 75 cm au pourtour du 1/3 supérieur de la cime de la tige d'avenir considérant qu'il s'agit de conditions optimales de développement pour les 5 à 10 prochaines années.

2.6. COMPILATIONS ET ANALYSES

Pour répondre aux objectifs et aux hypothèses du projet, des analyses de variance ont été réalisées pour comparer :

1. la bande éduquée et non éduquée (hypothèses 1 à 5),
2. évaluer l'état initial du dispositif pour les futurs suivis (hypothèses 6 et 7) et

3. évaluer la qualité des travaux d'éclaircie précommerciale tardive (hypothèses 8 et 9).

De plus, comme paramètres pour réaliser les analyses, à la fois les données de peuplement (densité, surface terrière, DHPq moyen en fonction des essences, de la classe sylvicole et de la classification MSCR) et les données issues de la mesure des études d'arbres des plus beaux bouleaux jaunes du peuplement (DHP moyen, hauteur totale, hauteur des troncs exempts de branches, proportion de tiges libres de croître, rayon moyen des cimes, leur surface moyenne et leur symétrie) ont été utilisées. Pour ces arbres-études, les coefficients de forme suivants ont été calculés : coefficient de défilement de la cime correspond (largeur de cime/longueur de la cime), coefficient d'expansion de la cime (largeur de la cime/hauteur totale), coefficient d'espace vital (largeur de la cime/dhp) et le ratio hauteur/diamètre (hauteur totale/dhp). Le nombre de placettes utilisées pour les compilations est présenté au tableau 3 et le nombre d'arbres-études au tableau 4. Toutes les compilations et les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS, version 9.3.

Pour contrôler la variabilité potentielle associée aux conditions de terrain, les analyses de variance (ANOVA) pour comparer la bande éduquée et la bande non éduquée ont été réalisées en considérant 3 positions (bas de pente, milieu de pente et haut de pente) (Figure 5 et Tableau 3).

Tableau 3. Nombre de placettes considérées en fonction de leur position sur la pente pour les analyses visant à comparer la bande éduquée et la bande non éduquée et superficie

Positions	Bande éduquée		Bande non éduquée		TOTAL	
	Nombre de PE	Superficie (ha)	Nombre de PE	Superficie (ha)	Nombre de PE	Superficie (ha)
Bas de pente	14	1,92	12	1,31	26	3,23
Milieu de pente	14	2,08	12	1,37	26	3,46
Haut de pente	13	2,07	12	1,35	25	3,41
TOTAL	41	6,07	36	4,03	77	10,10

Tableau 4. Nombre d'arbres-études mesurés en fonction de leur position sur la pente dans la bande éduquée et la bande non éduquée et superficie

Positions	Bande éduquée		Bande non éduquée		TOTAL	
	Nombre d'arbres	Superficie (ha)	Nombre d'arbres	Superficie (ha)	Nombre d'arbres	Superficie (ha)
Bas de pente	55	1,92	47	1,31	102	3,23
Milieu de pente	56	2,08	48	1,37	104	3,46
Haut de pente	52	2,07	42	1,35	94	3,41
TOTAL	163	6,07	137	4,03	300	10,10

Pour l'évaluation de l'état initial du dispositif expérimental d'éclaircie précommerciale tardive, des ANOVA ont été réalisées en fonction des différents traitements planifiés (témoin, EPCt2013, EPCt2023) et des 6 blocs qui permettent de contrôler la variabilité potentielle sur le terrain (Figure 5 ; Figure 3 ; Tableau 5 ; Tableau 6). Ces comparaisons sont essentielles pour les futurs suivis afin de s'assurer qu'il n'y a pas de différences significatives au point de départ ou pour envisager les mesures à prendre dans un tel cas.

Tableau 5. Nombre de placettes et superficie considérées en fonction des blocs et des traitements considérés pour les analyses statistiques

Blocs	EPCt2013		EPCt2023		Témoin	
	Nombre de PE	Superficie (ha)	Nombre de PE	Superficie (ha)	Nombre de PE	Superficie (ha)
1	6	0,63	4	0,60	4	0,69
2	6	0,65	4	0,71	4	0,72
3	5	0,84	4	0,65	4	0,58
4	4	0,39	4	0,46	4	0,46
5	4	0,46	4	0,40	4	0,51
6	4	0,53	4	0,40	4	0,41
	29	3,51	24	3,22	24	3,37

Tableau 6. Nombre d'arbres-études et superficie considérés en fonction des blocs et des traitements considérés pour les analyses statistiques

Blocs	EPct2013		EPct2023		Témoin	
	Nombre d'arbres	Superficie (ha)	Nombre d'arbres	Superficie (ha)	Nombre d'arbres	Superficie (ha)
1	24	0,63	16	0,60	15	0,69
2	24	0,65	16	0,71	16	0,72
3	20	0,84	16	0,65	16	0,58
4	16	0,39	15	0,46	16	0,46
5	16	0,46	16	0,40	16	0,51
6	16	0,53	11	0,40	15	0,41
	116	3,51	90	3,22	94	3,37

Afin d'évaluer l'effet de l'éclaircie, les comparaisons ont été faites entre les UE traitées par éclaircie en 2013 (après intervention) et les UE non traitées. De plus, la qualité des travaux d'éclaircie effectués en 2013 a été évaluée en fonction des tiges coupées et conservées en lien avec le martelage réalisé (négatif ou positif) et la présence de blessures sur les tiges d'avenir.

Pour comparer la composition en essences, la densité (totale et marchande), la surface terrière (totale et marchande), les diamètres moyens quadratiques (DHPq), la procédure « MIXED » a été utilisée pour les analyses. Cette procédure a permis de contrôler les effets aléatoires reliés à l'effet potentiel de la pente. Pour les 400 plus belles tiges de bouleaux jaunes à l'hectare, la procédure « MIXED » a également été utilisée pour comparer le DHP moyen mesuré au gallon circonférentiel, la hauteur totale des tiges, la hauteur du tronc sans branches, le rayon moyen des cimes, leur surface et leur symétrie. La proportion de tiges libres de croître a également été comparée à l'aide de la procédure « GLIMIXED ». La procédure « LSD » est venue compléter les analyses de variance et a permis de déterminer s'il y avait des différences significatives entre les diverses situations étudiées (seuil $\alpha = 5\%$).

Les modèles empiriques développés dans le cadre de cette étude sont spécifiques à l'unité de paysage 55, une unité avec un indice d'aridité plus faible que les unités de la plaine du Saint-Laurent et seraient valides seulement pour celle-ci ; on pourrait poser l'hypothèse qu'elle pourrait être extrapolée à la sous-région 4d-M. Ils ont été élaborés à l'intérieur de la base de données spécifique à cette étude et ne sont pas applicables à d'autres peuplements.

3. RÉSULTATS

3.1. PORTRAIT AVANT INTERVENTION – DESCRIPTION DU PEUPEMENT À 32 ANS

3.1.1. Résultats en fonction de la position sur la pente

Le tableau 7 présente la densité, la surface terrière et le DHPq³ moyen en fonction de la position sur la pente. Dans ce portrait, on observe que la densité totale (haut : 3 010 ti/ha ; milieu : 3 999 ti/ha ; Bas : 3 895 ti/ha), la densité en tiges marchandes (haut : 1 257 ti/ha ; milieu : 1 536 ti/ha ; Bas : 1 463 ti/ha) et la surface terrière totale (haut : 24,2 m²/ha ; milieu : 26,9 m²/ha ; Bas : 26,7 m²/ha) sont significativement inférieures dans le haut de la pente (Figure 8). La même tendance est observée pour le bouleau jaune (Tableau 7 ; Figure 9). À l'inverse, le DHPq du bouleau jaune est plus élevé dans le haut de la pente et peut être expliqué par la plus faible densité du peuplement.

Tableau 7. Densité, surface terrière et diamètre moyen quadratique en fonction de la position sur la pente et des essences

POSITION P/R PENTE	Nbre de PE	ESSENCES	Densité (ti/ha)				Surface terrière (m ² /ha)				DHPq (cm)
			Tiges marchandes	IC	Totale	IC	Tiges marchandes	IC	Totale	IC	Total
BAS DE PENTE	26	BOJ	1 266	153	2 436	400	18,6	1,9	21,7	2,0	10,7
		BOP	4	8	4	8	0,0	0,1	0,0	0,1	10,0
		ERP	4	8	58	56	0,0	0,1	0,2	0,2	5,9
		ERR	62	85	62	85	1,4	1,9	1,4	1,9	17,3
		ERS	81	47	400	174	1,1	0,7	1,7	0,8	7,4
		HEG	23	26	912	280	0,4	0,5	1,1	0,7	3,9
		PRP	23	32	23	32	0,5	0,8	0,5	0,8	16,9
TOTAL		1 463	107	3 895	422	22,2	2,0	26,7	1,6		
MILIEU DE PENTE	26	BOJ	1 351	154	2 656	363	19,4	1,8	23,1	2,0	10,5
		BOP	8	11	8	11	0,1	0,2	0,1	0,2	13,3
		ERP	27	32	54	45	0,2	0,3	0,3	0,3	8,5
		ERR	12	13	15	14	0,4	0,5	0,4	0,5	18,5
		ERS	31	29	277	159	0,4	0,4	0,8	0,5	6,0
		HEG	8	11	881	230	0,3	0,5	0,9	0,5	3,7
		PET	4	8	4	8	0,0	0,1	0,0	0,1	12,0
		PRP	96	68	100	71	1,2	0,8	1,2	0,9	12,6
SAB	0	0	4	8	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0		
TOTAL		1 536	135	3 999	390	22,1	1,9	26,9	2,0		
HAUT DE PENTE	25	BOJ	1 073	184	1 645	361	17,8	2,1	19,6	2,5	12,3
		BOP	12	13	12	13	0,2	0,2	0,2	0,2	12,8
		EPR	0	0	8	11	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1
		ERS	88	45	448	212	1,3	0,8	2,0	1,0	7,6
		HEG	40	35	833	331	0,9	0,8	1,6	0,9	4,9
		PRP	44	31	64	41	0,7	0,6	0,8	0,6	12,6
TOTAL		1 257	160	3 010	413	20,9	2,1	24,2	2,0		

³ DHP moyen quadratique de toutes les tiges ayant 2 cm et plus au DHP

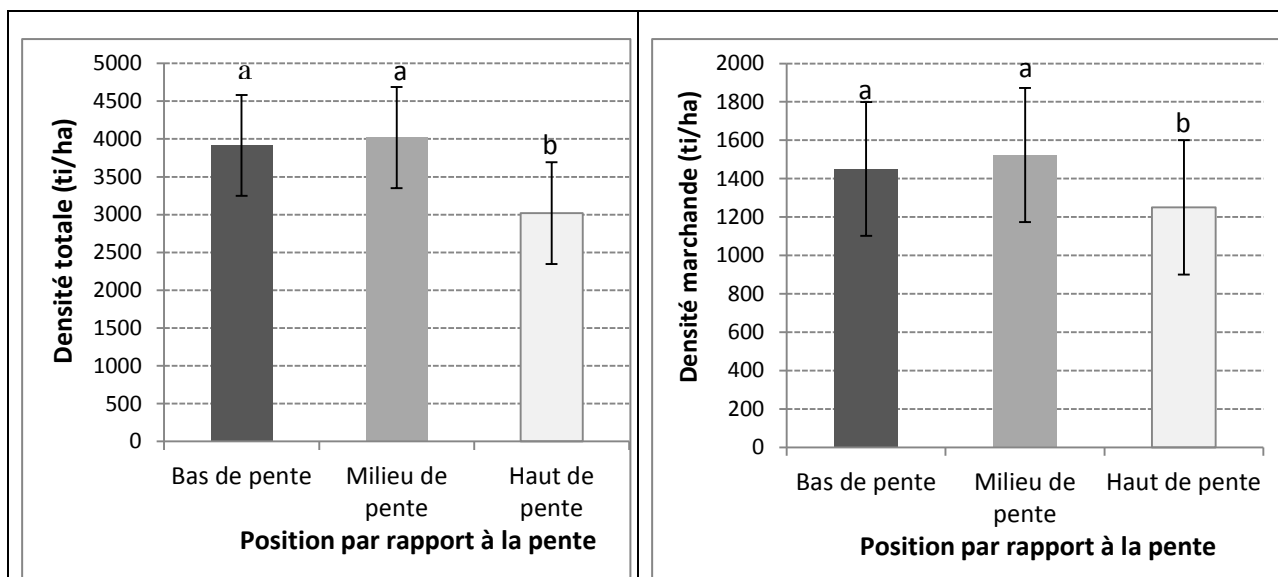


Figure 8. Densité totale et densité en tiges marchandes en fonction de la position sur la pente

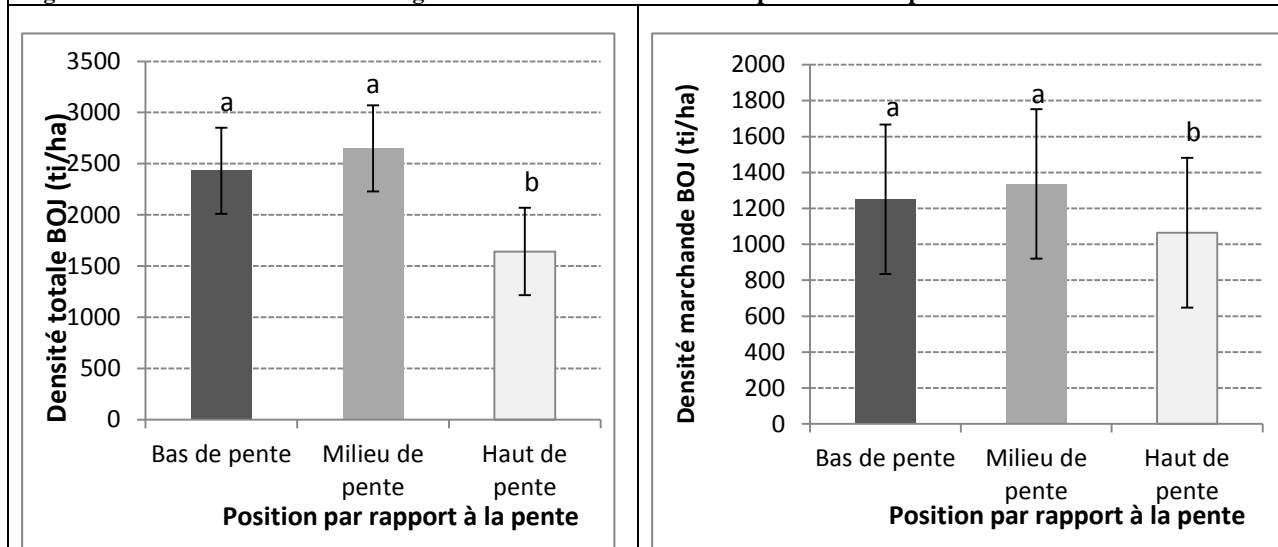


Figure 9. Densité totale et densité en tiges marchandes de BOJ en fonction de la position sur la pente

3.1.2. Résultats en fonction des bandes

Le Tableau 8 présente le portrait de la densité, de la surface terrière moyenne et du DHPq en fonction des bandes (1 : éduquée et 2 : non éduquée). Les résultats indiquent que la densité totale est supérieure dans la bande non éduquée (3 947 ti/ha) comparativement à la bande éduquée (3 375 ti/ha) (Tableau 8 ; Figure 10). Par contre, en considérant uniquement les tiges marchandes, la densité toutes essences est supérieure dans la bande ayant bénéficié d'interventions (bande 1 : 1 579 ti/ha ; bande 2 : 1 240 ti/ha) (Tableau 8 ; Figure 11). En termes de surface terrière totale, il n'y a pas de différence significative entre les deux bandes (bande 1 : 26,7 m²/ha ; bande 2 : 25,2

m²/ha) (Tableau 8). Par contre, la surface terrière en tiges marchandes est statistiquement supérieure dans la bande éduquée (bande 1 : 22,9 m²/ha ; bande 2 : 20,4 m²/ha) (Tableau 8 ; Figure 11).

Le bouleau jaune est l'essence dominante dans les deux bandes en densité (marchande et totale) et en surface terrière (marchande et totale) (Tableau 8). Les analyses statistiques indiquent que la densité marchande (bande 1 : 1 420 ti/ha ; bande 2 : 1 017 ti/ha) et la surface terrière marchande (bande 1 : 20,0 m²/ha ; bande 2 : 17,1 m²/ha) en bouleau jaune sont supérieures dans la bande éduquée (Figure 12). La surface terrière totale en bouleau jaune est également supérieure dans la bande éduquée (Figure 13). Enfin, les DHPq⁴ sont identiques (11,0 cm) dans les deux bandes.

Pour ce qui est de la surface terrière en essences non désirées et compétitrices (ERR, HEG, PET, SAB, ERP et PRP), elle est faible pour les deux bandes (bande 1 : 2,4 m²/ha ; bande 2 : 3,4 m²/ha) (Tableau 8). En termes de densité, les essences non désirées et compétitrices les plus importantes sont le hêtre à grandes feuilles (bande 1 : 691 ti/ha ; bande 2 : 1 087 ti/ha), le cerisier de Pennsylvanie (bande 1 : 2 ti/ha ; bande 2 : 131 ti/ha) et l'érable de Pennsylvanie (bande 1 : 24 ti/ha ; bande 2 : 53 ti/ha) (Tableau 8). La densité des essences non désirées et compétitrices est significativement inférieure dans la bande éduquée (bande 1 : 768 ti/ha ; bande 2 : 1 274 ti/ha) (Tableau 8 ; Figure 14). La densité du hêtre à grandes feuilles (Figure 15) et du cerisier de Pennsylvanie (Figure 16) est significativement supérieure dans la bande non éduquée (bande 2) (Tableau 8). Le tableau 8 révèle que le hêtre à grandes feuilles a un DHPq beaucoup plus petit que celui des bouleaux jaunes (HEG = 4,2 cm ; BOJ = 11,0 cm).

⁴ DHP moyen quadratique de toutes les tiges ayant 2 cm et plus au DHP

Tableau 8. Densité, surface terrière et diamètre moyen quadratique en fonction des deux bandes et des essences

BANDES	Nbre de PE	ESSENCES	Densité (ti/ha)				Surface terrière (m ² /ha)				DHPq (cm)	
			Tiges marchandes	IC	Totale	IC	Tiges marchandes	IC	Totale	IC	Tiges marchandes	Total
Bande 1: Dégagements à l'européenne + élagage	41	BOJ	1 420	114	2 397	312	20,0	1,4	22,9	1,6	13,4	11,0
		BOP	7	8	7	8	0,1	0,1	0,1	0,1	12,8	12,8
		ERP	17	21	24	28	0,1	0,2	0,2	0,2	10,3	9,4
		ERR	46	54	49	54	1,2	1,3	1,2	1,3	17,9	17,6
		ERS	59	32	203	94	1,0	0,6	1,3	0,7	14,6	8,9
		HEG	27	21	691	181	0,5	0,4	1,0	0,5	14,8	4,2
		PRP	2	5	2	5	0,0	0,1	0,0	0,1	14,0	14,0
		SAB	0	0	2	5	0,0	0,0	0,0	0,0		6,0
		TOTAL		1 579	87	3 375	316	22,9	1,5	26,7	1,5	
Bande 2: Aucun traitement	36	BOJ	1 017	129	2 090	354	17,1	1,6	19,9	1,9	14,6	11,0
		BOP	8	9	8	9	0,1	0,1	0,1	0,1	12,3	12,3
		EPR	0	0	6	8	0,0	0,0	0,0	0,0		7,1
		ERP	3	6	53	42	0,0	0,0	0,1	0,1	10,0	5,8
		ERS	75	37	570	178	0,9	0,4	1,8	0,6	12,5	6,3
		HEG	19	21	1 087	261	0,6	0,6	1,5	0,7	19,0	4,2
		PET	3	6	3	6	0,0	0,1	0,0	0,1	12,0	12,0
		PRP	114	53	131	56	1,7	0,9	1,8	0,9	13,8	13,2
		TOTAL		1 240	118	3 947	385	20,4	1,6	25,2	1,6	

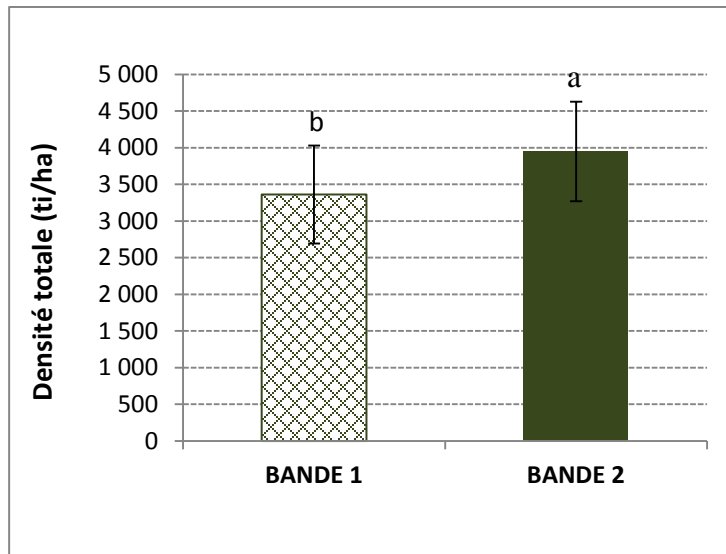


Figure 10. Densité totale des tiges de 2 cm et plus de DHP dans la bande 1 éduquée et la bande 2 non éduquée

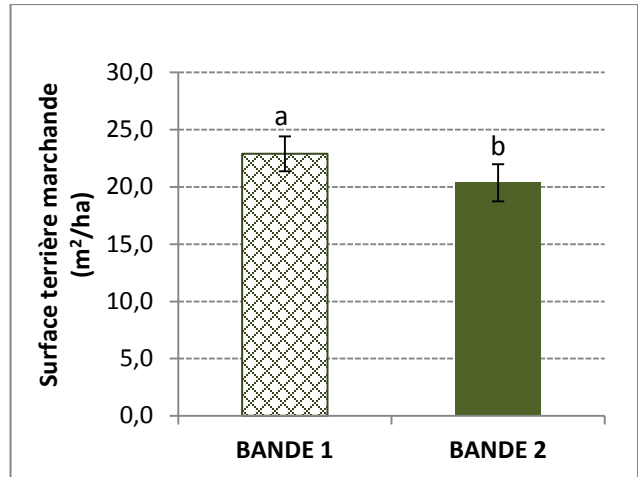
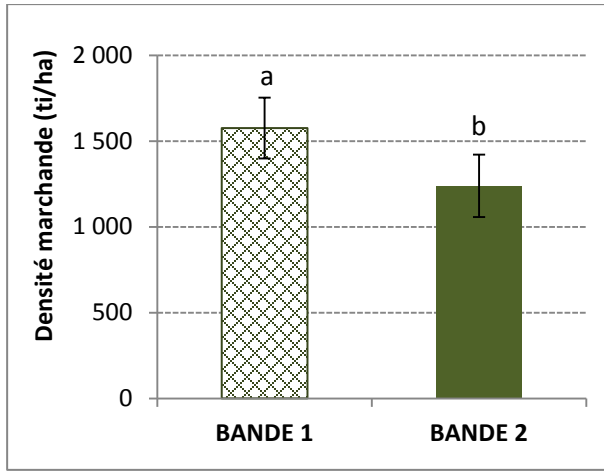


Figure 11. Densité et surface terrière des tiges marchandes toutes essences dans la bande 1 éduquée et la bande 2 non éduquée

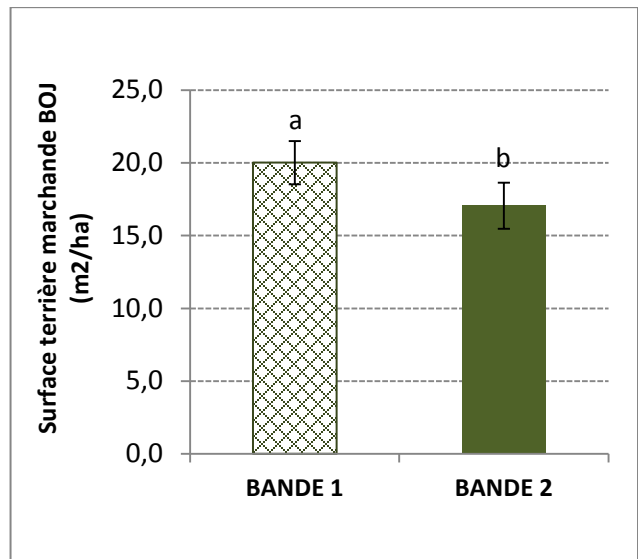
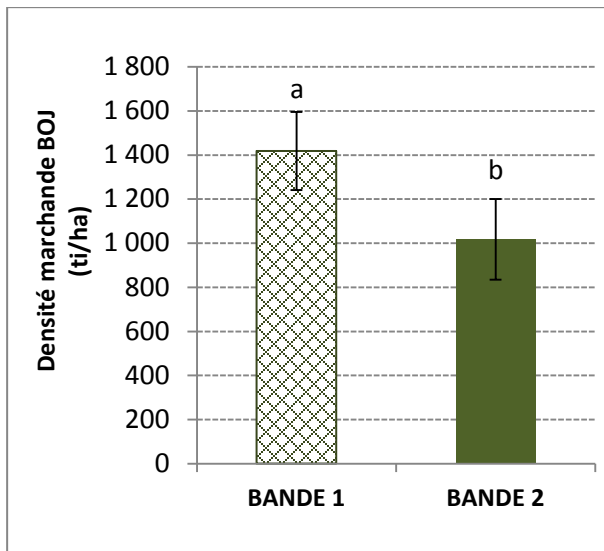


Figure 12. Densité et surface terrière des tiges marchandes de bouleau jaune dans la bande 1 éduquée et la bande 2 non éduquée

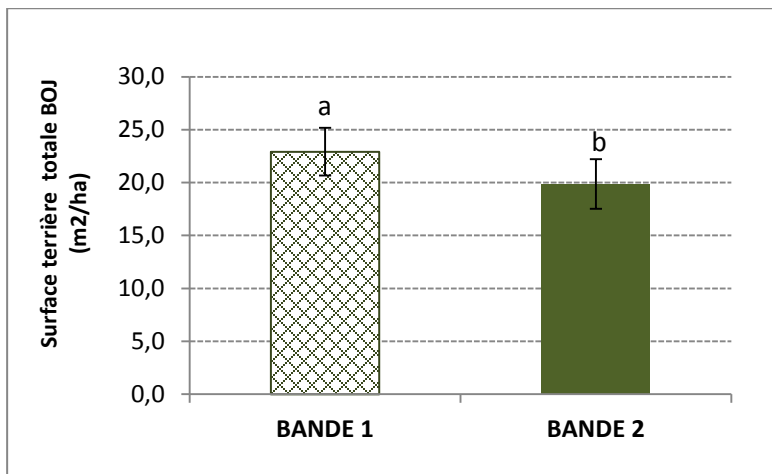


Figure 13. Surface terrière totale en bouleau jaune dans la bande 1 éduquée et la bande 2 non éduquée

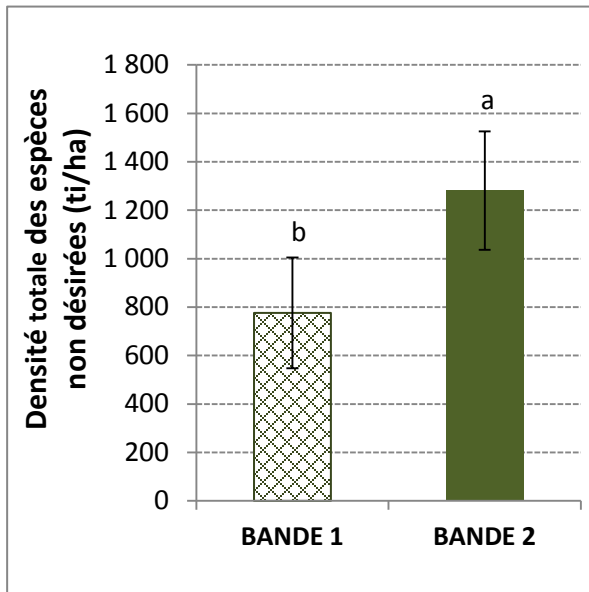


Figure 14. Densité totale des tiges d'essences non désirées dans les bandes 1 et 2

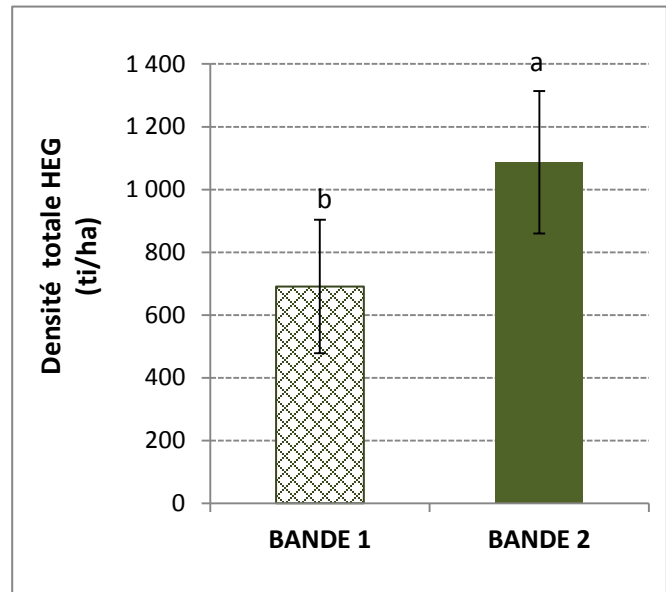


Figure 15. Densité totale des tiges de hêtre à grandes feuilles dans les bandes 1 et 2

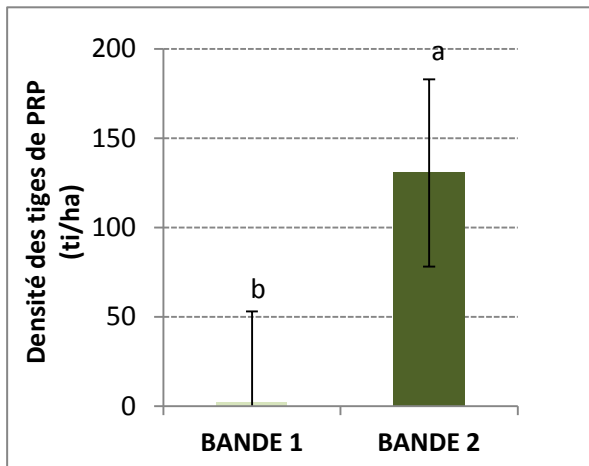
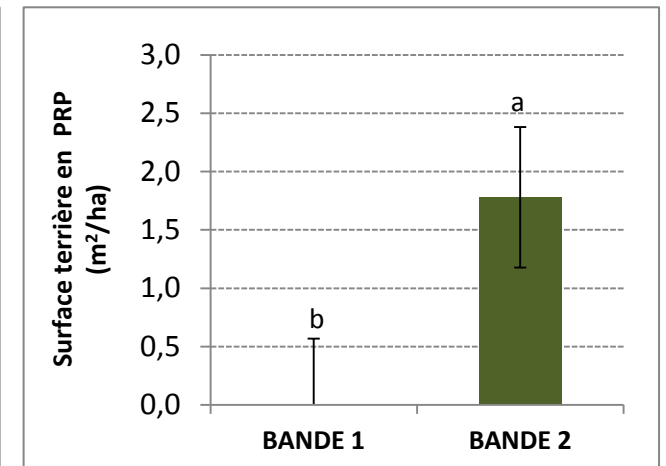


Figure 16. Densité et surface terrière totales des tiges de PRP dans la bande 1 éduquée et dans la bande 2 non éduquée



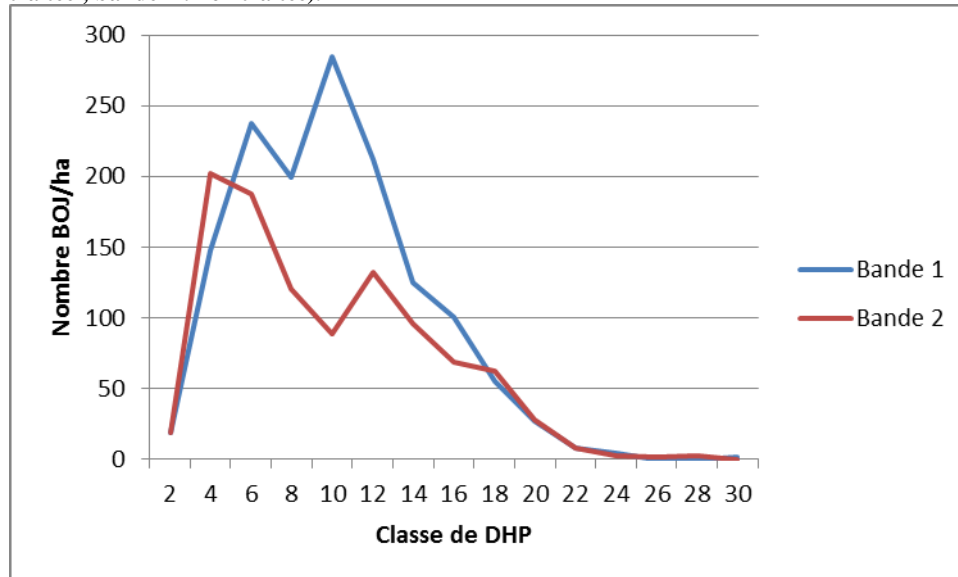
Le tableau 9 présente la densité et la surface terrière totales des tiges composant les deux bandes en fonction de leur fonction sylvicole dans le peuplement. Les résultats indiquent qu'il n'y a pas significativement plus de tiges ou de surface terrière en tiges gênantes dans la bande non éduquée.

Tableau 9. Densité et surface terrière totales moyennes selon la fonction sylvicole des tiges en fonction des bandes et des essences

BANDES (1)	Nbre de PE	ESSENCES	Densité (ti/ha)										Surface terrière (m ² /ha)													
			AVENIR	IC	GÉNANTE	IC	HYGIÈNE	IC	REMPLISSAGE	IC	NON CLASSÉES	IC	Totale	IC	AVENIR	IC	GÉNANTE	IC	HYGIÈNE	IC	REMPLISSAGE	IC	NON CLASSÉES	IC	Totale	IC
1	41	BOJ	576	92	491	87	66	54	1 264	275	0	0	2 397	312	9,6	1,5	5,9	0,9	0,4	0,2	7,1	1,7	0,0	0,0	22,9	1,6
		BOP	2	5	2	5	2	5	0	0	0	0	7	8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
		ERP	0	0	0	0	12	20	12	20	0	0	24	28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2
		ERR	15	22	20	21	7	15	7	8	0	0	49	54	0,4	0,6	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	1,2	1,3
		ERS	17	14	27	20	15	13	139	69	5	7	203	94	0,4	0,3	0,3	0,2	0,0	0,0	0,5	0,3	0,1	0,1	1,3	0,7
		HEG	5	7	12	12	7	11	666	176	0	0	691	181	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,7	0,3	0,0	0,0	1,0	0,5
		PRP	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	2	5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
		SAB	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	2	5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		TOTAL	615	97	554	88	112	65	2 089	336	5	7	3 375	316	10,5	1,7	6,9	1,0	0,7	0,4	8,5	1,9	0,1	0,1	26,7	1,5
		2	36	BOJ	489	87	445	87	103	43	1 053	279	0	0	2 090	354	9,0	1,5	6,0	0,9	0,3	0,2	4,5	1,4	0,0	0,0
BOP	0			0	3	6	0	0	6	8	0	0	8	9	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
EPR	0			0	0	0	0	0	6	8	0	0	6	8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ERP	0			0	0	0	19	25	33	24	0	0	53	42	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
ERS	47			36	33	23	36	30	453	151	0	0	570	178	0,5	0,4	0,4	0,2	0,0	0,0	0,9	0,3	0,0	0,0	1,8	0,6
HEG	0			0	14	14	83	62	990	238	0	0	1 087	261	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	1,0	0,4	0,0	0,0	1,5	0,7
PET	0			0	0	0	0	0	3	6	0	0	3	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
PRP	0			0	44	29	33	24	53	40	0	0	131	56	0,0	0,0	0,7	0,5	0,3	0,2	0,7	0,7	0,0	0,0	1,8	0,9
TOTAL	536	83	539	86	275	106	2 596	382	0	0	3 947	385	9,5	1,4	7,5	1,1	0,8	0,3	7,3	1,8	0,0	0,0	25,2	1,6		

La figure 9 présente la répartition du nombre de tiges de bouleau jaune par classe de diamètre selon les bandes. Trente-deux ans après la coupe, la bande traitée avec le dégagement à l'européenne (nettoisement) présente nettement plus de tiges de bouleau jaune au total et de plus forte dimension de la classe 6 cm à 16 cm. Cependant pour les 18 cm, il n'y a plus de différences. La classe 4 cm est plus abondante pour la bande non traitée.

Figure 17. Répartition du nombre de tiges de bouleau jaune par classe de diamètre pour chacune des bandes (bande 1 traitée ; bande 2 : non traitée).



3.1.3. Résultats en fonction des traitements

Cette section présente le portrait initial du dispositif expérimental d'éclaircie précommerciale tardive établi en 2013 (Figure 5). Les résultats présentés au tableau 10 indiquent que la densité moyenne totale, la densité moyenne en tiges marchandes, la surface terrière moyenne totale et la surface terrière moyenne en tiges marchandes sont similaires en fonction des traitements planifiés dans le cadre du dispositif expérimental. Ainsi, la densité totale varie entre 3 490 ti/ha (témoin) et 3 771 ti/ha (EPCt2013), la densité en tiges marchandes entre 1 397 ti/ha (témoin) et 1 439 ti/ha (EPCt2013), la surface terrière totale entre 25,3 m²/ha (EPCt2013) et 26,9 m²/ha (témoin) et la surface terrière marchande entre 21,0 m²/ha (EPCt 2013) et 22,9 m²/ha (témoin).

Les résultats de ces paramètres sont également uniformes pour le bouleau jaune en fonction des traitements (Tableau 10) et des bandes (Annexe 2). La densité totale varie entre 2 047 ti/ha (témoin) et 2 367 ti/ha (EPCt 2013), la densité en tiges marchandes entre 1 142 ti/ha (témoin) et 1 284 ti/ha (EPCt2023), la surface terrière totale entre 20,7 m²/ha (témoin) et 22,4 m²/ha (EPCt2023) et la surface terrière marchande entre 18,1 m²/ha (témoin) et 19,5 m²/ha (EPCt 2023). Enfin, les DHP moyens quadratiques sont similaires en fonction des traitements variant entre 10,7 cm (EPCt 2013) et 11,3 cm (témoin).

Tableau 10. Densités, surfaces terrières et diamètre moyen quadratique initial en fonction des traitements et des essences

TRAITEMENTS	Nbre de PE	ESSENCES	Densité (ti/ha)				Surface terrière (m ² /ha)				DHPq (cm)
			Tiges marchandes	IC	Totale	IC	Tiges marchandes	IC	Totale	IC	Total
EC 2013	29	BOJ	1 263	156	2 367	355	18,4	1,8	21,4	2,0	10,7
		BOP	7	10	7	10	0,1	0,1	0,1	0,1	10,0
		ERP	10	21	28	31	0,1	0,2	0,1	0,2	8,2
		ERR	7	10	10	12	0,1	0,2	0,2	0,2	14,0
		ERS	41	25	393	177	0,4	0,2	1,0	0,4	5,7
		HEG	35	32	887	267	0,7	0,8	1,4	0,8	4,4
		PET	3	7	3	7	0,0	0,1	0,0	0,1	12,0
		PRP	72	51	76	54	1,1	0,8	1,1	0,9	13,6
		TOTAL	1 439	138	3 771	370	21,0	1,8	25,3	1,8	
EC 2023	24	BOJ	1 284	185	2 322	503	19,5	1,9	22,4	2,4	11,1
		BOP	4	8	4	8	0,0	0,1	0,0	0,1	10,0
		EPR	0	0	8	12	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1
		ERP	4	8	33	51	0,0	0,1	0,1	0,1	6,1
		ERS	67	52	317	186	1,1	0,8	1,5	0,9	7,8
		HEG	4	8	876	315	0,0	0,1	0,8	0,4	3,5
		PRP	58	59	79	65	0,8	0,8	0,9	0,8	11,7
		TOTAL	1 422	166	3 640	483	21,4	1,8	25,8	2,0	
TEMOIN	24	BOJ	1 142	165	2 047	373	18,1	2,2	20,7	2,3	11,3
		BOP	13	14	13	14	0,2	0,2	0,2	0,2	14,7
		ERP	17	26	54	48	0,1	0,2	0,2	0,3	7,3
		ERR	71	91	71	91	1,8	2,1	1,8	2,1	18,1
		ERS	96	47	409	190	1,4	0,9	2,1	1,0	8,0
		HEG	29	25	863	264	0,7	0,7	1,3	0,7	4,5
		PRP	29	28	29	28	0,6	0,6	0,6	0,6	15,6
		SAB	0	0	4	8	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
		TOTAL	1 397	121	3 490	490	22,9	2,3	26,9	1,9	

3.2. PORTRAIT AVANT INTERVENTION – DESCRIPTION DES 400 PLUS BELLES TIGES DE BOULEAU JAUNE À L’HECTARE À 32 ANS

3.2.1. Résultats en fonction de la bande et de la position sur la pente

Le tableau 11 présente le portrait des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha en fonction des deux bandes (1 : éduquée et 2 : non éduquée) et de leur position sur la pente. On observe que le DHP moyen mesuré au gallon circonférentiel de ces bouleaux jaunes est légèrement supérieur dans la bande 2 (non éduquée) (Tableau 11 ; Figure 17). Il faut toutefois noter qu’il y a plus de PE dans la bande 1.

La hauteur totale moyenne est identique dans les deux bandes, soit 16,8 m. Par contre, bien que la différence n’est pas très grande dans les faits (50 cm), la hauteur de tronc sans branches est statistiquement plus élevée dans la bande éduquée, soit 8,1 m comparativement à 7,6 m (Tableau 11) (Figure 18). L’uniformité des résultats permet de déceler une différence statistique telle que dans le cas du DHPq. Les résultats indiquent qu’il n’y a pas de différence significative concernant la symétrie des cimes en fonction des bandes (Tableau 11). On observe également que le rayon (Figure 19) et la surface moyenne de cimes (Figure 20) sont plus grands dans la bande 2, celle-ci étant occupée par un moins grand nombre de tiges marchandes laissant plus d’espace pour le déploiement des cimes.

Tableau 11. Portrait des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha dans les bandes 1 et 2 en fonction de la position sur la pente

BANDES (1)	POSITION P/R PENDE	Nbre d'arbres études	DHP moyen (cm)	IC	HTOT		HB		Rayon		Surface		Assymétrie NORD-SUD (valeur absolue)		Assymétrie EST-OUEST (valeur absolue)		IC
					moyenne (m)	IC	moyenne (m)	IC	moyen (m)	IC	moyenne (m ²)	IC	IC	IC			
1	Bas de pente	55	16,4	0,9	17,0	0,3	8,2	0,5	1,7	0,1	9,6	1,2	0,9	0,2	0,9	0,2	0,2
	Milieu de pente	56	14,9	0,8	16,3	0,3	8,3	0,3	1,5	0,1	7,7	1,2	0,6	0,1	0,6	0,1	0,1
	Haut de pente	52	16,4	0,8	17,0	0,3	7,8	0,7	1,7	0,1	9,1	0,9	0,7	0,2	0,7	0,1	0,1
	TOTAL	163	15,9	0,5	16,8	0,2	8,1	0,3	1,6	0,1	8,8	0,7	0,8	0,1	0,7	0,1	0,1
2	Bas de pente	47	15,8	0,9	16,8	0,4	7,8	0,4	1,8	0,1	10,8	1,4	0,9	0,2	0,8	0,2	0,2
	Milieu de pente	48	16,2	1,0	16,6	0,3	7,6	0,5	1,8	0,1	10,7	2,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,2
	Haut de pente	42	18,2	1,2	16,9	0,4	7,3	0,5	1,9	0,2	11,9	2,2	0,9	0,2	1,0	0,2	0,2
	TOTAL	137	16,7	0,6	16,8	0,2	7,6	0,3	1,8	0,1	11,1	1,1	0,9	0,1	0,8	0,1	0,1

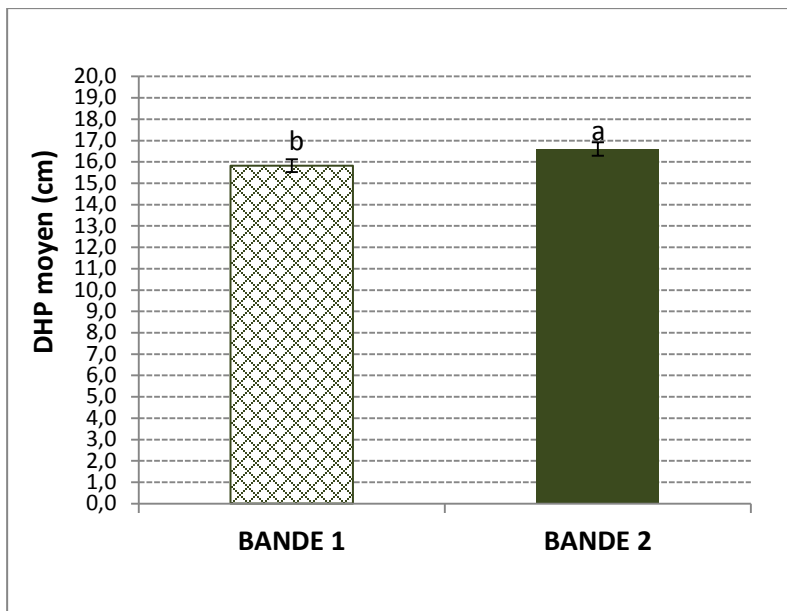


Figure 17. DHP moyen des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha dans les bandes 1 et 2

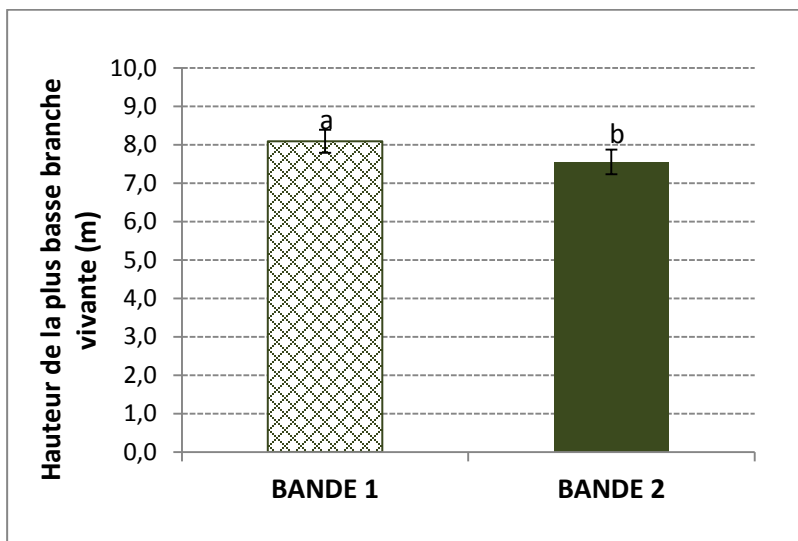


Figure 18. Hauteur moyenne de la plus basse branche vivante des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha dans les bandes 1 et 2

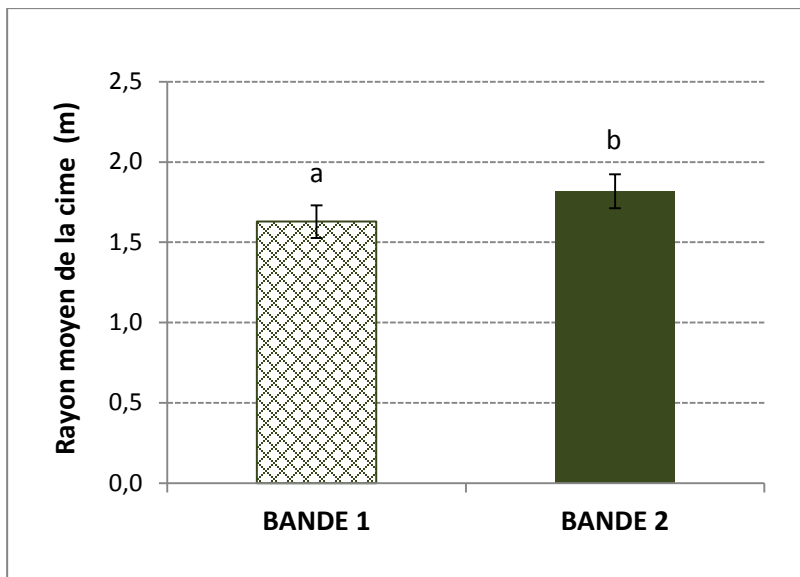


Figure 19. Rayon moyen de la cime des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha dans les bandes 1 et 2

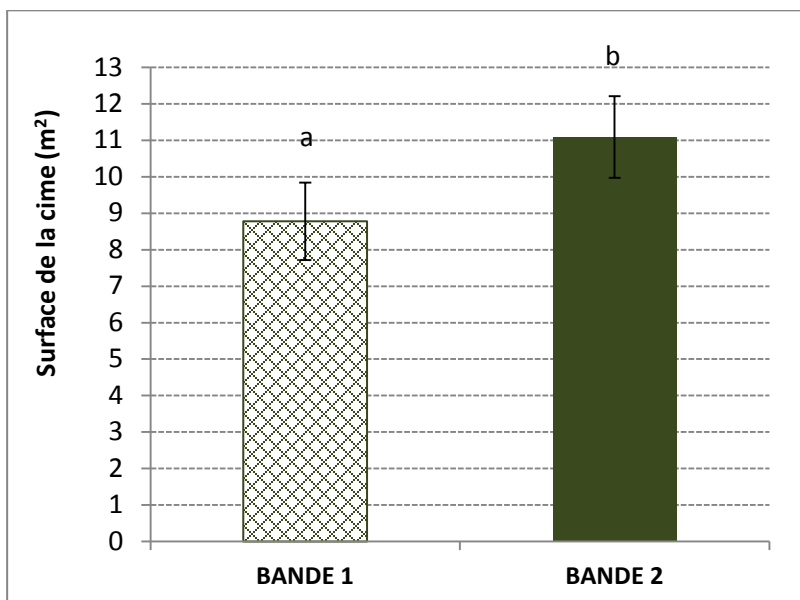


Figure 20. Surface de cime moyenne des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha dans les bandes 1 et 2

Le tableau 12 présente les coefficients de forme moyens des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha en fonction des bandes. Le coefficient de défilement de la cime correspond à la largeur de cime/longueur de la cime, le coefficient d'expansion de la cime correspond à la largeur de la cime/hauteur totale, le coefficient d'espace vital correspond à la largeur de la cime/dhp et le ratio h/d à la hauteur totale/dhp. Les résultats sont similaires entre les 2 bandes pour le défilement de la cime et le ratio H/D alors que l'on observe un coefficient d'expansion de la cime et d'espace vital supérieurs dans la bande 2 en lien avec la plus faible densité de tiges marchandes.

Tableau 12. Coefficients de forme des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha dans les bandes 1 et 2 en fonction de leur position sur la pente

BANDES (1)	POSITION P/R PENTE	Nbre d'arbres études	COEFFICIENT DE FORME DES TIGES							
			Défilement de la cime	IC	Expansion de la cime	IC	Espace vital	IC	Ratio hauteur/diamètre	IC
1	Bas de pente	55	0,482	0,201	0,199	0,012	0,209	0,011	1,069	0,048
	Milieu de pente	56	0,393	0,030	0,187	0,013	0,205	0,011	1,125	0,049
	Haut de pente	52	0,250	0,246	0,198	0,009	0,206	0,008	1,060	0,044
	TOTAL	163	0,377	0,105	0,195	0,007	0,207	0,006	1,085	0,027
2	Bas de pente	47	0,414	0,029	0,217	0,014	0,232	0,011	1,101	0,064
	Milieu de pente	48	0,404	0,031	0,213	0,016	0,220	0,010	1,065	0,057
	Haut de pente	42	0,394	0,031	0,221	0,018	0,205	0,010	0,967	0,063
	TOTAL	137	0,404	0,017	0,217	0,009	0,220	0,006	1,047	0,036

Dans la bande éduquée (1), 48 % des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha sont libres de croître alors que dans la bande 2 cette proportion est de 36 % (Tableau 13) et n'est pas significativement différente.

Tableau 13. Proportion de tiges libres de croître parmi les 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha des 2 bandes en fonction de la position sur la pente

BANDE (1)	POSITION P/R PENTE	Nbre de PE	Proportion libres	IC	Proportion de tiges non libres de croître (%)									
					TOTALE	IC	1 face opprimée	IC	2 face opprimées	IC	3 face opprimées	IC	4 face opprimées	IC
1	Bas de pente	14	46%	19%	54%	19%	38%	16%	9%	8%	5%	8%	2%	4%
	Milieu de	14	52%	14%	48%	14%	39%	14%	9%	10%	0%	0%	0%	0%
	Haut de pente	13	46%	11%	54%	11%	44%	12%	10%	9%	0%	0%	0%	0%
	TOTAL	41	48%	9%	52%	9%	40%	8%	9%	5%	2%	3%	1%	1%
2	Bas de pente	12	33%	24%	67%	24%	23%	16%	24%	17%	16%	13%	4%	6%
	Milieu de	12	46%	19%	54%	19%	25%	12%	21%	14%	8%	13%	0%	0%
	Haut de pente	12	30%	17%	70%	17%	49%	16%	22%	16%	0%	0%	0%	0%
	TOTAL	36	36%	12%	64%	12%	32%	9%	22%	9%	8%	6%	1%	2%

Dans le même ordre d'idées, le DHP moyen des 400 plus belles tiges de bouleaux jaunes à l'hectare est plus élevé dans le haut de la pente comparativement aux autres positions (Figure 21).

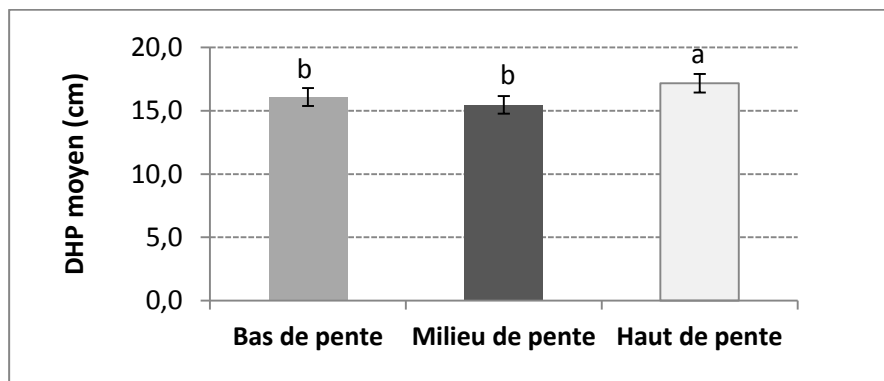


Figure 21. DHP moyen des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha en fonction de la position sur la pente

3.2.2. Résultats en fonction des traitements

Les résultats des mesures effectuées sur les 400 plus beaux bouleaux jaunes/ha sont similaires en fonction des traitements (Tableau 14). Ainsi, le DHP moyen mesuré au gallon circonférentiel évolue entre 16,1 et 16,3 cm, la hauteur des tiges entre 16,6 m et 16,9 m, la hauteur du tronc sans branches entre 7,7 m et 8,0 m, le rayon moyen des cimes entre 1,6 m et 1,8 m et la surface moyenne des cimes entre 9,1 m² et 10,7 m².

Tableau 14. Portrait avant intervention des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha en fonction des traitements

TRAITEMENTS	Nbre d'arbres études	DHP moyen (cm)	IC	HTOT moyenne (m)	IC	HB moyenne (m)	IC	Évaluation de la cime							
								Rayon moyen (m)	IC	Surface moyenne (m ²)	IC	Assymétrie NORD-SUD (valeur absolue)	IC	Assymétrie EST-OUEST (valeur absolue)	IC
EC 2013	116	16,1	0,7	16,7	0,2	7,7	0,3	1,8	0,1	10,7	1,0	0,9	0,1	0,8	0,1
EC 2023	90	16,3	0,8	16,6	0,2	8,0	0,4	1,6	0,1	9,1	1,3	0,7	0,1	0,8	0,1
TEMOIN	94	16,3	0,6	16,9	0,2	7,9	0,4	1,7	0,1	9,5	1,0	0,8	0,1	0,7	0,1

3.3. ÉVALUATION DES TRAVAUX DE L'EPCT EFFECTUÉS EN 2013 ET PORTRAIT APRÈS INTERVENTION

Le tableau 15 et le tableau 16 présentent les densités et surfaces terrières avant et après l'éclaircie précommerciale tardive de 2013. Ces tableaux présentent également les densités et surfaces terrières des tiges martelées et des tiges prélevées.

Les interventions ont permis de couper presque toutes les tiges martelées négativement. Une densité de 380 ti/ha et une surface terrière de 5,3 m²/ha ont été coupées lors de l'éclaircie précommerciale tardive de 2013 (Tableau 15 ; Tableau 16). Aucune tige martelée positivement n'a été coupée lors des interventions et très peu de tiges ont été blessées.

On retrouve après intervention une densité de tiges marchandes toutes essences de 1 097 ti/ha comparativement à 1 439 ti/ha avant intervention. La majorité des tiges coupées étaient des tiges marchandes et étaient des bouleaux jaunes qui nuisaient à un bouleau jaune d'avenir (Tableau 15).

Enfin, les interventions d'éclaircie effectuées en 2013 dans les unités prévues ont permis d'obtenir une plus grande proportion de tiges libres de croître parmi les 400 plus beaux bouleaux jaunes/ha (Tableau 17 ; Figure 22) passant à plus de 60 % des tiges complètement libres de croître et 35 % des tiges ayant seulement une face opprimée.

Tableau 15. Densité des tiges avant et après intervention d'EPCT, martelage et prélèvement par essence

ESSENCES	Avant intervention (ti/ha)				Martelage (ti/ha)						Prélèvement (ti/ha)				Après intervention (ti/ha)			
	Tiges marchandes	IC	Totale	IC	NÉGATIF	IC	POSITIF	IC	AUCUN	IC	COUPÉ	IC	BLESSÉ	IC	Tiges marchandes	IC	Totale	IC
BOJ	1 263	156	2 367	355	362	68	290	35	1 715	304	345	65	3	7	956	123	2 022	311
BOP	7	10	7	10	0	0	0	0	7	10	0	0	0	0	7	10	7	10
ERP	10	21	28	31	0	0	0	0	28	31	0	0	0	0	10	21	28	31
ERR	7	10	10	12	0	0	0	0	10	12	0	0	0	0	7	10	10	12
ERS	41	25	393	177	3	7	0	0	390	173	3	7	0	0	38	21	390	173
HEG	35	32	887	267	10	12	0	0	876	264	10	12	0	0	24	21	873	261
PET	3	7	3	7	0	0	0	0	3	7	0	0	0	0	3	7	3	7
PRP	72	51	76	54	21	21	0	0	55	49	21	21	0	0	52	45	55	49
TOTAL	1 439	138	3 771	370	397	61	290	35	3 085	355	380	59	3	7	1 097	115	3 388	350

Tableau 16. Surface terrière des tiges avant et après intervention d'EPCT, martelage et prélèvement par essence

ESSENCES	Avant intervention (m ² /ha)				Martelage (m ² /ha)						Prélèvement (m ² /ha)				Après intervention (m ² /ha)			
	Tiges marchandes	IC	Totale	IC	NÉGATIF	IC	POSITIF	IC	AUCUN	IC	COUPÉ	IC	BLESSÉ	IC	Tiges marchandes	IC	Totale	IC
BOJ	18,4	1,8	21,4	2,0	4,9	0,8	5,4	1,0	11,1	1,5	4,7	0,7	0,1	0,2	13,8	1,5	16,7	1,7
BOP	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
ERP	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,2
ERR	0,1	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2
ERS	0,4	0,2	1,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	1,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4	0,2	1,0	0,4
HEG	0,7	0,8	1,4	0,8	0,3	0,3	0,0	0,0	1,1	0,6	0,3	0,3	0,0	0,0	0,5	0,5	1,1	0,5
PET	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
PRP	1,1	0,8	1,1	0,9	0,3	0,2	0,0	0,0	0,8	0,8	0,3	0,2	0,0	0,0	0,8	0,8	0,8	0,8
TOTAL	21,0	1,8	25,3	1,8	5,5	0,9	5,4	1,0	14,4	1,3	5,3	0,8	0,1	0,2	15,9	1,5	20,0	1,5

Tableau 17. Proportion des 400 plus belles tiges d'avenir/ha de BOJ libres de croître par traitement

TRAITEMENTS	Nbre de PE	Proportion libres	IC	Proportion de tiges non libres de croître (%)									
				TOTALE	IC	1 face opprimée	IC	2 face opprimées	IC	3 face opprimées	IC	4 face opprimées	IC
EPCT 2013	29	61%	10%	39%	10%	35%	10%	4%	3%	0%	0%	0%	0%
EPCT 2023	24	37%	13%	63%	13%	29%	10%	24%	12%	7%	8%	3%	3%
TEMOIN	24	25%	10%	75%	10%	46%	11%	21%	8%	8%	7%	0%	0%

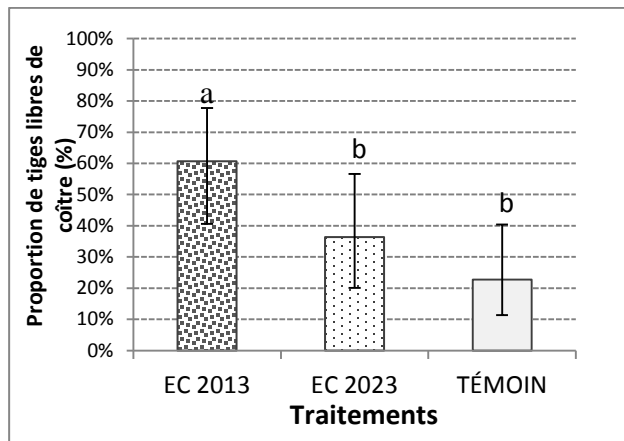


Figure 22. Proportion des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha libres de croître en fonction des traitements

4. DISCUSSION

Cette section permettra dans un premier temps de répondre aux hypothèses qui ont été posées puis de discuter sur le scénario sylvicole à la lumière des résultats obtenus.

4.1. RÉPONSES AUX HYPOTHÈSES

4.1.1. Comparaison de la bande éduquée (bande 1) et de la bande non éduquée (bande 2) du peuplement de 32 ans

1. La densité et la surface terrière sont supérieures dans la bande non éduquée puisqu'aucune tige n'a été coupée entre 1981 et 2013.

Vrai et faux.

Faux pour les tiges marchandes.

En considérant la densité et la surface terrière des tiges marchandes toutes essences et en bouleaux jaunes, on constate qu'elles sont supérieures dans la bande éduquée (Tableau 7 ; Figures 11 et 12). Ceci peut s'expliquer par le fait que les interventions de dégagement à l'europpéenne en bas âge ont permis d'optimiser l'espace entre les tiges et favoriser leur croissance, ce qui a permis à un plus grand nombre de tiges d'atteindre plus rapidement le stade marchand.

Vrai pour les tiges totales.

La densité moyenne totale est effectivement significativement plus élevée dans la bande non éduquée (bande 2 : 3 947 ti/ha) (figure 10) comparativement à la bande éduquée (bande 1 : 3 375 ti/ha), alors que la surface terrière n'est pas significativement différente (tableau 8). On observe que la densité totale en bouleaux jaunes n'est pas significativement différente en fonction des 2 bandes (bande 1 : 2 397 ti/ha ; bande 2 : 2 090 ti/ha). Ce qui fait principalement la différence de la densité totale entre les 2 bandes est la densité d'essences non désirées et compétitrices (ERR, HEG, PET, SAB, ERP et PRP) qui est beaucoup plus élevée dans la bande non éduquée (bande 2 : 1 274 ti/ha) comparativement à la bande éduquée (bande 1 : 768 ti/ha) (figure 14).

L'essence non désirée la plus importante est le hêtre à grandes feuilles qui représente près du tiers (27,5 %) de la densité totale des tiges dans la bande non éduquée (bande 2 : 1 087 ti/ha) et significativement supérieur à la bande éduquée (bande 1 : 691 ti/ha) (figure 15). Le HEG

est une espèce compétitrice très tolérante, agressive et longévive. Par contre, pour le moment, le hêtre (DHPq : 4,2 cm dans les deux bandes) ne représente pas une menace réelle puisqu'il est beaucoup plus petit que le bouleau jaune (DHPq de 11,0 cm dans les 2 bandes) (tableau 8). Pour ce qui est du cerisier de Pennsylvanie, il est presque inexistant dans la bande éduquée (2 ti/ha) et il présente une densité de 114 ti/ha dans la bande non éduquée. En regard avec ces résultats, on constate que les tiges qui nuisaient aux bouleaux jaunes ont probablement été cassées ou éliminées au moment des dégagements à l'européenne de 1987 et 1992.

2. Le DHP moyen des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha est supérieur dans la bande éduquée puisque les interventions de dégagement ont permis de meilleurs accroissements.

Faux.

Le DHP moyen des 400 plus belles tiges de bouleau jaune/ha est significativement supérieur dans la bande non éduquée (bande 1 : 15,9 cm ; bande 2 : 16,7 cm) (figure 17). Il est à noter que l'on observait déjà cette tendance en 2008 à l'âge de 25 ans. Comme discuté dans l'hypothèse 1, la densité totale est supérieure dans la bande non éduquée, mais la densité en tiges marchandes ainsi que la surface terrière marchande sont supérieures dans la bande éduquée qui a favorisé la croissance des tiges et leur a permis d'atteindre plus rapidement le stade marchand. Toutefois, les plus belles tiges de bouleaux jaunes dans la bande éduquée sont plus serrées et doivent compétitionner avec plus de tiges marchandes que dans la bande non éduquée.

À titre indicatif, on peut mentionner que lors des interventions d'EPCt de 2013, quelques rondelles ont été photographiées et on peut observer un ralentissement de croissance (figure 23.). Les coefficients de forme des tiges et l'évaluation de la liberté de croître ont été utilisés pour documenter ce fait.

En regard avec ces résultats, une intervention d'éclaircie précommerciale aurait dû être réalisée avant 2013 afin d'éviter le ralentissement de la croissance des tiges (Figure 23.). Le fait de ne pas intervenir autour de l'âge de 25 ans a en quelque sorte annulé certains effets bénéfiques des interventions de dégagement à l'européenne réalisée en 1987 et 1992. La leçon qu'il est possible d'en tirer est qu'il est important de surveiller la progression du peuplement pour ajuster les interventions afin d'atteindre les objectifs et de conserver des conditions optimales de développement des tiges d'avenir du peuplement à tous âges. Ce

dispositif permettra de vérifier à plus long terme si les éclaircies précommerciales tardives permettent de compenser le ralentissement de croissance.



Figure 23. Rondelles de tiges récoltées lors des interventions d'éclaircie précommerciale tardive en 2013 illustrant un ralentissement abrupt de croissance depuis les 14 dernières années (âge total ici 40 ans).

3. Les 400 plus belles tiges de BOJ/ha bien réparties subissent moins de compétition dans la bande éduquée puisque les dégagements à l'européenne ont éliminé plusieurs tiges compétitrices.

Faux.

Les résultats indiquent que la proportion des plus belles tiges de bouleaux jaunes libres de croître est de 48 % pour la bande éduquée et de 36 % pour la bande non éduquée (tableau 13), mais que ces valeurs ne sont pas significativement différentes. Dans le même ordre d'idée, en observant les données pour le peuplement, on observe que la densité et la surface terrière ne sont pas statistiquement différentes en fonction que la bande ait été éduquée ou non (tableau 9). Par conséquent, il semble que l'effet des interventions de dégagement à l'européenne effectuées en 1987 et 1992 a eu un effet positif pour une certaine période de temps, mais que cet effet soit maintenant atténué à l'âge de 32 ans. Ces informations justifient

de réaliser des éclaircies qui rendront les tiges d'avenir libres de croître. Une éclaircie précommerciale aurait dû être effectuée probablement autour de l'âge de 25 ans.

4. Les 400 plus belles tiges de BOJ/ha bien réparties possèdent une cime plus large et plus symétrique dans la bande éduquée, car les dégagements à l'européenne ont permis aux cimes une meilleure croissance.

Faux.

Les résultats démontrent que le rayon moyen de la cime est inférieur dans la bande éduquée (1,6 m) comparativement à la bande non éduquée (1,8 m). De plus, la surface moyenne de la cime est également plus grande dans la bande non éduquée (bande 1 : 8,8 m²; bande 2 : 11,1 m²) (Tableau 10 ; Figures 19 et 20). Tel que mentionné à l'hypothèse 1, la densité et la surface terrière en tiges marchandes sont supérieures dans la bande 1. Les tiges sont donc plus serrées dans la bande éduquée, ce qui diminue l'espace disponible pour le développement de la cime. Ces faits justifient qu'une intervention d'EPC aurait dû être planifiée plus tôt.

Dans la bande 2, où l'on observait un plus grand nombre de tiges d'ERP et PRP d'un plus jeune âge, le dépérissement de ces tiges au cours des 10 dernières années a fait lieu d'éclaircie et laisser beaucoup plus d'espace aux BOJ encore présents, leur permettant de bien se développer.

5. La hauteur des troncs sans branches des 400 plus belles tiges de BOJ/ha bien réparties est plus élevée dans la bande éduquée qui a bénéficié d'un élagage en 1992.

Vrai.

Les résultats indiquent que la hauteur de tronc sans branches est de 8,1 m dans la bande éduquée et de 7,6 m dans la bande non éduquée. Bien que cette différence soit petite, elle est significative statistiquement. En effet, les données étant uniformes, il y a peu de variabilité et il est possible de discerner la différence. Les élagages réalisés en 1992 ont permis de diminuer le nombre de branches basses dans la bande éduquée. Cette différence ne permet cependant pas d'obtenir une bille de déroulage de plus pour le moment.

Enfin, on peut mentionner que si le nombre de tiges d'avenir à mesurer avait été supérieur, par exemple, 8 tiges au lieu de 4 tiges par placette de 100 m², les différences auraient pu être

plus évidentes. En effet, dans la bande non éduquée, il est possible de trouver 4 belles tiges bien distribuées dans la majorité des placettes, mais il aurait été très difficile d'en trouver davantage contrairement à ce qu'on observe dans la bande 1. Avec un objectif de production de 200 ti/ha contenant chacune 4 billes de déroulage à l'âge de 90 à 120 ans, il est tout indiqué, au niveau de la gestion du risque, et pour permettre la réalisation d'interventions intermédiaires que le peuplement à l'âge de 32 ans soit constitué de 400 à 800 ti/ha de belle qualité et de bonne dimension.

4.1.2. Évaluation de la validité du design du dispositif d'éclaircie précommerciale tardive

6. *Avant intervention, il n'y a pas de différence significative de densité, surface terrière et caractéristiques des 400 plus beaux BOJ/ha bien répartis en fonction des blocs (bande et position sur la pente) du dispositif expérimental planifié.*

Faux.

Étant donné les différences significatives observées pour plusieurs caractéristiques dendrométriques du peuplement et des bouleaux jaunes en fonction des bandes (Figure 11 ; Figure 12 ; Figure 17 ; Figure 18) et de la position sur la pente (Figure 8 ; Figure 9 ; Figure 21), il sera important, lors des analyses statistiques ultérieures, de continuer à conserver ces paramètres d'identification des bandes et de la position sur la pente comme élément de blocage du dispositif expérimental.

7. *Avant intervention, il n'y a pas de différence significative de densité, surface terrière et caractéristiques des 400 plus beaux BOJ/ha bien répartis en fonction des traitements du dispositif expérimental planifié.*

Vrai.

Le portrait avant intervention des différentes caractéristiques dendrométriques du peuplement (Tableau 10) et des bouleaux jaunes (Tableau 14) en fonction des traitements confirme qu'il n'y a pas de différences significatives entre les traitements. Ceci confirme que les unités expérimentales sont uniformes et bien réparties sur le terrain et que les effets ultérieurement observés suite aux interventions d'éclaircie précommerciale tardive pourront être associés à l'effet des traitements réalisés.

4.1.3. Évaluation des travaux d'éclaircie précommerciale tardive effectués en 2013

8. *Les travaux d'éclaircie précommerciale tardive réalisés en 2013 ont été bien faits et ont respecté la prescription.*

Vrai.

Toutes les tiges martelées négativement en essences compétitrices ont été coupées. En plus, 345 ti/ha de bouleaux jaunes ont été coupées sur un total de 362 martelés négativement. Toutes les tiges martelées positivement ont été préservées et seulement 3 tiges de bouleaux jaunes martelées positivement ont été blessées lors des interventions d'éclaircies en 2013. Les travaux d'éclaircie ont donc respecté le martelage et préservé les tiges martelées positivement.

9. *Les 400 plus beaux BOJ/ha bien répartis sont plus libres de croître dans les unités expérimentales ayant bénéficié d'une éclaircie précommerciale tardive en 2013.*

Vrai.

Les travaux d'éclaircie précommerciale tardive réalisés en 2013 ont permis d'obtenir une plus grande proportion de tiges libres de croître parmi les plus beaux bouleaux jaunes identifiés (Figure 22). En effet, dans le traitement EPCt2013, 61% de ces tiges sont libres de croître alors que dans l'EPCt2023 et le témoin, cette proportion est de 38% et de 25% respectivement.

4.2. DISCUSSIONS CONCERNANT LE SCÉNARIO SYLVICOLE

À la lumière des résultats obtenus, quelques éléments du scénario sylvicole méritent d'être discutés.

4.2.1. Spécificité de l'unité de paysage et impact sylvicole

Dans l'unité de paysage régional #55 intitulée Lac Saint-Joseph et Saint-Tite-des-Caps, les précipitations moyennes annuelles sont de 1 200 à 1 600 mm par année et l'indice d'aridité se situe entre 50 et 100. Le climat s'en trouve plus frais et humide que dans la

plaine du Saint-Laurent (Robitaille et Saucier, 1998). Même la sous-région écologique des hautes collines de St-Tite-des-Caps (4d-M) reçoit en moyenne annuelle plus de précipitations totales que les autres sous-régions écologiques du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est (Grondin, Blouin et Racine, 1999).

Ceci pourrait avoir une incidence majeure sur les taux de survie des jeunes semis de bouleau jaune. Il est reconnu que leur survie, suite à l'établissement, est une étape critique qui est très sensible au stress hydrique. La forte proportion de bouleau jaune que l'on retrouve dans la bande non traitée pourrait être reliée au fait que dans l'unité de paysage, le stress hydrique est plus limité.

4.2.2. Impact de la position topographique

Les résultats obtenus permettent de distinguer le haut de pente des autres positions topographiques : la densité totale, la densité en tiges marchandes et la surface terrière totale sont significativement inférieures dans le haut de la pente. La même tendance est observée pour le bouleau jaune.

À l'inverse par contre, le DHPq du bouleau jaune est plus élevé dans le haut de la pente et peut être expliqué par la plus faible densité du peuplement.

En conséquence, le moment d'intervention pour une opération de dégagement pourrait être modifié. Souvent les hauts de pente présentent des classes de drainage plus rapide et des sols plus minces, conditions moins favorables au bouleau jaune. Dans ces conditions, les objectifs ambitieux de 4 billes de déroulage pourraient être réduits à 3 billes par tige.

4.2.3. Ralentissement de croissance, phase d'élimination et stagnation

Le stade de développement appelé fourré (environ jusqu'à 3 cm de DHP) est le stade d'entremêlement des tiges qui suit le stade semis. La phase qui s'ensuit, le stade gaulis, présente une élimination active : lorsqu'il y avait en 1987 (observé à l'âge de 6 ans), 37 000 tiges/ha de plus de 30 cm de hauteur, on retrouvait 5 080 tiges/ha de 2 cm et plus. En 2008, à l'âge de 27 ans, on retrouvait 3 947 tiges/ha de 2 cm et plus. En 2013, à l'âge de 32 ans, il y a très peu de tiges de 2 cm, mais plus de 100 tiges/ha dans chacune des classes de 4 cm à 12 cm inclusivement.

Le peuplement est actuellement dans une certaine stagnation. Il y a une perte d'environ 90 tiges/an depuis 5 ans. Il en est de même pour les perches de bouleau jaune, pour lesquelles, on observe un faible accroissement en diamètre de 0,3 cm par an des 400 plus beaux BOJ d'avenir/ha.

Dans la bande traitée, la situation semble encore plus problématique où, déjà en 2008, le DHP des 400 tiges d'avenir était inférieur à celui de la bande non traitée (14,3 vs 15,1), écart qui semble s'accroître en 2013 (15,9 vs 16,7). On peut penser que la mortalité des espèces peu longévives qui accompagnent les tiges dans la bande non traitée serait à l'origine de cet écart. Dans la bande traitée, la compétition demeure interspécifique et les perches de bouleau jaune pour l'instant s'étiolent et il en meurt peu.

4.2.4. Pertinence d'une intervention de dégagement et fenêtre opérationnelle

Dans le scénario retenu pour atteindre les cibles de 4 billes de déroulage de BOJ pour 200 tiges/ha, l'éducation en très bas âge a permis de constituer une cohorte de tiges utiles. Par contre, ne pas intervenir par la suite, a entraîné un sacrifice de croissance. Prévu à l'origine afin de maintenir le peuplement serré pour favoriser l'élagage de la troisième, mais surtout de la quatrième bille de déroulage, est-ce qu'un dégagement aurait permis d'éviter le ralentissement de croissance et de favoriser la dominance hiérarchique des arbres d'avenir sélectionnés, tout en maintenant une pression latérale et de nombreuses tiges marchandes de remplacement ? On peut penser que oui.

Quand intervenir ? Il semble que déjà à 27 ans, le ralentissement de croissance soit entamé depuis quelques années. Si à l'opposé, l'effet d'un traitement de dégagement se fait sentir pendant une dizaine d'années, on pourrait penser pouvoir intervenir au minimum entre 14 et 17 ans (si le dégagement à l'européenne s'effectue entre 4 et 7 ans après la coupe). Ainsi, en théorie, la fenêtre opérationnelle se situerait entre 15 et 25 ans. Idéalement l'intervention doit se faire AVANT le ralentissement de croissance. La lecture des cernes annuels sur la découpe nous confirme un ralentissement marqué depuis 14 ans, soit à partir de 18 ans.

Est-ce que la non-intervention permettra d'obtenir un allongement de la hauteur utilisable des billes sélectionnées? Le dispositif permettra de le démontrer. Combien d'années faut-il attendre? Encore une fois, le dispositif pourra apporter une réponse puisque qu'un des

traitements prévus dans chacun des blocs est d'intervenir en 2023, traitement qui pourra être comparé à l'éclaircie précommerciale tardive de 2013 et au témoin non traité.

Ceci reste une option à explorer tout comme le choix de cibles de 3 billes de déroulage par tige. Les travaux d'éclaircie précommerciale tardive réalisés en 2013 ont permis d'obtenir une plus grande proportion de tiges libres de croûtre parmi les plus beaux bouleaux jaunes identifiés (Figure 22).

4.2.5. Paramètres critiques à surveiller

L'exploration de différents régimes d'éclaircie qui vient d'être amorcée devrait permettre, lorsque le peuplement traité se sera affranchi de cette phase de stagnation (avec ou sans intervention), de vérifier les différents impacts sur les attributs de tiges. Ces attributs comprennent :

- l'obtention d'une bille de plus de déroulage par tige ;
- une meilleure répartition par produit dans les tiges d'avenir, par l'optimisation du processus de sélection de tiges, grâce au maintien d'un plus grand nombre de tiges marchandes de remplacement.

Toutes ces options doivent être comparées sous l'angle de l'optimisation des fonctions-bénéfices-coûts et également sur le maintien d'un maximum d'opportunités pour les générations futures, option difficile à capter avec les valeurs actualisées nettes.

Actuellement, l'implantation de ce scénario très intensif de production est très peu coûteuse, puisqu'il s'agit d'une coupe à blanc par bande par arbre entier, processus plus économe que le processus par bois tronçonné. Il n'y a pas de frais supplémentaires pour le scarifiage puisque l'opération de récolte entraîne le mélange des horizons de surface et de la litière, une économie supplémentaire de 500 à 1 242 \$/ha est possible (basée sur les taux du MFFP) (BMMB, 2016).

Le dégagement à l'européenne (forme de nettoyage) coûte actuellement la moitié d'un dégagement standard selon les normes du MFFP 950 à 1 050 \$/ha (BMMB, 2016).

Le dégagement ou l'éclaircie précommerciale, effectuée à 18 ans, coûterait entre 975 et 1 175 \$ (BMMB, 2016).

Enfin, le régime d'éclaircie appliqué par la suite viserait à s'autofinancer avec les produits de la récolte, à proximité du chemin principal, ce qui reste à démontrer.

À maturité, une estimation effectuée à partir des prix du marché du bois de sciage et déroulage du Syndicat des propriétaires forestiers de la région de Québec montre un revenu potentiel de 40 000 \$ à 60 000 \$ à l'hectare (SPFRQ, 2015).

4.2.6. Cibles de 2 à 4 billes de déroulage par tiges

Dans le secteur de Duchesnay, naturellement, trente-deux ans après un processus de régénération par coupe à blanc par bande, on obtiendrait 3 billes sans branches pour 400 tiges à l'hectare de BOJ, avec seulement les frais de récolte du peuplement ! Si on ajoute un dégagement et des éclaircies commerciales, la cible de 3 billes de bois d'œuvre ou même de déroulage pourrait être obtenue.

Le scénario amorcé avec l'éducation en bas âge vise pour sa part l'obtention de 4 billes de déroulage, scénario ambitieux dont l'avenir nous prouvera ou non la possibilité réelle et la pertinence. Il faut remarquer qu'à Duchesnay, on peut observer à l'occasion des tiges avec plus de 5 billes de déroulage, prouvant le potentiel écologique à produire les billes ciblées.

Par ailleurs, selon le chercheur Gilles Vallée, une stratégie d'éducation intensive, aux stades gaulis et perchis, pourrait permettre de former des tiges de 1 à 2 billes de déroulage par tige en 60 ans. Il faudrait alors surveiller la propension naturelle du bouleau jaune à former des branches adventives, fait qui a toujours découragé toute production de bouleau jaune en plantation.

5. RECOMMANDATIONS

Les résultats et les analyses réalisées dans le cadre de ce projet permettent de faire les recommandations suivantes.

5.1. CONCERNANT LA SYLVICULTURE EN PEUPEMENT ÉQUIENNE FEUILLU

Les peuplements obtenus par le procédé de régénération de coupe à blanc par bandes prouvent la pertinence de la culture en futaie régulière pour ces peuplements :

- Ce procédé est pertinent :
 - en présence de peuplements dégradés ;
 - dans le cas de peuplements équiennes obtenus suite à de grandes perturbations naturelles ou anthropiques ;
 - pour des espèces semi-tolérantes et tolérantes comme le bouleau jaune, mais également le pin blanc et le chêne rouge.
- Les peuplements sont peu coûteux à installer si on utilise des processus de récolte par arbre entier.

Certaines conditions doivent être respectées :

- S'assurer de brasser le sol sur toute la superficie pour maximiser les lits de germination.
- Éviter la récolte hivernale.
- Prendre les mesures nécessaires pour limiter les pertes de sol par érosion et les glissements de terrain.
- De garder en tête qu'il s'agit de monoculture, qu'elles demeurent risquées et ne doivent pas dominer dans le paysage.

Il est recommandé :

- 1- De réhabiliter l'aménagement équienne dans les forêts feuillues, notamment pour les peuplements dégradés et les peuplements déjà équiennes pour les productions de BOJ, CHR et PIB.
- 2- De valider le seuil de 14 m²/ha et moins de CFC pour la pertinence de maintenir ou non un peuplement sur pied.
- 3- D'explorer la nécessité ou non d'utiliser la coupe progressive dans la dernière bande résiduelle.

- 4- De prévoir une certaine forme de normalisation des superficies pour étaler les superficies dans le temps pour une production soutenue de bois de grande qualité.

5.2. CONCERNANT LES CIBLES ET LES SCÉNARIOS ÉQUIENNES

Tel que discuté, plusieurs cibles sont possibles en aménageant équienne pour la production de bois de qualité. En l'occurrence, il est recommandé :

1. Dans les peuplements équiennes de feuillus tolérants à production de bouleaux jaunes, de poursuivre la mise en application le scénario sylvicole proposé par Pierre Ricard pour la production d'un objectif de 4 billes de déroulage par tige pour 200 tiges/ha.
2. D'instaurer systématiquement le dégagement à l'européenne (forme de nettoyage) dans les régions qui ne bénéficient pas d'une pluviométrie comme à Duchesnay.
3. D'explorer la possibilité de produire 2-3 billes de déroulage par tige sans procéder au dégagement à l'européenne en bas âge. Actuellement, le dispositif de la DRF va en ce sens dans un peuplement issu de coupe totale en 1970.
4. D'explorer la possibilité d'effectuer un dégagement entre 15 et 20 ans suite à l'intervention de dégagement à l'européenne entre 4 et 7 ans, pour éviter le ralentissement de croissance des tiges d'avenir.
5. D'explorer différents régimes d'éclaircie dans les peuplements de bouleau jaune en faisant toutefois attention à deux éléments :
 - contrôler les prélèvements pour limiter les chocs thermiques et le développement de branches adventives;
 - porter une attention particulière, notamment lors du débardage à ne pas briser les racines. L'option de récolter l'hiver quand le sol est gelé et d'utiliser de la machinerie à plus haute portance ou moins lourde doit être sérieusement considérée.

5.3. CONCERNANT LE DISPOSITIF MIS EN PLACE EN 2013

Le dispositif a été mis en place pour vérifier le moment d'installation d'une éclaircie précommerciale tardive. Il est recommandé de :

1. Poursuivre les suivis afin de vérifier si les éclaircies précommerciales tardives permettent d'améliorer la croissance des tiges.
2. De procéder à l'éclaircie précommerciale tardive en 2023 dans les blocs prévus à cet effet. À ce moment, faire une étude d'accroissement en conservant et en étudiant les rondelles de bois des arbres récoltés.
3. De poursuivre l'exploration de divers régimes d'éclaircie commerciale dans le dispositif.

6. CONCLUSION

La sylviculture en futaie équienne pour le bouleau jaune s'avère une option pertinente et prometteuse. Le projet a permis de mesurer, dans un peuplement équienne de bouleau jaune de 32 ans, les effets de l'éducation par deux dégagements à l'européenne en bas âge, d'un élagage et d'une taille de formation et de le comparer avec un peuplement témoin. Bien qu'entraînant la formation d'un peuplement où la proportion de bouleau jaune marchand de qualité est grandement améliorée, le ralentissement de croissance prévu pour favoriser l'élagage de la dernière bille s'est avéré, mais la question se pose sur la perte de rendement encourue. Un dégagement aurait-il été nécessaire ? Par ailleurs, la bande non traitée a présenté de très bons résultats et les 400 plus belles tiges de bouleau jaune à l'hectare présentent un diamètre plus élevé et une cime plus large. Cette situation, peut-être exceptionnelle en raison de la pluviométrie plus élevée retrouvée à Duchesnay et pose la pertinence d'explorer également des scénarios extensifs sans dégagement. Le régime d'éclaircie commerciale qui devrait suivre selon le scénario initial prévu devrait permettre d'apporter certaines réponses sur l'intérêt ou non d'avoir des tiges de remplacements pour favoriser le choix d'arbre élite parmi les candidats puis les prétendants.

L'installation du dispositif d'éclaircie précommerciale tardive, dont le design s'est avéré valable et l'exécution des travaux de qualité, permettra de mesurer comment le peuplement réagira à plus long terme et de nourrir la discussion sur le moment optimal d'intervention.

Le projet contribue à fournir des pistes de solutions pour le traitement des nombreux peuplements issus de coupe par bandes et à préciser les meilleurs scénarios sylvicoles pour atteindre des objectifs ambitieux de production de bois d'œuvre de haute qualité de bouleau jaune.

RÉFÉRENCES

Bureau de mise en marché des bois (BMMB). 2016. Valeur des traitements sylvicoles non commerciaux pour l'année financière 2016-2017. Direction des évaluations économiques et des opérations financières. 8 p.

Grondin, P., J. Blouin et P. Racine. 1999. Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est. Ministère des Ressources naturelles du Québec. Direction des inventaires forestiers. 198 p.

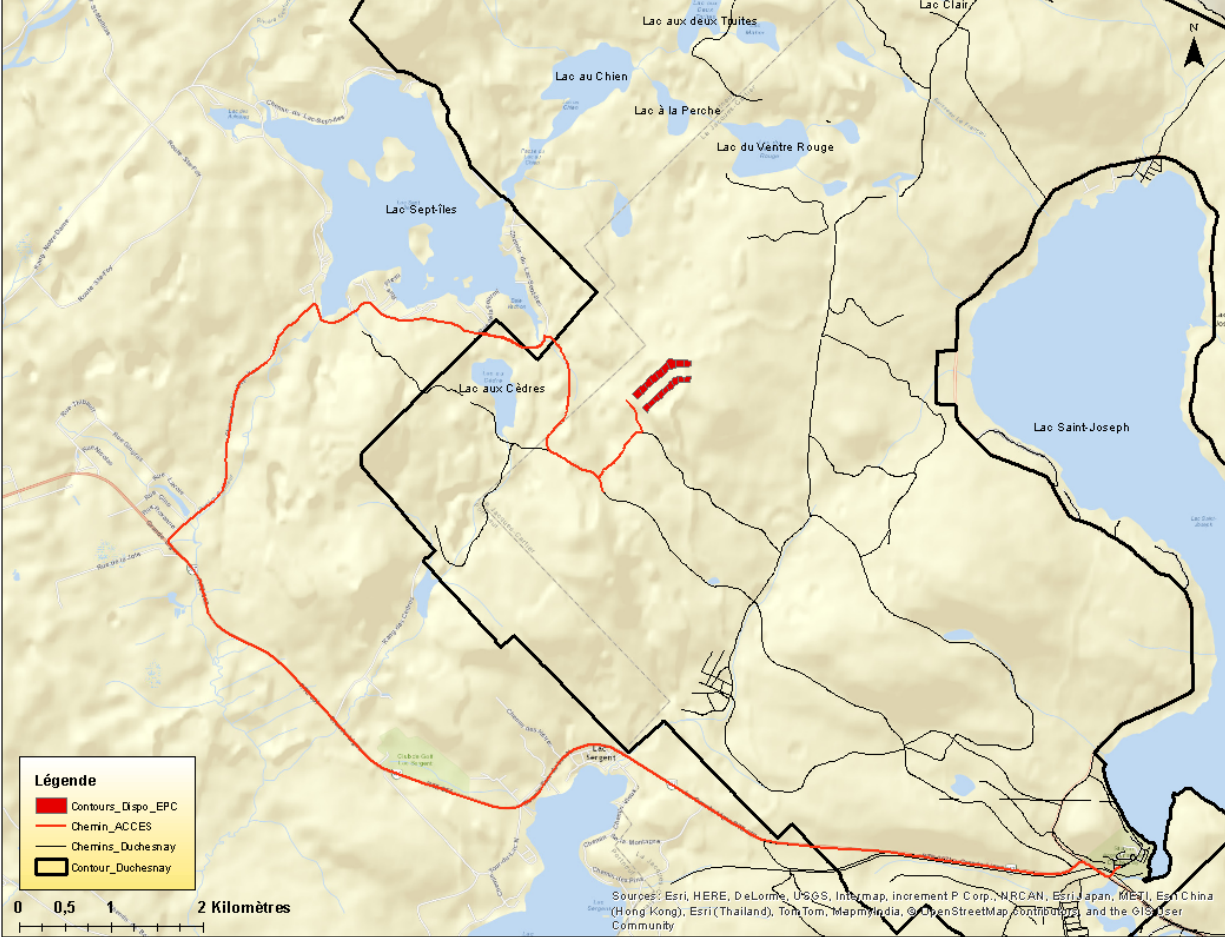
Ministère des Ressources naturelles (MRN). 2013. Le Guide sylvicole du Québec, Tome 2. Les concepts et l'application de la sylviculture. Ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec. 744 p.

Robitaille, A. et J.-P. Saucier. 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. Les publications du Québec. Gouvernement du Québec. 213 p.

Syndicat des propriétaires forestiers de la région de Québec (SPFRQ). 2015. Les marchés du bois de sciage et déroulage. Les marchés des feuillus durs et du tremble. Prix mis à jour le 11 décembre 2015. 6 p.

ANNEXES

Annexe 1 : Localisation du dispositif expérimental sur la station de Duchesnay et accès par le Lac Sept-Îles



Annexe 2 : Densités, surfaces terrières et diamètre moyen quadratique initial en fonction des traitements, des bandes et des essences

BANDES	TRAITEMENTS	Nbre de PE	ESSENCES	Densité (ti/ha)				Surface terrière (m ² /ha)				DHPq (cm)	
				Tiges marchandes	IC	Totale	IC	Tiges marchandes	IC	Totale	IC		Total
1	EC 2013	17	BOJ	1 507	124	2 596	401	20,3	2,0	23,5	2,2	10,7	
			ERP	18	35	29	48	0,2	0,3	0,2	0,4	9,2	
			ERR	12	16	18	19	0,2	0,3	0,3	0,3	14,0	
			ERS	35	24	182	124	0,4	0,3	0,7	0,4	7,0	
			HEG	41	42	736	357	0,7	0,8	1,2	1,0	4,6	
			TOTAL	1 613	132	3 561	453	21,9	2,2	25,9	2,3		
	EC 2023	12	BOJ	1 509	196	2 685	717	21,1	2,0	24,6	2,5	10,8	
			BOP	8	17	8	17	0,1	0,1	0,1	0,1	10,0	
			ERP	8	17	8	17	0,1	0,1	0,1	0,1	10,0	
			ERS	42	67	92	134	0,8	1,2	1,0	1,3	11,6	
			HEG	0	0	525	165	0,0	0,0	0,4	0,2	3,0	
			TOTAL	1 568	187	3 319	699	22,1	2,0	26,0	2,3		
	TEMOIN	12	BOJ	1 209	264	1 826	444	18,5	3,4	20,6	3,7	12	
			BOP	17	22	17	22	0,3	0,3	0,3	0,3	14,0	
			ERP	25	50	33	67	0,2	0,4	0,2	0,5	9,5	
			ERR	142	177	142	177	3,7	4,0	3,7	4,0	18,1	
			ERS	108	76	342	221	1,9	1,6	2,3	1,7	9,3	
			HEG	33	38	792	318	0,5	0,7	1,1	0,9	4,3	
			PRP	8	17	8	17	0,1	0,3	0,1	0,3	14,0	
			SAB	0	0	8	17	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	
			TOTAL	1 543	151	3 169	545	25,2	3,4	28,4	3,0		
	TOTAL BANDE 1				1 579	87	3 375	316	22,9	1,5	26,7	1,5	
	2	EC 2013	12	BOJ	917	210	2 043	617	15,6	2,6	18,6	3,0	11
				BOP	17	22	17	22	0,1	0,2	0,1	0,2	10,0
ERP				0	0	25	36	0,0	0,0	0,1	0,1	6,0	
ERS				50	52	692	324	0,5	0,5	1,4	0,8	5,1	
HEG				25	50	1 101	385	0,7	1,5	1,6	1,5	4,3	
PET				8	17	8	17	0,1	0,2	0,1	0,2	12,0	
PRP				175	96	183	104	2,6	1,7	2,6	1,7	13,6	
TOTAL				1 192	210	4 069	604	19,7	3,0	24,5	2,8		
EC 2023		12	EPR	0	0	17	22	0,0	0,0	0,1	0,1	7,1	
			ERP	0	0	58	100	0,0	0,0	0,1	0,2	5,3	
			ERS	92	80	542	299	1,3	1,0	2,1	1,3	7,0	
			HEG	8	17	1 226	546	0,1	0,2	1,3	0,8	3,7	
			PRP	117	110	158	114	1,5	1,4	1,7	1,4	11,7	
			TOTAL	1 276	254	3 961	641	20,8	3,1	25,6	3,4		
TEMOIN		12	BOJ	1 076	203	2 268	592	17,7	2,9	20,7	3,0	11	
			BOP	8	17	8	17	0,2	0,3	0,2	0,3	16,0	
			ERP	8	17	75	70	0,1	0,1	0,2	0,2	6,1	
			ERS	83	59	475	315	0,9	0,7	1,8	1,3	7,0	
			HEG	25	36	934	431	0,8	1,1	1,6	1,2	4,6	
			PRP	50	52	50	52	1,0	1,2	1,0	1,2	15,9	
TOTAL		1 251	153	3 811	794	20,7	2,6	25,5	2,2				
TOTAL BANDE 2				1 240	118	3 947	385	20,4	1,6	25,2	1,6		

Annexe 3 : Description du scénario sylvicole

Étapes du scénario	Traitements sylvicoles à réaliser	Modalités et description des traitements	Objectifs visés
Établissement d'une régénération de BOJ très abondante sur toute la surface productive	Coupe progressive uniforme	<p>Coupe initiale de la coupe progressive : → récolte partielle de 40 à 50 % du recouvrement de la canopée</p> <p>Coupe finale de la coupe progressive : → 5 à 10 ans après la coupe initiale → coupe d'hiver pour protéger la régénération → sentiers espacés → abattage directionnel</p>	<p>→ établir une régénération surabondante en essence désirée (BOJ) appelée « brosse »</p> <p>→ doser les conditions de lumière et d'humidité pour favoriser l'installation du BOJ et contrôler la colonisation des espèces de lumière</p> <p>→ limiter les variations de température et d'humidité pour diminuer les stress et réduire le risque de perdre un grand nombre de semis</p>
	Débroussaillage des gaules et scarifiage	<p>→ élimination des déchets de la zone à régénérer</p> <p>→ scarifiage à l'automne après la chute des feuilles et synchronisation avec une bonne année semencière</p>	→ favoriser la germination des graines et l'installation des semis de l'essence désirée
Constitution d'une cohorte libre de croître	Dégagement à l'europpéenne	→ élimination de l'étage supérieur d'essences de compétition qui domine les BOJ	→ contrôler la composition du peuplement → assurer des conditions de pleine lumière pour les BOJ
		→ conservation d'un bourrage de tiges de remplacement	→ forcer la croissance en hauteur plutôt qu'en diamètre → encourager l'élagage naturel
Éducation des gaules (lorsque les gaules ont 3 à 9 cm de DHP)	Dégagement à l'europpéenne	→ identique à l'étape précédente	→ identique à l'étape précédente
	Taille de formation	→ suppression des doubles ou multiples lêtes et des branches qui risquent de prendre un trop fort développement au détriment de celui du tronc	→ produire des fûts droits → maximiser la longueur utilisable
	Élagage	→ suppression des branches mortes ou vivantes près du tronc → conservation de 40 % de cime vivante par rapport à la hauteur totale	→ produire du bois cylindrique, sans défaut interne et sans nœud dans les premières billes
Éducation des perches (lorsque les troncs ont atteint une hauteur de 3 billes de bois d'œuvre)	Éclaircie commerciale	→ prélèvement maximum d'environ 20 % pour éviter l'insolation et le développement de branches adventives → martelage positif (conservation de 300 à 500 tiges/ha de BOJ de belle qualité et vigoureuses)	→ favoriser la croissance en diamètre → rééquilibrer les cimes