

Caractéristiques dendrométriques, panier de produits et valeur des arbres issus d'une première éclaircie commerciale en plantation d'épinette blanche



Laurent Gagné, biol., M. Sc. F.



**COLLECTIF RÉGIONAL
DE DÉVELOPPEMENT
DU BAS-SAINT-LAURENT**

Octobre 2018

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2019

ISBN 978-2-9818071-1-3

TABLE DES MATIÈRES

Liste des tableaux.....	iii
Liste des figures	iii
Liste des sigles et acronymes.....	iv
Partenaires du projet et sources de financement.....	v
Remerciements.....	vi
Introduction.....	1
Méthodologie	2
➤ Localisation et description du dispositif.....	2
➤ Identification des arbres pour l'évaluation du panier de produits.....	4
➤ Évaluation des caractéristiques des arbres-échantillons, du panier de produits et de la valeur des tiges par classe de DHP	5
Analyses statistiques.....	8
Résultats et discussion	9
➤ Hauteur marchande et volume par tige	9
➤ Défilement.....	11
➤ Courbures.....	12
➤ Panier de produits	13
➤ Valeur des bois.....	17
➤ Ratio valeur / volume réel en fonction du DHP.....	17
Conclusion	20
Bibliographie.....	21
Annexe 1 - Répartition des tiges par parcelle permanente, par classe de DHP et essence servant à l'évaluation du panier de produits.....	24
Annexe 2 - Table d'ANOVA visant à comparer les principales caractéristiques morphologiques et dendrométriques des tiges entre les essences et le DHP	25

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Description dendrométrique sommaire pour chacune des unités expérimentales dans une plantation d'épinette blanche de 30 ans.....	3
Tableau 2 : Liste des prix (\$can 2015) utilisés dans les simulations avec Optitek® pour estimer la valeur des sciages et des coproduits en fonction des dimensions et des catégories de sciage	7
Tableau 3 : Matrice de répartition des produits en pmp et en proportion (%) issus d'une première éclaircie commerciale par produit, par classe de longueur et de DHP pour l'épinette et le sapin	16

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du secteur à l'étude.....	2
Figure 2 : Schéma du dispositif et identification des unités expérimentales et des parcelles permanentes	3
Figure 3 : Exemple d'un arbre-échantillon identifié pour le panier de produits lors de l'inventaire	4
Figure 4 : Lecteur optique de précision (A) et tige passant dans le lecteur pour sa numérisation en image 3D (B).....	6
Figure 5 : Illustration du panier de produits virtuels à partir de quelques exemples de billes réelles	6
Figure 6 : Moyenne et écart-type de la hauteur marchande (m), du volume réel (dm ³), du volume marchand (dm ³) et du volume brut exprimé en pmp par classe de DHP pour le sapin et l'épinette blanche	10
Figure 7 : Défilement moyen (cm/m) et écart-type par classe de diamètre pour le sapin et l'épinette	12
Figure 8 : Courbure moyenne (cm/m) et écart-type par classe de diamètre pour le sapin et l'épinette	13
Figure 9 : Proportion des produits du bois d'œuvre (sciage) et coproduits (copeaux et sciures) par classe de DHP pour le sapin (A) et l'épinette (B)	15
Figure 10 : Valeur moyenne (\$can 2015) par classe de DHP et écart-type pour le sapin et l'épinette	17
Figure 11 : Relation entre le ratio de la valeur totale par tige et le volume réel (dm ³) en fonction de la classe de DHP pour l'épinette et le sapin.....	18
Figure 12 : Ratio valeur (\$can 2015) / volume réel (m ³) et écart-type pour le sapin et l'épinette dans chaque classe de DHP	19

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

%	Pourcentage
<	Inférieur
>	Supérieur
\$can	Dollar canadien
cm	Centimètre
CRDBSL	Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent
CRÉBSL	Conférence régionale des éluEs du Bas-Saint-Laurent
DHP	Diamètre à hauteur de poitrine
dm ³	Décimètre cube
kg/m ³	kilogramme par mètre cube
m	Mètre
m ²	Mètre carré
m ³	Mètre cube
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
MSR	<i>Mechanical stress-rating lumber</i> / Classification par contrainte mécanique
pmp	Pied mesure planche
TBE	Tordeuse des bourgeons de l'épinette
tma	Tonne métrique anhydre

PARTENAIRES DU PROJET ET SOURCES DE FINANCEMENT

La présente étude est issue du *Projet d'expérimentation de l'éclaircie commerciale sur la Réserve faunique de Matane relativement à la tordeuse des bourgeons de l'épinette et à la transformation des bois*¹.

Ce projet de recherche a été initié en 2014 par la Conférence régionale des éluES du Bas-Saint-Laurent (CRÉBSL) et le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) en partenariat avec la Direction de la recherche forestière, la Direction de la protection des forêts, l'Université du Québec à Rimouski et le Centre canadien de la fibre de bois. L'Université de Sherbrooke a également collaboré à ce projet.

L'étude a été financée par le Fonds de développement régional de la CRÉBSL.

¹ Vous pouvez consulter le document *Projet d'expérimentation de l'éclaircie commerciale sur la Réserve faunique de Matane relativement à la tordeuse des bourgeons de l'épinette et à la transformation des bois* sur le site Internet du Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent à l'adresse suivante : <http://www.crdbsl.org>.



REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier MM. Yves Giroux de FPInnovations, Aziz Laghdir du Service de recherche et d'expertise en transformation des produits forestiers (SEREX) et Robert Schneider de l'Université du Québec à Rimouski ainsi que M. Luc Lavoie et Mme Marie-Hélène Langis du Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent (CRDBSL) pour avoir apporté leurs commentaires sur le rapport. Je tiens également à remercier Mme Louise Albert du CRDBSL pour la mise en page du document.

Citation complète :

Gagné, L. 2018. *Caractéristiques dendrométriques, panier de produits et valeur des arbres issus d'une première éclaircie commerciale en plantation d'épinette blanche*. Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent, 26 p.

Le document est disponible sur le site Internet du CRD : [http// : www.crdbsl.org](http://www.crdbsl.org).

INTRODUCTION

La proportion des peuplements résineux ou à dominance résineuse susceptible d'être traitée en éclaircie commerciale est importante au Bas-Saint-Laurent (Gagné et Lavoie, 2014) et ailleurs au Québec (Parent, 2009). Pour tout le territoire forestier du Bas-Saint-Laurent, si on exclut les peuplements vulnérables à la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE), le potentiel d'éclaircie commerciale est actuellement estimé à environ 4 000 ha/an et devrait augmenter au cours des prochaines années (Gagné et Lavoie, 2014).

La rentabilité économique d'une première éclaircie commerciale est questionnée par plusieurs intervenants. Pourtant, les analyses récentes montrent que l'éclaircie commerciale dans des plantations génère des bénéfices (Labbé, 2014; Leroux, 2014). D'un point de vue sylvicole, la première éclaircie est essentielle pour maintenir et même augmenter la croissance des tiges individuelles (Prégent, 2004a, 2004b; Pelletier et Pitt, 2008; Gagné et al., 2012) et de produire une proportion accrue d'arbres ayant une plus grande valeur comparativement à un peuplement non traité (Gagné, 2003).

Les études récentes sur la première éclaircie commerciale présentent généralement des résultats à l'échelle du peuplement (Prégent, 2003; Pelletier et Pitt, 2008; Gagné et Lavoie, 2014; Gagné et Lavoie, 2016; Gagné et al., 2016), mais rarement à l'échelle de la tige. Dans la perspective où ce traitement est appelé à prendre de plus en plus de place dans les pratiques sylvicoles, réaliser une étude pour recueillir des informations à l'échelle de la tige lors d'une première éclaircie prend une importance particulière pour les peuplements prématures. Cette étude permettra de comparer, entre le sapin et l'épinette, la composition du panier de produits et sa valeur en fonction des différentes classes de diamètre à hauteur de poitrine (DHP).

Ultimement, les résultats de cette étude pourront être utilisés par les planificateurs du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs ou autre personnel technique en lien avec les inventaires forestiers et la rédaction des prescriptions sylvicoles².

² Les résultats présentés dans ce rapport peuvent être utilisés à la condition d'avoir des caractéristiques dendrométriques similaires à ceux du peuplement à l'étude.



MÉTHODOLOGIE

➤ LOCALISATION ET DESCRIPTION DU DISPOSITIF

Les arbres-échantillons utilisés pour cette étude ont été récoltés dans un dispositif expérimental mis en place en 2014 dans une plantation de 60 ha d'épinette blanche de 1984 (30 ans au moment de l'étude) située dans la Réserve faunique de Matane (Figure 1). Avant l'éclaircie, la plantation avait en moyenne une densité de 1 579 tiges/ha, un volume de 200 m³/ha, une surface terrière de 34,5 m²/ha, un DHP de 17 cm et un volume par tige de 130 dm³. Cette plantation se compare à la moyenne des autres plantations d'épinette qui ont fait l'objet de recherche au Québec (Prégent, 2003) et au Bas-Saint-Laurent (Gagné et Lavoie, 2014). Le dispositif est composé de cinq répétitions de trois traitements pour un total de quinze unités expérimentales de 5 ha (Figure 2). Au centre de ces unités expérimentales, des placettes permanentes de 15 m x 60 m (Gagné et al., 2015) ont été installées à des fins de suivi à long terme.

L'épinette blanche (ci-après nommée épinette) et le sapin baumier (ci-après nommé sapin) constituent les deux principales essences accompagnées de quelques essences feuillues comme le bouleau blanc, le bouleau jaune et l'érable rouge (Tableau 1). Globalement, la classe de densité de fermeture du couvert varie de 75 % à 85 %, la hauteur dominante est de 14 m (Tableau 1) et la hauteur moyenne de 12 m.

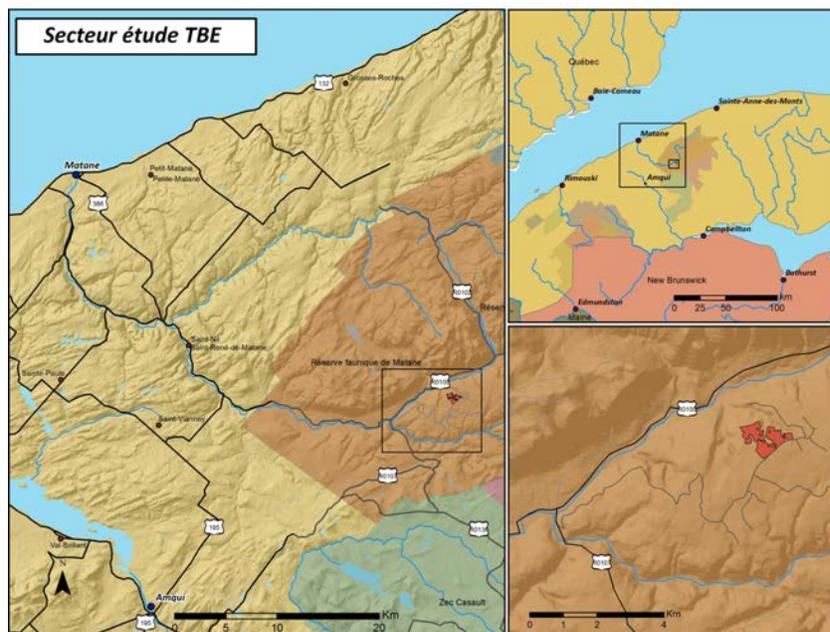


Figure 1 : Localisation du secteur à l'étude

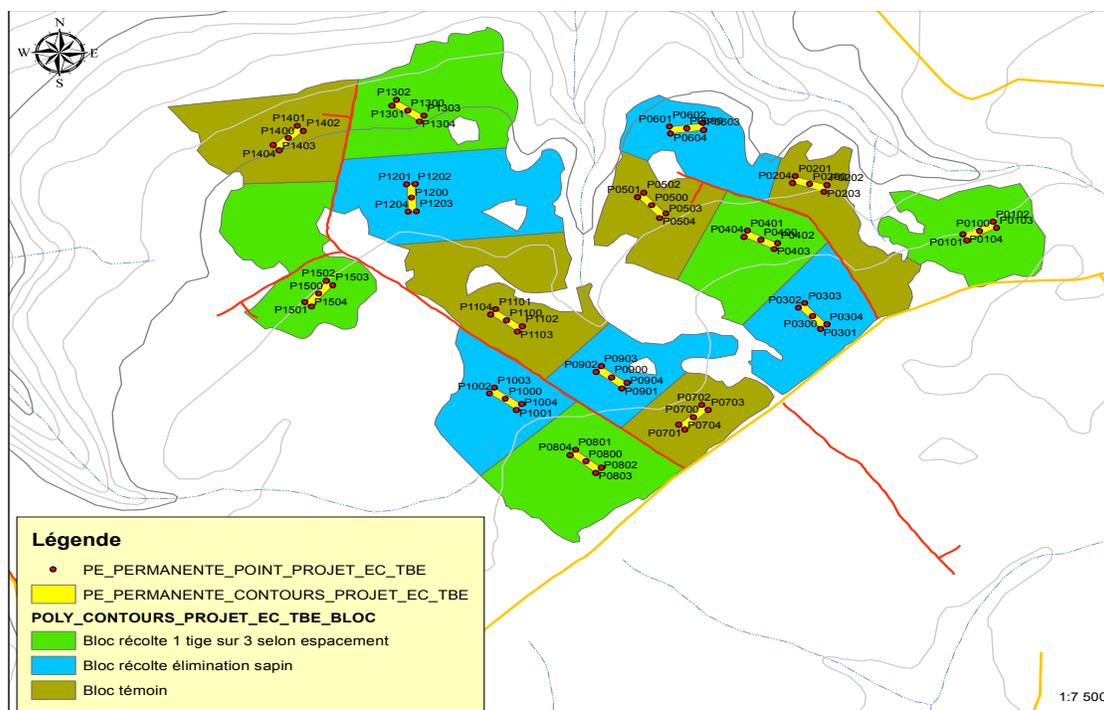


Figure 2 : Schéma du dispositif et identification des unités expérimentales et des parcelles permanentes

Note : P0100 représente la parcelle permanente 01 et les points rouges localisent son centre (ex. P0100) ou les 4 coins (ex. P0101-P0102-P0103-P0104). Les autres parcelles suivent la même nomenclature.

Tableau 1 : Description dendrométrique sommaire pour chacune des unités expérimentales dans une plantation d'épinette blanche de 30 ans

N° placette	Essence par ordre d'abondance				Classe de fermeture du couvert	Hauteur dominante
	1	2	3	4		
P0100	Épinette	Sapin	Érable rouge	Bouleau blanc	75 %	14 m
P0200	Épinette	Sapin	Bouleau blanc	Bouleau jaune	85 %	13 m
P0300	Épinette	Sapin	Bouleau blanc	Bouleau jaune	75 %	13 m
P0400	Épinette	Sapin	Bouleau blanc	Bouleau jaune	65 %	14 m
P0500	Épinette	Sapin	Bouleau blanc	Bouleau jaune	75 %	13 m
P0600	Épinette	Sapin	Bouleau blanc	Feuillus non commerciaux	85 %	13 m
P0700	Épinette	Sapin	Bouleau blanc	Bouleau jaune	85 %	13 m
P0800	Épinette	Sapin	Bouleau jaune	Bouleau blanc	85 %	13 m
P0900	Épinette	Sapin	Bouleau blanc	-	75 %	14 m
P1000	Épinette	Sapin	Peuplier faux-tremble	Bouleau jaune	75 %	13 m
P1100	Épinette	Sapin	Érable rouge	Bouleau blanc	85 %	14 m
P1200	Épinette	Sapin	Bouleau blanc	Feuillus non commerciaux	85 %	13 m
P1300	Épinette	Sapin	Bouleau blanc	Bouleau jaune	75 %	14 m
P1400	Épinette	Sapin	Bouleau blanc	Érable à sucre	75 %	15 m
P1500	Épinette	Bouleau blanc	Feuillus non commerciaux	Sapin	65 %	13 m

➤ IDENTIFICATION DES ARBRES POUR L'ÉVALUATION DU PANIER DE PRODUITS

L'évaluation du panier de produits par classe de diamètre a été effectuée pour le sapin et l'épinette. Au total, 38 arbres-échantillons d'épinette et 40 arbres-échantillons de sapin ont été sélectionnés à l'intérieur des placettes-échantillons permanentes (Annexe 1). Le choix des arbres s'est fait de façon aléatoire stratifiée selon la classe de DHP. En raison du nombre restreint de tiges dans certaines classes de DHP, quelques arbres-échantillons ont été identifiés à l'extérieur des placettes-échantillons permanentes, mais à l'intérieur des unités expérimentales. Ceux-ci ont été récoltés lors de l'éclaircie (Figure 3). Les arbres-échantillons ont été coupés, ébranchés, conservés en longueur (tronc entier) et débardés en bordure du chemin.

Les arbres-échantillons ont été mesurés en longueur (centimètre près) à partir du fin bout (7 cm) jusqu'au trait d'abattage (Gagné et al., 2015). Chaque arbre-échantillon a été identifié en inscrivant clairement le numéro de la placette-échantillon ainsi que le numéro de l'arbre sur la découpe. Une attention particulière a été portée afin que la découpe demeure propre et que le numéro soit lisible jusqu'à la fin des travaux.



Figure 3 : Exemple d'un arbre-échantillon identifié pour le panier de produits lors de l'inventaire

➤ ÉVALUATION DES CARACTÉRISTIQUES DES ARBRES-ÉCHANTILLONS, DU PANIER DE PRODUITS ET DE LA VALEUR DES TIGES PAR CLASSE DE DHP

Avant la numérisation des arbres-échantillons, une coupe fraîche au gros bout a été faite afin de s'assurer d'avoir une découpe perpendiculaire à l'axe longitudinal de la tige. Par la suite, ceux-ci ont été numérisés à l'aide d'un lecteur optique de précision (Figure 4A). Pour chacun des arbres-échantillons, l'épaisseur d'écorce a été mesurée au gros bout et au fin bout. Ces mesures ont permis d'extrapoler l'épaisseur de l'écorce sur la longueur de la tige. Une image numérique en 3 dimensions a été prise à tous les 2,5 cm sur toute la longueur de la tige (Figure 5). Les tiges ont été écorcées et débitées virtuellement avec le logiciel de simulation Optitek® pour obtenir finalement la meilleure valeur (\$scan) du panier de produits virtuels selon les prix du bois d'œuvre et des coproduits en 2015 (Tableau 2). Le paramétrage d'une usine virtuelle dans Optitek® a été réalisé à partir d'une usine de sciage de colomage³ d'essences résineuses, existante au Bas-Saint-Laurent, pour une longueur maximale de 9 pieds. Les sections des tiges non conformes⁴ pour le sciage ont été conservées lors de la numérisation afin de connaître les volumes réel et marchand⁵ de chaque tige. Ces sections auraient normalement été laissées en forêt lors des opérations habituelles de récolte. Les billes trop petites ou les sciages trop courts (< 4 pi) ont été transformés en copeaux. Les résultats ont été regroupés par type de produit (sciages et coproduits) et longueurs en fonction de l'essence et de la classe de DHP.

A



Source : FPIinnovations

³ Pièces de bois (2x3, 2x4, 2x6) habituellement utilisées pour la construction résidentielle.

⁴ Section de tige correspondant à une partie du houppier ayant entre 7 cm au fin bout et 9,1 cm au gros bout.

⁵ Le volume réel correspond à l'entièreté du tronc (incluant la portion du houppier sans les branches), alors que le volume marchand exclut le houppier coupé à un diamètre de 9,1 cm.

B



Figure 4 : Lecteur optique de précision (A) et tige passant dans le lecteur pour sa numérisation en image 3D (B)

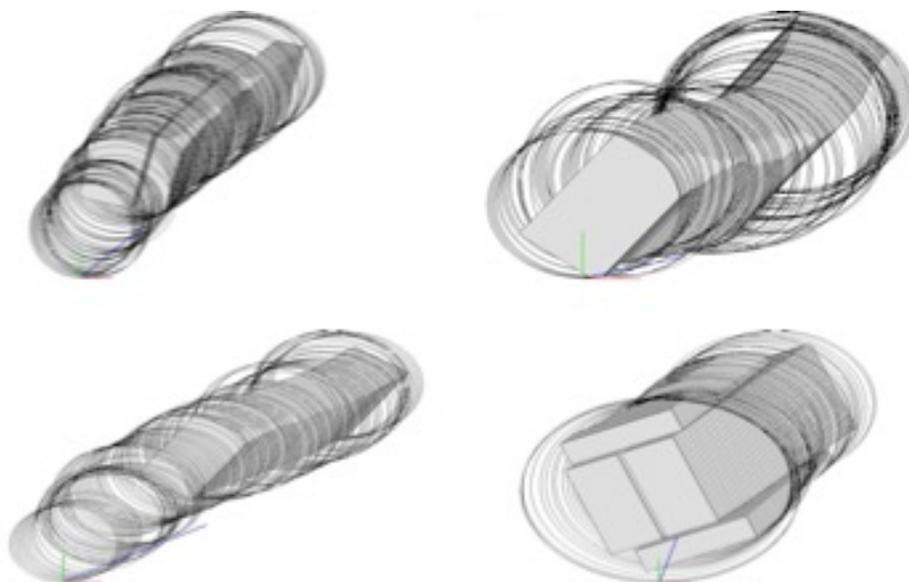


Figure 5 : Illustration du panier de produits virtuels à partir de quelques exemples de billes réelles

Tableau 2 : Liste des prix (\$can 2015) utilisés dans les simulations avec Optitek® pour estimer la valeur des sciages et des coproduits en fonction des dimensions et des catégories de sciage

Épaisseur nominale (po)	Largeur nominale (po)	Longueur nominale (po)	Longueur nominale (pi)	Catégorie de sciage	\$ (can 2015) /Mmp
1	3	48	4	1x3-Eco	170 \$
1	3	60	5	1x3-Eco	170 \$
1	4	48	4	1x4-3&+	195 \$
1	3	72	6	1x4-3&+	170 \$
1	4	60	5	1x4-3&+	195 \$
1	3	84	7	1x4-3&+	175 \$
2	3	48	4	Stud-2x3	320 \$
1	4	72	6	1x4-3&+	195 \$
1	3	96	8	1x4-3&+	205 \$
1	3	108	9	1x4-3&+	205 \$
1	4	84	7	1x4-3&+	200 \$
2	3	60	5	Stud-2x3	315 \$
1	3	120	10	1x3-3&+	205 \$
2	4	48	4	Stud-2x4	425 \$
1	4	96	8	1x4-3&+	210 \$
1	4	108	9	1x4-3&+	210 \$
2	3	72	6	Stud-2x3	315 \$
2	4	60	5	Stud-2x4	425 \$
1	4	120	10	1x4-3&+	210 \$
2	3	84	7	Stud-2x3	305 \$
2	3	90	7,5	Stud-2x3	305 \$
2	4	72	6	Stud-2x4	385 \$
2	3	96	8	Stud-2x3	395 \$
2	6	48	4	Stud-2x6	270 \$
2	3	108	9	Stud-2x3	395 \$
2	4	84	7	Stud-2x4	340 \$
2	4	90	7,5	Stud-2x4	355 \$
2	3	120	10	Stud-2x3	395 \$
2	6	60	5	Stud-2x6	280 \$
2	4	96	8	Stud-2x4	420 \$
2	4	108	9	Stud-2x4	420 \$
2	6	72	6	Stud-2x6	280 \$
2	4	120	10	Stud-2x4	420 \$
2	6	84	7	Stud-2x6	285 \$
2	6	90	7,5	Stud-2x6	395 \$
2	6	96	8	Stud-2x6	485 \$
2	6	108	9	Stud-2x6	485 \$
2	6	120	10	Stud-2x6	485 \$
Autres informations					
Sciures : 60 \$/tonne métrique anhydre (tma)			Densité basale sapin : 335 kg/m ³		
Copeaux : 105 \$/tonne métrique anhydre (tma)			Densité basale épinette : 354 kg/m ³		

(Source : FPIinnovations 2015)

ANALYSES STATISTIQUES

Pour les figures de 4 à 8 et la figure 10, nous avons utilisé un modèle linéaire simple-mixte en considérant l'essence et le DHP comme des facteurs fixes et la placette-échantillon permanente comme facteur aléatoire⁶. Cela nous a permis de comparer entre les essences le rendement en pied mesure planche⁷ (pmp), les volumes réel et marchand par tige (dm^3), la valeur par tige (\$can 2015), le défilement (cm/m), la courbure (cm/m) par classe de DHP ainsi que le volume des copeaux et des sciures. Lorsque l'analyse détectait des différences significatives ($p < 0,05$), les classes de diamètre qui différaient étaient identifiées à l'aide de tests de comparaison multiples de Tuckey.

Pour la figure 9, nous avons fait une régression linéaire simple pour calculer la relation entre le ratio valeur / volume réel et le DHP par essence. Dans tous les cas, la normalité des données et des résidus a été examinée à l'aide du test de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$), alors que l'homogénéité de la variance et l'indépendance des résidus ont été vérifiées par une analyse visuelle des résidus normalisés en fonction des valeurs prédites.

Toutes les analyses statistiques dans ce rapport ont été réalisées avec le logiciel R 3.2.4 (2016) et les bibliothèques « nlme » (Pinheiro et al., 2010) et « gmodels » (Warnes et al., 2009).

⁶ Voir l'Annexe 3 pour la table d'ANOVA.

⁷ 1 pmp est l'équivalent d'une pièce de bois de 1 po d'épaisseur x 12 po de largeur x 12 po de longueur ou 144 po².

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La section suivante présente les résultats et leur interprétation pour les caractéristiques dendrométriques et morphologiques des tiges (hauteur marchande et volume par tige, défilement et courbure) ainsi que le panier de produits et la valeur des bois.

➤ **HAUTEUR MARCHANDE ET VOLUME PAR TIGE**

La hauteur marchande est l'un des principaux éléments qui déterminent la composition et la valeur du panier de produits. Elle constitue également une des variables les plus importantes pour le calcul du volume de la tige (Fortin et al., 2007) et du peuplement. Nos résultats montrent que la hauteur marchande⁸ est supérieure dans le cas du sapin comparativement à l'épinette (Figure 4A). Toutefois, cette différence demeure généralement non significative, sauf pour les classes de 14 cm et 20 cm de DHP. Pour le sapin, la hauteur marchande passe de 7,0 m pour la classe de DHP de 10 cm à près de 10 m pour la classe des 22 cm. Pour l'épinette, la hauteur double entre la classe des 10 cm comparativement à celle des 22 cm et passe de 5,1 à 10,6 m.

L'épinette a toujours un volume réel, ou marchand moyen par tige, inférieur à celui du sapin dans toutes les classes de DHP (Figures 4B et 4C). La hauteur qui diffère entre les deux essences explique ce résultat. Pour l'épinette, le volume réel varie d'un peu plus de 25 dm³ pour la classe des 10 cm à 182 dm³ pour la classe des 22 cm. Dans le cas du sapin, le volume réel varie de 36 dm³ pour les 10 cm à un peu plus de 200 dm³ pour les 22 cm. Pour le volume en pmp, les résultats montrent une progression similaire (Figure 4D). Le nombre de pmp chez l'épinette augmente de 1,8 à 39,5 pmp entre la classe de 10 cm et de 22 cm et de 7,1 à 46,6 pmp pour le sapin.

Entre le sapin et l'épinette, la différence du volume réel, du volume marchand et du volume en pmp est plus forte dans le cas des petites classes de diamètre et s'atténue lorsque les diamètres augmentent. Dans tous les cas, il y a une différence significative du volume entre l'épinette et le sapin dans les classes de 14 cm à 20 cm.

Pour une même classe diamétrale, notre étude présente des volumes inférieurs à l'étude de Duchesne et Tanguay (2011), et ce, en raison de l'âge des arbres.

⁸ La hauteur marchande correspond à la longueur du tronc entre la souche (coupée à 15 cm de la plus haute racine) et le petit bout coupé à 9,1 cm.

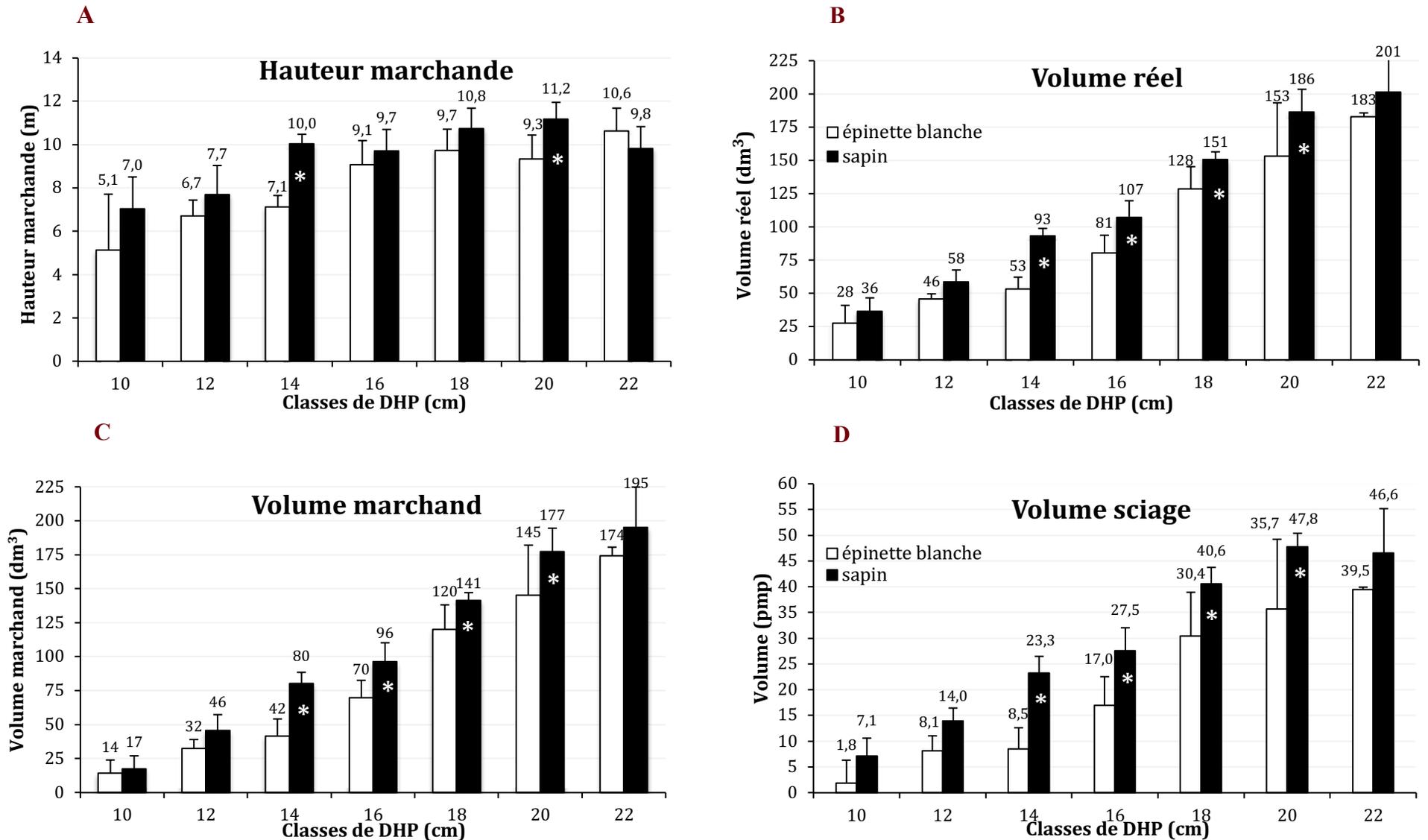


Figure 6 : Moyenne et écart-type de la hauteur marchande (m), du volume réel (dm³), du volume marchand (dm³) et du volume brut exprimé en pmp par classe de DHP pour le sapin et l'épinette blanche

Note : Les astérisques indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les essences pour une même classe diamétrale.

➤ DÉFILEMENT

Le défilement⁹ moyen par classe de DHP est généralement plus élevé chez l'épinette comparativement au sapin, mais cette différence est statistiquement non significative dans tous les cas (Figure 5). Entre les classes de 10 cm et 22 cm, le défilement varie de 1 cm/m à 2 cm/m pour le sapin et de 1,4 cm/m à 1,8 cm/m pour l'épinette. Sauf exception pour les classes de 12 et 16 cm chez l'épinette, le patron de défilement augmente d'une classe diamétrale à l'autre. La différence est statistiquement significative pour le sapin seulement dans les classes de 20 cm et 22 cm.

Le défilement est parmi les éléments clés pour l'industrie du sciage ainsi que pour la détermination de la qualité et de la composition du panier de produits (Schneider et al., 2013). Le défilement peut être influencé par plusieurs facteurs, notamment ceux liés à la largeur et la longueur de la cime (Larson, 1963), à la densité du peuplement au moment de l'éclaircie (Hann et Hanus, 2004), à la position sociale de la tige, à la fertilité des sols et à l'âge de l'arbre (Morris et Parker, 1992; Muhairwe, 1994; Sharma et Parton, 2009; Weiskittel et al., 2009; Ortuno et al., 2012). D'après l'étude de Ortuno et al. (2012), le défilement par tige chez le sapin mature est plus élevé, en moyenne, de 1 cm à 1,5 cm/m par rapport à des arbres plus jeunes. Dans la présente étude, l'âge ne serait pas un facteur déterminant puisque toutes les tiges ont le même âge dans le cas de l'épinette ou approximativement le même âge dans le cas du sapin. Ceci implique que les changements du taux de défilement, observés entre les classes de diamètre, sont principalement dus à d'autres facteurs liés à l'environnement, à la fertilité des sols, à la cime vivante et à la hauteur des arbres. Le sapin serait peu influencé par son environnement, ce qui expliquerait la progression linéaire du défilement entre les classes de diamètre. En revanche, l'épinette serait plus sensible à son environnement immédiat (Schneider et al., 2013). C'est probablement la raison pour laquelle on observe chez l'épinette une progression du défilement plutôt irrégulière, de la plus petite vers la plus grande classe de DHP. Les plus petites tiges, de classe sociale opprimée ou intermédiaire, ont tendance à développer une cime plus étroite et difforme (Gagné, 2003), ce qui aurait possiblement des répercussions sur le défilement moyen de la tige.

Les plus grosses tiges sont généralement situées sur les microsites les plus fertiles, elles atteignent un statut social dominant dès les premières années et elles conservent ce statut pendant toute leur vie (Gagné, 2003). Or, les classes sociales dominantes et codominantes sont celles où on retrouve des tiges avec les cimes les mieux développées, contrairement aux arbres des classes sociales inférieures (Gagné, 2003). C'est la raison pour laquelle le défilement est plus prononcé chez les plus grosses tiges possédant une cime ample (Larson, 1963).

⁹ Cette mesure représente le taux de diminution du diamètre (exprimé en cm/m) d'un tronc d'arbre, depuis la base du tronc jusqu'à son extrémité ou d'une bille depuis le gros bout jusqu'au petit bout.

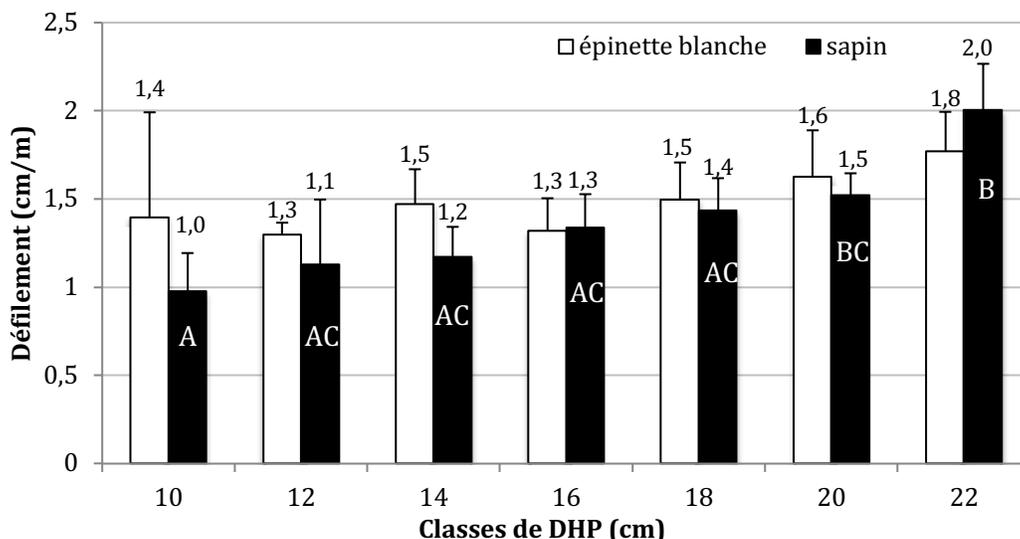


Figure 7 : Défilement moyen (cm/m) et écart-type par classe de diamètre pour le sapin et l'épinette

Note : Entre les essences pour chacune des classes de DHP, il n'y a aucune différence significative ($p > 0,05$). Entre les classes de DHP, des différences significatives ($p < 0,05$) sont observées uniquement pour le sapin (lettres majuscules).

➤ COURBURES

La courbure¹⁰ moyenne par classe de diamètre chez l'épinette tend à diminuer lorsque le diamètre augmente (Figure 6). Chez le sapin, les résultats montrent la même tendance, sauf pour la classe des 22 cm où la courbure est similaire à celle de la classe des 10 cm. En moyenne, la courbure chez l'épinette passe de 1,3 à 0,92 cm/m entre les classes de 10 cm et 22 cm, mais les variations de courbures sont statistiquement non significatives entre les classes de DHP. Pour le sapin, la courbure moyenne est toujours inférieure à celle de l'épinette et parfois la différence est statistiquement significative, notamment chez les classes de 10 cm et 14 cm.

Tout comme le défilement, la courbure est une caractéristique importante pour l'industrie de la transformation du bois et constitue un indicateur pour prédire le rendement en sciage. Les courbures peuvent diminuer considérablement la proportion utilisable lors de la transformation des billes. Plus la courbure est prononcée, plus les rendements sont faibles en raison des pertes générées lors de la transformation primaire. Lors d'une première éclaircie commerciale, les variations de courbures entre les classes de diamètre sont probablement l'effet du choix des tiges. En effet, le choix des tiges destinées à la récolte est prioritairement ciblé en fonction de leurs défauts apparents. Étant donné qu'il s'agit de tiges issues d'une première éclaircie, la qualité des arbres récoltés peut être très variable d'une tige à l'autre et montrer parfois des défauts tels que les courbures, et ce, même chez les classes de diamètre supérieures.

¹⁰ Déviation graduelle ou brusque de l'axe d'une tige par rapport à un axe théorique entièrement vertical.

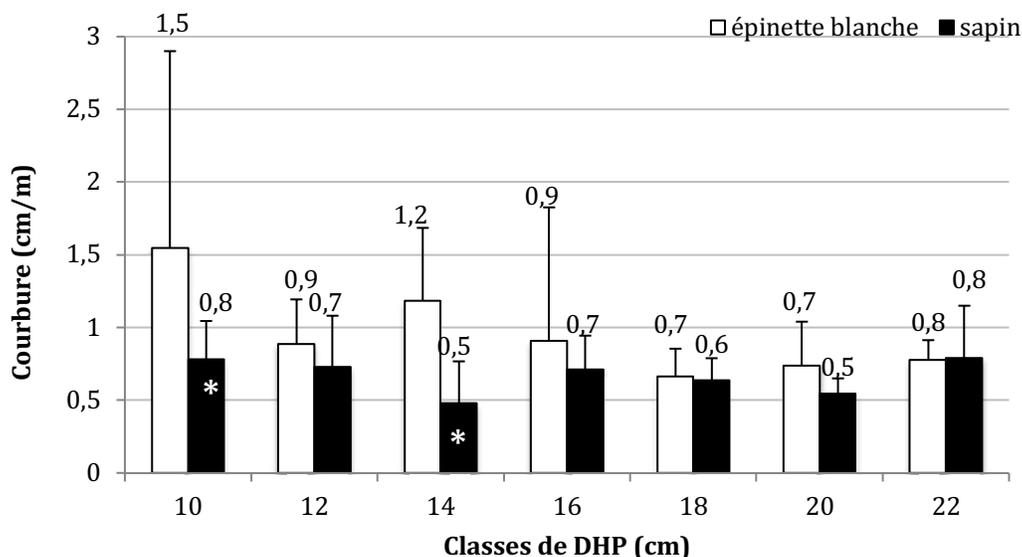


Figure 8 : Courbure moyenne (cm/m) et écart-type par classe de diamètre pour le sapin et l'épinette

Note : Les astérisques indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les essences pour une même classe de DHP. Il n'y a aucune différence significative entre les classes de DHP pour le sapin et l'épinette ($p > 0,05$).

➤ PANIER DE PRODUITS

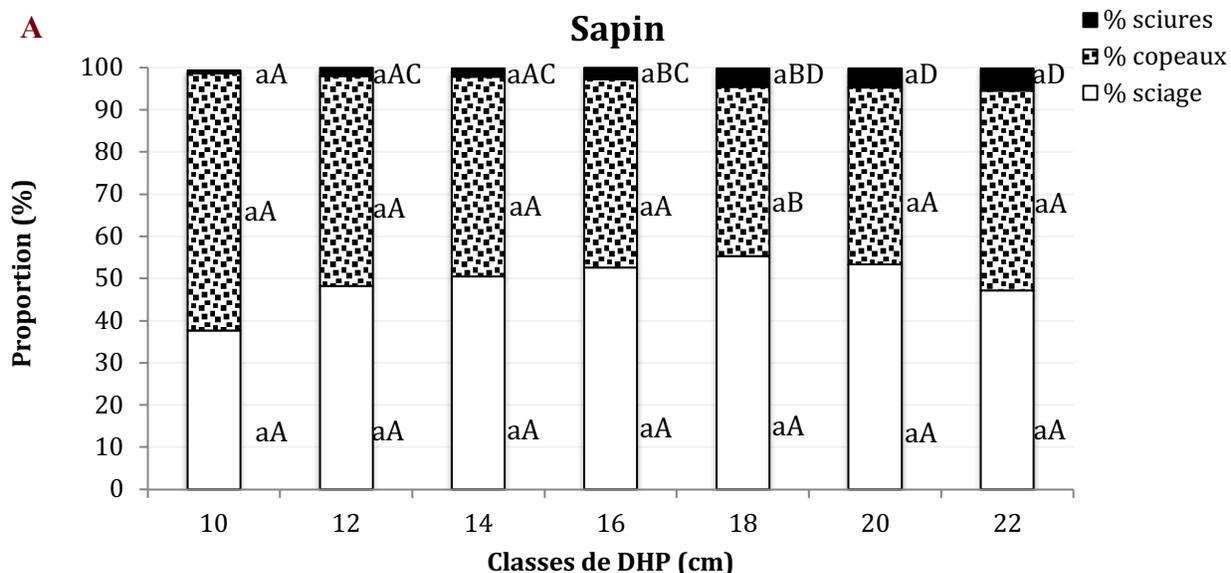
La composition du panier de produits en proportion et en valeur absolue pour le sapin et l'épinette est cohérente avec l'ensemble des caractéristiques dendrométriques des tiges (Figures 7A et 7B, Tableau 3). En matière de proportion, nos résultats montrent qu'il n'y a aucune différence significative entre les essences pour un même type de produit, sauf dans le cas des classes de 10 et 14 cm au DHP (lettres minuscules). Pour une même essence, à l'exception des sciures et des tiges de 10 cm chez l'épinette, la proportion de copeaux et des sciages est significativement la même d'une classe de diamètre à l'autre. C'est plutôt la quantité de pmp par type de produit qui varie selon les classes de diamètre (Tableau 3).

Tant pour le sapin que pour l'épinette, ce n'est qu'à partir des tiges de 14 cm au DHP que la production des pièces de 2 x 4 est possible. Cependant, la production des pièces de 2 x 6 ne peut avoir lieu qu'à partir de tige de 18 cm pour l'épinette et de tige de 20 cm pour le sapin (Tableau 3). Dans cette étude, le nombre total de pmp produit par classe de diamètre est généralement plus faible que celui proposé par Duchesne et Tanguay (2011). Cette différence est principalement liée à l'âge des arbres puisque dans l'étude de Duchesne et Tanguay (2011), les arbres ont 60 ans, alors que dans notre cas les épinettes ont 30 ans et le sapin approximativement le même âge. Pour un même DHP, un arbre de 60 ans va produire plus de pmp qu'un arbre de 30 ans en raison de la hauteur des arbres. Dans l'étude de Duchesne et Tanguay (2011), les arbres avaient une hauteur moyenne de 19 m comparativement à 12 m dans notre étude (voir Tableau 1). Les résultats de la présente étude sont spécifiques à des peuplements de 30 ans et tiennent en compte les défauts des arbres récoltés lors d'une première éclaircie.

Pour le sapin, nous observons des oscillations dans le nombre total de pmp par tige des plus petites vers les plus grandes classes de DHP, alors qu'on devrait s'attendre à une augmentation

progressive (Tableau 3). Par exemple, les tiges de 20 cm au DHP produisent un nombre de pmp moindre si on les compare aux tiges de 18 cm ou même de 14 cm. Il arrive parfois que chez les plus gros arbres, les défauts soient plus prononcés chez les petites tiges, ceci ayant pour conséquence de produire plus de coproduits. La première éclaircie a souvent pour objectif de récolter du bois tout en visant à améliorer la qualité globale du peuplement et en réduisant la proportion des tiges mal formées et malades. Dans notre cas, cette observation est plus prononcée pour le sapin (Figure 6). Dans les plantations d'épinette, le sapin est souvent l'essence à récolter en priorité en raison de ses propriétés mécaniques et sa résistance plus faible à la carie que l'épinette (Zhang et Koubaa, 2009).

Chez l'épinette, les variations dans le nombre total de pmp par tige sont présentes, mais moins prononcées que chez le sapin puisque la proportion des sciages augmente progressivement des plus petites classes de DHP vers les plus grandes (Tableau 3).



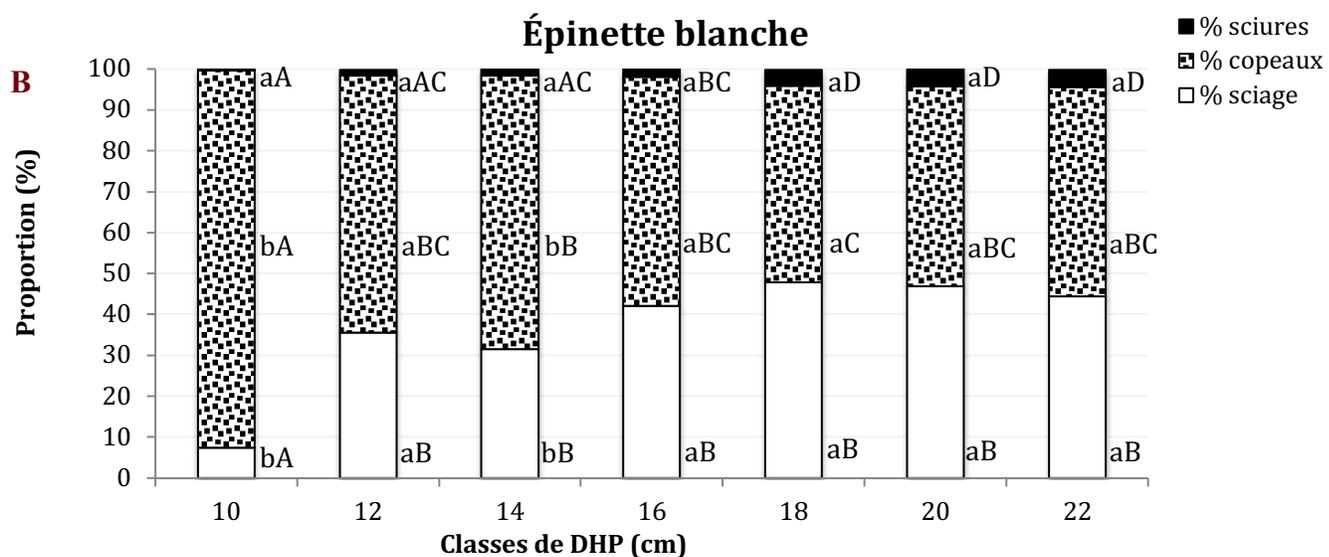


Figure 9 : Proportion des produits du bois d'œuvre (sciage) et coproduits (copeaux et sciures) par classe de DHP pour le sapin (A) et l'épinette (B)

Note : Les lettres minuscules indiquent, pour une même classe de DHP et pour un même type de produit, les différences significatives entre les essences. Les lettres majuscules indiquent, pour une même essence et pour un même type de produit (sciures, copeaux ou sciage), les différences significatives ($p < 0,05$) entre les classes de DHP.

Tableau 3 : Matrice de répartition des produits en pmp et en proportion (%) issus d'une première éclaircie commerciale par produit, par classe de longueur et de DHP pour l'épinette et le sapin

	Produit	Longueur	Classe de DHP													
			10		12		14		16		18		20		22	
			pmp	%	pmp	%	pmp	%	pmp	%	pmp	%	pmp	%	pmp	%
Épinette	1x3 et 1x4	< 8 pi	0,4	4,1	0	0	0,2	1,2	0	0	1,1	3,6	0,3	0,6	0,3	0,6
		8 pi et 9 pi	0,6	6,6	1,4	7,3	0,4	2,7	1,4	6,7	2,8	9,3	4,6	9,8	3,1	6,2
	2x3	< 8 pi	0,7	7,3	6,1	31,5	2,2	14,4	1,8	8,6	0,8	2,5	0,9	2,0	1,6	3,1
		8 pi et 9 pi	7,5	81,9	11,9	61,1	7,9	53,0	5,1	25,0	3,9	13,3	6,6	14,1	5,4	10,7
	2x4	< 8 pi	0	0	0	0	0,7	4,5	1,2	6,0	1,8	6,1	2,9	6,2	4,9	9,7
		8 pi et 9 pi	0	0	0	0	3,6	24,1	10,9	53,6	18,3	61,7	22,5	48,0	21,8	43,3
	2x6	< 8 pi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
		8 pi et 9 pi	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	9	19	12	23
	Total			9,2	-	19,4	-	14,9	-	20,3	-	29,6	-	46,9	50,3	-

	Produit	Longueur	Classe de DHP													
			10		12		14		16		18		20		22	
			pmp	%	pmp	%	pmp	%	pmp	%	pmp	%	pmp	%	pmp	%
Sapin	1x3 et 1x4	< 8 pi	0,2	1,6	0	0	0,2	0,6	1,1	5,5	0	0	0,4	2,0	0,3	0,7
		8 pi et 9 pi	1,5	14,5	2,0	22,2	3,3	8,3	1,5	7,2	5,2	13,2	2,0	9,6	4,1	8,8
	2x3	< 8 pi	1,5	15,2	0	0	2,1	5,4	0,7	3,5	0,7	1,8	0	0	0	0
		8 pi et 9 pi	6,9	68,7	7,2	77,8	18,8	48,1	4,2	20,9	7,9	20,2	3,3	15,5	3,3	7,0
	2x4	< 8 pi	0	0	0	0	2,0	5,1	1,8	8,7	1,8	4,6	2,0	9,4	1,0	2,2
		8 pi et 9 pi	0	0	0	0	12,7	32,4	11,0	54,2	23,6	60,3	11,7	55,1	31,0	66,8
	2x6	< 8 pi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		8 pi et 9 pi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8	8,4	6,8	14,5
	Total			10,1	-	9,2	-	39,1	-	20,2	-	39,2	-	21,3	-	46,4

➤ VALEUR DES BOIS

Le sapin a une valeur moyenne par tige plus élevée que l'épinette, mais elle est significative pour les classes de 14 à 20 cm (Figure 8). L'épinette a toujours une valeur inférieure à 20 \$/tige, alors que cette valeur atteint 21,3 et 22,7 \$/tige pour le sapin dans les classes de DHP de 20 cm et 22 cm. Duchesne et Tanguay (2011) obtiennent des valeurs plus élevées pour l'épinette et pour le sapin des résultats comparables à l'étude de Duchesne et al. (2013).

Malgré les pertes plus élevées chez le sapin lors de la transformation, la valeur par tige demeure plus grande par rapport à l'épinette. En effet, la production de pmp est globalement plus importante pour le sapin puisque cette essence a un volume total plus élevé par tige (voir Figures 4B et 4C).

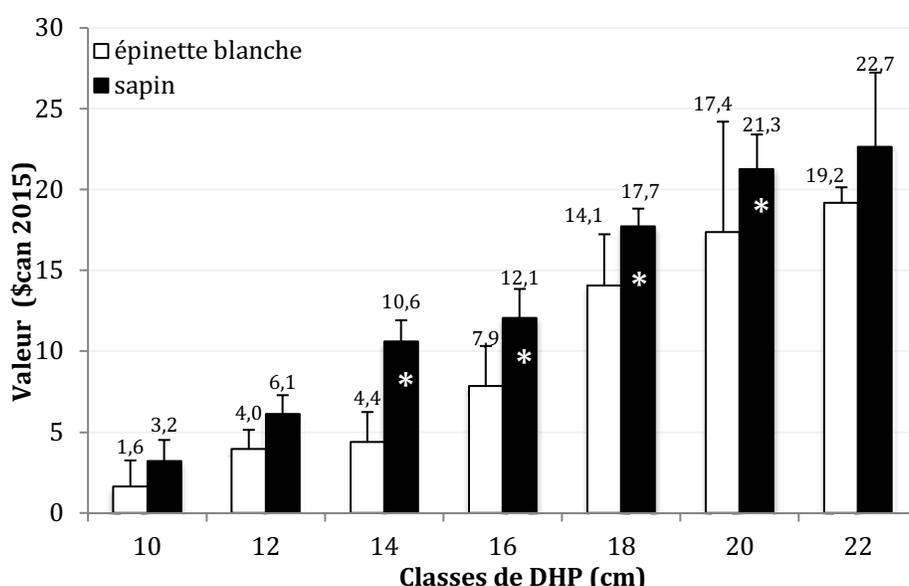


Figure 10 : Valeur moyenne (\$can 2015) par classe de DHP et écart-type pour le sapin et l'épinette

Note : Les astérisques indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les essences pour une même classe de DHP.

➤ RATIO VALEUR / VOLUME RÉEL EN FONCTION DU DHP

Le ratio de la valeur (\$can 2015) sur le volume (m^3) est un critère de performance important qui permet de prédire la marge de profit (revenus / dépenses) d'une usine de transformation. Nos résultats montrent que ce ratio est généralement plus élevé chez le sapin par rapport à l'épinette pour la plupart des classes de diamètre (Figure 9). Pour les tiges de 10 cm, la valeur générée par la transformation est de 62 \$/m³ pour l'épinette et de 86 \$/m³ pour le sapin, alors que pour les tiges de 22 cm, la valeur moyenne atteint 102 \$/m³ pour l'épinette et 111 \$/m³ pour le sapin.

Pour l'épinette, la relation est plus forte ($R^2=0,76$) que celle observée pour le sapin ($R^2=0,52$) et les deux modèles sont significatifs ($p < 0,05$). Pour ces essences, le ratio semble atteindre un plateau à partir de 18 cm, ce qui indiquerait que la transformation des tiges à plus gros diamètre

n'aurait pas pour effet de faire augmenter la valeur par m³. Cette hypothèse devrait toutefois être vérifiée par une autre étude avec un plus grand nombre de tiges ayant des diamètres supérieurs à 22 cm afin de vérifier si cette tendance se maintient.

Même si le ratio valeur/volume moyen est plus élevé pour le sapin, la différence entre les essences n'est pas significative pour la plupart des classes de DHP (Figure 10). En effet, seules les classes de DHP de 10 et 14 cm montrent une différence entre les deux essences. Globalement, même si l'épinette présente parfois des défauts externes un peu plus prononcés et des volumes par tige inférieurs au sapin, le ratio valeur/volume demeure très similaire à celle du sapin pour la plupart des classes de DHP.

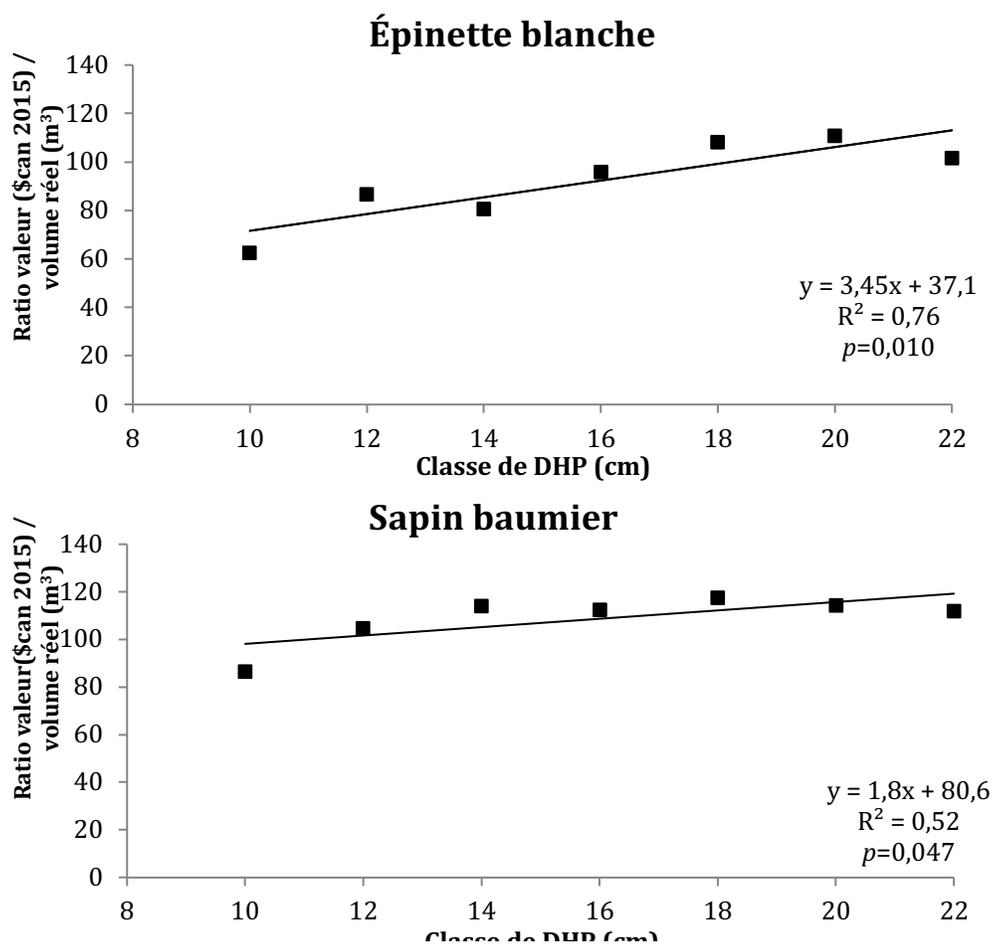


Figure 11 : Relation entre le ratio de la valeur totale par tige et le volume réel (dm³) en fonction de la classe de DHP pour l'épinette et le sapin

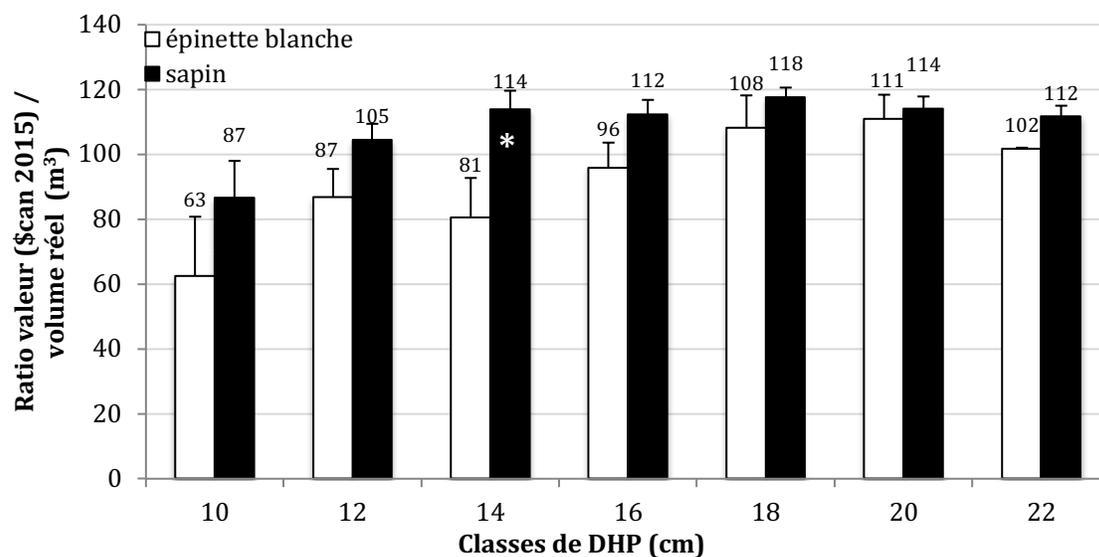


Figure 12 : Ratio valeur (\$can 2015) / volume réel (m³) et écart-type pour le sapin et l'épinette dans chaque classe de DHP

Note : L'astérisque indique une différence significative ($p < 0,05$) entre les essences pour une même classe de DHP.

CONCLUSION

Les résultats présentés dans ce rapport font le lien entre les caractéristiques dendrométriques et morphologiques ainsi que la composition du panier de produits à l'échelle de la tige au moment d'une première éclaircie commerciale. Cette dernière constitue une étape importante pour le développement ultérieur du peuplement et demeure économiquement rentable pour la société (Leroux, 2014). Toutefois, elle comporte des risques financiers puisque la récolte des tiges présentant des défauts et des malformations peut avoir des répercussions sur la qualité du panier de produits et ultimement dans le rendement des usines de transformation. La présence de défauts sur les tiges fait partie des contraintes rencontrées lors d'une première éclaircie et, d'après nos résultats, elle est un peu plus marquée chez l'épinette, mais non significative par rapport au sapin. Celle-ci représente une essence importante pour l'industrie de la transformation parce qu'elle montre généralement un ratio de la valeur sur le volume réel similaire au sapin. De plus, en raison de sa longévité, elle peut atteindre des propriétés mécaniques suffisamment élevées pour atteindre les standards de classement MSR (*Mechanical stress-rating lumber* / Classification par contrainte mécanique) (Zhang et Koubaa, 2009; Gagné et al., 2012).

Ce rapport présente des résultats originaux à partir de peuplements prématures et ils sont valides pour ce type de peuplement (plantation). L'utilisation des résultats dans d'autres situations doit se faire avec prudence. D'autres études sont nécessaires pour confirmer et valider les tendances observées.

BIBLIOGRAPHIE

- Duchesne, I. et Tanguay, F. 2011. *Effects of initial spacing on tree and wood attributes, lumber quality and value in white spruce – The Stanley spacing trial case study*. FPInnovations, project n° 201002863, Canadian Forest Service, n° 31, 34 p.
- Duchesne, I., Pitt, D.G. et Tanguay, F. 2013. *Effects of precommercial thinning on the forest value chain in northwestern New Brunswick: Part 4 – Lumber production, quality and value*. The Forestry Chronicle, vol. 89(4) : 474-489.
- Fortin, M., DeBlois, J., Bernier, S., Blais, G. 2007. *Mise au point d'un tarif de cubage général pour les forêts québécoises : une approche pour mieux évaluer l'incertitude associée aux prévisions*. The Forestry Chronicle, vol. 83(5) : 754-765.
- Gagné, L. 2003. *Croissance et propriétés du bois après éclaircie commerciale dans une plantation d'épinette (Picea glauca (Moench) Voss) de 32 ans du Nord-Ouest du Nouveau-Brunswick*. Thèse de maîtrise. Faculté de foresterie, Université de Moncton, Campus d'Edmundston, 206 p.
- Gagné, L., Lavoie, L. et Binot, J-M. 2012. *Croissance et propriétés mécaniques du bois après éclaircie commerciale dans une plantation d'épinette (Picea glauca) âgée de 32 ans*. Revue canadienne de recherche forestière, n° 42 : 291-302, doi : 10.1139/X11-181.
- Gagné, L. et Lavoie L. 2014. *Comparaison des caractéristiques dendrométriques, du panier de produits et des coûts d'opération de différentes modalités d'éclaircie commerciale mécanisée en plantation dans le Bas-Saint-Laurent*. Conférence régionale des éluES du Bas-Saint-Laurent, 65 p. [En ligne] < <http://www.crdbsl.org> >.
- Gagné, L., Tremblay, S., Morneau, L., Gagnon, L., Schneider, R., Rémillard, U., Giroux, Y. et Duchesne, I. 2015a. *Projet d'expérimentation de l'éclaircie commerciale sur la Réserve faunique de Matane relativement à la tordeuse des bourgeons de l'épinette et à la transformation des bois*. Conférence régionale des éluES du Bas-Saint-Laurent, 16 p. [En ligne] < <http://www.crdbsl.org> >.
- Gagné, L. et Lavoie, L. 2016. *Comparaison des caractéristiques dendrométriques, de la valeur des peuplements et des coûts d'opération de différentes modalités d'éclaircie commerciale mécanisées en peuplement résineux dans le Bas-Saint-Laurent*. Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent, 38 p. [En ligne] < <http://www.crdbsl.org> >.
- Gagné, L., Sirois, L. et Lavoie, L. 2016. *Comparaison du volume et de la valeur des bois résineux issus d'éclaircies par le bas et par dégagement d'arbres-élites dans l'Est du Canada*. Revue canadienne de recherche forestière, n° 46 : 1320-1329, dx.doi : org/10.1139/cjfr-2015-0395.
- Hann, D.W. et Hanus, M.L. 2004. *Evaluation of non-spatial approaches and equation forms used to predict tree crown recession*. Revue canadienne de recherche forestière, n° 34 : 1993-2003.

- Labbé, F., Lainesse, M., Nadeau, F.-R., Prigent, G. et Savary, A. 2014. *Analyse de rentabilité économique des plantations d'épinette noire et blanche et de pin gris*. Gouvernement du Québec. Document réalisé en collaboration avec le Bureau de mise en marché des bois, la Direction de la production des semences et des plants, la Direction de la recherche forestière et la Direction des évaluations économiques et des opérations financières, 49 p. [En ligne] < <https://www.bmmb.gouv.qc.ca/analyses-economiques> >.
- Larson, P.R. 1963. *Stem form development of forest trees*. Forest Science, vol. 9 (supplement 5) : a0001-42
- Legris, J., Couture, G. 1999. *L'éclaircie précommerciale au Québec dans le cadre d'aménagement durable des forêts*. Ministère des Ressources naturelles du Québec.
- Leroux, A. 2014. *Analyse de rentabilité économique des éclaircies commerciales dans des plantations existantes de la région du Bas-Saint-Laurent – Étude de cas - Gouvernement du Québec*. Document réalisé en collaboration entre le Bureau de mise en marché des bois, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, la Conférence régionale des élus du Bas-Saint-Laurent, la Direction de l'aménagement et de l'environnement forestier et la Direction de la recherche forestière. [En ligne] < <https://www.bmmb.gouv.qc.ca/analyses-economiques> >.
- Morris, D.M. et Parker, W.H. 1992. *Variable-quality form in mature jack pine stands : quantification and relationship with environmental factors*. Canadian Journal of Forest Research, n° 22(3) : 279-289.
- Muhairwe, C.K. 1994. *Tree form and taper variation over time for interior lodgepole pine*. Canadian Journal of Forest Research, n° 24(9) : 1904-1913.
- Ortuno, M., Gagné, L., Pinna, S. et Hébert, B. 2012. *Éclaircie commerciale dans les sapinières gaspésiennes : effets sur l'accroissement et sur le défilement des tiges*. Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles, note de recherche appliquée, n° 3, 19 p. ISBN 978-2-923948-10-2. [En ligne] < www.mieuxconnaitrelaforet.ca >.
- Parent, B. 2009. *Portrait statistique, Édition 2009*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction du développement de l'industrie des produits forestiers, 483 p.
- Pelletier, G. et Pitt, D.G. 2008. *Silvicultural responses of two spruce plantations to midrotation commercial thinning in New-Brunswick*. Canadian Journal of Forest Research, n° 38 : 851-867, doi : 10.1139/X07-173.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., et The R Development Core Team. 2010. *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3 : 1-97.
- Prigent, G. 1998. *L'éclaircie des plantations*. Mémoire de recherche forestière n° 133, Ministère des Ressources naturelles du Québec, 40 p.
- Prigent, G. 2003. *Caractéristiques des arbres coupés et du peuplement résiduel à la première éclaircie commerciale de plantations résineuses*. Mémoire de recherche forestière n° 143, Ministère des Ressources naturelles, 54 p.

- Prégent, G. 2004a. *Éclaircie commerciale des plantations : L'importance du moment opportun*. Progrès forestier, vol. 170 : 1-3.
- Prégent, G. 2004b. *Éclaircie commerciale des plantations : l'importance du moment opportun*. Progrès forestier, vol. 169 : 1-3.
- Prégent, G., Picher, G. et Auger, I. 2010. *Tarif de cubage, tables de rendement et modèles de croissance pour les plantations d'épinette au Québec*. Mémoire de recherche n° 160.
- R Core Team. 2016. *R : A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [En ligne] < <https://www.R-project.org> >, platform : x86_64-apple-darwin13.4.0.
- Schneider, R., Fortin, M. et Saucier, J-P. 2013. *Équations de défilement en forêt naturelle pour les principales essences commerciales du Québec*. Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. ISSN : 1183-3912, ISBN : 978-2-550-66647-9. [En ligne] < www.mrn.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche >.
- Sharma, M. et Parton, J. 2009. *Modeling stand density effects on taper for jack pine and black spruce plantations using dimensional analysis*. Forest Science, vol. 55(3) : 268-282.
- Warnes., G.R., Bolker, B., Lumley, T., et Johnson, R.C. Contributions from Randall C. Johnson are Copyright 2009. *gmodels: Various R programming tools for model fitting*. SAIC-Frederick, Inc. Funded by the Intramural Research Program, of the NIH, National Cancer Institute and Center for Cancer Research under NCI Contract NO1-CO-12400, R package version 2.15.0. [En ligne] < <http://CRAN.R-project.org/package=gmodels> >.
- Weiskittel, A.R., Kenefic, L.S., Seymour, R.S. et Phillips, L.M. 2009. *Long-term effects of precommercial thinning on the stem dimensions, form and branch characteristics of red spruce and balsam fir crop trees in Maine, USA*. Silva Fennica, vol. 43(3) : 397-409.
- Zhang, T, et Koubaa, A. 2009. *Les résineux de l'Est du Canada. Écologie forestière, caractéristiques, transformation et usage*. FPInnovations, publication spéciale, 1917-3539; SP-526F, ISBN 978-0-86488-538-8.

ANNEXE 1

➤ RÉPARTITION DES TIGES PAR PARCELLE PERMANENTE, PAR CLASSE DE DHP ET ESSENCE SERVANT À L'ÉVALUATION DU PANIER DE PRODUITS

No séquentiel	Essence					
	Épinette			Sapin		
	N° de parcelle	N° tige	DHP	N° de parcelle	N° tige	DHP
1	9	47	10	9	129	10
2	9	52	10	9	12	10
3	3	37_4	10	9	82	10
4	9	37_5	10	9	103	10
5	3	85_14	10	3	03_127	10
6	3	59	10	3	130	10
7	9	29	10	3	135	10
8	8	4	12	3	132	10
9	3	77	12	3	143	12
10	3	32_2	12	3	155	12
11	9	32_3	12	9	74	12
12	9	22	14	3	147	12
13	3	24	14	3	134_20	12
14	3	66	14	9	97_16	12
15	3	5	14	9	61	14
16	9	134_19	14	3	140	14
17	3	119	14	9	151	14
18	3	9	16	9	78	14
19	3	14	16	3	133	14
20	3	43	16	9	81	16
21	9	55	16	9	150	16
22	9	145	16	9	62	16
23	3	52_6	18	8	32_1	16
24	9	67	18	9	85_12	16
25	1	17	18	1	115	16
26	6	127_18	18	9	127_17	16
27	6	20	18	3	3_125	18
28	8	54	18	3	96	18
29	3	70	18	3	6	18
30	6	122	18	3	144	18
31	9	23	20	1	65_9	18
32	6	68_11	20	6	117	20
33	6	90	20	1	124	20
34	8	52_7	20	9	88	20
35	10	110	22	9	128	20
36	8	65_8	22	1	68_10	20
37	6	85_13	22	9	141	22
38	4	126	22	9	75	22
39	-	-	-	9	97_15	22
40	-	-	-	9	80	22

ANNEXE 2

➤ **TABLE D'ANOVA VISANT À COMPARER LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES ET DENDROMÉTRIQUES DES TIGES ENTRE LES ESSENCES ET LE DHP**

Variable	Facteur fixe et interaction	Degré de liberté	Valeur de F	Valeur de p
Volume par tige	Essence	1	422,4	<0,001
	DHP	6	52,8	<0,001
	Essence x	66	2,69	0,1059
Volume réel par tige	Essence	1	40,4	<0,0001
	DHP	6	864,9	<0,0001
	Essence x DHP	66	4	0,05
Volume marchand par tige	Essence	1	34,2	<0,0001
	DHP	6	931,1	<0,0001
	Essence x DHP	66	4,9	0,03
Valeur par tige	Essence	1	43,5	<0,0001
	DHP	6	521,9	<0,0001
	Essence x DHP	66	3,1	0,08
Défilement	Essence	1	5,3	0,02
	DHP	6	47,3	<0,0001
	Essence x DHP	66	4,8	0,03
Courbure	Essence	1	6,3	0,01
	DHP	6	3,7	0,06
	Essence x DHP	66	2,5	0,11
Proportion du bois d'œuvre (sciage)	Essence	1	29,7	<0,0001
	DHP	6	34,7	<0,0001
	Essence x DHP	66	8,7	0,004
Proportion de copeaux	Essence	1	30,8	<0,0001
	DHP	6	46,3	<0,0001
	Essence x DHP	66	8,1	0,006
Proportion de sciures	Essence	1	8,8	0,004
	DHP	6	206,4	<0,0001
	Essence x DHP	66	0,4	0,55

