
Optimisation de la densité de reboisement en fonction des grades de qualité des bois sciés

Proposé de recherche

UNIVERSITÉ LAVAL
FACULTÉ DE FORESTERIE, DE GÉOGRAPHIE ET DE GÉOMATIQUE

Auteur :
Thomas Dandliker

Superviseurs :
Alexis Achim
Charles Ward

Table des matières

1	Introduction	3
2	Matériel et méthodes	5
2.1	Aire d'étude	5
2.2	Mesures de branches	6
2.2.1	Analyse statistique	9
2.3	Modélisation du défilement et de la composition du panier de produits	10
3	Résultats escomptés	10
4	Conclusion	11
5	Échéancier	12

Table des figures

1	Essences plantées entre 2001 et 2012 au Québec	3
2	Priorité de sélection des arbres pour la classification des branches	6
3	Division de la circonférence de la bille de pied en quatre faces égales	7
4	Interface DendroDif	8
5	Gabarit métallique	9
6	Détermination de la hauteur de 5,23 m	9
7	Calendrier des activités	12

1 Introduction

Les forêts issues de plantation comptent pour 4% des forêts mondiales, mais fournissent, à elles seules, 50% de la production de bois [1]. Pour la période de 2001 à 2012, avec environ 120 millions de plants plantés annuellement, les résineux représentent presque la totalité des plantations au Québec, soit 98% [2]. Depuis 2001, 94% des plantations sont réalisées avec trois essences : l'épinette noire (56%), le pin gris (21%) et l'épinette blanche (17%) comme l'illustre la figure 1.

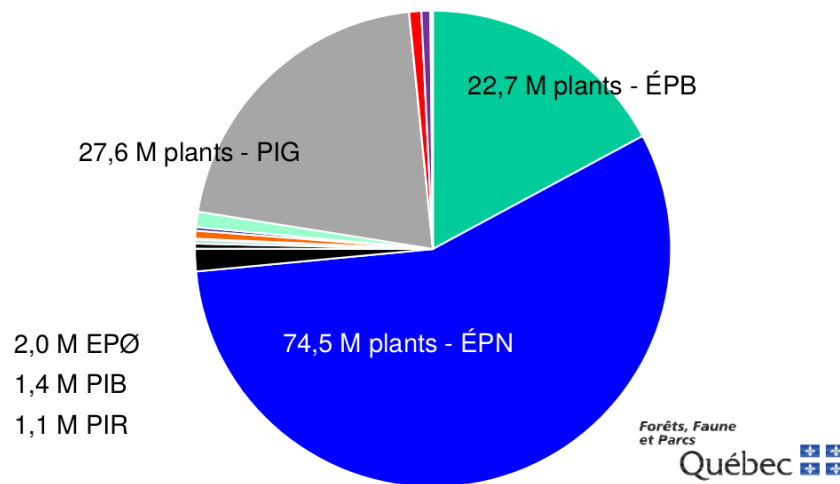


FIGURE 1 – Essences plantées entre 2001 et 2012 au Québec

Ces trois essences font partie du groupe dits SEPM (Sapin, Épinettes, Pins, Mélèzes), qui constitue la majeure partie des volumes de bois récoltés et transformés au Québec. Ce groupe est à la base de l'approvisionnement des usines produisant du sciage [3]. Dans un marché globalisé, cela implique d'optimiser les procédés qui englobent toutes la chaîne de valeur du bois, y compris les scénarios sylvicoles [4].

Dans ce cadre de rationalisation, la densité de plantation est un outil ayant une influence importante en sylviculture, puisqu'elle détermine la croissance et les caractéristiques du peuplement [5]. De manière générale, la hauteur dominante, quant à elle, n'est pas influencée par l'espacement entre les tiges [6]. En revanche, lorsque le nombre de tiges par hectare augmente, on a pu observer des augmentations du volume total et de la surface terrière, et, dans le même temps, une diminution du diamètre quadratique moyen. De plus, la mortalité y est aussi plus forte, due à une compétition intraspécifique plus élevée [7,8]. À l'inverse, à plus faible densité de plantation, on constate un taux de survie plus élevé, ainsi qu'une plus forte croissance en diamètre et en volume par tige [9]. On y observe également une augmentation du défilement.

Ce dernier aspect a une incidence directe sur le volume marchand des tiges. En effet, pour un même diamètre donné, un défilement plus élevé diminue le volume marchand à l'échelle de l'arbre [10]. Ainsi, deux facteurs entrent en compte lors de la première transformation d'un arbre : le diamètre et la hauteur totale. Ces deux caractéristiques influent sur la composition du panier de produits sciés [11], comme par exemple la proportion de sciage.

Aussi, l'accroissement plus élevé que l'on constate en plantation modifie les caractéristiques du bois et, de ce fait, a un effet déterminant quant à la valeur et à l'utilisation finale du produit [12]. Dans le marché nord-américain, la manière la plus commune d'attribuer une valeur pour les résineux consiste à effectuer un classement visuel des bois sciés comme le fait la norme "National Lumber Grades Authority (NLGA)". Les nœuds (branches), notamment leurs tailles et leurs nombres, sont des caractéristiques importantes à prendre en considération lors du classement des bois sciés [13].

Dans la littérature, un certain nombre d'études soulignent le fait que le DHP de l'arbre a davantage d'effet sur les caractéristiques des branches, que l'espacement initial. Ainsi, les attributs des nœuds peuvent être prédits pour le pin gris et l'épinette noire à partir de données externes de branches, notamment le diamètre des branches [14]. De plus, pour un site donné, les propriétés des nœuds d'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.)) sont relativement peu sensibles à l'espacement des arbres, car elles sont largement expliquées par la taille du fût et celle du houppier [15, 16]. Cela est également observé sur l'épinette de Norvège en Scandinavie [17–19]. Enfin, le diamètre de la plus grande branche est positivement corrélé au DHP de l'arbre, quel que soit l'espacement entre les arbres [20, 21].

Il est également reconnu que le DHP d'un arbre est, à son tour, étroitement lié à la densité de plantation [10]. Plusieurs études vont dans ce sens. Pour le pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.), l'espacement des plantations a un effet significatif sur le plus grand diamètre de la branche pour les pins gris dominants [20]. Enfin, pour l'épinette blanche (*Picea glauca*), un espacement plus large entre les arbres a tendance à augmenter la largeur des nœuds [22]. Aux vues de ces connaissances, le sylviculteur a une réelle emprise sur la qualité du bois dès sa première décision, qui est celle de choisir la densité de plantation. D'une part, un espacement initial élevé aura l'avantage de stimuler la croissance diamétrale des tiges, ce qui favorisera la production de bois de sciage sur de plus courtes révolutions. D'autre part, le défilement plus élevé et la taille plus élevées des nœuds qui découlent de tels espacements initiaux est susceptible de diminuer le rendement en sciage, leur grade de qualité, et donc la valeur des bois produits. Les sylviculteurs québécois n'ont présentement pas d'outils à leur disposition leur permettant d'évaluer où se situe l'optimum d'espacement initial qui maximiserait la

valeur des bois produits.

Les études menées préalablement sur les branches sont, pour l'instant, toutes limitées à un site en particulier avec des conditions de croissance bien définies (indice de qualité de station, précipitation, température, etc.). En outre, les études évaluant la proportion de sciage proviennent de jeunes peuplements résineux qui ne sont souvent pas encore arrivés à maturité ; donc n'ayant pas suivi un scénario sylvicole complet, avec ou sans éclaircies. Pour pallier au manque d'un portrait plus général, la présente étude s'appuie sur un réseau de placettes permanentes établies dans des plantations s'approchant de la maturité à l'échelle de la province de Québec , ce qui permettra de couvrir de nombreux types de stations ayant des conditions de croissance différentes.

Le présent projet vise à établir un lien entre la future qualité du bois scié et la croissance des arbres à différents espacements pour trois espèces commerciales du Canada, soit l'épinette noire, l'épinette blanche et le pin gris. L'objectif de l'étude est d'évaluer l'effet de différents espacements sur les propriétés du bois d'arbres arrivés à maturité. Plus particulièrement, nous avons cherché à déterminer si une réponse positive du DHP à un espacement plus grand affecterait le classement du bois et la proportion de sciage.

Nous avons émis l'hypothèse qu'une densité de reboisement plus faible que celui appliqué présentement au Québec, soit 2 m, augmenterait le diamètre à l'échelle de l'arbre, ce qui augmenterait le rendement en sciage sans diminuer outre mesure le classement des sciages. Cette hypothèse implique donc que l'optimum de rendement en valeur des produits se situerait à un espacement initial inférieur à celui utilisé en ce moment.

2 Matériel et méthodes

2.1 Aire d'étude

L'expérience sera réalisée à l'échelle de la province de Québec et elle mettra à profit le réseau des placettes permanentes de la Direction de la Recherche Forestière (DRF). Les essences étudiées sont l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.)), l'épinette blanche (*Picea glauca*) et le pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.). Des mesures préliminaires ont été prises à l'été et automne 2018 et elles seront complétées au printemps et à l'été 2019 dans une centaine de plantations monospécifiques âgées de 30 ans environ. Les plantations sélectionnées n'ont subi aucune éclaircie précommerciale.

Les placettes permanentes utilisées sont des unités d'échantillonnage circulaires d'une

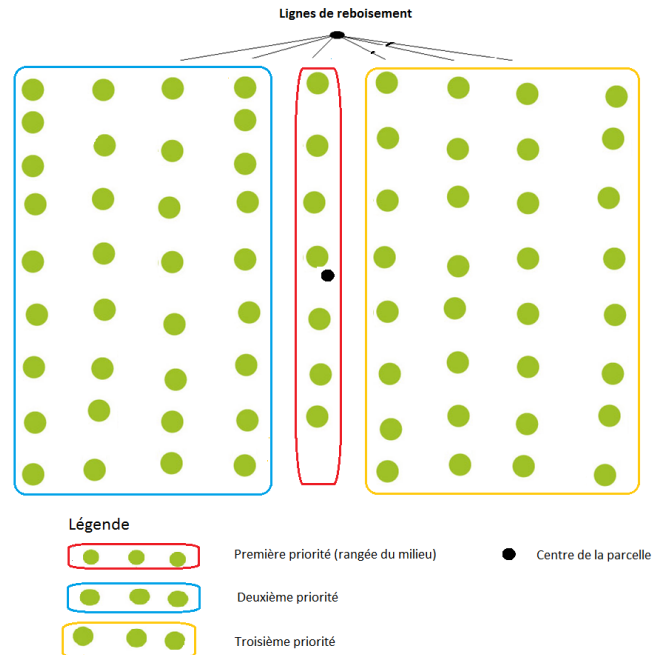


FIGURE 2 – Priorité de sélection des arbres pour la classification des branches

superficie de 400 m² [23]. Dans le cadre de ce projet, les données suivantes ont été relevées sur un nombre déterminé d'arbres : essence de l'arbre, le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) et les caractéristiques de la plus grosse branche sur les cinq premiers mètres de la tige.

2.2 Mesures de branches

La classification des branches se fait d'abord sur les arbres étudiés compris dans les étages dominants et codominants (8 à 10 arbres par placette) et, en second, sur les arbres listés dans le formulaire électronique de DendroDIF. En prévision du fait que certains défauts auront apparu sur les arbres après le dernier mesurage effectué dans les placettes, une liste sera construite de tous les arbres respectant les quatre critères de sélection. Cette liste servira à compléter la sélection des arbres jusqu'à une concurrence de 20 arbres et elle n'est pas triée en ordre prioritaire de sélection. Les arbres sont sélectionnés prioritairement sur la ligne à proximité du centre de la placette (ligne en rouge et pleine sur la Figure 2), suivie sur la ligne la plus vers le nord magnétique, suivie sur les lignes adjacentes jusqu'à atteindre la ligne centrale de la placette (lignes en bleu sur la Figure 1) et, si nécessaire, sur les autres lignes adjacentes à la ligne du centre et en priorisant toujours celles orientées vers le nord magnétique (lignes en jaune sur la Figure 1).

Pour chaque arbre sélectionné, la circonférence de la bille de pied de 4,9 m (16 pieds) sera ensuite divisée en quatre faces égales (Figure 2). Les faces A et C seront alignées sur la ligne de plantation et les faces B et D seront donc perpendiculaires à la ligne de plantation. La face A sera celle orientée le plus vers le nord magnétique et elle est identifiée par un trait de peinture vertical de 10 cm, à la base du tronc, à l'aide de peinture.

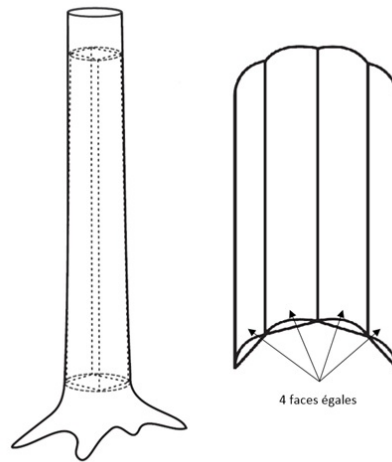


FIGURE 3 – Division de la circonférence de la bille de pied en quatre faces égales

Le diamètre de la plus grande branche sera ensuite mesuré sur chacune des faces, selon les six classes suivantes :

Diamètre branche	Code de branche	Couleur sur gabarit
3/4 po	1	bleu
1 1/8 po	2	rouge
1 1/4 po	3	blanc
1 3/4 po	4	vert
1 7/8 po	5	jaune
2 3/4 po	6	blanc

La plus grosse branche sera sélectionnée jusqu'à une hauteur de 5,23 m (17 pieds), à partir du sol, et par la suite mesurée à l'aide du gabarit métallique. À cet effet, des perches télescopiques et des gabarits métalliques, identifiant les six classes de diamètres de branches, ont été fournies aux personnes qui réaliseront les mesures.

La mesure des branches se décline comme suit :

1. Déployer la perche télescopique pour atteindre une longueur de 3,93 m. Cette longueur correspond à la longueur totale de la perche sans le gabarit. Ainsi elle débute au niveau du trait rouge présent sur le gabarit métallique (Figure 4) jusqu'à l'autre extrémité de la perche télescopique.
2. Se placer devant la face à mesurer avec la perche télescopique munie du gabarit métallique.
3. Positionner la base de la perche à 1,3 m du sol : prendre la perche télescopique par la base, et la soulever jusqu'au niveau du DHP, identifié par un trait de peinture sur l'arbre (Figure 5). Cette position permet de délimiter la hauteur totale de 5,23 m, hauteur qui sert à étudier les branches.
4. Chercher la branche la plus grosse sur la face étudiée et la mesurer à l'aide du gabarit métallique (Figure 4). Incrire dans le formulaire Dendrodif le «code diamètre branche» selon le tableau ci-dessus (Tableau 1), correspondant à la plus grosse branche. Pour chacune des branches, identifier et inscrire dans le formulaire Dendrodif, son «état branche» : vivante = **V**, ou morte = **M**. De plus, inscrire dans le formulaire Dendrodif, son «angle insertion branche» : 45° et moins = - **45**, ou 45° et plus = + **45**.

Voir exemple ci-dessous de prise de mesures dans le formulaire Dendrodif :

Branches	
No étiquette :	276
No branche :	1
État branche :	M
Code diamètre branche :	2
Angle insertion branche :	45° et moins

FIGURE 4 – Interface DendroDif

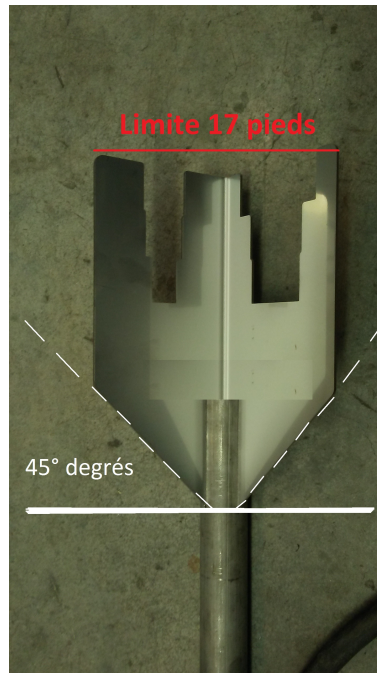


FIGURE 5 – Gabarit métallique



FIGURE 6 – Détermination de la hauteur de 5,23 m

2.2.1 Analyse statistique

Plusieurs données seront récoltées sur les arbres dans toutes les placettes permanentes. Pour l'analyse de ces données, les variables dépendantes seront les suivantes : le numéro d'encoche (grosseur de la branche), l'inclinaison de la branche, et l'état de la branche. Quant aux variables explicatives, il y aura : l'essence, la densité de plantation (plant/ha), l'IQS et

l'exposition. Concernant les paramètres environnementaux, nous utiliserons principalement l'exposition, car elle peut favoriser la croissance du houppier sur la face la plus ensoleillée. Par une technique de régression multinomiale, il sera possible d'estimer la proportion des faces se ayant une taille de nœuds donnée pour différents scénarios d'espacements. Il sera ensuite possible d'estimer dans quelle mesure un espacement initial plus large est susceptible d'engendrer des déclassements de la qualité des planches.

2.3 Modélisation du défilement et de la composition du panier de produits

À l'aide d'un simulateur d'éclaircies créé par la Direction de la Recherche Forestière (Guy Prégent) , il sera possible de déterminer le DHP quadratique moyen et la hauteur dominante des tiges à maturité en fonction : de l'essence, de l'IQS, de la densité de reboisement et du scénario sylvicole (0, 1 ou 2 éclaircies).

Dans un contexte de marché de plus en plus compétitif, et où les coûts d'extraction pour la ressource et la fabrication des produits du bois augmentent, il devient primordial de maximiser la création de valeur lors de la première transformation [24, 25]. Depuis plusieurs décennies, des simulateurs informatiques de sciages sont utilisés dans le secteur des transformations primaire et secondaire comme stratégie pour optimiser la valeur des produits [26]. Plusieurs études ont intégré avec succès les variabilités de la taille des arbres (tels que le diamètre de la tige, la hauteur totale de l'arbre ou la conicité de la tige) dans des modèles permettant de prédire le volume ou la valeur lors de la transformation [27, 28].

Afin de simuler la transformation primaire, FPIInnovations a développé Optitek, un logiciel qui utilise les données acquises à partir de scanners laser pour donner une représentation tridimensionnelle de la forme réelle de la tige [26]. Toutefois, ce logiciel demande une compréhension fine de la transformation primaire du bois pour être bien utilisé. Ce niveau de compréhension dépassant le cadre de cette étude, nous utiliserons plutôt une simplification du modèle qui tient compte du DHP et de la hauteur des arbres pour prédire la composition du panier de produits déterminée par Optitek. Ce méta-modèle statistique nommé STATSAP [11] est paramétré pour l'épinette noire. À défaut d'avoir d'autres modèles, nous utiliserons STATSAP aussi pour l'épinette blanche et le pin gris.

3 Résultats escomptés

On s'attend à une relation entre la densité de plantation et les propriétés du bois (proportion de sciage, grosseur des branches). Le défilement est bien documenté sur les trois essences,

ce qui permettra de bien alimenter le simulateur Optitek en données pour prévoir une valeur par arbre. Les ajustements avec le modèle STATSAP étant initialement paramétrés pour l'épinette noire, il y aura nécessairement une incertitude pour l'épinette blanche et le pin gris quant à la projection du panier de produits. Toutefois, on suppose une augmentation de la proportion de sciage pour toutes les essences au fur et à mesure que la densité diminue.

Pour le diamètre de la plus grosse branche, on s'attend à observer une augmentation de la grosseur des branches à de plus fortes densités. En effet, la hausse de la mortalité interspécifique devrait libérer de l'espace aux arbres résiduels et favoriser leurs développement de houppier et donc des branches.

4 Conclusion

À la lumière des résultats obtenus, des recommandations pourront être formulées auprès des praticiens en régions pour les sensibiliser aux effets de la densité de reboisement sur les caractéristiques du bois. En termes économiques, si les caractéristiques du bois ne se dégradent pas trop rapidement au fur et à mesure qu'on diminue la densité de plantation, il peut être envisageable d'abaisser le nombre de tiges à l'hectare et donc de réduire les coûts de plantation. Une autre retombée espérée est de pouvoir créer, à long terme, des bois issus de plantations ayant le meilleur panier de produits possible.

5 Échéancier

Sessions consécutives	Activités prévues	Saisons (Automne, Hiver OU Été)	Années
1	FOR-6814 Crédits de recherche Élaboration du protocole Préparation des données Formation des entrepreneurs Relevés terrain	Été	2018
2	MET-7900 Méthodologie de la recherche FOR 7044 Analyse des données écologiques FOR-6811 Crédits de recherche Compilation des données Début de revue de littérature	Automne	2018
3	FOR-6812 Crédits de recherche FOR-7046 Modèles hiérarchiques et inférence bayésienne pour les sciences naturelles Début des analyses statistiques	Hiver	2019
4		Été	2019
5	FOR-6813 Crédits de recherche Dépôt initial du mémoire	Automne	2019
6	FOR-7100 Rédaction scientifique Dépôt final du mémoire	Hiver	2020

FIGURE 7 – Calendrier des activités

Références

- [1] Darren A. Miller, T Bently Wigley, and Karl V Miller. Managed forests and conservation of terrestrial biodiversity in the southern United States. *Journal of Forestry*, 107(4) :197–203, 2009.
- [2] Daniel Richard, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Secteur des Opérations régionales, Direction générale de la production de semences et de plants forestiers. Portrait des plantations récentes au québec. page 16, 2015.
- [3] Gouvernement du Québec. Budget 2016-2017, Compétitivité de l’industrie forestière au Québec, 2017.
- [4] J Gaudreault, P Forget, J M Frayret, A Rousseau, and S D’Amours. Distributed Operations Planning in the Lumber Supply Chain : Models and Coordination. *International Journal of Industrial Engineering : Theory, Applications and Practice*, 17(3) :168–189, 2010.
- [5] Nelson Thiffault, Vincent Roy, Guy Prément, Guillaume Cyr, Robert Jobidon, and Jean Menetrier. La sylviculture des plantations résineuses au Québec. *Le Naturaliste canadien*, 127 :63–80, 2003.
- [6] Belachew Gizachew, Andreas Brunner, and Bernt Håvard Øyen. Stand responses to initial spacing in Norway spruce plantations in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27(7) :637–648, 2012.
- [7] A. Groot and F. Cortini. Effects of initial planting density on tree and stand development of planted black spruce up to age 30. *Forestry Chronicle*, 92(2) :200–210, 2016.
- [8] Rodney Will, Thomas Hennessey, Thomas Lynch, Randal Holeman, and Robert Heine-mann. Southeastern Oklahoma. 56(5) :437–443, 2010.
- [9] Madison Katherine Akers, Michael Kane, Dehai Zhao, Robert O. Teskey, and Richard F. Daniels. Effects of planting density and cultural intensity on stand and crown attributes

- of mid-rotation loblolly pine plantations. *Forest Ecology and Management*, 310 :468–475, 2013.
- [10] Guy Prément. *L'éclaircie des plantations*, volume 133. 1998.
- [11] David Auty, Alexis Achim, Pierre Bédard, and David Pothier. StatSAW : modelling lumber product assortment using zero-inflated Poisson regression. *Canadian Journal of Forest Research*, 44(6) :638–647, 2014.
- [12] S.Y Zhang, Gilles Chauret, Haiqing Q. Ren, and Richard Desjardins. Impact of initial spacing on plantation black spruce lumber grade yield, bending properties, and MSR yield. *Wood and Fiber Science*, 34(3) :460–475, 2002.
- [13] H Lemieux, M Beaudoin, and F Grondin. A model for the sawing and grading of lumber according to knots. *Wood and Fiber Science*, 32(2) :179–188, 2000.
- [14] E. Duchateau, F. Longuetaud, F. Mothe, C. Ung, D. Auty, and A. Achim. Modelling knot morphology as a function of external tree and branch attributes. *Canadian Journal of Forest Research*, 43(3) :266–277, 2013.
- [15] Jeffrey G Benjamin, John A Kershaw, Aaron R Weiskittel, Ying Hei Chui, and S Y Zhang. External knot size and frequency in black spruce trees from an initial spacing trial in Thunder Bay , Ontario School of Forest Resources , University of Maine. *East*, 85(207), 2009.
- [16] Q. J. Tong and S. Y. Zhang. Quantifying stem quality characteristics in relation to initial spacing and modeling their relationship with tree characteristics in black spruce (*picea mariana*). *Njaf (Northern Journal of Applied Forestry)*, 22(2) :85–93, 2005.
- [17] Kicki Johansson. Effects of initial spacing on the stem and branch properties and graded quality of *Picea abies* (L.) karst. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 7(1-4) :503–514, 1992.

- [18] Harri Mäkinen. Effect of stand density on radial growth of branches of Scots pine in southern and central Finland. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(8) :1216–1224, 1999.
- [19] Oriana Pfister, Cristofer Wallentin, Urban Nilsson, and Per Magnus Ekö. Effects of wide spacing and thinning strategies on wood quality in Norway spruce (*Picea abies*) stands in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22(4) :333–343, 2007.
- [20] François Hébert, Cornelia Krause, Pierre Yves Plourde, Alexis Achim, Guy Prigent, and Jean Ménétrier. Effect of tree spacing on tree level volume growth, morphology, and wood properties in a 25-year-old *Pinus banksiana* plantation in the boreal forest of Quebec. *Forests*, 7(11) :5–7, 2016.
- [21] Q. J. Tong and S. Y. Zhang. Impact of initial spacing and precommercial thinning on jack pine tree growth and stem quality. *Forestry Chronicle*, 81(3) :418–428, 2005.
- [22] Que-ju Tong, Isabelle Duchesne, Denis Belley, Michel Beaudoin, and Swift Edwin. Characterization of Knots in Plantation White Spruce. *Wood and Fiber Science*, 45(1) :84–97, 2013.
- [23] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Secteur des Forêts, Direction des inventaires forestiers. Normes d’inventaire écoforestier, placettes-échantillons permanentes. page 254, 2016.
- [24] DG Briggs. Enhancing Forest Value Productivity through Fiber Quality. *Journal of Forestry*, 108(4) :174–182, 2010.
- [25] John Walker. Wood quality : A perspective from New Zealand. *Forests*, 4(2) :234–250, 2013.
- [26] FPIinnovations. Optitek 10 : user’s manual. 2014.
- [27] Julie Barrette, David Pothier, David Auty, Alexis Achim, Isabelle Duchesne, and Nancy Gélinas. Lumber recovery and value of dead and sound black spruce trees grown in the north shore region of québec. *Annals of Forest Science*, 69(5) :603–615, 2012.

- [28] Zhang S.Y. Cloutier A. Liu, C. and Rycabel. Modeling lumber value recovery in relation to selected tree characteristics in black spruce using the Optitek sawing simulator. *For. Prod. J.*, 57(4) :57–65, 2007.