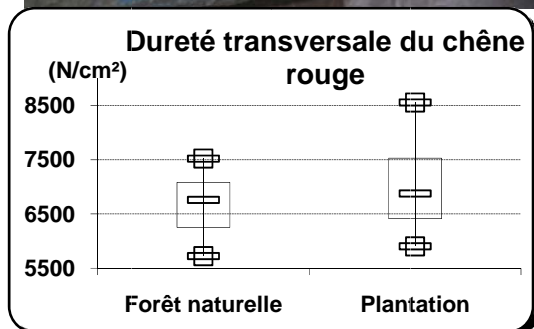


Comparaison des propriétés mécaniques du bois de plantation avec celui de la forêt naturelle : le cas du chêne rouge



Rapport final préparé par

Alexis Achim, Mikael Bernier, Alain Cogliastro

Présenté au

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec

Programme de mise en valeur

des ressources du milieu forestier - Volet II

Mars 2009

Projet

16-2008-05

L'étude est une initiative de l'Institut de recherche en biologie végétale



L'Institut de recherche en biologie végétale (IRBV) est un centre de formation supérieure dont la mission porte sur la biologie des plantes dans tous ses aspects : fonctionnement, développement, évolution, écologie, etc. Issu d'un partenariat entre l'Université de Montréal et la Ville de Montréal, l'IRBV occupe des locaux modernes sur le site du Jardin botanique de Montréal. Il regroupe une quinzaine de chercheurs autonomes (chercheurs à la Division de la recherche et du développement scientifique du Jardin botanique de Montréal ou professeurs au Département de sciences biologiques de l'Université de Montréal) sans compter les nombreux assistants et chargés de recherche, étudiants à la maîtrise et au doctorat et chercheurs post-doctoraux. Les recherches sont de natures fondamentale et appliquée. Les chercheurs ont à leur disposition des laboratoires et des équipements scientifiques de pointe, en plus de serres expérimentales, de chambres de croissance, d'équipement de microscopie électronique et d'analyse d'image, de l'herbier Marie-Victorin (700 000 spécimens) et de deux bibliothèques spécialisées en botanique.

C'est le fruit d'une collaboration étroite avec le département des sciences du bois et de la forêt, Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique de l'Université Laval



Équipe de travail

ALEXIS ACHIM,
Ph.D. Sciences forestières

Université Laval
Département des sciences du bois et de la forêt, Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique

MIKAEL BERNIER
BACC.
Aménagement et Environnement forestiers

Université Laval
Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique

ALAIN COGLIASTRO
Ph.D. Écologie forestière

Jardin botanique de Montréal
Institut de recherche en biologie végétale

Pour fin de citation :

Achim, A., Bernier, M. et Cogliastro, A. 2009. **Comparaison des propriétés mécaniques du bois de plantation avec celui de la forêt naturelle : le cas du chêne rouge**. Présenté au ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier – Volet II. Projet 16-2008-05. Institut de recherche en biologie végétale. 18 p.

Introduction

Les conclusions et recommandations de la Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise (2004) conduisent notamment à étudier plus à fond les impacts de la sylviculture intensive, une orientation proposée sur une portion du territoire afin de maintenir une forte productivité provinciale tout en réservant davantage de territoire à la conservation et en pratiquant un aménagement écosystémique dans les zones aménagées.

Les derniers calculs de possibilité forestière effectués par le bureau du Forestier en chef du Québec sont venus ajuster la possibilité forestière à la baisse pour la plupart des espèces et des régions du Québec. Dans ce contexte, afin de rétablir l'approvisionnement des usines de transformation, un engouement s'est développé pour la sylviculture intensive, particulièrement d'espèces à croissance rapide. C'est le cas, par exemple, de la plantation de peupliers et de mélèzes hybrides qui peuvent montrer des taux de croissance très élevés et, ainsi, compenser dans certains cas les pertes anticipées d'approvisionnement.

La sylviculture intensive peut également s'appliquer à la production des espèces indigènes de haute valeur, que ce soit en plantations ou par l'éducation de peuplements naturels. La séquence de travaux alors appliqués permettrait d'obtenir dans les meilleurs délais un rendement optimal de matière ligneuse de qualité en essences recherchées.

En contrepartie des gains en volume observés, on peut s'interroger sur la qualité du bois issu des systèmes de sylviculture intensive. En général, les caractéristiques déterminant la qualité du bois (rigidité, résistance mécanique, densité, angle des microfibrilles, etc.) ont tendance à s'améliorer avec l'âge cambial (ou le nombre d'anneaux de croissance depuis la moelle). Les propriétés ont souvent tendance à progresser rapidement près de la moelle pour atteindre un plateau par la suite, ce qui définit les zones de bois juvénile et mature (Zobel et Sprague, 1998). Comme les périodes de révolution prévues en sylviculture intensive sont beaucoup plus courtes, on doit anticiper une perte de qualité du bois ainsi produit. De plus, les faibles densités de peuplement normalement utilisées dans ces plantations auront tendance à stimuler le développement d'un houppier vigoureux, ce qui pourra prolonger la période de production de bois juvénile (Larson 1969).

Malgré le fait que ces principes soient applicables à la grande majorité des espèces, la littérature permet aussi de mettre en évidence des cas d'exception. En effet, chez certains feuillus à zone poreuse, dont en particulier le chêne, la qualité du bois tend à être supérieure près de la moelle. Dans les chênes médio-européens, (*Quercus petraea* (Matt) Liebl. et *Quercus robur* L.), Zhang et al. (1993) ont mis en évidence le fait que la zone de bois initial (zone poreuse) de plus faible densité avait tendance à garder une largeur uniforme de la moelle vers l'écorce alors que la zone de bois final plus dense subissait une diminution marquée. Il en résultait une diminution de la densité du bois de la moelle vers l'écorce. En appliquant une approche de modélisation et de simulation (Zhang et al. 1993; 1995), on peut en déduire qu'un scénario sylvicole qui favoriserait une croissance rapide des tiges individuelles et une révolution plus courte aurait le potentiel d'améliorer

les propriétés physico-mécaniques du chêne. Un tel scénario jumelé à un programme d'élagage aurait donc le potentiel de mener à la production de bois de grande qualité.

Au Québec, le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) pourrait présenter des caractéristiques similaires. Ainsi, un scénario de sylviculture intensive dans cette espèce pourrait non seulement contribuer à l'augmentation de la productivité des forêts en volume, mais également à stimuler la production de bois de qualité. Il existe cependant peu d'informations spécifiques à cette espèce qui permettraient de confirmer cette hypothèse. De plus, les études présentées dans la littérature décrivent une approche de modélisation qui mérite d'être confrontée à des résultats issus d'études empiriques. Afin de pallier à cette situation, un projet de recherche a été mis en place avec l'objectif de comparer la qualité du bois de chêne rouge issu de plantation et de forêt naturelle. Notre hypothèse de départ stipulait que le bois issu de plantation serait au moins de qualité égale à celui issu de forêt naturelle.

Nous avons aussi testé l'hypothèse subséquente que les paramètres physico-mécaniques déterminant la qualité du bois pouvaient être prédits au moyen d'outils non destructifs mesurant la vitesse du son dans le bois. Advenant que cette hypothèse puisse être confirmée, une évaluation à plus grande échelle de l'hypothèse précédente serait grandement facilitée, étant donné la facilité d'acquisition de ces mesures non destructives.

Méthodologie

Description des sites

La plantation expérimentale ainsi que le peuplement forestier de chênes rouges sont situés dans la M.R.C. du Haut-Saint-Laurent dans le sud-ouest du Québec (45°03'N ; 74°22'O). Ce territoire fait partie du domaine climacique de l'érablière à caryer cordiforme (Grandtner 1966; Thibault 1985). Le climat est caractérisé par une température annuelle moyenne de 6,4 °C et des moyennes saisonnières de 20.9 °C pour juillet et de -9.7 °C en janvier (Env.Can. 1995). La période sans gel est de 140 jours et le nombre de degrés-jours au-dessus de 5 °C atteint 2093 (Env.Can. 1982). La moyenne de précipitation annuelle totale est de 955 mm, dont approximativement 19.6% tombe en neige (Env.Can. 1995).

Forêt naturelle

Le peuplement naturel de chêne rouge est situé au sommet de la colline de Covey Hill (N45°01.333' W073°47.532') à 40 km à l'est de la plantation. L'âge moyen des arbres échantillonnés était de 46,2 ± 1,2. Le sol est un limon sablo caillouteux au bon drainage. Le pH et la texture du secteur sont :

	Horizon A	Horizon B	Horizon C
pH	5,5	6,4	6,7
% Argile	15	8	8
% Limon	38	19	19
% sable	46	72	70

Plantation

Le site de plantation occupe un dépôt meuble de littoral tardiglaciaire sableux. Le sol est un loam sableux (76% sable, 8% limon et 16% argile) au très bon drainage (Marineau 1992). La pente est nulle, comme la pierrosité, et la nappe phréatique est à 90 cm. Des échantillons de sol, à 0-5 cm et à 10-15 cm de profondeur, ont été prélevés en 2000 pour l'analyse des contenus en éléments nutritifs.

Matière organique (%)	6,1
Eau (%)	17
N total (mg/g)	2,9
C/N	13
P (µg/g)	80
K (mEq/100g)	0,14
Mg (mEq/100g)	0,22
Ca (mEq/100g)	0,20

Détail de la structure expérimentale de la plantation

La plantation expérimentale a été établie au printemps 1989 (Marineau 1992) et comprend deux espèces d'arbres décidus, le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) et le frêne de Pennsylvanie (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.). Les semis, à racines nues étaient âgés de deux ans (2+0). Les arbres de la présente étude avaient donc 23 ans au moment de l'étude dont 21 années de croissance en plantation. Le dispositif expérimental est un plan factoriel à blocs aléatoires complets (Steel et Torrie 1980). Trois blocs ont chacun été divisés en six parcelles, chacune aléatoirement occupée par une des deux espèces et affectée de l'un ou l'autre de deux traitements contre la compétition herbacée (paillis de plastique 1 m², herbicide glyphosate) ou par un témoin. Dans chacune des parcelles, 49 arbres ont été plantés sur sept rangs de sept plants, à espacement de 2m par 2m, pour un total de 294 arbres par bloc, 441 arbres par espèce et 882 arbres pour l'ensemble du dispositif. La superficie totale de la plantation est de 0,35 ha.

Un labourage et hersage printanier (1989) sur toute la superficie a précédé la mise en terre des plants. Le traitement chimique de répression des herbacées consistait en l'application d'un herbicide de faible rémanence, le glyphosate. Le traitement a été réalisé selon deux applications la première année (début juin et mi-juillet), et une seule application au cours des deux années subséquentes de même qu'à la cinquième (début juin). L'application était manuelle (pulvérisateur), autour de chacun des plants sur une superficie de 1m². Le traitement utilisant le paillis de plastique consistait en l'application, autour de chacun des plants, d'un feuil de polyéthylène noir de 1m² (même surface que l'herbicide. Chaque feuil est maintenu au sol à l'aide de broches de métal. À l'exception du labour-hersage pré-plantation, les parcelles témoins n'ont reçu aucun traitement de répression des plantes compétitrices. La taille de formation et d'élagage a eu cours aux années, 3, 5, 8, 12, 19

L'analyse statistique des résultats de 1996 à 1999 démontrait que dans les parcelles des traitements « herbicide » ou « paillis de plastique » la croissance des plants était supérieure à celle des parcelles témoin, sans différence significative entre les deux traitements utilisés. En 2000, il a été décidé d'analyser les effets d'une éclaircie (dépressage) précoce. Nous avons désigné au hasard le traitement Herbicide comme étant celui qui recevrait l'éclaircie, les traitements Paillis (dont les résultats de croissance étaient équivalents à l'Herbicide) et Témoin demeuraient intacts pour comparaison des résultats. L'éclaircie a consisté à retirer 4 arbres pour chaque cellule de 6 arbres faisant passer la densité de 2500tiges/ha à 833tiges/ha.

Échantillonnage des bois

En juillet 2008, 21 arbres de chênes rouges de plantation ont été abattus pour l'analyse des caractéristiques du bois. Dix-neuf de ces arbres étaient localisés dans les parcelles du traitement « Paillis » qui n'avaient pas subi d'éclaircie alors que deux autres du traitement herbicide complétait l'échantillonnage des arbres de plantation. Leur sélection était conduite de manière à obtenir des arbres de dimension variant entre 15-25cm de DHP. Les arbres ont été abattus le plus près possible du sol. Ce même objectif de dimensions d'arbres a guidé l'échantillonnage de 20 arbres du peuplement naturel. La moyenne des diamètres (DHP) était de $22,6 \pm 3,8$ en forêt et de $20,6 \pm 2,8$ en plantation.

Mesures acoustiques

Dans chacun des sites décrits plus haut, les arbres ont été choisis au hasard parmi des arbres dominants pouvant être récoltés pendant un dépressage. Avant de procéder à l'abattage, nous avons mesuré, à l'aide de l'instrument acoustique IML Hammer (Figure 1), la vitesse de propagation du son à l'intérieur des arbres. Deux sondes ont été installées à un angle de 45 degrés par rapport à l'axe de la tige et à une distance fixe de 50 cm (à 25 cm de part et d'autre de la hauteur de poitrine, soit 1,3 m). Le IML Hammer mesure le temps de vol d'une onde sonore induite par l'impact d'un marteau sur une des sondes.

Une fois l'arbre abattu, nous avons tronçonné la première bille de 2,50 m (8 pieds) et avons une fois de plus mesuré la vitesse acoustique, mais cette fois avec l'outil HM200 (Figure 2). Ce dernier mesure la vitesse d'une onde sonore en déterminant la fréquence harmonique d'une onde qui va et vient d'une extrémité à l'autre de la bille, ce qui donne une meilleure approximation de la qualité moyenne du bois dans celle-ci. Par contre, cette méthode a le désavantage d'être uniquement applicable à un arbre coupé.

Ces billes ont ensuite été transportées jusqu'au Centre de recherche sur le bois de l'Université Laval afin de procéder à une étude approfondie des propriétés du bois.



Figure 1 – L’instrument acoustique I ML Hammer¹ et abattage d’un chêne rouge



Figure 2 - Prise de mesure acoustique sur une bille à l’aide de l’outil HM 200²

¹ Figure 1. Deux sondes ont été installées à un angle de 45 degrés par rapport à l’axe de la tige et à une distance fixe de 50 cm (à 25 cm de part et d’autre de la hauteur de poitrine, soit 1,3 m). Le IML Hammer mesure le temps de vol d’une onde sonore induite par l’impact d’un marteau sur une des sondes.

² Figure 2 Ce dernier mesure la vitesse d’une onde sonore en déterminant la fréquence harmonique d’une onde qui va et vient d’une extrémité à l’autre de la bille

Mesures de qualité du bois

Le choix des propriétés indicatrices de la qualité du bois a été guidé par le fait que le chêne rouge est une espèce particulièrement prisée dans le secteur du bois d'apparence, par exemple pour la fabrication de meubles, de parquets ou d'armoires. De plus, afin de répondre à la question de recherche initiale, nous avons choisi de concentrer nos efforts sur une comparaison des propriétés physiques et mécaniques des bois issus de plantations par rapport à ceux issus de forêt naturelle. Les propriétés d'intérêt étaient les suivantes :

- Dureté

La dureté d'un bois se définit de manière générale comme étant la résistance à au renfoncement (USDA, 1999). Une dureté élevée est donc recherchée pour des usages tels que les meubles ou, plus particulièrement, les parquets. Dans le cadre de cette étude, nous avons mesuré la force (N) nécessaire pour insérer une bille de 11,28 mm de diamètre jusqu'à une profondeur de la moitié de son diamètre (selon la norme ASTM D143). Deux mesures ont été prises sur chacune des faces (tangentielle, radiale, transversale) d'une éprouvette de bois de (5 x 5 x 15 cm en directions tangentielle, radiale et longitudinale respectivement). Les résultats présentés dans la section qui suit se veulent des moyennes des deux mesures prises sur chaque face. Les éprouvettes de bois ont toutes été prélevées à 1,3 m de hauteur et le plus près possible de l'écorce.

- Retrait et stabilité dimensionnelle

Le retrait dimensionnel se définit, dans une direction donnée, comme le pourcentage de changement de dimension d'une pièce de bois attribuable à un changement du taux d'humidité de celui-ci. Ces changements dimensionnels sont observables en deçà du point de saturation de fibres, soit typiquement 30% d'humidité dans le bois. Les changements de taux d'humidité de l'air ambiant dans une maison à travers une année entraînent des changements dimensionnels dans le bois. Il est donc désirable d'utiliser des planches montrant un minimum de changement dimensionnel pour un changement donné du taux d'humidité de l'air ambiant et, par conséquent, du bois. De plus, le ratio entre les retraits tangentiel et radial est une variable particulièrement déterminante pour la qualité du bois puisqu'un ratio trop élevé pourrait causer la distorsion des planches ou même leur fendillement.

Des éprouvettes de 2,5 x 2,5 x 5 cm (tangential, radial et longitudinal) ont été préparées à 1,3 m de hauteur dans l'arbre et de manière séquentielle de la moelle vers l'écorce. Les tests de retrait consistaient d'abord à saturer les éprouvettes en eau et d'en mesurer les dimensions à l'état saturé au moyen d'un micromètre numérique (précision de 0,1 mm). Ensuite, les éprouvettes ont été placées dans un séchoir jusqu'à ce qu'elles atteignent une teneur en humidité de 12%. Les dimensions ont alors été remesurées et, ainsi, les valeurs de retrait ont été calculées en divisant les différences de dimension par la dimension à l'état saturé.

- Densité

La densité du bois n'est pas nécessairement une caractéristique déterminante de qualité du bois en elle-même mais, puisqu'elle est corrélée avec plusieurs autres propriétés physico-mécaniques, elle est fréquemment utilisée pour en exprimer la qualité de manière générale. Des échantillons prélevés encore un fois à 1,3 m de hauteur dans l'arbre ont été prélevés de manière radiale et dimensionnés à une épaisseur précise de 2 mm. Après avoir été séchés à l'air ambiant dans une chambre de conditionnement, leur profil de densité de la moelle vers l'écorce a été mesuré à l'aide d'un densitomètre à rayons-X. Cet outil fournit des données exprimant la masse volumique basale du bois (M_v , kg/m^3), c'est-à-dire le rapport entre la masse du bois à l'état anhydre et son volume à l'état saturé. Les données ainsi prélevées ont été pondérées en fonction de la superficie de la section transversale de la tige qu'elles représentent, de manière à obtenir la M_v moyenne de cette section.

Analyses statistiques

Toutes les variables indicatrices de qualité du bois ont été rapportées en valeurs moyennes à l'échelle de l'arbre individuel. Les données issues de 21 arbres de plantation ont été comparées aux données issues des 20 arbres provenant de la forêt naturelle au moyen de tests de T. Les différences ont été considérées significatives lorsqu'elles avaient moins de 5% des chances d'être attribuables au hasard ($\alpha = 0,05$).

Résultats

Dureté

Les résultats des tests de dureté ont confirmé les hypothèses que nous avons émises. En effet, il s'avère que les pièces de bois provenant de la plantation ont présenté des valeurs de dureté équivalentes à celles provenant de forêt naturelle, et ce, autant pour la direction transversale que longitudinale (Figures 3 et 4).

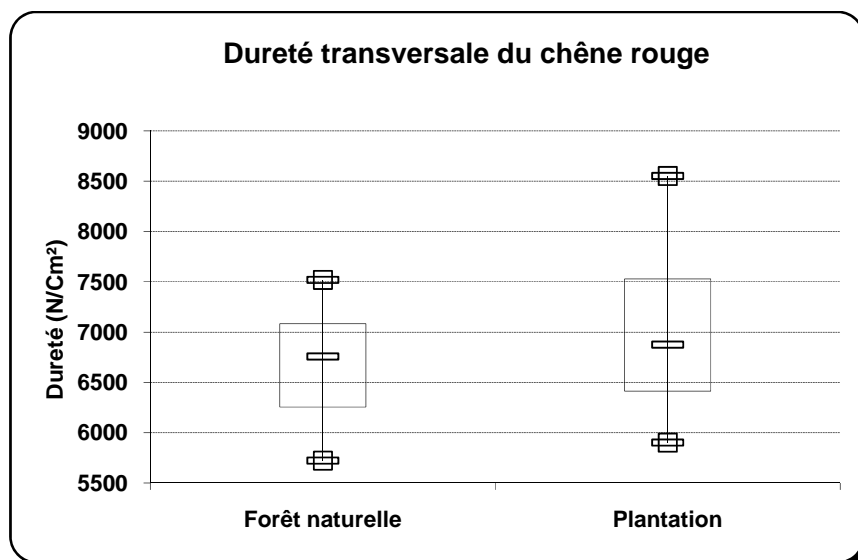


Figure 3 – Dureté transversale des échantillons. Les graphiques présentent les 25^e, 50^e (médiane), 75^e rangs centiles et les valeurs Minimale et Maximale. La différence entre les populations est non significative ($p=0,13$).

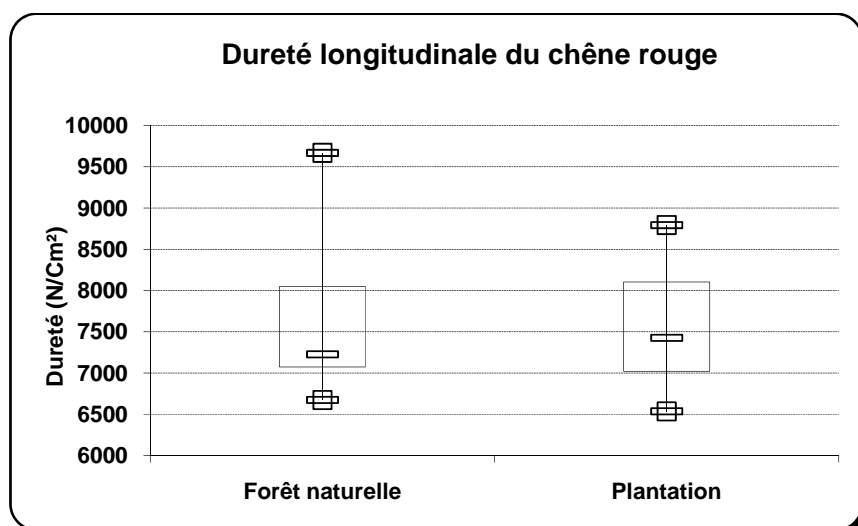


Figure 4 – Dureté longitudinale des échantillons. Les graphiques présentent les 25^e, 50^e (médiane), 75^e rangs centiles et les valeurs Minimale et Maximale. La différence entre les populations est non significative ($p=0,86$).

Retrait

Les retraits radial et tangentiel se sont avérés significativement plus importants parmi les échantillons provenant de forêt naturelle, ce qui confirme l'hypothèse de départ et indique même que le bois de plantation pourrait être de meilleure qualité à ces égards (Figures 5 et 6).

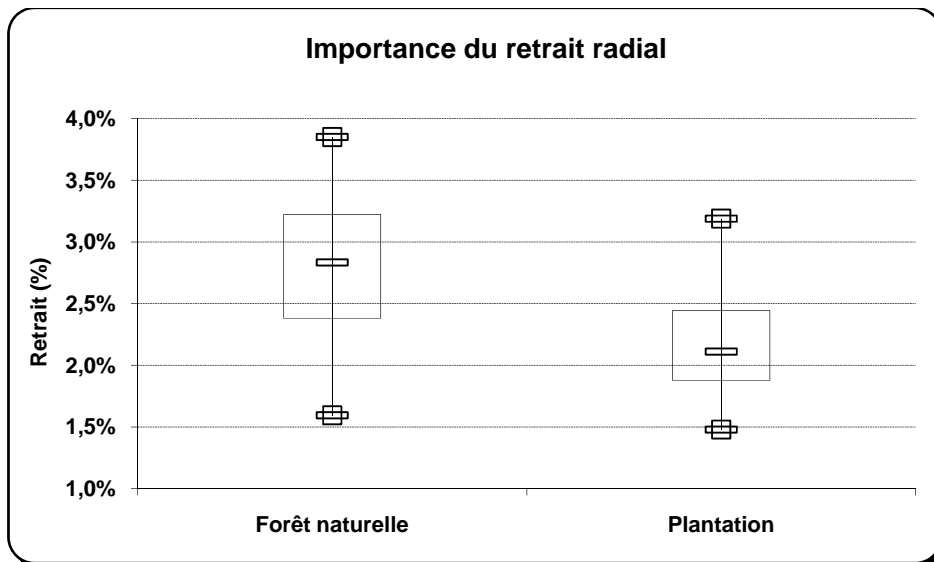


Figure 5 – Coefficients de retrait radial mesurés sur les échantillons. Les graphiques présentent les 25^e, 50^e (médiane), 75^e rangs centiles et les valeurs Minimale et Maximale. La différence entre les populations est significative ($p=0,001$).

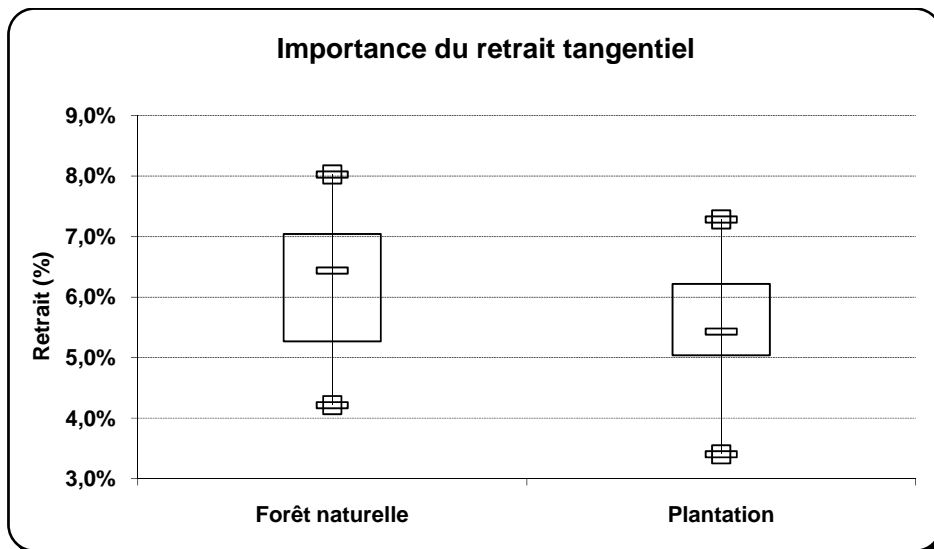


Figure 6 – Coefficients de retrait tangentiel mesurés sur les échantillons. Les graphiques présentent les 25^e, 50^e (médiane), 75^e rangs centiles et les valeurs Minimale et Maximale. La différence entre les populations est significative ($p=0,003$).

La différence de retrait longitudinal entre les échantillons ne s'est pas avérée significative (Figure 7) mais, contrairement à l'hypothèse de départ, le rapport entre le retrait radial et tangentiel s'est révélé plus élevé dans la plantation (Figure 8).

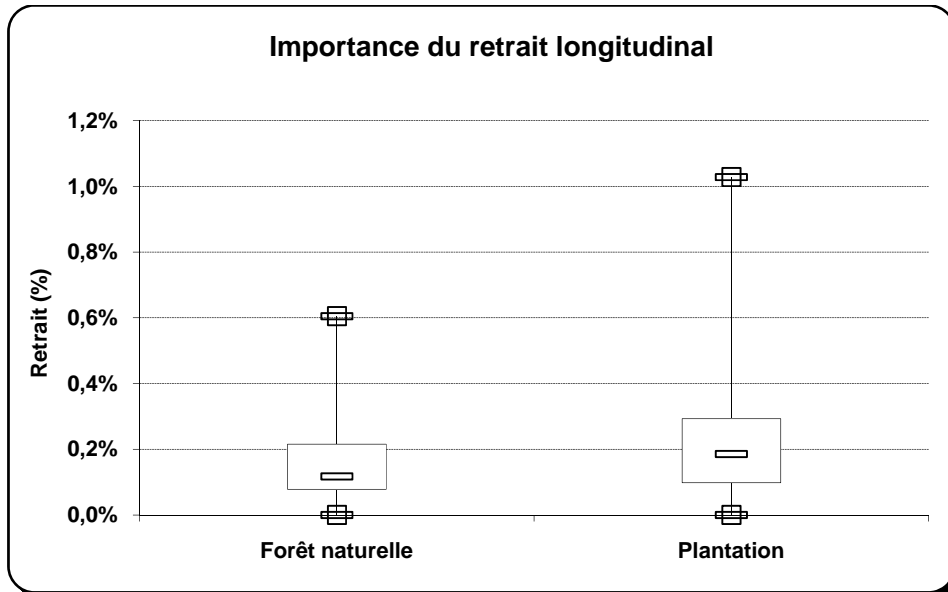


Figure 7 – Coefficients de retrait longitudinal mesurés sur les échantillons. Les graphiques présentent les 25^e, 50^e (médiane), 75^e rangs centiles et les valeurs Minimale et Maximale. La différence entre les populations est non significative ($p=0,10$).

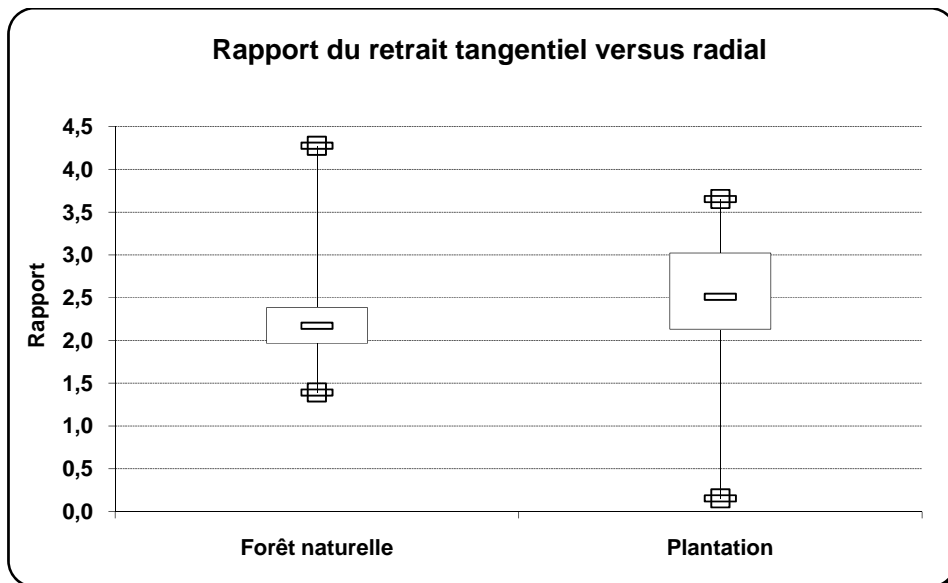


Figure 8 – Rapports entre les retraits tangentiel et radial mesurés sur les échantillons. Les graphiques présentent les 25^e, 50^e (médiane), 75^e rangs centiles et les valeurs Minimale et Maximale. La différence entre les populations est significative ($p=0,003$).

Densité

Graphiquement, la densité du bois issu de forêt naturelle a semblé plus élevée mais l'analyse statistique a montré que la différence n'était pas significative (Figure 9).

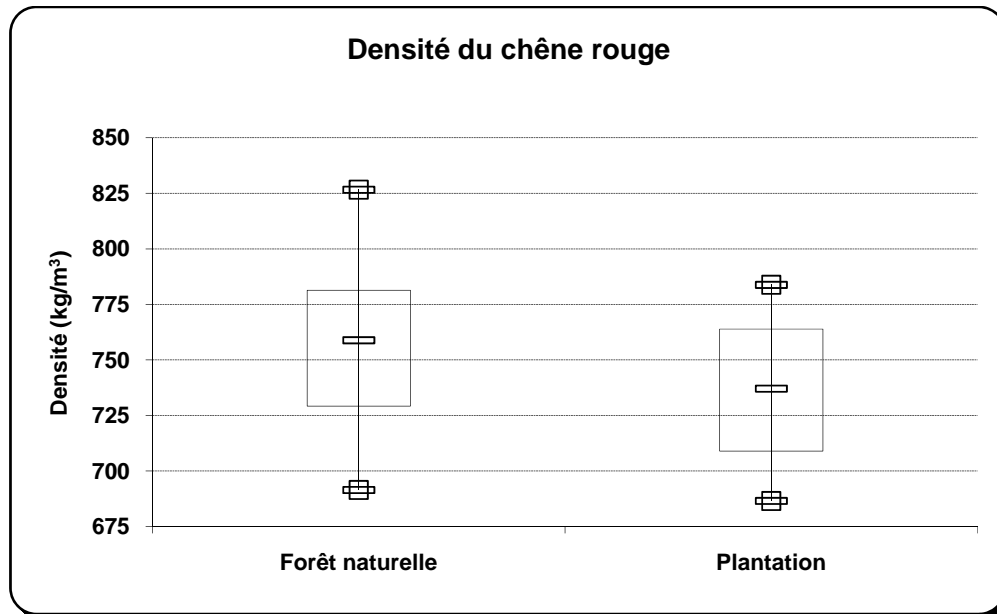


Figure 9 –Masse volumique basale moyenne de la section transversale à 1,3 m. Les graphiques présentent les 25^e, 50^e (médiane), 75^e rangs centiles et les valeurs Minimale et Maximale. La différence entre les populations est non significative (p=0,11).

Potentiel de prédiction des outils acoustiques

Le tableau 1 démontre que les mesures acoustiques sont corrélées de manière significative à plusieurs des variables indicatrices de la qualité du bois de chêne rouge. Cependant, ces corrélations s'avèrent trop faibles pour être utilisées de manière prédictive. En effet, pour déterminer la proportion de la variation totale d'une des variables indicatrices pouvant être prise en compte par une des mesures acoustiques, il faut élever les coefficients présentés au carré (R^2 : coefficient de détermination, Tableau 2). Les outils acoustiques peuvent donc prédire moins de 25% de la variabilité totale observée dans chacune des variables indicatrices.

	Retrait longitudinal	Retrait radial	Retrait tangentiel	Densité
Vitesse acoustique sur arbre	-0,16	0,44 **	0,50**	0,41 **
Vitesse acoustique sur bille	-0,22	0,38**	0,38*	0,38*

Tableau 1 – Coefficients de corrélation de Pearson entre les mesures de vitesses acoustiques et les diverses variables à l'étude. * = Corrélation significative ($p < 0,05$); ** = Corrélation hautement significative ($p < 0,01$)

	Retrait longitudinal	Retrait radial	Retrait tangentiel	Densité
Vitesse acoustique sur arbre	0,025	0,193	0,250	0,168
Vitesse acoustique sur bille	0,048	0,144	0,144	0,144

Tableau 2 – Coefficients de détermination entre les mesures de vitesses acoustiques et les diverses variables à l'étude.

Discussion

Les résultats tendent à confirmer notre première hypothèse de recherche, soit que le bois issu de la plantation présente des propriétés physico-mécaniques au moins équivalentes à celui issu de la forêt naturelle. Il importe toutefois de faire ressortir quelques nuances puisque certaines propriétés se sont montrées équivalentes (dureté, masse volumique, retrait longitudinal) alors que d'autres se sont avérées supérieures soit dans le bois de plantation (retraits tangentiel et radial) ou dans la forêt naturelle (rapport entre les retraits tangentiel et radial).

En considérant une utilisation dans les domaines du parquet et de l'ébénisterie, il est possible d'identifier la dureté transversale et les variables reliées à la stabilité dimensionnelle comme étant les principaux indicateurs de qualité du bois. Bien qu'en moyenne la dureté transversale se soit avérée légèrement plus élevée dans le bois de plantation, les analyses statistiques ont révélé que cette différence ne pouvait être considérée significative. D'autre part, les coefficients de retrait tangentiel et radial se sont montrés significativement plus faibles dans le bois issu de plantation, ce qui constitue un avantage. Par contre, le rapport entre ces deux variables s'est avéré légèrement plus élevé dans le bois de plantation, ce qui constitue, au contraire, un inconvénient. Malgré cette divergence, la faible amplitude des différences observées entre ces variables peut nous permettre d'affirmer que, d'un point de vue physico-mécanique, le bois issu de plantation serait apte à remplir les mêmes usages que le bois issu de forêt naturelle.

Tel que mis en évidence par Benson (1936) pour le chêne rouge et Zhang et al. (1993, 1995) pour des espèces de chêne médio-européen, il y aurait même une possibilité d'envisager d'autres aspects de qualité, notamment l'uniformité des propriétés dans la section transversale, qui pourraient être améliorés dans un régime sylvicole intensif de plantation. De telles analyses dépassent toutefois le cadre de la présente étude. Au-delà de ces considérations, la présente étude vient tout de même confirmer que, contrairement au principe qui prévaut pour plusieurs autres espèces (e.g. Larson 1969, Zobet et Sprague 1998), les gains en accroissement obtenus par une sylviculture intensive du chêne rouge ne se feraient pas au détriment des propriétés physico-mécaniques du bois. Il s'agit donc d'un rare exemple où il est possible d'allier productivité et qualité.

Il est fort plausible que cette situation soit explicable par le fait le chêne rouge est un bois à zone poreuse (Panshin et De Zeeuw, 1980). Ce type de bois est caractérisé par la présence de gros vaisseaux dans le bois initial du cerne annuel (zone poreuse) et de plus petits vaisseaux dans le bois final. La proportion de fibres est donc beaucoup plus élevée dans le bois final, ce qui engendre une différence marquée de densité avec le bois initial. La littérature montre que la largeur du bois initial a tendance à demeurer plutôt constante avec une évolution de l'âge cambial des tiges, alors que la largeur du cerne (et donc du bois final) a tendance à diminuer de la moelle vers l'écorce (Panshin et De Zeeuw 1980, Zhang et al 1993). Il en résulte une diminution progressive de la densité moyenne du cerne de la moelle vers l'écorce. Cette diminution progressive peut donc être contrecarrée en élevant le taux de croissance des cernes annuels situés vers la portion externe de l'arbre (vers l'écorce), ce qui est généralement obtenu dans un régime sylvicole tel que celui de la plantation étudiée.

Évidemment, les résultats décrits dans cette étude méritent d'être confrontés à d'autres résultats issus d'un échantillonnage plus important. Étant donné la quantité de travail nécessaire pour réaliser ce type d'études, les conclusions décrites dans le présent document ou dans la littérature s'appuient souvent sur un nombre restreint d'échantillons. Dans ce contexte, les outils acoustiques auraient pu représenter une avenue intéressante afin de tester rapidement les propriétés d'un grand nombre d'échantillons issus de différentes stations ou stratégies sylvicoles. Cependant, les résultats obtenus portent à croire que la corrélation entre les propriétés physico-mécaniques d'intérêt pour ce type de bois et la vitesse de propagation des ondes sonores n'est pas assez forte pour que l'on puisse les utiliser à cet effet. Notre seconde hypothèse de recherche doit donc être réfutée.

La vitesse du son dans le bois (v , $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) est reliée aux propriétés de celui-ci selon l'équation suivante :

$$v = \sqrt{E/\rho};$$

où E (Pa) est le module d'élasticité du bois et ρ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) est sa masse volumique. La masse volumique est celle du bois et de l'eau qu'il contient, même au-delà du point de saturation des fibres. Comme des arbres debout ou des billes fraîchement coupées présentent un contenu élevé en eau, les différences intra-spécifiques de densité ont tendance à être moins prononcées que les différences d'élasticité (ou de rigidité). De fortes relations entre la vitesse du son et la rigidité du bois ont donc été rapportées à maintes reprises dans la littérature (Carter et al. 2006, Wang et al. 2007).

Cependant, la rigidité du bois n'est pas une variable pertinente à étudier dans une perspective d'usage comme bois d'apparence. Pour cette raison, nous avons tenté de relier la vitesse du son à d'autres propriétés physico-mécaniques pertinentes. Des coefficients de corrélation hautement significatifs ont été obtenus dans de nombreux cas, mais leur valeur n'est pas assez élevée pour espérer utiliser les outils acoustiques de manière prédictive. On peut assumer que les corrélations observées découlent du fait que la rigidité du bois est elle-même reliée à d'autres propriétés telles que la masse volumique du bois ou l'angle des microfibrilles et qu'en retour, ces dernières sont reliées à la dureté et à la stabilité dimensionnelle du bois (Bowyer et al. 2007).

Conclusions et perspectives de travaux futurs

Cette étude a permis de démontrer que le bois de chêne rouge produit dans un scénario de sylviculture intensive devrait présenter des caractéristiques physico-mécaniques au moins équivalentes à celles provenant de forêt naturelle à croissance plus lente. Il est extrêmement intéressant de constater que les arbres de la plantation ont été produits en moitié moins de temps que ceux issus de la forêt naturelle et qu'ils ont atteints des diamètres à hauteur de poitrine comparables. En se basant uniquement sur les caractéristiques physico-mécaniques, on peut en conclure qu'un scénario sylvicole intensif pourrait être grandement avantageux.

Pour compléter le portrait général d'évaluation de la qualité du chêne rouge, il serait désirable de considérer l'apparence du bois produit. Le scénario sylvicole intensif testé dans cette étude incluait des élagages répétés, ce qui fait que la majorité du bois produit n'inclura aucun nœud. Il existe donc un autre avantage potentiel de ce scénario à l'égard de l'apparence du bois. À l'inverse par contre, nos observations ont relevé le fait que le bois produit dans la plantation avait tendance à être de couleur plus brunâtre que le bois de la forêt naturelle qui avait une teinte plus rosée. La teinte rosée du chêne rouge provenant du nord-est de l'Amérique du Nord est une caractéristique recherchée de ce bois qui influence aussi sa valeur. Il serait donc pertinent de mener des travaux futurs visant à mieux comprendre les facteurs influençant la coloration du bois de chêne rouge.

Références

- Benson, P.H., 1936. Second-growth southern hardwood timber. USDA Forest Products Laboratory report. 4 p.
- Bowyer, J.L., R. Shmulsky, J.G. Haygreen, 2007. Forest Products and Wood Science, an Introduction. Fifth edition. Blackwell Publishing, Ames, IA.
- Carter, P., S. Chauhan, and J. Walker, Sorting logs and lumber using Director HM200. Wood Fiber Sci., 2006. 38(1): p. 36-48.
- Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise. 2004. Rapport. Disponible en ligne <http://www.commission-foret.qc.ca/rapportfinal.htm>
- Larson, P.R. 1969. Wood formation and the concept of wood quality. 74, Yale University School of Forestry, New Haven. 54 p.
- Grandtner, M. M. 1966. La végétation forestière du Québec méridional. Presses de l'Université Laval, Québec, 216p.
- Marineau, K. 1992. Effets de la répression des herbacées à l'aide d'herbicide et de paillis de plastique sur la croissance du chêne rouge et du frêne rouge. Mémoire de M.Sc., Université du Québec à Montréal.
- Panshin, A.J., De Zeeuw, C. 1980. Textbook of wood technology. McGraw-Hill series in Forest Resources. McGraw-Hill, Inc. 722 p.
- Thibault, M. 1985. Les régions écologiques du Québec méridional, (1:1 250 000). Service de la cartographie, Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, Québec.
- USDA 1999. Wood Handbook - Wood as an engineering material. FPL-GTR-113, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI. 463 p.
- Wang, X., et al., Acoustic assessment of wood quality of raw forest materials – a path to increased profitability. Forest Products Journal, 2007. 57(5): p. 6-14.
- Zhang, S.Y., Eyono Owoundi, R., Nepveu, G., Mothe, F. 1995. Modelling wood shrinkage and simulating the silvicultural influence in European oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) *Holzforschung*, 49(1), 35-44.
- Zhang, S.Y., Eyono Owoundi, R., Nepveu, G., Mothe, F., Dhôte, J.-F. 1993. Modelling wood density in European oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) and simulating the silvicultural influence. *Can. J. For. Res.* 23: 2587-2593.
- Zobel, B.J., Sprague, J.R. 1998. Juvenile wood in forest trees. Springer series in wood science. 300 p.