

EFFET DES COUPES PARTIELLES SUR LES PROPRIETES MECANQUES DU BOIS de L'ÉPINETTE NOIRE

- ❑ Présenté par : Ahmed BOUHAJJA
- ❑ Directeur de recherche : Ahmed KOUBAA, UQAT

02 Décembre 2015



EFFET DES COUPES PARTIELLES SUR LES PROPRIETES MECANIQUES

Importance de l'Épinette Noire



Fig.a.Aire de distribution mondiale de l'épinette noire (*Picea mariana*) source :Heinseiman (1965)



Fig.b.Aire de distribution de la forêt continue dominée par de l'épinette noire (*Picea mariana*) source :Rowe(1972)

- ❑ Cette essence présente uniquement en Amérique du Nord (**Fig.a**) (Heinseiman ,1965 ;Viereck et Johnston ,1990)
- ❑ La superficie des forêts de l'épinette noire, représente 28 % (**Fig.b**) du territoire Québécois (Rowe,1972 ;Richard ,1988)
- ❑ La qualité de ses fibres en fait une essence qui est recherché et hautement apprécié autant pour la fabrication du papier que pour celle du bois d'œuvre (Zhang et Koubaa, 2008)

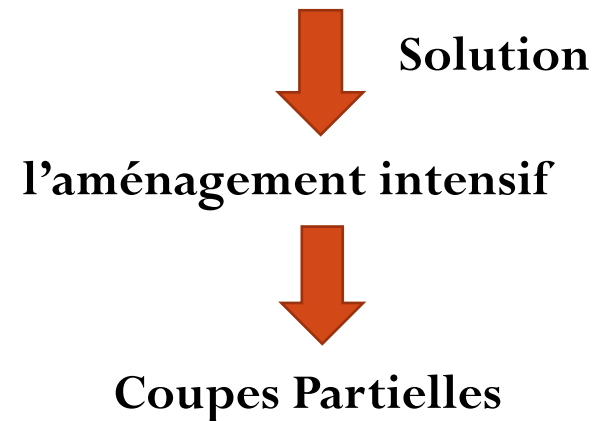
EFFET DES COUPES PARTIELLES SUR LES PROPRIETES MECANQUES

Croissance de l'épinette noire

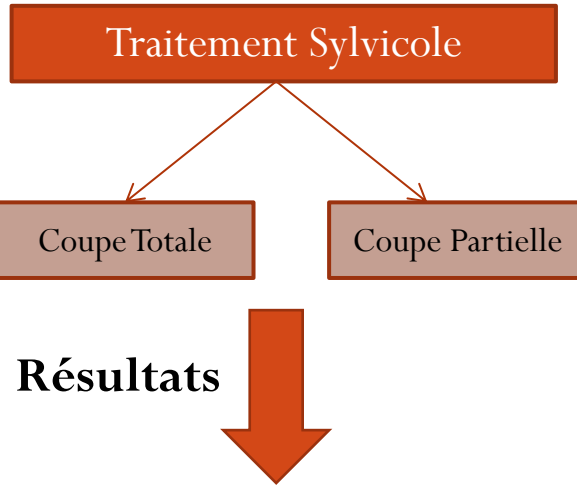


Dans des conditions sans aménagement et dans les bons sites, à maturité l'épinette noire atteint un DHP moyen d'environ 20 cm (Zhang et Koubaa 2009)

- ❑ Les tiges de l'épinette noire sont relativement petits en diamètre, ce qui entraîne une très faible récupération de volume de bois d'œuvre par volume de tige (Pnevmaticos et al. 1979).
- ❑ Devant la demande croissante de bois, la productivité des plantations, dans leur état actuel, ne peut suffire à la demande mondiale de bois d'œuvre (Park et Wilson , 2007).



Coupes partielles



+ Augmenter la croissance des arbres résiduels et améliorer la valeur finale d'un peuplement (Josza,1997).

- Cette augmentation rapide de la croissance radiale des tiges, ne devrait pas être sans effet sur les attributs de la qualité de bois produit (Zhang 1995; Bowyer et al. 2007).

+

EFFET DES COUPES PARTIELLES SUR LES PROPRIETES MECANQUES

- ✓ Des résultats contradictoires concernant les effet des coupes partielles sur la qualité du bois (Chauret et al. 2006)
- ✓ Il y a eu un peu d'effort pour évaluer l'impact des coupes partielles sur les peuplement inéquiennes la forêt boréal au Québec (Liu, Ruel et al. 2007) notamment sur la qualité du bois de l'épinette noire (Zhang and Koubaa, 2009)
- ✓ Peu d'informations existe sur les effets des coupes partielles sur les propriétés mécaniques du bois de l'épinette noire
- ✓ Parmi les études disponibles, Vincent et al. (2011) suggèrent que l'éclaircie commerciale de l'épinette noire en milieu boréal n'a pas d'effet sur les propriétés mécaniques du bois.

Contrôles non destructifs du bois (CDN)

MOE

Module statique



Banc d'essai pour les mesures de MOEstat et MOR (ASTM-D4761)

Module dynamique



Mesure de la vitesse acoustique sur le bois de dimension

Contrôles non destructifs du bois (CDN)



**Mesure de la vitesse acoustique
direct sur arbre debout**



**Mesure de la vitesse
acoustique sur la bille**



**Mesure de la vitesse acoustique sur
le bois de dimension**

- ✓ Au Canada, l'outil acoustique est très rarement exploité pour faire une sélection de bois récoltés en fonction de ses propriétés mécaniques avant l'étape de sciage (Paradis 2011).
- ✓ Notamment, les espèces indigènes de la forêt boréale.

Objectifs

❑ **L'objectif principal** de cette étude est d'évaluer l'impact des coupes partielles sur la qualité du bois de l'épinette noire, notamment les propriétés mécaniques et acoustiques.

Les objectifs spécifiques sont:

- 1) Évaluer la variation intra-arbre du module d'élasticité dynamique du bois.
- 2) Étudier l'effet de l'intensité des coupes partielles sur les propriétés mécaniques du bois de l'épinette noire en flexion, en compression parallèle et en compression perpendiculaire selon les classes de diamètre.
- 3) Étudier la relation entre le module d'élasticité dynamique et le module d'élasticité statique du bois d'épinette noire pour valider la fiabilité des outils ultrasons .

Hypothèses

❑ En se basant sur la littérature, on a testé l'hypothèse suivante:

- ❖ Les propriétés mécaniques du bois augmentent, du bois juvénile vers le bois mature ([Alteyrac, 2005](#)).
- ❖ Une augmentation de l'accroissement en volume par tige suite à une Coupe partielle est souvent associée à une diminution des propriétés mécaniques du bois (Josza et Middleton 1994; Bowyer et al. 2007). Ces changements devraient être plus importants dans le cas d'intervention de forte intensité que pour une faible intensité.
- ❖ Les outils de caractérisation non destructifs, dont les ultrasons, permettent de prévoir les propriétés mécaniques du bois de l'épinette noire.

Matériel et méthodes

□ Aire d'étude et caractéristiques des sites



1-Muskuchii :

- Saison de traitement :2000
- Saisons d'échantillonnage :2011
- Intensité de prélèvement :75-100 %

2-Cramolet :

- Saison de traitement : 2007
- Saison d'échantillonnage :2012
- Intensité de prélèvement : 50-75 %

2-Villard :

- Placette :28
- Ans de récole :2005
- Ans d'échantillonnage :2011
- Intensité de prélèvement : 50-75 %

4-Cramolet :

- Saison de traitement :Site témoin
- Saison d'échantillonnage :2012
- Intensité de prélèvement : 0 %

Fig. Le réseau des coupes partielles de l'Abitibi-Témiscamingue

Matériel et méthodes

□ Échantillonnage



Échantillonnages destructifs de
38 arbres

Classes de DHP	Plage de diamètre
1	de 11 a 15 cm
2	de 15,1 a 20cm
3	> 20 ,1 cm

Figure. Échantillonnage destructif
des billes

Tab.Détails de l'échantillonnage effectué

Matériel et méthodes

❑ Préparation des échantillons

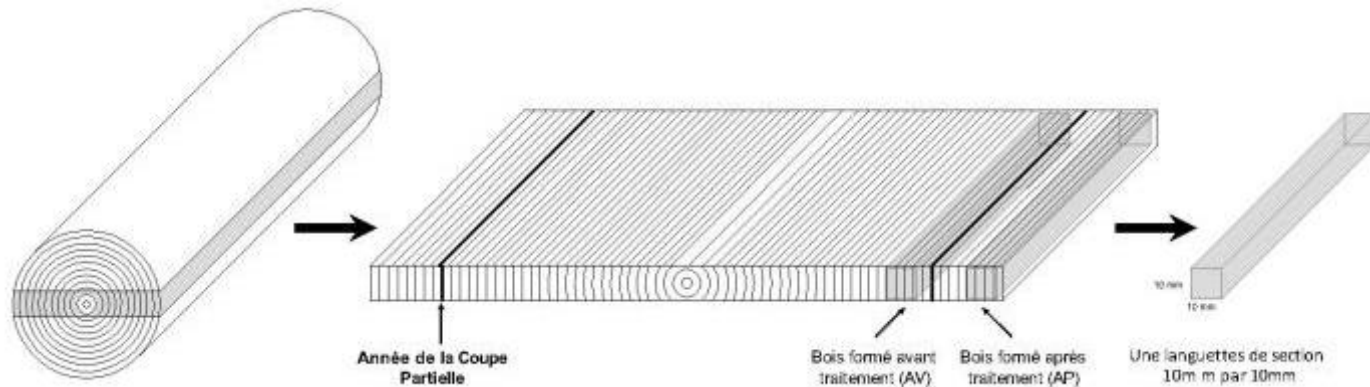
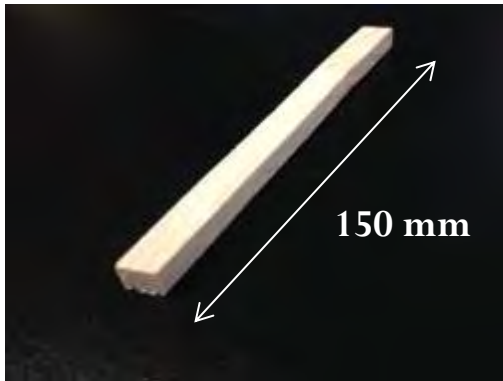
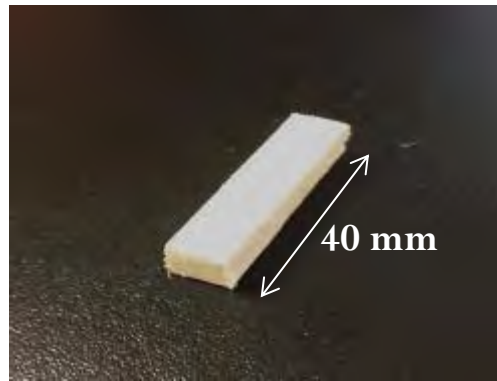


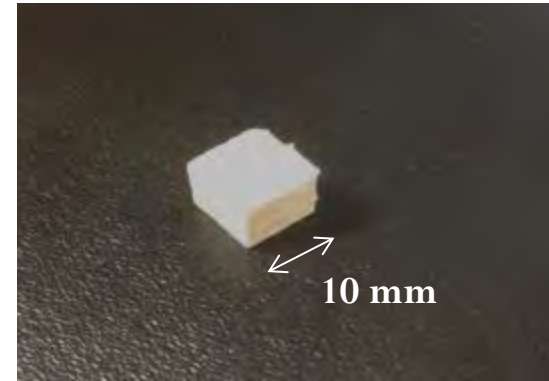
Figure. Représentation schématique de la préparation des échantillons pour les test de la résistance mécanique



Les échantillons du test de Flexion
10x10x150 mm



Les échantillons du test de
Compression parallèle
10x10x40 mm



Les échantillons du test de
Compression perpendiculaire
10x10x10 mm

Matériel et méthodes

❑ Les propriétés mesurées :

1-Module d'élasticité dynamique :

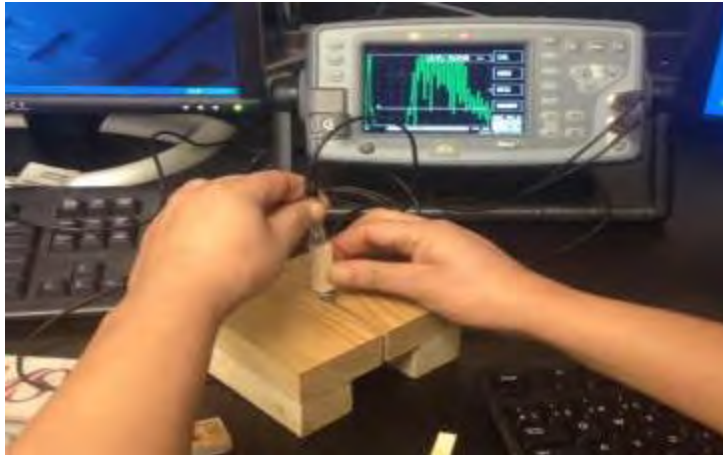


Figure. Test de vitesse de propagation du son à l'aide du Sonatest

MOE dyn , est calculé selon la formule suivante :

$$\text{MOE dyn} = \rho_h \times V_b^2$$

➡ MOE dynamique

2-Module d'élasticité statique :

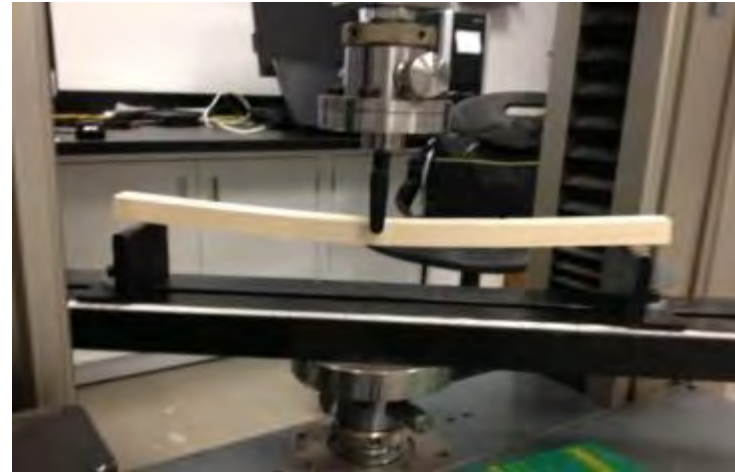


Figure. Test de flexion 3 point et compression parallèle à l'aide du Zwick/Roell Z20

Selon la Norme ASTM D-143 :

- ❑ Flexion trois points.
- ❑ Compression parallèle.
- ❑ Compression perpendiculaire.

➡ MOE statique

Résultats

Variations intra-arbres des propriétés mécaniques et la masse volumique

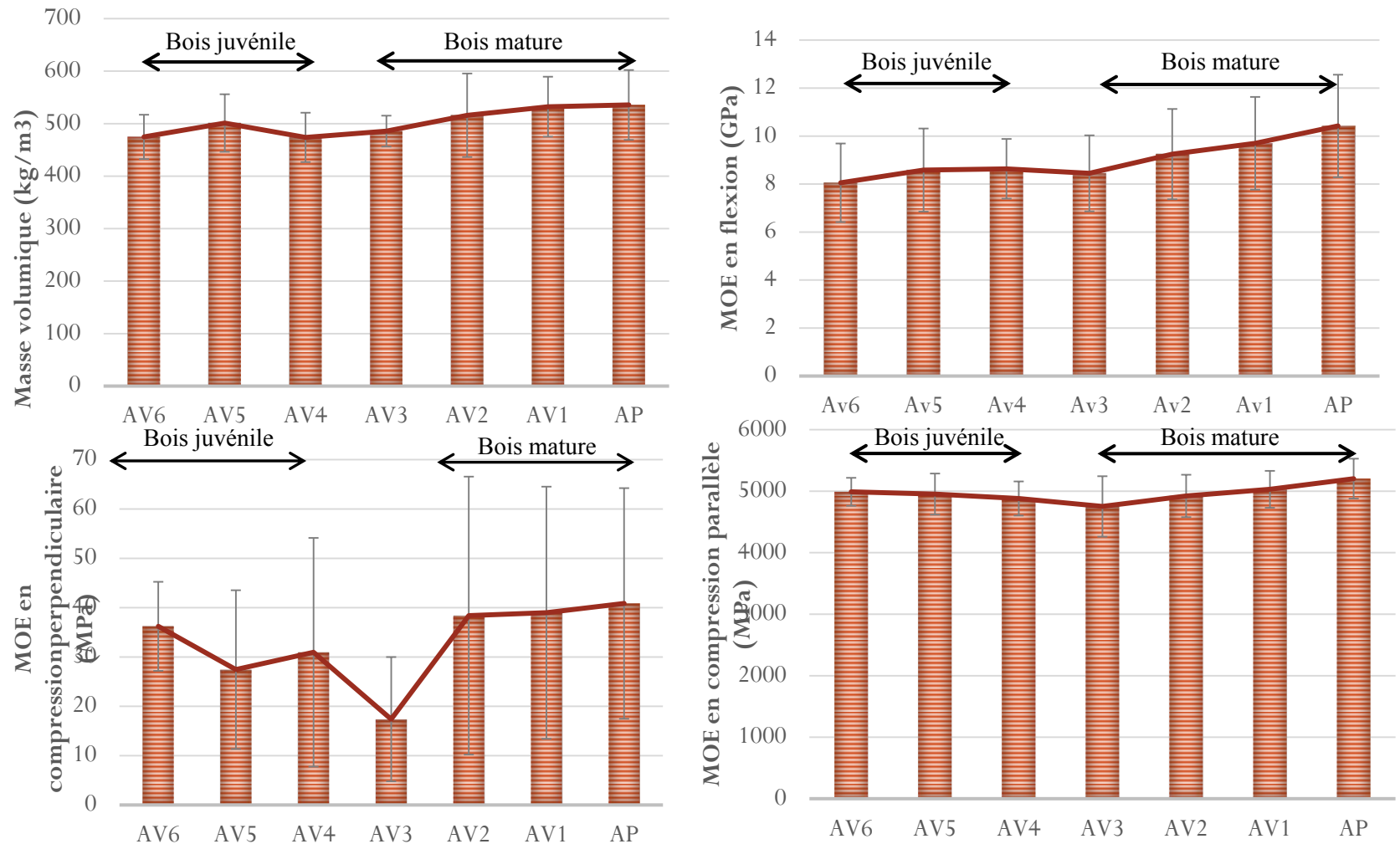


Figure. Variation radiale du module d'élasticité en compression perpendiculaire en fonction de la position par rapport à la moelle au DHP de 1,3 m.

Résultats

Variations intra-arbres des propriétés mécaniques et la masse volumique

- ❑ Le profil de variation de la masse volumique est globalement similaire aux patrons de variations de la masse volumique des cernes trouvés pour l'épinette noire du milieu boréal (Alteyrac, 2005; Ourais, 2012; Braido dos Santos, 2014).
- ❑ Le profil du MOE en flexion montre une augmentation de la moelle vers l'écorce .Ce patron concorde avec celui rapporté par Alteyrac (2005). Ce comportement peut être expliqué par la forte corrélation positive entre le MOE et la masse volumique (Bowyer et al., 2007).
- ❑ Le profil de variation du MOE en compression parallèle est caractérisé par une diminution constante dans la phase du bois juvénile. À un âge plus avancé et dans la zone du bois mature , le MOE en compression parallèle montre une tendance opposée par rapport au bois juvénile.
- ❑ Dans la zone du bois juvénile, le patron de variation du MOE en compression perpendiculaire est différent de ceux des MOE en flexion et en compression parallèle .Ainsi, il n'y a aucune ressemblance avec le profil de variation de la masse volumique . En compression perpendiculaire la résistance est fortement dépendante des caractéristiques anatomiques du bois .

Résultats

Impacts des coupes partielles sur les propriétés mécaniques et la masse volumique de l'épinette noire

✓ Résultats de l'analyse statistique :

Les résultats de l'analyse de variance révèlent que

- Le site n'a pas un effet significatif sur les propriétés étudiées .
- L'effet du traitement sur les propriétés étudiées est variable d'une propriété à l'autre, parfois il est modulé par la classe de DHP de l'arbre.
- La masse volumique dans la période avant traitement généralement possède un effet significatif sur la variation des propriétés étudiées dans la période après traitement .

Résultats

Impacts des coupes partielles sur la masse volumique

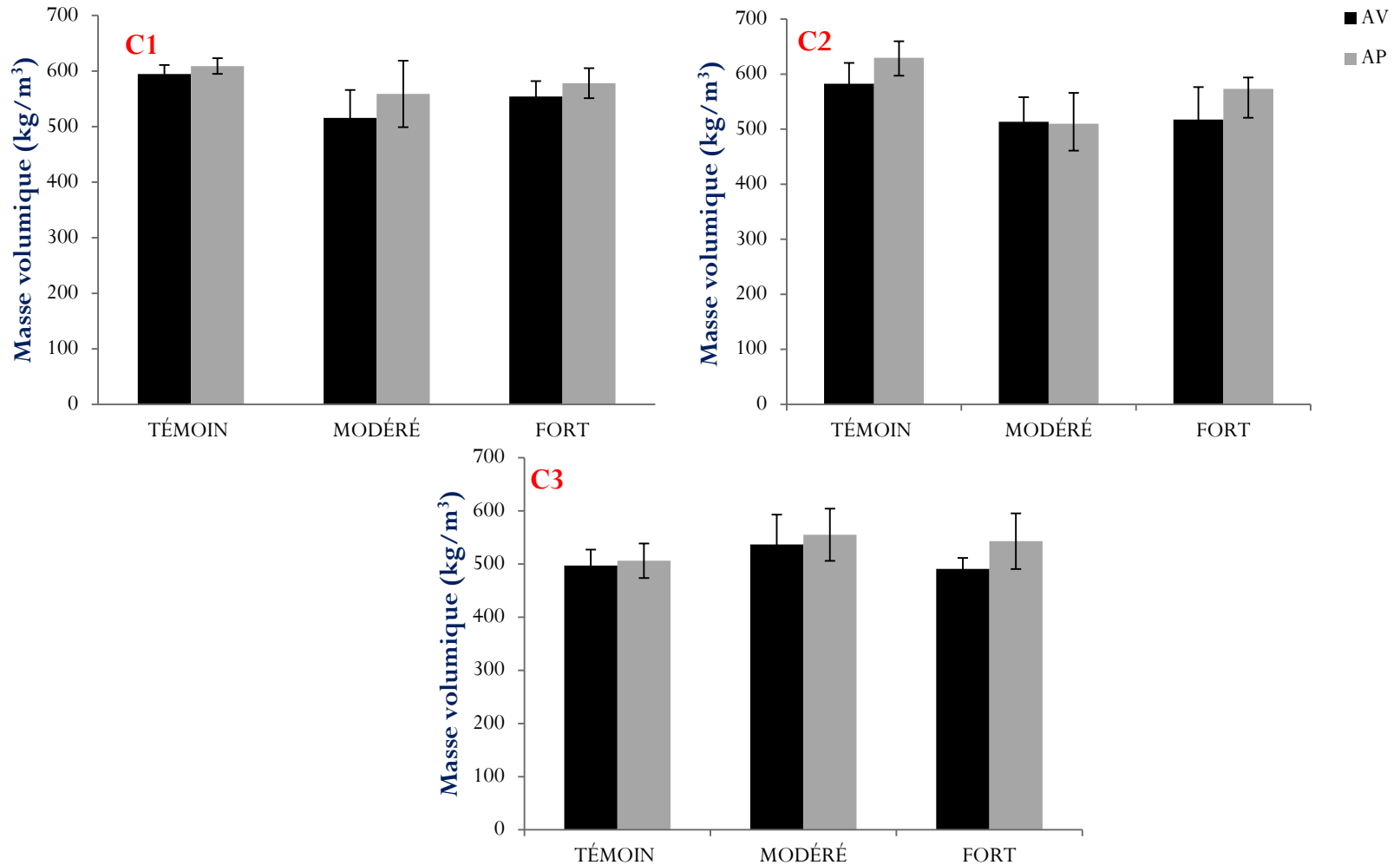


Figure Variation de la masse volumique (kg/m^3) de l'épinette noire en fonction du traitement (témoin, modéré et fort) et de la classe de diamètre des arbres (C1, C2 et C3).

Résultats

Impacts des coupes partielles sur les propriétés mécaniques en flexion 3 points

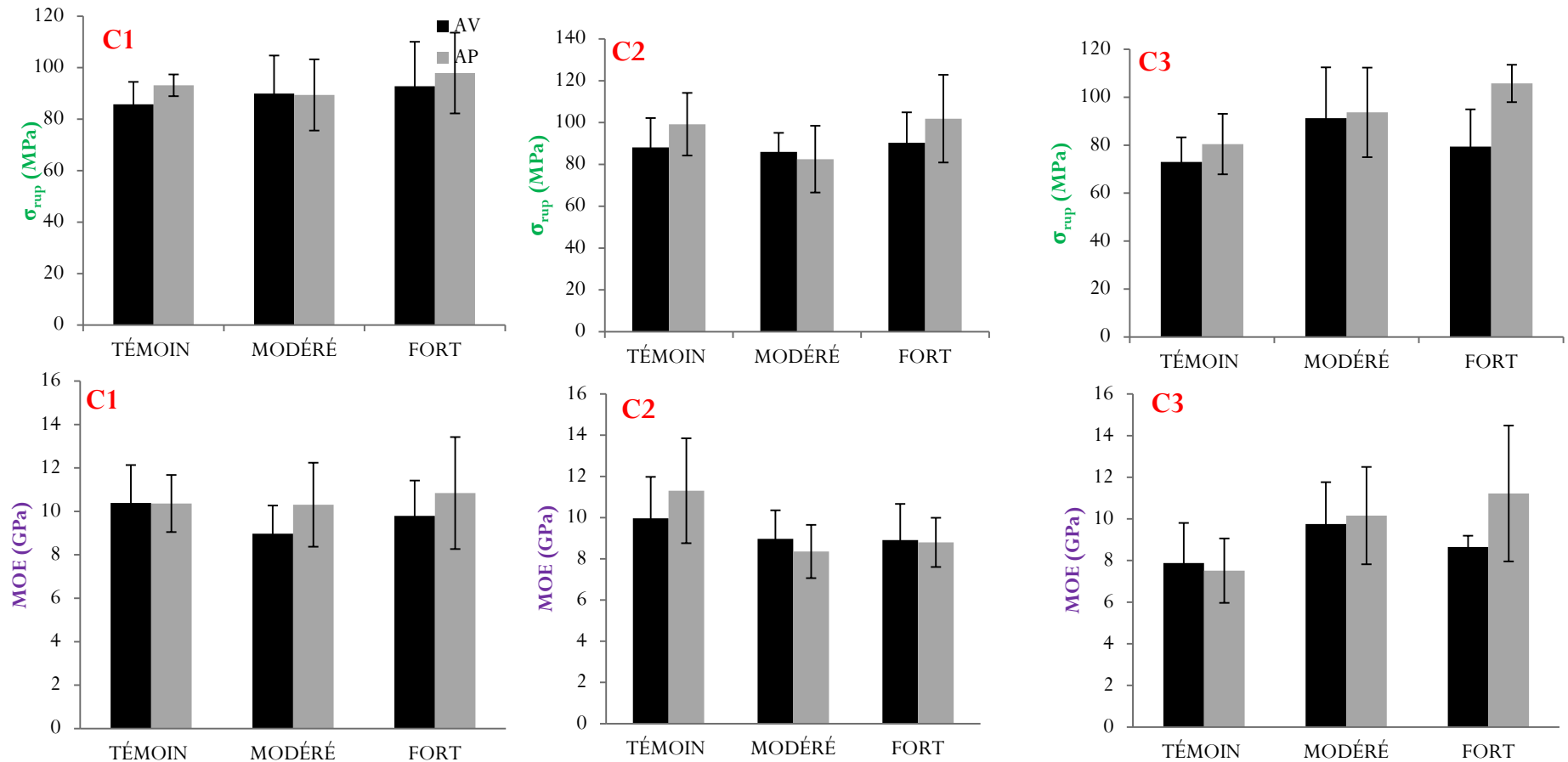


Figure Variation de la contrainte à la rupture (MPa) et du module d'élasticité (MPa) en flexion trois points en fonction du traitement (témoin, modéré et fort) et de la classe de diamètre des arbres (C1, C2 et C3).

Résultats

Impacts des coupes partielles sur les propriétés mécaniques en compression parallèle

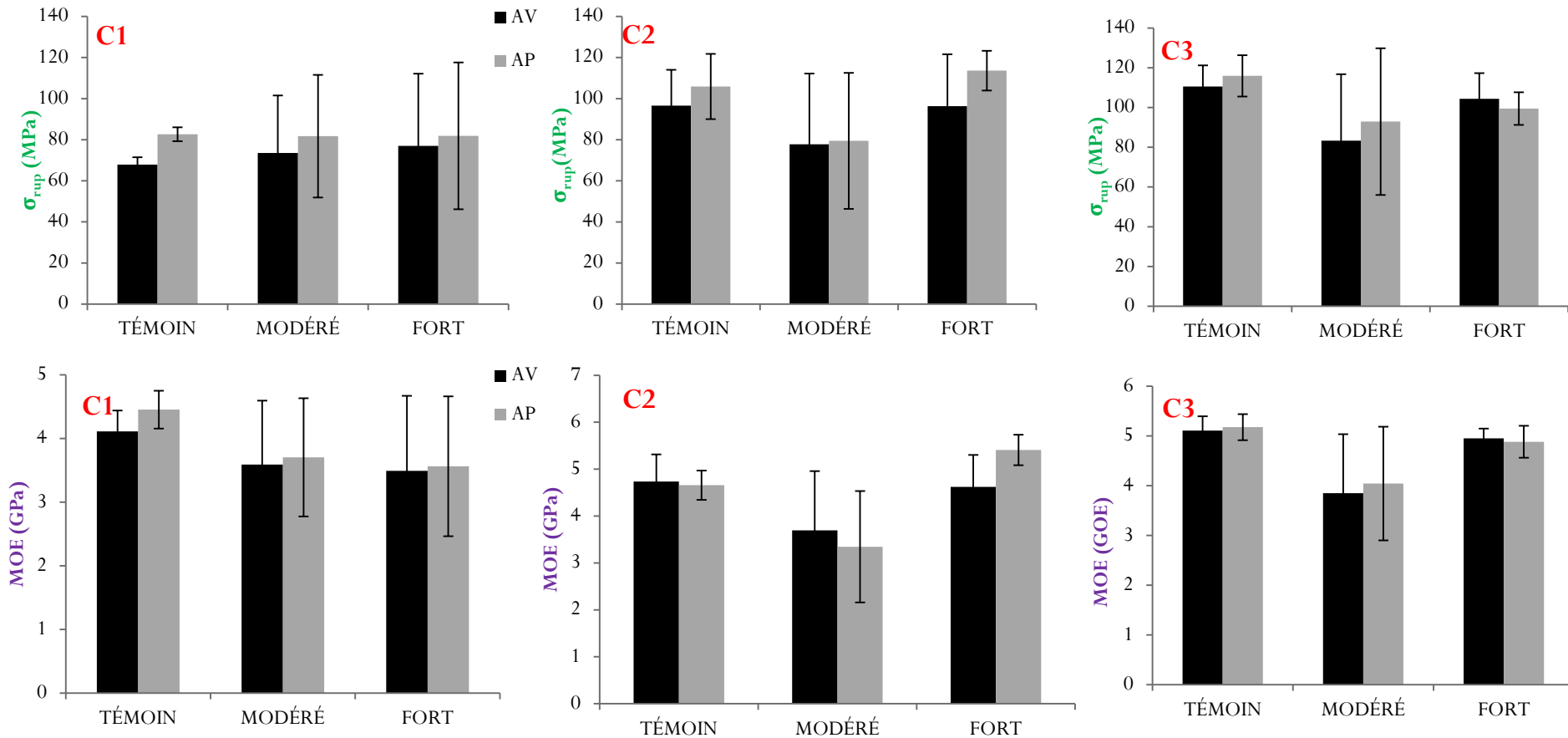


Figure Variation de la contrainte à la rupture (MPa) et du module d'élasticité (MPa) en compression parallèle en fonction du traitement (témoin, modéré et fort) et de la classe de diamètre des arbres (C1, C2 et C3).

Résultats

Impacts des coupes partielles sur les propriétés mécaniques en compression perpendiculaire

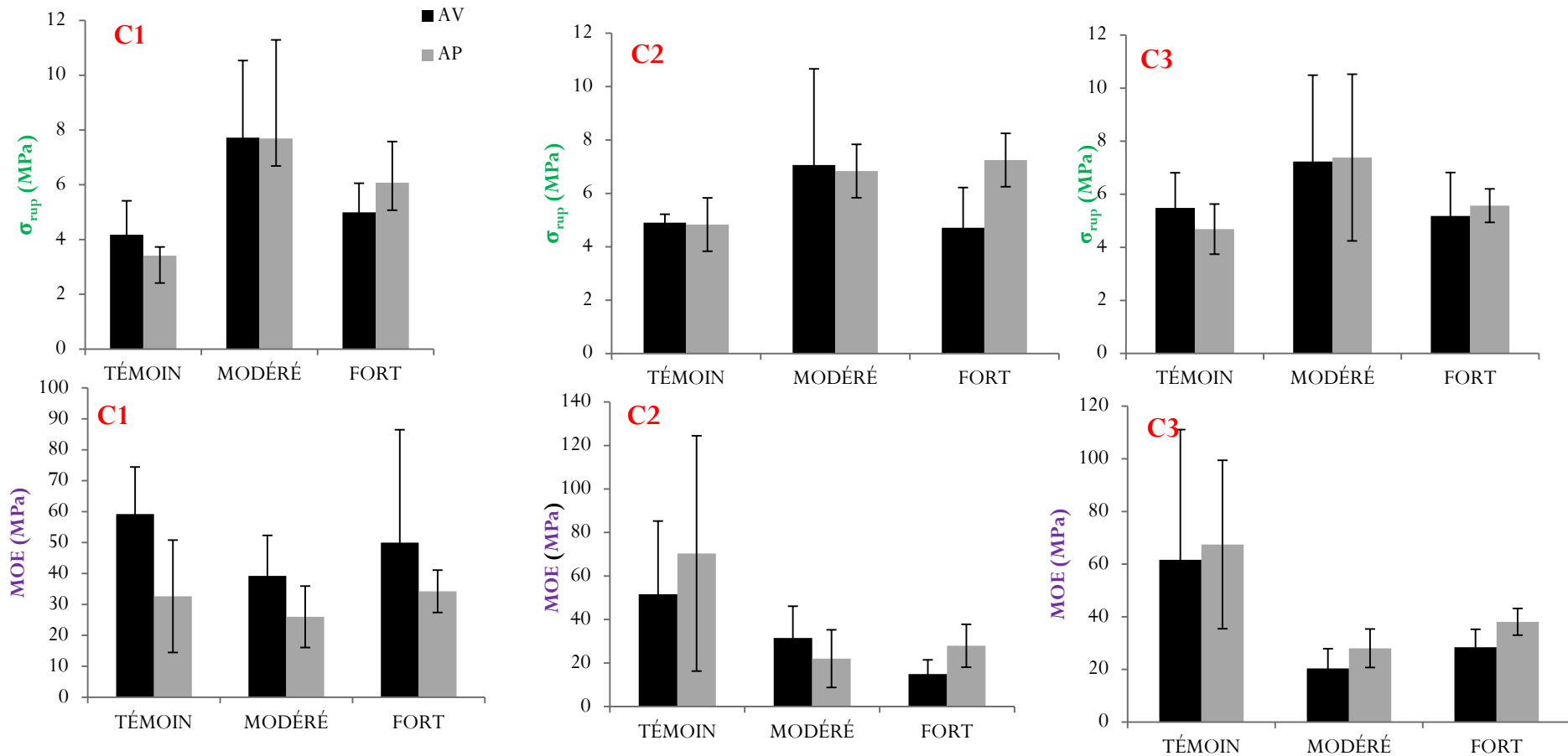


Figure Variation de la contrainte à la rupture (MPa) et du module d'élasticité (MPa) en compression perpendiculaire en fonction du traitement (témoin, modéré et fort) et de la classe de diamètre des arbres (C1, C2 et C3).

Résultats

Variations intra-arbres des propriétés acoustiques

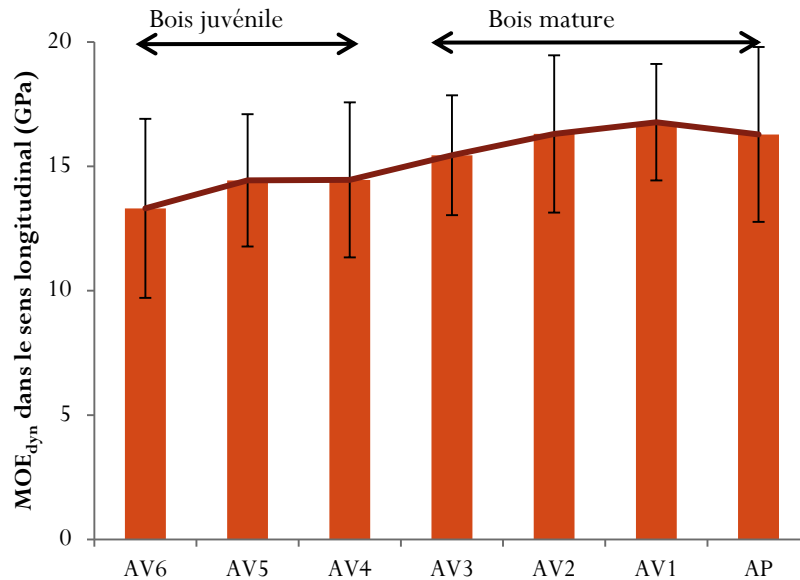


Figure Variation de la valeur moyenne du MOE_{dyn} mesuré dans le sens longitudinal en fonction de la position par rapport à la moelle.

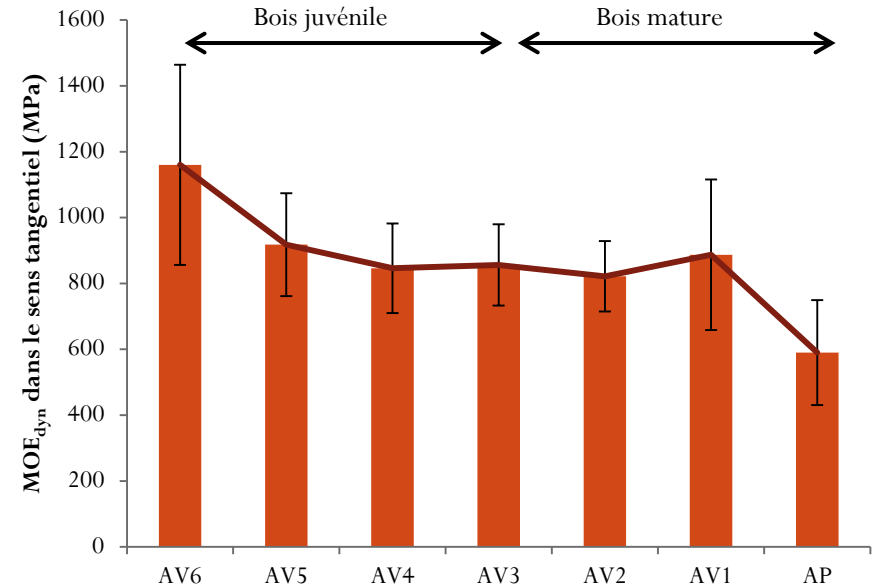


Figure Variation de la valeur moyenne du MOE_{dyn} mesuré dans le sens tangentiel en fonction de la position par rapport à la moelle.

- ❑ Le MOE dyn mesuré dans le sens longitudinal peut être affecté par la proportion du bois juvénile et mature. Il y a une forte ressemblance entre le profil du MOE_{dyn} et le profil de masse volumique
- ❑ La variation du MOE_{dyn} mesuré dans le sens perpendiculaire à la fibre (le sens tangentiel) n'est pas liée à la variation de la masse volumique
- ❑ La propagation de l'onde ultrasonore est plus rapide dans la direction longitudinale et passe plus facilement à travers les cellules du bois que dans le sens perpendiculaire au fil.

Résultats

Les propriétés Acoustique du bois de l'épinette noire

❑ Relation entre MOE_{dyn} et MOE_{stat} mesuré en flexion trois point :

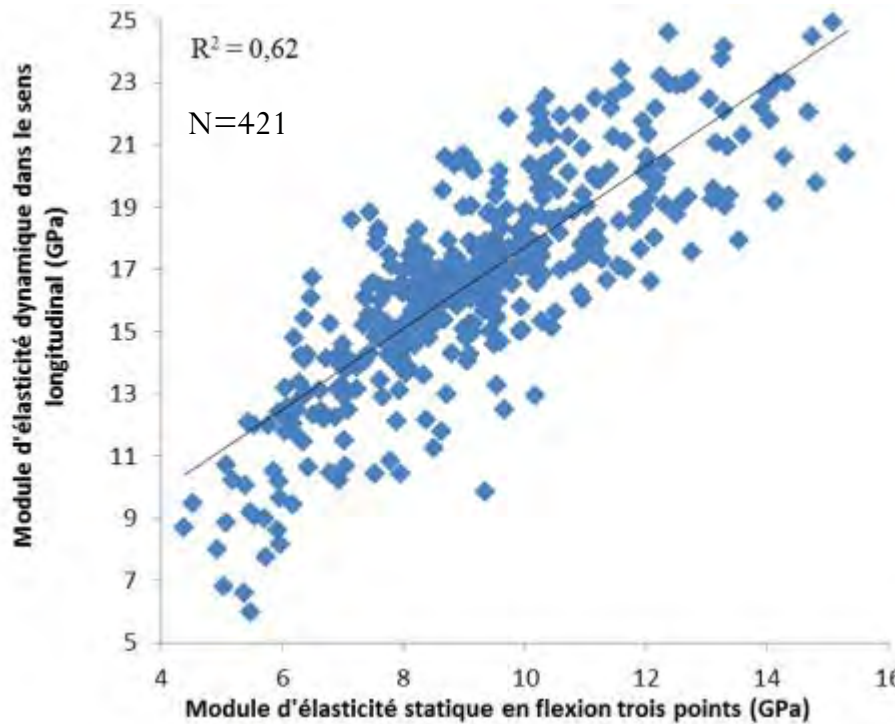


Figure Relation entre le MOE_{dyn} dans le sens longitudinal et le MOE_{stat} en flexion trois points pour l'ensemble des échantillons prélevés de la moelle à l'écorce des 24 arbres.

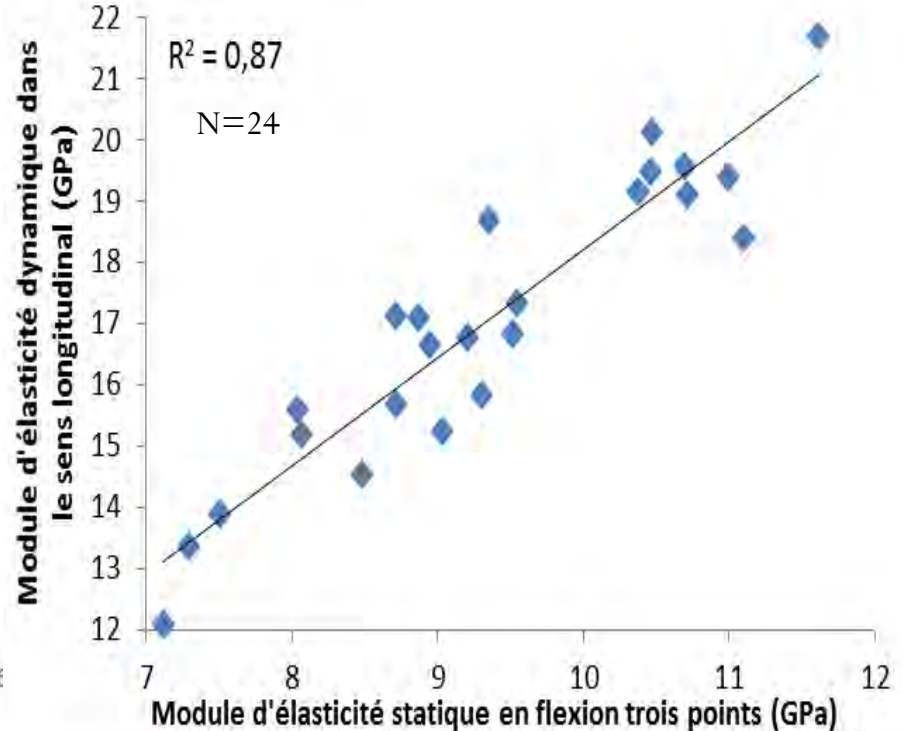


Figure Relation entre les valeurs moyennes du MOE_{dyn} mesuré dans le sens longitudinal et du MOE_{stat} mesuré en flexion trois points de la planche centrale des 24 arbres.

Résultats

les propriétés Acoustique du bois de l'épinette noire

❑ Relation entre MOE_{dyn} et MOE_{stat} mesuré en mesuré en compression parallèle :

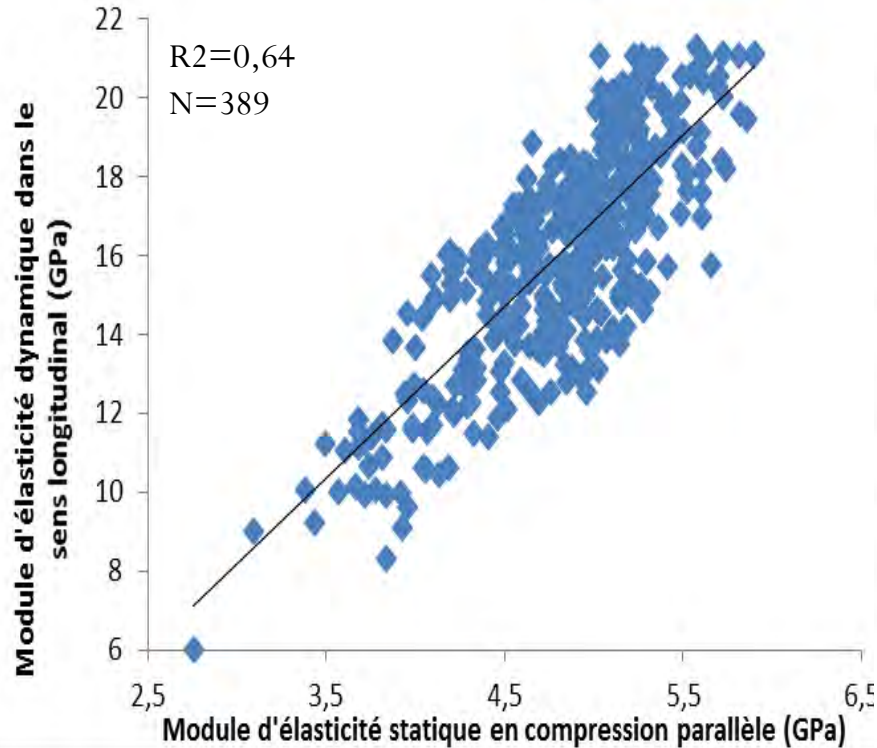


Figure Relation entre le MOE_{dyn} dans le sens longitudinal et le MOE_{stat} en compression parallèle pour l'ensemble des échantillons prélevés de la moelle à l'écorce des 24 arbres.

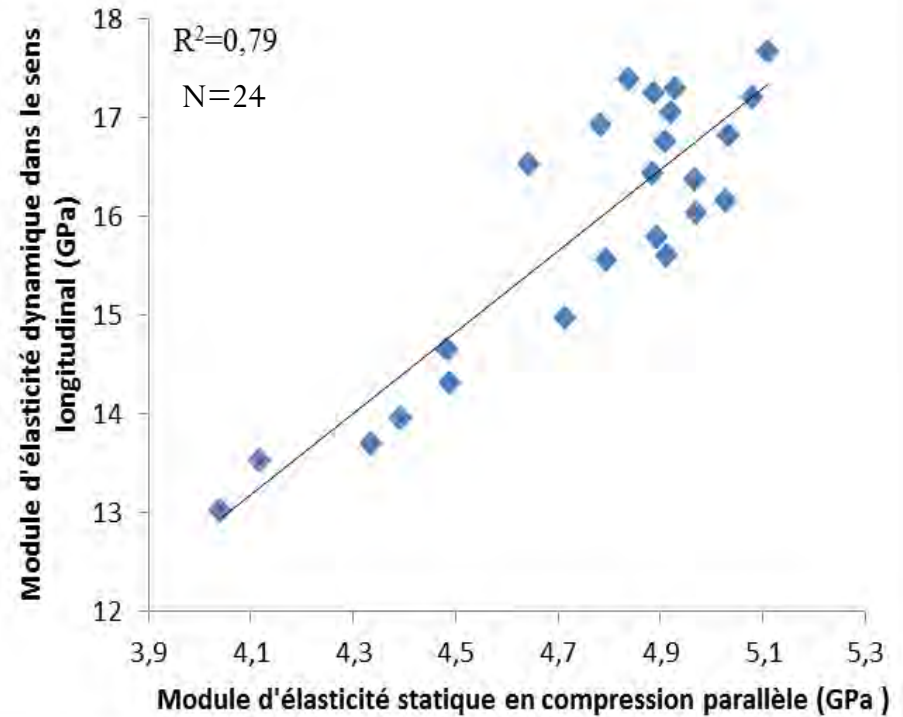


Figure Relation entre les valeurs moyennes du MOE_{dyn} mesuré dans le sens longitudinal des fibres et celles du MOE_{stat} mesuré en compression parallèle de la planche centrale des 24 arbres.

Résultats

les propriétés Acoustique du bois de l'épinette noire

❑ Relation entre MOE_{dyn} et MOE_{stat} mesuré en mesuré en compression parallèle :

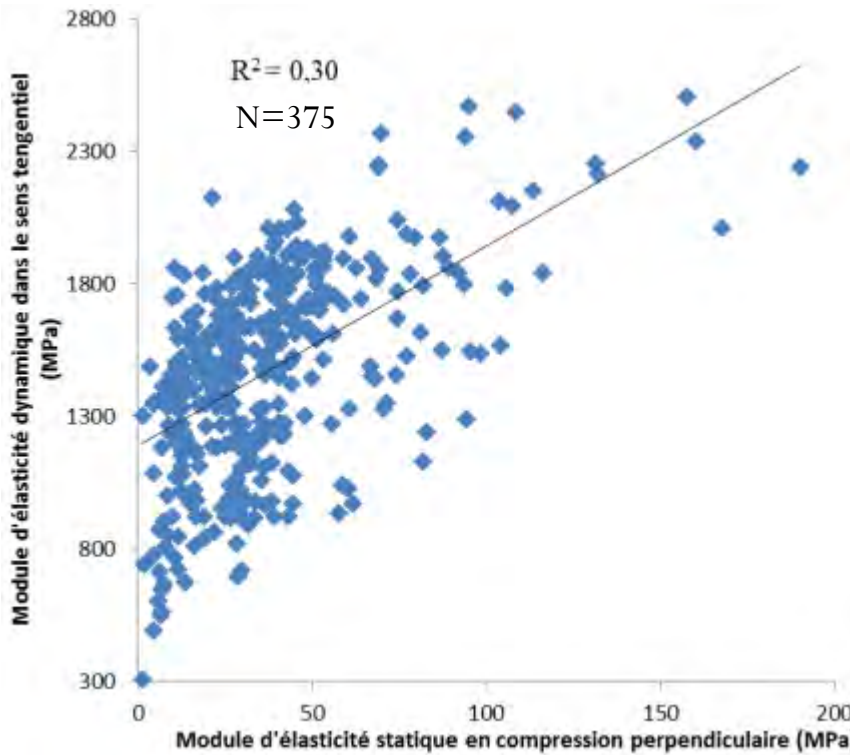


Figure Relation entre le MOE_{dyn} dans le sens tangentiel et le MOE_{stat} en compression perpendiculaire pour l'ensemble des échantillons prélevés de la moelle à l'écorce des 24 arbres.

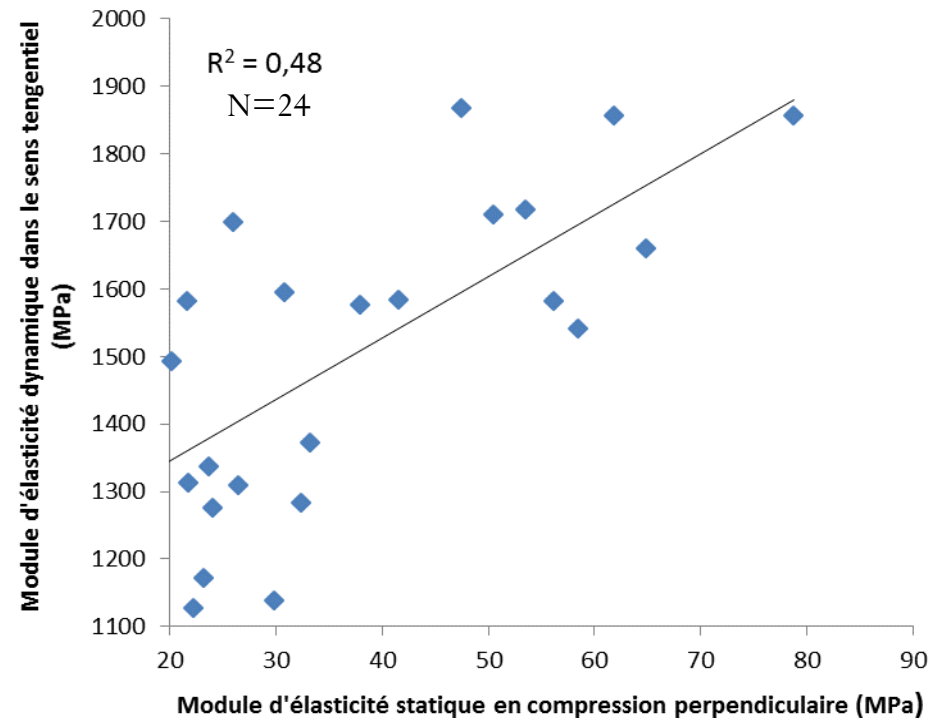


Figure Relation entre les valeurs moyennes du MOE_{dyn} mesuré dans le sens tangentiel des fibres et celles du MOE_{stat} mesuré en compression perpendiculaire de la planche centrale des 24 arbres.

Conclusions

- ❖ Les variations radiales des propriétés mécanique ont été plus prononcées en flexion trois points et en compression parallèle, ils ont été plus importantes dans la phase juvénile du bois.
- ❖ L'augmentation d'accroissement de l'épinette noire n'a pas d'effet négatif sur la masse volumique; cette réponse varie selon l'intensité du traitement utilisé.
- ❖ Une croissance accélérée de l'épinette noire après la coupe partielle n'a pas eu des effets négatifs sur les propriétés mécaniques en flexion trois points ni en compression parallèle. Cependant une réponse différente a été observée pour les propriétés mécaniques en compression perpendiculaire à la suite d'une coupe partielle.
- ❖ Étudier l'effet des coupes partielles sur ces propriétés seules n'est pas suffisant pour répondre aux divers questionnements qui en relèvent.
- ❖ La propagation des ultrasons dans le sens longitudinal est sensible à la présence du bois juvénile et du bois mature.
- ❖ Le MOE_{dyn} dans le sens longitudinal était bien corrélé avec le MOE_{stat} mesuré en flexion trois points et en compression parallèle; cependant, dans le sens perpendiculaire au fil, une faible corrélation a été obtenue.
- ❖ Cette recherche suggère que des applications industrielles de l'outil ultrason sont possibles. Par conséquent, cette méthode permet l'augmentation de la qualité et de la compétitivité de cette essence dans ce domaine

Remerciements



Chaires
de recherche
du Canada

Canada
Research
Chairs

Canada

*Fonds de recherche
sur la nature
et les technologies*

Québec



Fondation canadienne pour l'innovation
Canada Foundation for Innovation



CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES MATÉRIAUX
RENOUVELABLES

