



NOTE DE RECHERCHE

SEPTEMBRE 2014 • N°9.

DISTRIBUTION DE L'HUMIDITÉ D'ÉQUILIBRE DANS DEUX BOIS TROPICAUX À L'AIDE DE L'IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE NUCLÉAIRE

L'imagerie par résonance magnétique nucléaire (IRM) a été utilisée pour étudier la distribution de l'eau liée dans de petits échantillons de bois à l'humidité d'équilibre (H_{eq}) au-dessous du point de saturation des fibres (PSF). Deux espèces amazoniennes, le huayruro (*Robinia coccinea*) et le cachimbo (*Cariniana domesticata*) furent utilisées. Un essai de désorption à partir de l'état de saturation intégrale a été effectué à 21°C et 90% d'humidité relative (HR). Des images IRM ont été obtenues basées sur la concentration de 1H . La microscopie électronique à balayage (MEB) a aidé à interpréter les images IRM. Les résultats montrent que la structure du bois joue un rôle majeur dans la distribution de l'eau liée. Les images IRM indiquent que l'eau liée n'a pas été uniformément distribuée dans la structure des bois étudiés. L'humidité se concentre davantage dans les fibres que dans le parenchyme axial et radial. L'IRM s'avère un instrument utile pour étudier la distribution de l'humidité dans le bois, révélant des informations détaillées sur les relations eau-bois. L'hétérogénéité de l'hygroscopicité des tissus du bois devrait être considérée dans les programmes de séchage.

INTRODUCTION

L'IRM est une méthode non invasive qui ne fait pas appel au chauffage ou au rayonnement ionisant. Elle s'avère utile pour étudier la distribution de l'eau dans des matériaux biologiques. Les images obtenues par cette méthode permettent de visualiser non seulement les aspects externes et internes de l'objet d'étude, mais aussi plusieurs propriétés de l'eau et, conséquemment, d'importantes informations structurelles et fonctionnelles. L'objectif principal de ce travail fut d'étudier la distribution de l'eau liée dans de petits échantillons au-dessous du PSF à l'aide de l'IRM. Deux espèces tropicales, possédant une anatomie hétérogène, ont été choisies afin de mieux comprendre les effets de la structure anatomique sur les relations eau-bois. Le présent travail vise donc à mieux comprendre des phénomènes ayant lieu à l'échelle moléculaire dont les effets sont visuellement détectables, tels que le retrait, le gauchissement et l'apparition de gerces dans le bois.

I. MATÉRIEL ET MÉTHODE

- Deux espèces de feuillus tropicaux, avec des propriétés anatomiques et physiques hétérogènes, le huayruro (*Robinia coccinea*) et le cachimbo (*Cariniana domesticata*) ont été utilisés dans cette étude.
- Des échantillons cylindriques de 3,6 mm de diamètre par 20 mm de longueur (suivant le fil) ont été préparés.
- Dix échantillons, un pour l'expérience d'IRM et neuf pour la détermination de H_{eq} , ont été soumis à une désorption à partir de la saturation intégrale à 21°C et à 90% d'HR.
- Les tests d'IRM ont été effectués à 21°C à l'aide d'un spectromètre 14.1 T Bruker Avance 600 WB muni d'une sonde Micro 5, opérant à une fréquence 1H de 600 MHz.

La largeur spectrale 1H a été de 20 kHz et le temps d'acquisition fut de 100 ms.

- Une séquence standard de coupe sélective d'écho spin a été utilisée pour acquérir des images. Une tranche de 1 mm d'épaisseur a été choisie à la mi-hauteur de l'axe longitudinal de l'échantillon au moyen des pulsations sélectives «sinc-shaped». Le champ de vue de 4 mm a permis l'obtention d'une résolution nominale de 40 μm .
- Les images du bois de huayruro furent obtenues par l'accumulation de 1024 balayages. Les temps d'écho (TE) et de répétition (TR) furent, respectivement, de 2,5 ms et 600 ms, ce qui a donné un temps expérimental de 5h40. Pour le bois de cachimbo, on a accumulé 400 balayages et le TE et le TR furent, respectivement, de 2,3 ms et 2000 ms, résultant en un temps expérimental de 22h14.
- Une échelle arbitraire de couleur a été créée pour faciliter l'interprétation des images. Le rouge représente la plus forte concentration de 1H tandis que le noir représente absence de signal.
- Les images en IRM furent couplées avec des images de MEB obtenues dans la même section analysée par l'IRM, afin d'appuyer les analyses avec des informations sur l'anatomie de l'espèce.

II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

- L'eau liée n'a pas été répartie uniformément dans les tissus du bois de huayruro à 90% d'HR (Figure 1a). Les bandes bleues représentent le parenchyme axial tandis que les régions jaune, orange et rouge représentent les fibres. Les rayons multisériés sont représentés par une couleur bleu un peu plus foncé dans la zone de parenchyme axial et la couleur verte dans la zone des fibres.

- Cela révèle alors une hétérogénéité de l'hygroscopicité des tissus composant le bois de huayruro. Dans ce cas, chaque tissu possède différentes teneurs en humidité sous un même potentiel hydrique, (19,1% $H_{\text{éq}}$) pour l'ensemble de l'échantillon.

- L'image obtenue par la MEB (Figure 1b) révèle que les fibres ont des parois cellulaires plus épaisses que celles du parenchyme axial et des rayons, constituant ainsi une zone plus dense. Les parois cellulaires du parenchyme sont minces et dépourvues de la couche S2. Ainsi, les cellules du parenchyme axial et des rayons ont moins de matériau lignocellulosique et, par conséquent, moins de sites de sorption disponibles pour l'attachement des molécules d'eau.

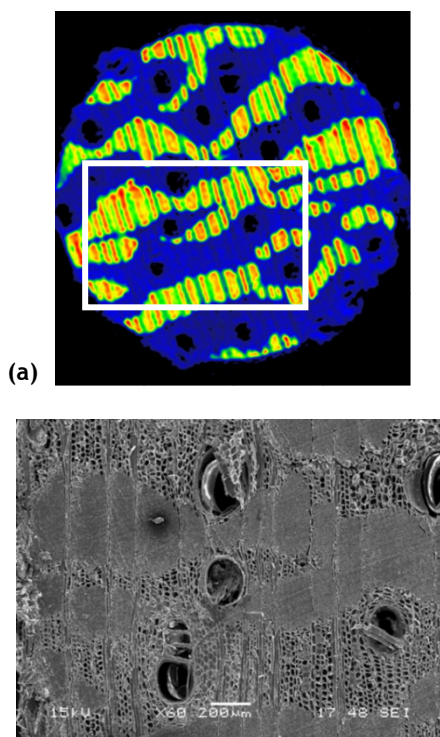


Figure 1 : (a) Image IRM d'une section transversale du bois de huayruro équilibré à 90% d'HR. (b) Image MEB de la région indiquée par le rectangle blanc en (a).

- Comme observée pour le bois de huayruro, l'eau liée n'a pas été distribuée de manière uniforme dans les tissus du bois de cachimbo, et ce, même à l' $H_{\text{éq}}$ (Figure 2a). Les couleurs rouge, orange et jaune représentent les fibres, et la couleur verte, les rayons. Le parenchyme axial apotrachéal réticulé et les parois cellulaires des vaisseaux sont montrés en bleu.

- Cette répartition hétérogène de l'humidité dans des conditions d' $H_{\text{éq}}$ globale montre clairement les différentes hygroscopicités des tissus ligneux. L' $H_{\text{éq}}$ pour l'ensemble de l'échantillon fut de 20,7%.

- L'image MEB (Figure 2b) révèle les détails de la structure anatomique du cachimbo.

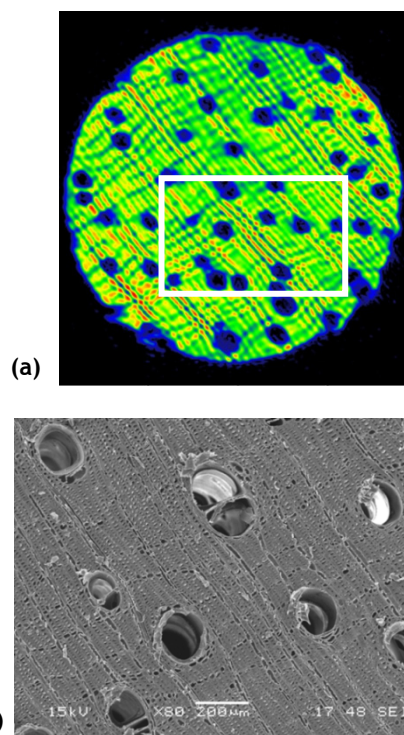


Figure 2 : (a) Image IRM d'une section transversale du bois de cachimbo équilibré à 90% d'HR. (b) Image MEB de la région indiquée par le rectangle blanc en (a).

III. CONCLUSIONS

- Les images IRM basées sur la concentration de ^1H couplées avec les images MEB constituent un outil précieux et non destructif pour la visualisation de la distribution de l'humidité dans le bois des feuillus hétérogènes. Cette technique s'est montrée ainsi très utile pour mieux comprendre les relations eau-bois.

- À l'équilibre global de l'échantillon, les images ont montré que l'eau liée n'est pas distribuée de manière uniforme dans la structure du bois. Elle se concentre davantage dans les fibres que dans les parenchymes. La concentration en eau varie donc en fonction des tissus cellulaires composant le bois.

- La compréhension de ces phénomènes physico-chimiques complexes permettra d'élargir les connaissances en physique du bois, ce qui va permettre aux industries de transformer le bois plus efficacement et de fabriquer des produits de qualité à un prix raisonnable. Cela contribuera à utiliser le bois de manière plus rationnelle, tout en préservant nos forêts.

Auteurs: Leandro Passarini M.Sc. et Roger E. Hernández Ph.D.

Pour plus d'informations: Roger Hernández, professeur titulaire

Roger.Hernandez@sbf.ulaval.ca; (418) 656-5852

Centre de recherche sur les matériaux renouvelables, Pavillon Gene-H.-Kruger,

2425 rue de la Terrasse, Université Laval, Québec, Qc, Canada G1V 0A6

<http://www.materiauxrenouvelables.ca>