

Caractérisation mécanique de la paroi cellulaire du bois de tension en cours de maturation par microscopie à force atomique

CAPRON Marie¹, RAMONDA Michel², LAURANS Françoise³, ARNOULD Olivier¹

¹Laboratoire de Mécanique et Génie Civil (LMGC), CNRS, Université Montpellier 2

²Service commun CTM « champ proche », Université Montpellier 2

³INRA, UR588 Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières, Orléans, France.

marie.capron@univ-montp2.fr

Résumé

Les arbres maintiennent leur orientation en générant dans leurs tiges une contrainte périphérique asymétrique. La génération de cette contrainte se fait pendant la maturation cellulaire, phase qui commence après la différenciation des jeunes cellules filles au niveau du cambium et qui se poursuit par l'épaississement de la paroi jusqu'à la mort cellulaire. Chez les feuillus, l'asymétrie est générée par la formation d'un bois en très forte contrainte de tension sur la face supérieure de la tige inclinée. Le bois ainsi formé est appelé bois de tension et présente des caractéristiques microstructurales fortement distinctes du bois dit normal. Une caractéristique remarquable chez la quasi-totalité des espèces tempérées est que les fibres mettent en place une couche pariétale appelée couche gélatineuse, ou couche G, qui est non lignifiée et fortement mesoporeuse (Chang *et al.*, 2009). Il a été récemment montré, à l'échelle microscopique, que la mise en tension de la cellulose durant la maturation était synchrone à l'apparition de cette couche (Clair *et al.*, 2011). De nombreuses espèces tropicales, telles que le simarouba, ne se conforment pas au modèle de paroi du bois de tension à couche G observé chez les plantes tempérées. Les mécanismes de génération de contraintes dans les fibres du bois de tension, avec et sans couche G, restent mal connus. Ils sont actuellement l'objet de recherches dans le cadre du projet ANR « Stress in Trees » (ANR-12-BS09-0004). L'une des clés repose sur la connaissance de la cinétique spatiale et temporelle de rigidification des différentes couches de la paroi cellulaire au cours de la maturation parallèlement à la mise en tension des différentes couches.

Ainsi, les objectifs de nos recherches sont de mesurer la rigidification des différentes couches de la paroi cellulaire en fonction de la distance au cambium pour du bois de tension de peuplier et de simarouba, d'observer d'éventuels gradients de rigidité au sein des couches de la paroi et leur évolution au cours de la maturation et enfin de mettre en relation ces différentes évolutions avec celle de la mise en tension des microfibrilles de cellulose.

Les mesures mécaniques sont obtenues à l'aide d'un microscope à force atomique (AFM). Le LMGCC développe, et utilise depuis plusieurs années, en collaboration avec l'IES (R. Arinero, CNRS, Université Montpellier 2), une technique de caractérisation mécanique à l'échelle submicrométrique reposant sur la microscopie à force atomique à contact résonnant, dite CR-AFM (Arinero *et al.* 2007). Cette technique a été utilisée pour caractériser des cellules de bois matures (Clair *et al.*, 2003, Bytebier 2009, Arnould *et al.* 2014). Dans le cadre du projet ANR, cette technique nous permet de mesurer l'évolution du module de contact et, dans une moindre mesure, de l'amortissement suivant la direction axiale sur une séquence de cellules de bois en cours de maturation sur des échantillons de peuplier (Fig. 1) et de simarouba. Les résultats ainsi obtenus seront finalement comparés à des mesures de modules d'indentation obtenus par nanoindentation (L. Bonnet, S. Callas, L2C, CNRS, Université Montpellier 2).

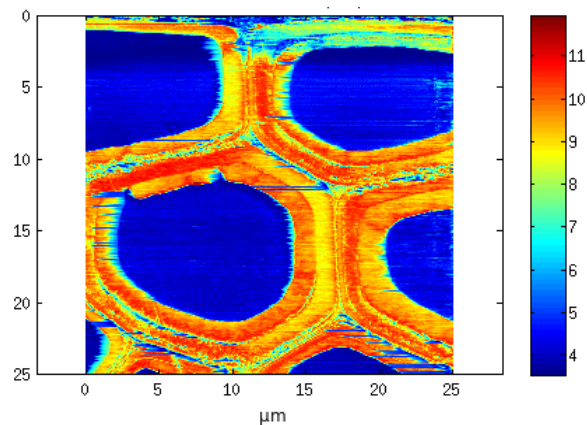


Fig. 1 : Cartographie du module de contact (en GPa) de bois de tension de peuplier obtenue microscopie à force atomique avec le mode CR-AFM

Références

- Arinero R., Lévêque G., Girard P. et Ferrandis J.Y. (2007). Image processing for resonance frequency mapping in atomic force microscopy. *Review of Scientific Instruments*, 78: 6p.
- Arnould O. et Arinero R. (2014). A comprehensive study of the wood cell wall characterisation with Contact Resonance Atomic Force Microscopy. Submitted to *Composites Part A*.
- Bytebier K. (2009). *Etude du comportement mécanique de la paroi cellulaire du bois par Microscopie à Force Atomique*. Thèse de doctorat, Université Montpellier 2.
- Chang S.S., Clair B., Ruelle J., Beauchêne J., Di Renzo F., Quignard F., Zhao G.J., Yamamoto H. et Gril J. (2009). Mesoporosity as a new parameter in understanding of tension stress generation in trees. *Journal of Experimental Botany*, 60: 3023-3030.
- Clair B., Arinero R., Lévêque G., Ramonda M. et Thibaut B. (2003). Imaging the mechanical properties of wood cell wall layers by atomic force modulation microscopy. *IAWA Journal*, 24(3): 223–230.
- Clair B., Alméras T., Pilate G., Jullien D., Sugiyama J. et Riekel C. (2011). Maturation stress generation in Poplar tension wood studied by synchrotron radiation microdiffraction. *Plant Physiology*, 155: 562-570.
- Rodriguez B.J., Callahan C., Kalinin S.V. et Proksch R. (2007). Dual-Frequency Resonance-Tracking Atomic Force Microscopy. *Nanotechnology*, 18: 475504.

Mots-clefs : Bois de tension ; couche G ; maturation cellulaire ; CR-AFM ; nanoindentation.