

Caractérisation nanomécanique des parois cellulaires du bois à différents stades de leur différenciation

K. BYTEBIER^a, O. ARNOULD^a, R. ARINERO^b, B. CLAIR^a, T. ALMERAS^a

a. LMGC - UMR 5508/Université Montpellier 2, CC048 Place Eugène Bataillon, 34095 MONTPELLIER

b. IES - UMR 5214/Université Montpellier 2, CC084 Place Eugène Bataillon, 34095 MONTPELLIER

Résumé :

Les arbres contiennent différents types de cellules spécialisées juste après la division cellulaire : fibre, vaisseau, parenchyme, etc. Grâce à leurs parois épaisses et très rigides, les fibres assurent un rôle de soutien mécanique de l'arbre. Mais elles ont aussi un rôle moteur actif. Elles sont en effet le muscle de la réorientation du tronc et de ses branches (i.e., axes) suite à des stimuli environnementaux tels que la lumière ou la gravité. Ce mécanisme repose sur la mise en pré-tension longitudinale des cellules nouvellement différenciées. En effet, lors de leur maturation (i.e., fin de la phase de différenciation cellulaire au cours de laquelle la paroi a pratiquement atteint son épaisseur finale mais continue d'être le siège de modifications chimiques), les cellules ont tendance à se rétracter longitudinalement. Ces retraites naturels sont gênés du fait de la présence de cellules de bois plus anciennes déjà présentes et donc plus rigides. Il en résulte un état de précontraintes distribuées dans le tronc. La présence de ces contraintes, dite de maturation ou de croissance, peut être à l'origine de déchets importants dans les procédés industriels de transformation du bois. La compréhension de leur mise en place dans l'arbre est donc primordiale, aussi bien pour l'aspect biomécanique de l'arbre (réorientation et amélioration de la tenue mécanique locale au vent par exemple) que pour l'aspect bois matériau. Elle est malheureusement encore mal expliquée de nos jours. Différentes hypothèses existent et reposent sur la modélisation physico-mécanique de la phase de maturation cellulaire. Ces modélisations reposent sur la connaissance des propriétés mécaniques (i.e., viscoélastiques) des parois des cellules et leur évolution au cours de la maturation (e.g., passage de faiblement rigide et très extensible à fortement rigide et peu extensible) et de la mise en place des précontraintes, dont la chronologie n'est pas non plus clairement établie. Or il n'existe pas, à notre connaissance, de données spatiales ou temporelles fiables sur le comportement visqueux, voire même élastique dans les directions radiale et tangentielle, de la paroi cellulaire en cours de différenciation. On ne sait pas non plus si la rigidification des différentes couches de la paroi secondaire se fait au fur et à mesure de leur dépôt ou si elle a lieu simultanément à la fin des différents dépôts. Autrement dit, existe-t-il un gradient de propriétés au sein de la paroi pendant la maturation ?

L'objet de nos recherches est de mesurer l'évolution des propriétés viscoélastiques des différentes couches de la paroi cellulaire du bois pendant la phase de maturation dans les trois directions principales (longitudinale, radiale et tangentielle) de la paroi. L'épaisseur de la couche cellulaire la plus épaisse, dite paroi secondaire S2, est de l'ordre de quelques micromètres dans le meilleur des cas. Les techniques de caractérisation de plus en plus employées et développées de nos jours à ces échelles reposent sur la microscopie à force atomique (AFM), la microscopie acoustique et la nanoindentation. L'outil le plus prometteur dans le cadre de notre étude est l'AFM du fait de sa résolution spatiale. Nous utilisons une technique récemment développée et basée sur la mesure de la réponse vibratoire du levier de l'AFM en contact avec le matériau à tester [1]. Celle-ci permet actuellement de déterminer qualitativement les propriétés viscoélastiques moyennes du volume affecté par l'essai [2].

Mots clefs : maturation cellulaire, paroi secondaire, viscoélasticité, AFM.

References

- [1] Clair, B., Arinero, R., Lévêque, G., Ramonda, M. et Thibaut, B., Imaging the mechanical properties of wood cell wall layers by atomic force modulation microscopy. *IAWA Journal*, 24, 223-230, 2003.
- [2] Arnould O., Bytebier K. et Arinero R., Mechanical characterization of wood viscoelasticity at the submicrometre scale. In: Workshop of COST Action E41 & E50, Turku/Åbo, 2008.