



HAL
open science

Caractérisation mécanique de parois végétales de fibres de lin par la technologie Peak-Force Quantitative Nano Mechanics

Alain Bourmaud, David Siniscalco, Olivier Arnould, Antoine Le Duigou,
Christophe Baley

► **To cite this version:**

Alain Bourmaud, David Siniscalco, Olivier Arnould, Antoine Le Duigou, Christophe Baley. Caractérisation mécanique de parois végétales de fibres de lin par la technologie Peak-Force Quantitative Nano Mechanics. Journées Nationales sur les Composites, Jun 2017, Champs-sur-Marne, France. hal-01598030

HAL Id: hal-01598030

<https://hal.science/hal-01598030>

Submitted on 29 Sep 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Caractérisation mécanique de parois végétales de fibres de lin par la technologie Peak-Force Quantitative Nano Mechanics

Flax fibres cell walls characterization by Peak-Force Quantitative Nano Mechanics technology

Alain Bourmaud¹, David Siniscalco¹, Olivier Arnould^{1,2},
Antoine Le Duigou¹, Christophe Baley¹

1: IRDL, Université Européenne de Bretagne, FRE CNRS 3744, Lorient, France

2 : LMGC, Université de Montpellier, CNRS UMR 5508, Montpellier, France

alain.bourmaud@univ-ubs.fr

L'intérêt industriel pour les fibres libériennes végétales utilisées comme renforts de matériaux composites augmente. Cette tendance s'explique notamment par leur faible impact sur l'environnement et leurs propriétés mécaniques spécifiques très intéressantes [1] qui les rendent attractives pour les applications transportées. Les propriétés en traction des fibres élémentaires sont bien décrites dans la littérature [2], mais des informations complémentaires à l'échelle de la paroi cellulaire sont nécessaires pour mieux comprendre la relation entre leur ultrastructure et leurs performances mécaniques. Le but de ce travail est de présenter des premiers résultats issus de manipulations effectuées en microscopie à force atomique (AFM) associée au mode PeakForce Quantitative Nanomécanique (PF-QNM).

Dans un premier temps, cet outil a été utilisé afin de mettre en évidence un gradient mécanique potentiel de rigidité dans les couches de la paroi cellulaire des fibres de lin, en utilisant la nanoindentation comme mesure de référence. Tout d'abord, pour valider la méthode et explorer les possibilités d'imagerie d'un gradient de rigidité, le PF-QNM a été utilisé sur les fibres d'aramide, bien connues pour posséder une microstructure cœur-peau. Ensuite, la méthodologie a été transférée aux fibres de lin ; des cartographies de rigidité ont été effectuées à l'échelle nanométrique, à la fois sur des parois cellulaires en développement (Fig.1) et matures.

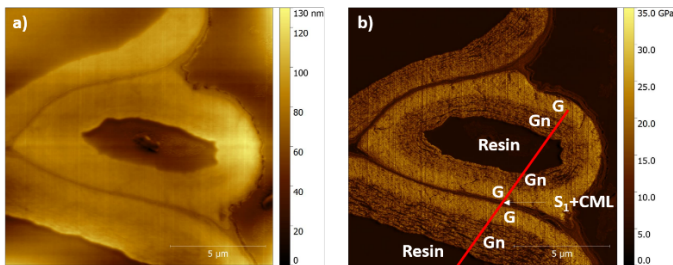


Fig. 1. Topographie (a) et cartographie du module d'indentation (b) obtenues sur une section de fibre de lin en cours de croissance

Ces cartographies nous ont permis de mettre en évidence la présence de sous couches G et G_n au sein de la paroi cellulaire secondaire des fibres en cours en développement [3] ; en revanche aucun gradient de propriété mécanique n'a pu être décelé dans les sections de fibres matures.

Dans un second temps, nous avons utilisé la méthode PF-QNM pour mieux comprendre l'impact d'un cycle thermique, subi lors de l'élaboration d'un composite, sur les performances des parois végétales de lin. Des travaux précédents ont montré que les performances mécaniques d'une fibre élémentaire de lin étaient altérées à partir de 210°C pour un temps de chauffe de 8 mn [4]. Lors de notre travail, des mesures de rigidité ont été effectuées à la fois par nanoindentation et PF-QNM sur des sections de fibres de lin en présence ou non d'un polymère. Elles nous ont permis de mettre en évidence des baisses de rigidité à échelle nanométrique avec l'exposition thermique ; ces dernières sont plus prononcées lorsque les fibres sont incluses dans une matrice thermoplastique. Dans le même temps, une hausse significative de la dureté a été mesurée par nanoindentation.

Ces différents travaux nous ont permis de valider la méthode de mesure mais aussi d'entrevoir tout le potentiel de la technologie PF-QNM pour la caractérisation fine des parois végétales. Cet outil permet d'accéder à des informations nouvelles et ouvre la voie à de nombreuses applications futures.

Références

- [1] A. Lefeuvre, A. Bourmaud, C. Morvan, C. Baley, Tensile properties of elementary fibres of flax and glass: Analysis of reproducibility and scattering, *Mater. Lett.* 130 (2014) 289–291. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2014.05.115>.
 - [2] C. Baley, Analysis of the flax fibres tensile behaviour and analysis of the tensile stiffness increase, *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* 33 (2002) 939–948. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TWN-461XHN8-1/2/068301a38e3f3b79578c3f196f536ceb>.
 - [3] T. Gorshkova, O. Gurjanov, P. Mikshina, N. Ibragimova, N. Mokshina, V. Salnikov, M. Ageeva, S. Amenitskii, T. Chernova, S. Chemikosova, Specific type of secondary cell wall formed by plant fibers, *Russ. J. Plant Physiol.* 57 (2010) 328–341. doi:10.1134/s1021443710030040.
 - [4] C. Gourier, A. Le Duigou, A. Bourmaud, C. Baley, Mechanical analysis of elementary flax fibre tensile properties after different thermal cycles, *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* (2014). doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2014.05.006>.
-