



**HAL**  
open science

## Evolution des propriétés nano-mécaniques de la paroi cellulaire des fibres de lin

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

### ► To cite this version:

Olivier Arnould, David Siniscalco, Alain Bourmaud, Antoine Le Duigou, Christophe Baley. Evolution des propriétés nano-mécaniques de la paroi cellulaire des fibres de lin. 5èmes journées du GDR Sciences du Bois - Les usages du bois : enjeux et opportunités, Nov 2016, Bordeaux, France. , 2016, Actes des 5èmes Journées Scientifiques du GDR3544 Sciences du Bois : Les usages de bois, enjeux et opportunité. hal-01597722

**HAL Id: hal-01597722**

**<https://hal.science/hal-01597722>**

Submitted on 28 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.

$$I_\varepsilon(\varphi)$$

# Evolution des propriétés nano-mécaniques de la paroi cellulaire des fibres de lin

[Arnould O., Sinsicalco D., Bourmaud A., Le Duigou A., Baley C., Better insight into the nano-mechanical properties of flax fibre cell walls, soumis à Ind. Crop. Prod.]



ARNOULD Olivier<sup>1,2</sup>, SINISCALCO David<sup>1</sup>, BOURMAUD Alain<sup>1</sup>,  
LE DUIGOU Antoine<sup>1</sup>, BALEY Christophe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IRDL, Université Européenne de Bretagne, CNRS FRE 3744, Lorient, France

<sup>2</sup>LMGC, Université de Montpellier, CNRS UMR 5508, Montpellier, France

olivier.arnould@umontpellier.fr

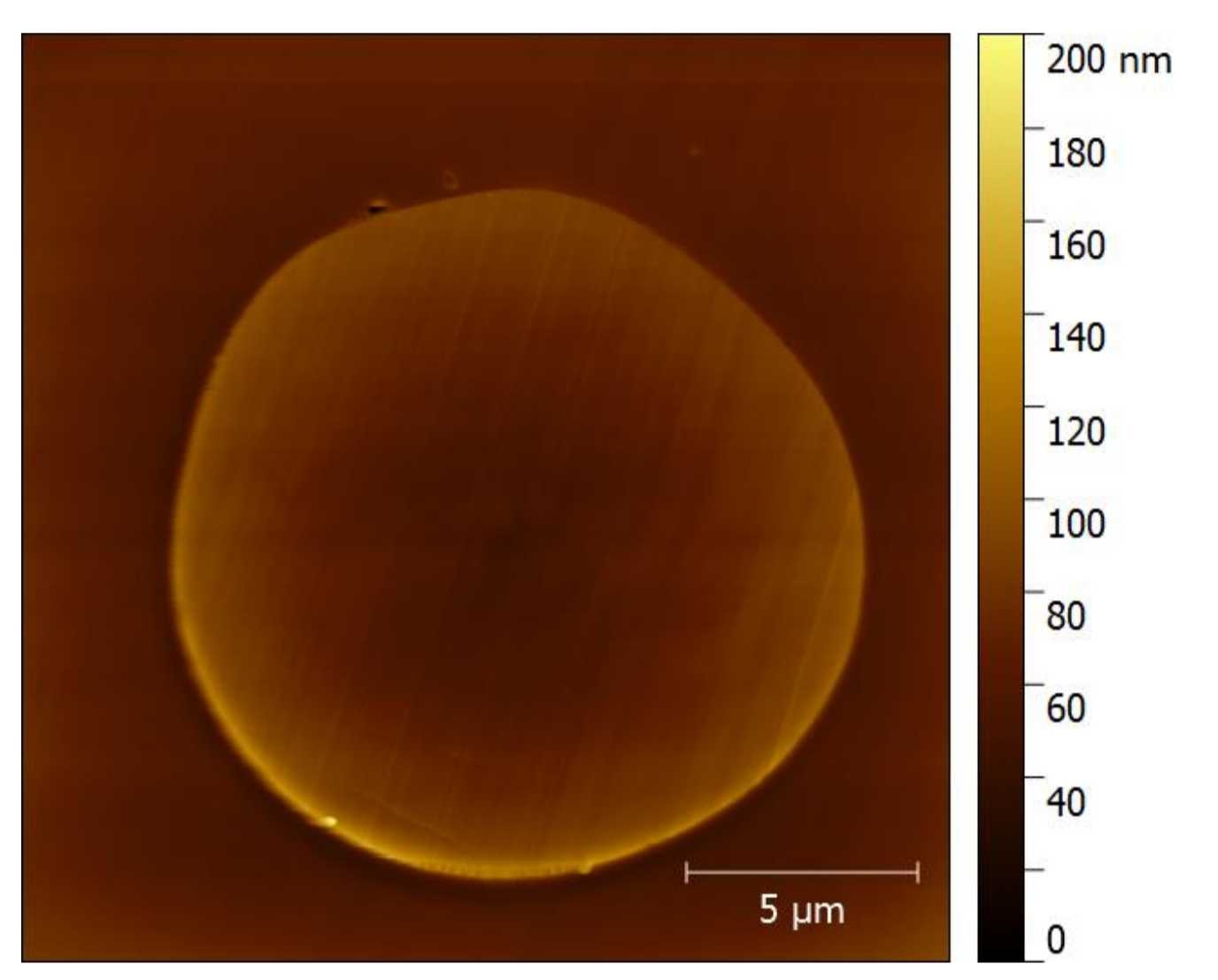


## Contexte

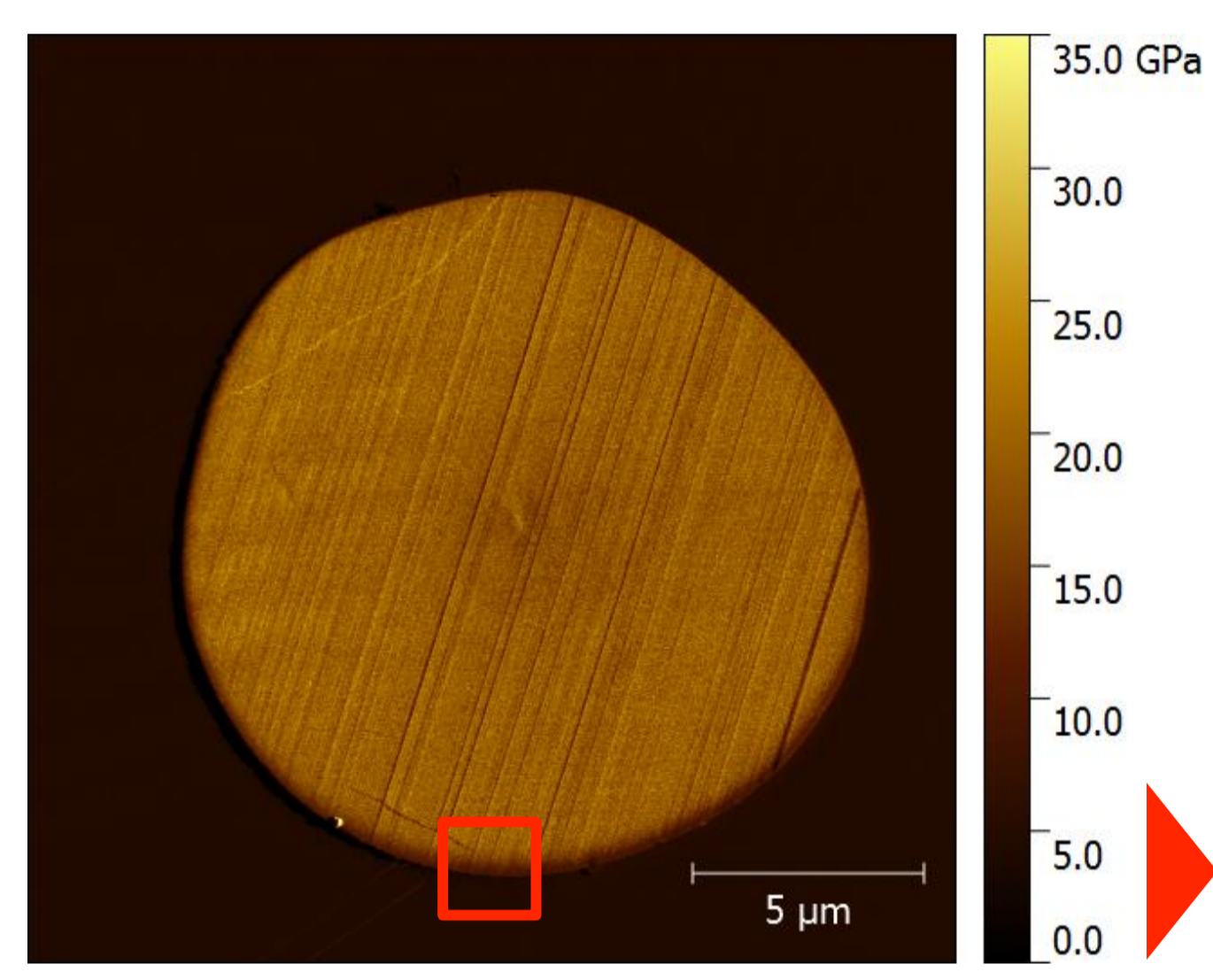
Les propriétés nano-mécaniques de la paroi cellulaire de fibres de lin ont été étudiées, d'une part, en **Microscopie à Force Atomique** (Multimode, Bruker) à l'aide du mode de caractérisation mécanique « **Peak-Force Quantitative Nanomechanics** » (Bruker) et, d'autre part, par **NanoIndentation** (XP, MTS Nano Instruments). Tous les échantillons ont été inclus dans une résine (LR White ou Struers Epofix) et coupés à l'ultramicrotome (Ultracut R, Leica) à l'aide d'un couteau diamant (Histo+Ultra AFM, Diatome) afin d'étudier leur section droite.

## Fibre d'aramide

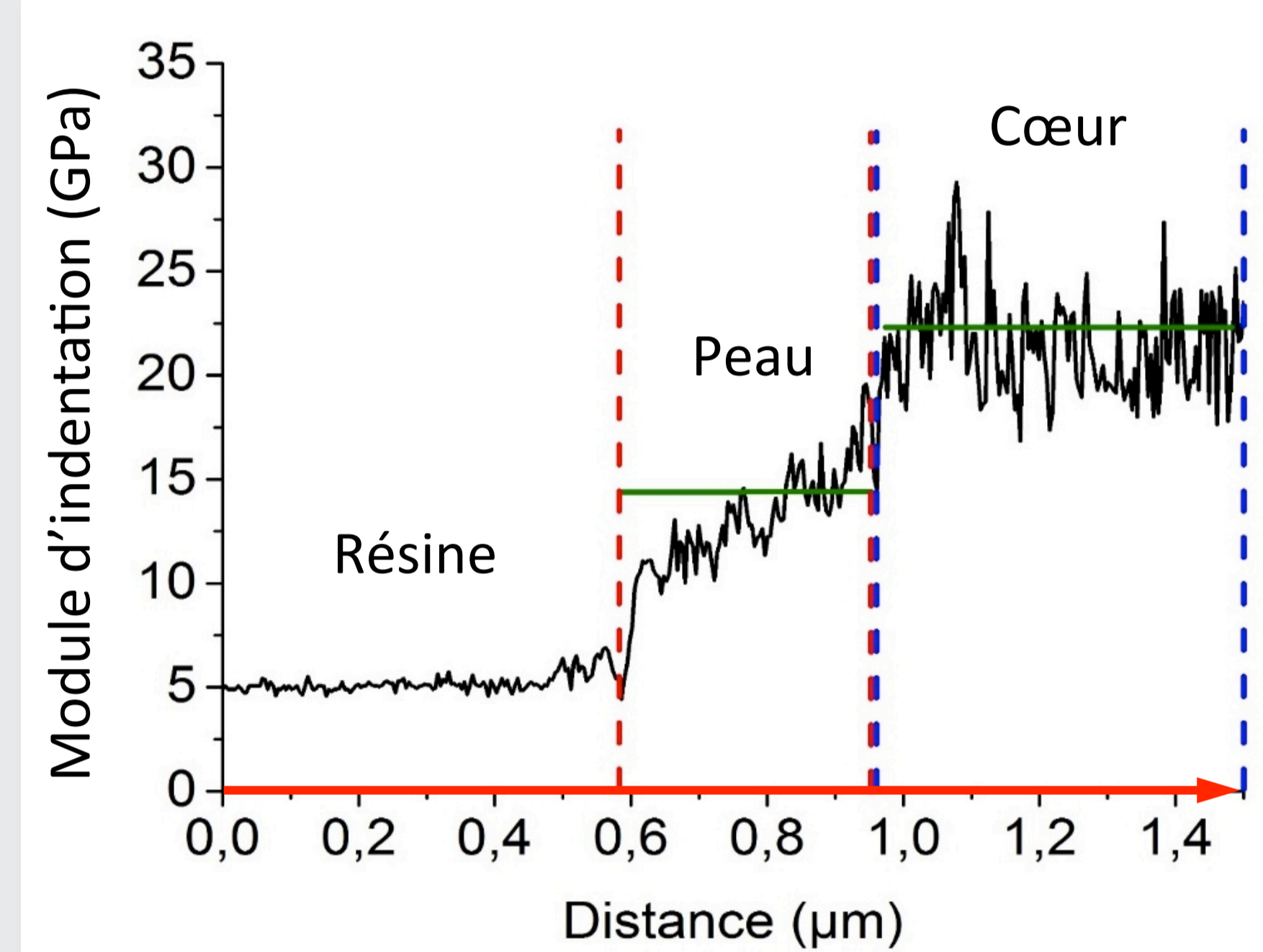
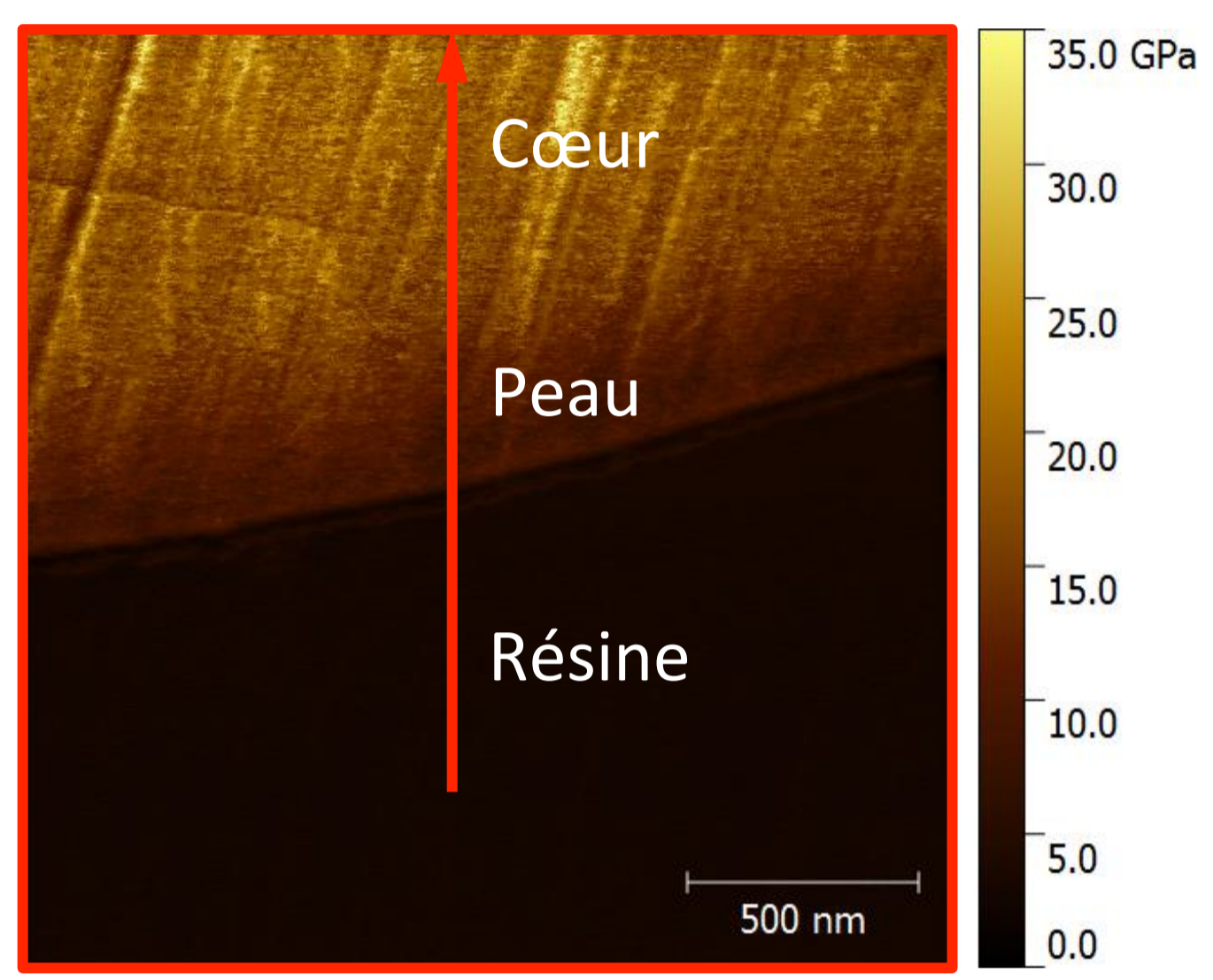
Validation du potentiel de la technique PF-QNM pour mettre en évidence des gradients de propriétés mécaniques dans la section droite de fibres de Kevlar® 48



Topographie

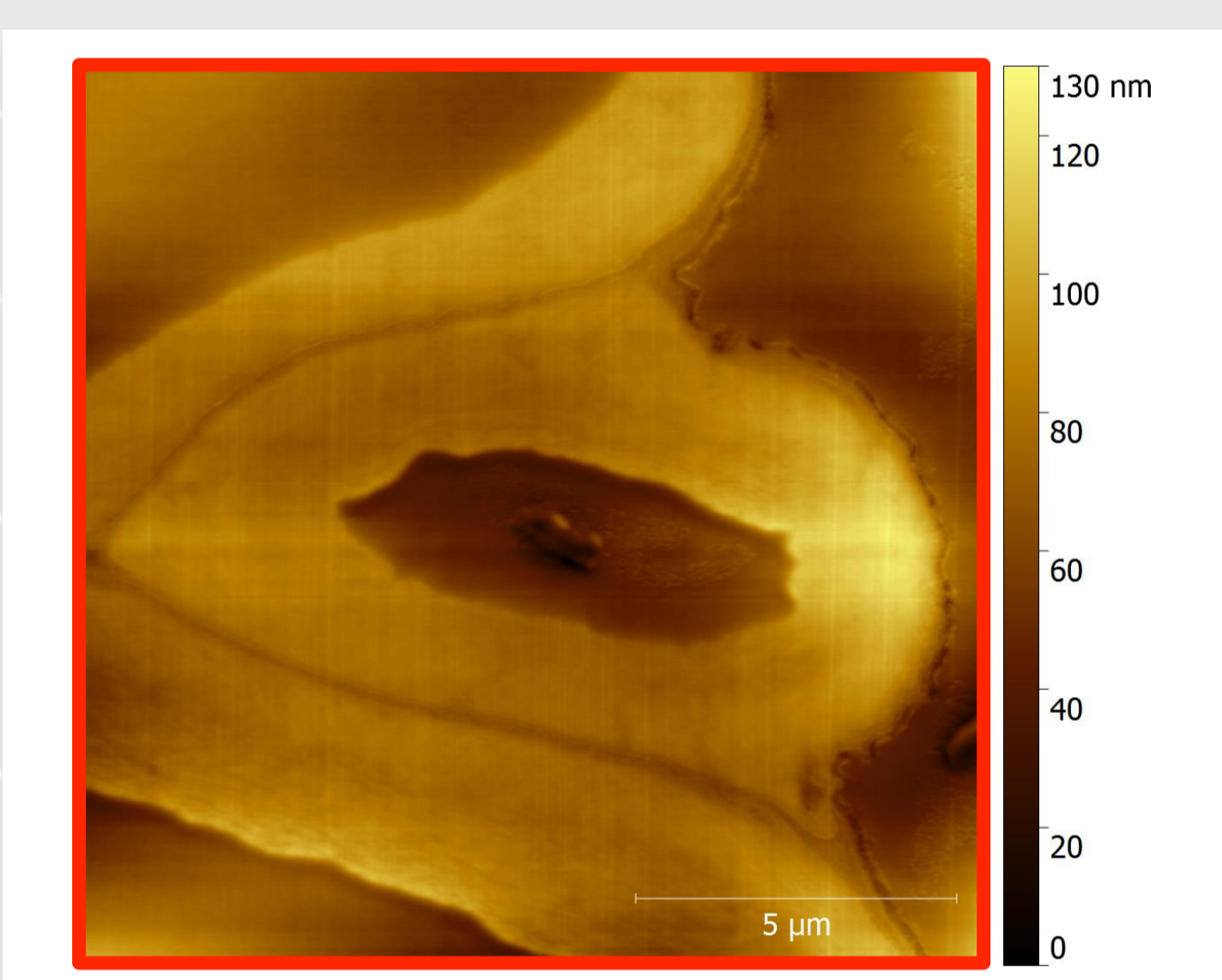
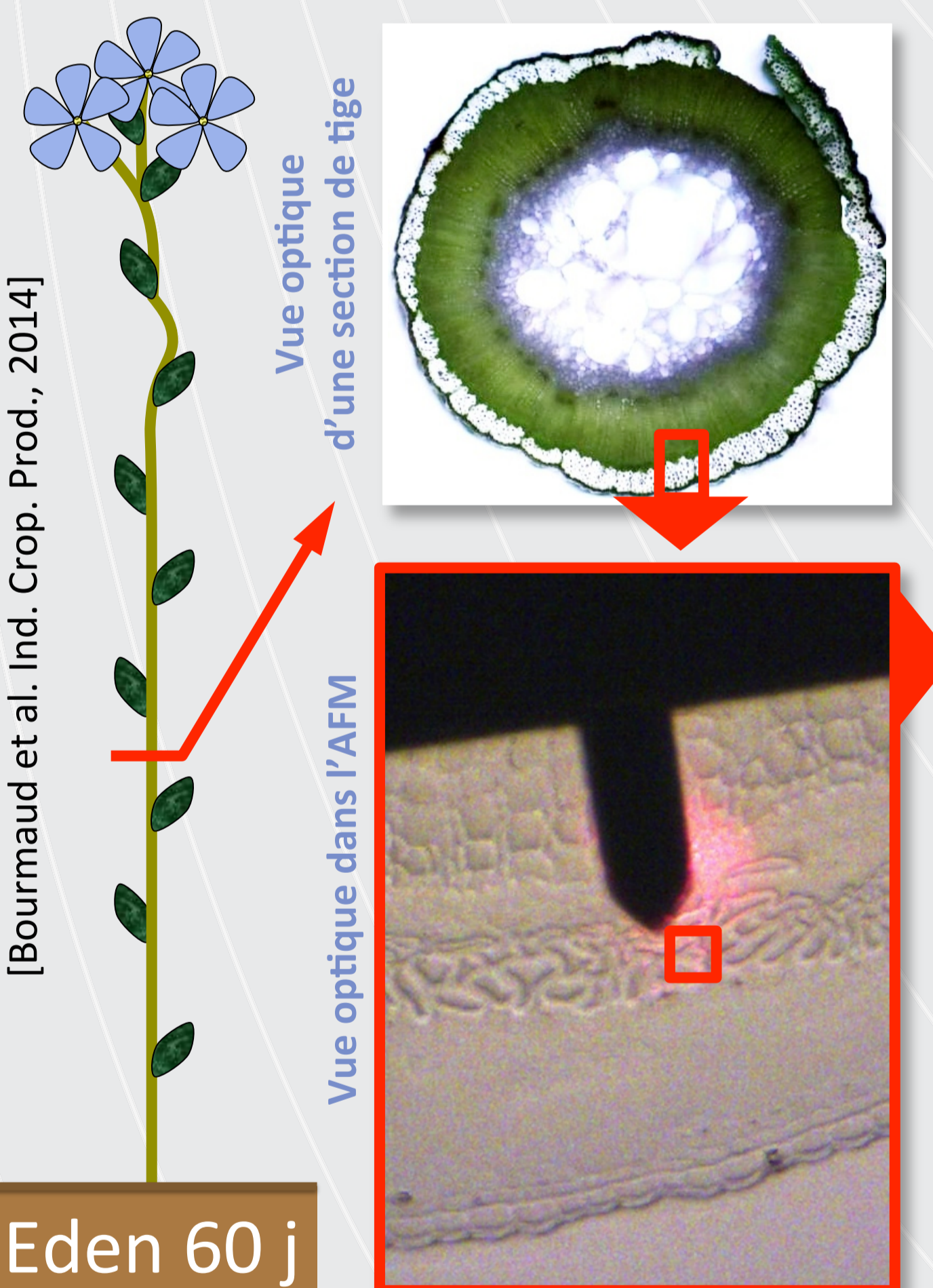


Module d'indentation

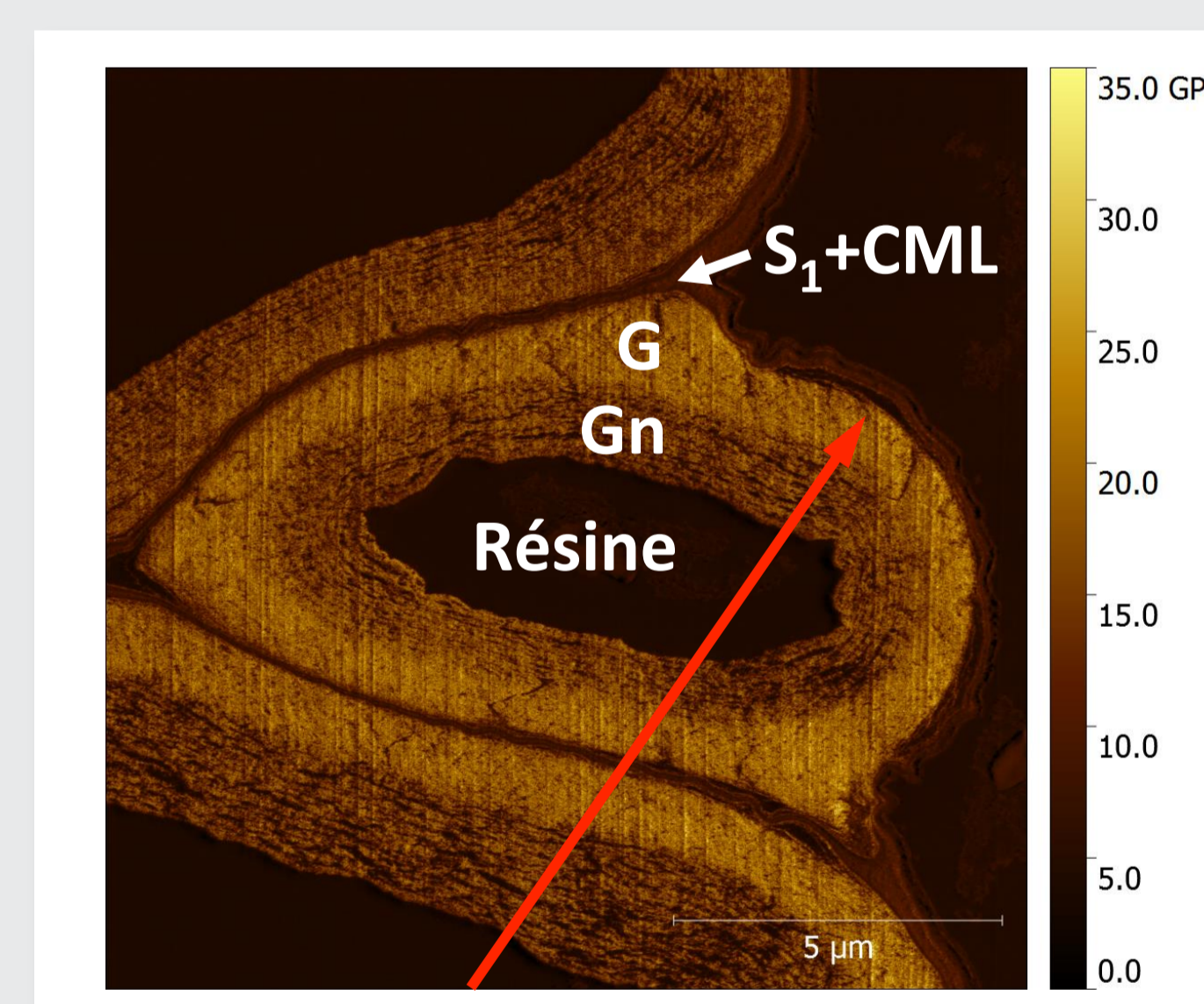


Mise en évidence d'un effet cœur/peau avec une peau d'environ 400 nm d'épaisseur et ayant un module d'indentation de  $16 \pm 2,9$  GPa, alors qu'au cœur de la fibre ce dernier est de  $21,2 \pm 2,9$  GPa (valeur confirmée par nanoindentation). Ces valeurs sont en accord avec d'autres données de la littérature (Mc Allister et al, J. Mater. Res. 2012 ; Wollbertt-Blitz et al, J. Polym. Sci. Pol. Phys. 2016) aussi bien pour l'épaisseur de la peau que pour les modules élastiques, en tenant compte de l'effet de l'anisotropie sur le module d'indentation (Delafargue et Ulm, Int. J. Solids. Struct. 2004)

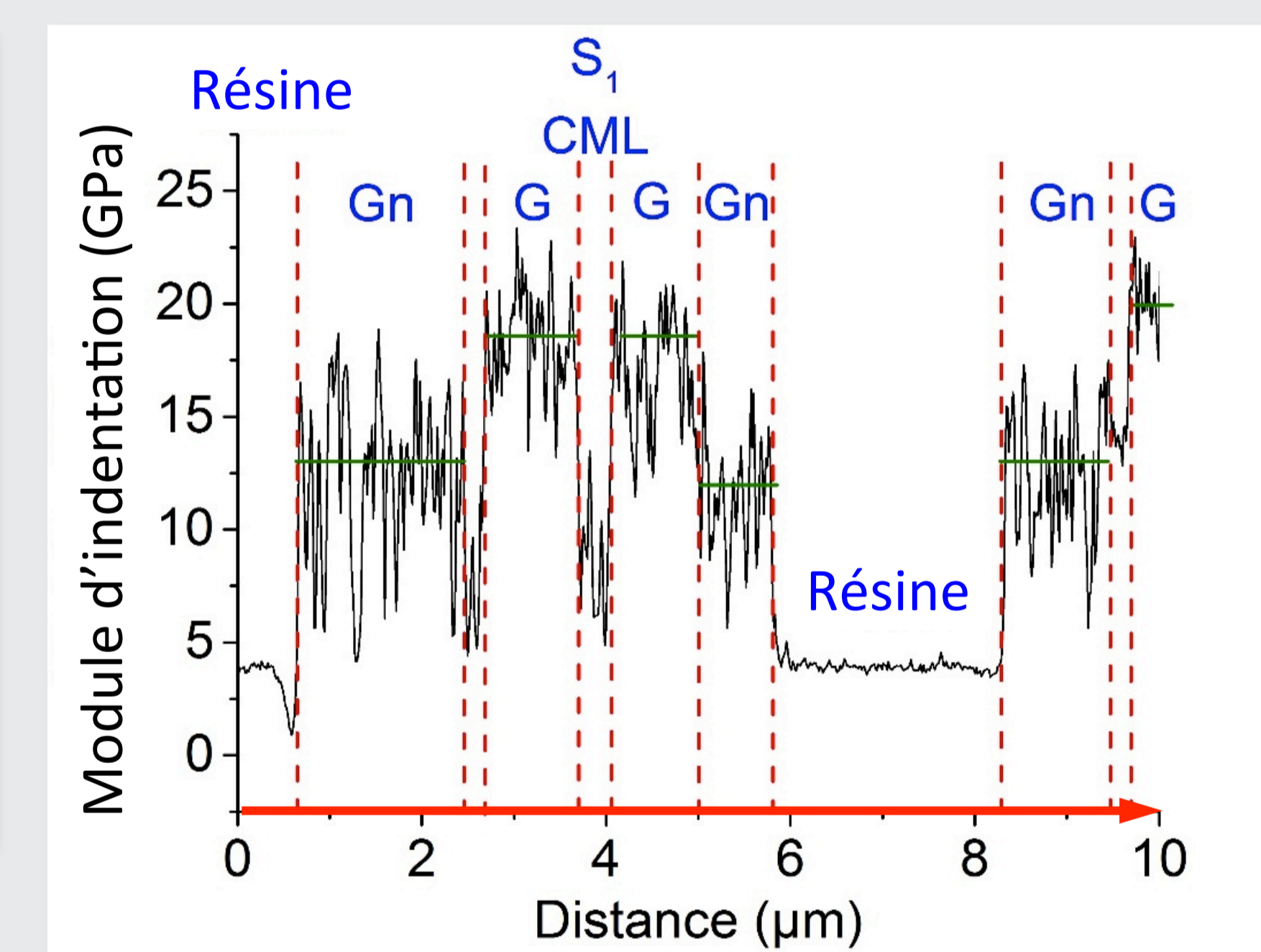
## Fibre de lin en développement



Topographie



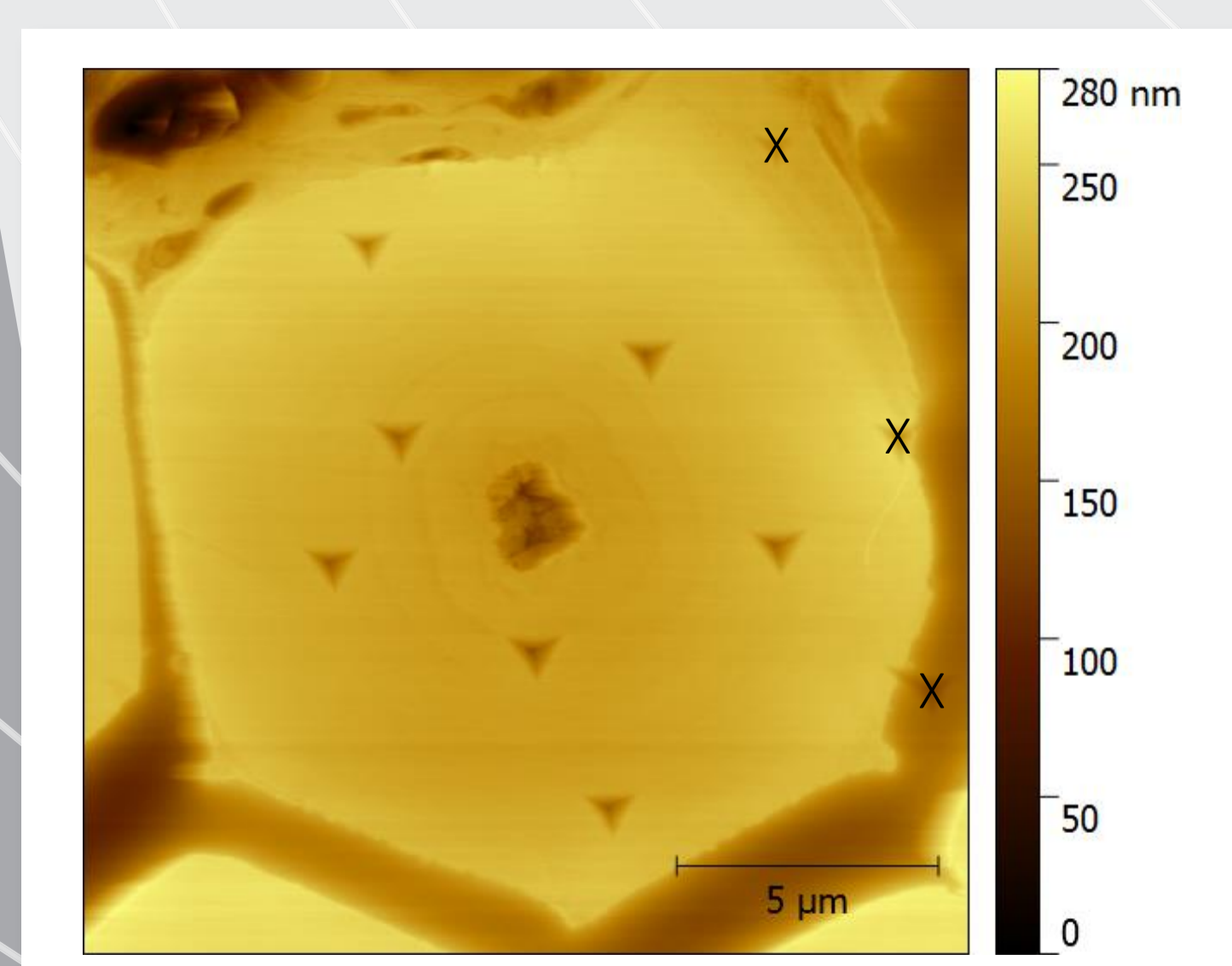
Module d'indentation



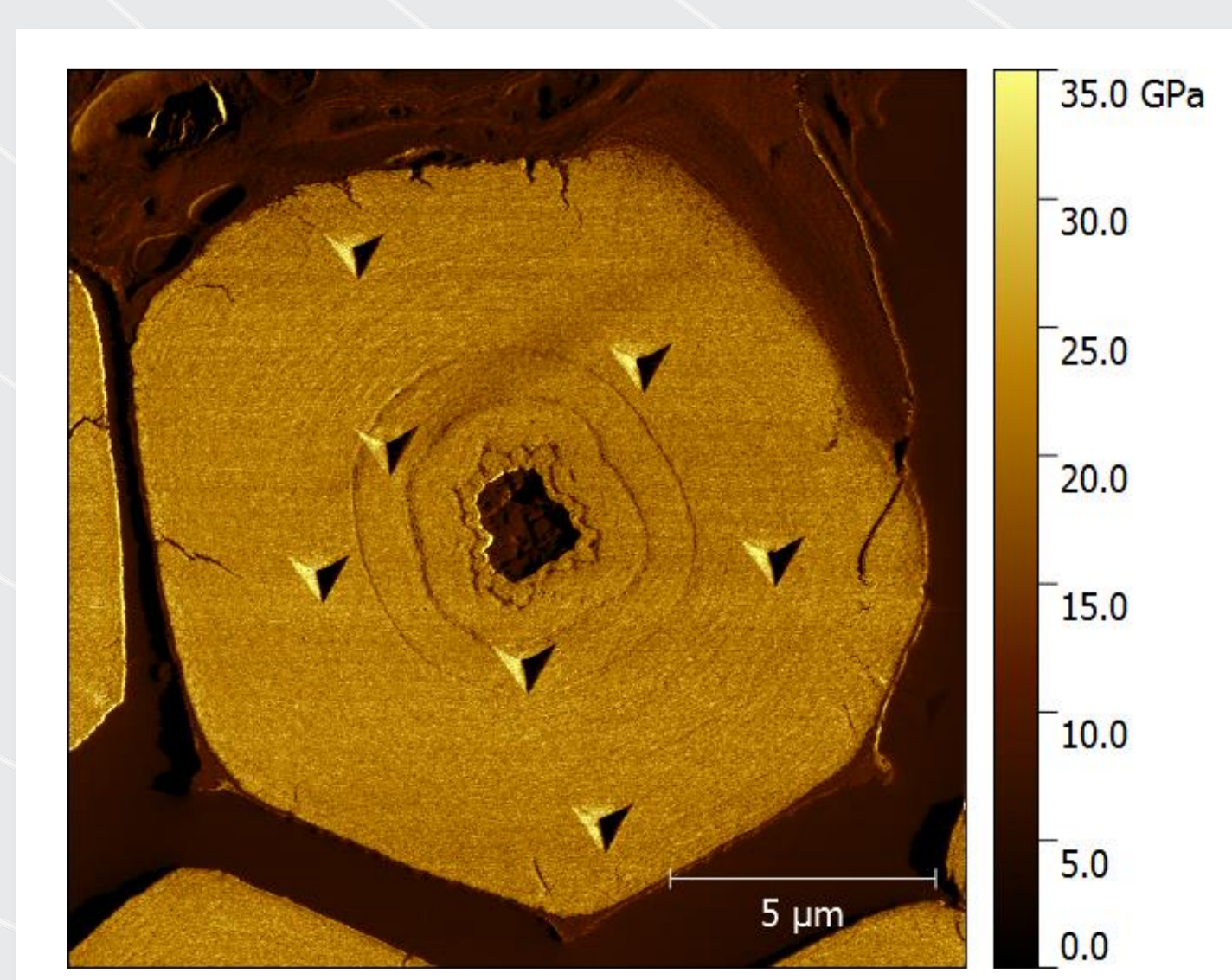
Mesures sur des fibres du phloème d'une tige de lin (Eden) en cours de croissance (60 jours, prélèvement à mi-hauteur).

Mise en évidence de la rigidification progressive de la paroi secondaire au cours de son épaissement. Ces résultats sont cohérents avec les observations faites par d'autres auteurs avec la coexistence de deux sous-couches distinctes, dites Gn et G (Mikshina et al, InTech 2013), au sein de la paroi secondaire en développement.

## Fibre de lin technique



Topographie



Module d'indentation

Mesures au sein de la section droite de fibres de lin techniques (i.e., matures, rouies, teillées et peignées).

Dans ce cas, aucun gradient n'a été détecté au sein de la couche  $S_2$ , que ce soit en PF-QNM ou en NanoIndentation, avec un module d'indentation mesuré respectivement de  $21,3 \pm 2,2$  GPa et  $20,4 \pm 1,1$  GPa, en accord avec la littérature (Bourmaud and Baley, Compos. Part B-Eng. 2012).



Fibres de lin matures, rouies, teillées et peignées

**Remerciements** Helmut Gneagi (Diatome, Suisse), Françoise Laurans (INRA Orleans), Mickael Febrve (Bruker)

**Financements** Fiabilin, Oseo, Région Bretagne, ANR "StressInTrees" (ANR-12-BS09-0004), CNRS

