

Analyse par diffraction aux rayons X des angles de microfibrilles de cellulose du bois de peuplier suite à des sollicitations mécaniques répétées

La mesure de l'angle des microfibrilles (AMF) est un enjeu important pour les sciences du bois car ce paramètre influence fortement le comportement macroscopique du bois. La fibre de bois normal se compose d'un empilement concentrique de couche dans lesquelles le réseau de microfibrilles de cellulose incrusté de lignine est orienté selon des angles distincts. Dans le cas du bois de tension, mis en place suite à un stress gravitropique, les fibres vont être modifiées avec l'apparition d'une nouvelle couche gélatineuse (couche G), très cellulosique où les microfibrilles de cellulose y sont très parallèles entre elles, formant un angle faible avec la verticale.

Dans le cadre de ma thèse, nous nous intéressons aux effets d'un stress mécanique temporaire, tel que le vent, sur la croissance de l'arbre et sur les modifications anatomiques du bois qui en résultent. Pour cela nous avons mis au point un dispositif permettant de fléchir une portion de la tige de peuplier. Les arbres ont été fléchis pendant deux mois et deux régimes de flexions unidirectionnelles ont été réalisés :

- Six arbres fléchis 1 fois par jour 3 jours sur 7
- Six arbres fléchis 3 fois par jour 5 jours sur 7

Lors de la flexion, la tige subit des contraintes de tension et de compression (Figure 1A). On peut observer du côté tendu la formation de couche G à l'intérieur des fibres, caractéristique jusqu'alors du bois de tension. De plus, la proportion de couche G dans la partie tendue du bois semble être en lien avec le nombre de flexion subit par la plante, autrement dit il y a une quantité de cellules présentant de la couche G plus importante chez les arbres fléchis trois fois par jour que ceux fléchis une fois par jour.

La mesure de l'AMF par diffraction aux rayons X nous permet donc :

- d'apporter des connaissances sur les caractéristiques anatomiques du bois de flexion, ainsi que sur les différentes parties (tendue et comprimée) de la tige fléchie
- de caractériser les propriétés de la couche G dans les fibres de ce bois de flexion et d'essayer de distinguer l'impact sur la couche G des deux régimes de flexions testés
- et d'amener des éléments de réponse à la question : Est-ce que le bois de flexion est un bois de tension ?

Les échantillons de bois afin d'être analysés ont d'abord été coupés dans le sens des fibres (Figure 1B) et les différentes zones de la tige fléchie ont été distinguées et échantillonnées. Dans notre cas 8 à 12 échantillons ont été coupés par arbres (3 échantillons du côté tendu, 3 du côté comprimé et 4 à 6 au niveau de la ligne neutre) soit au total, en comptant les arbres témoins n'ayant subi aucune

flexion, environ 200 échantillons à analyser. Chaque échantillon a fait l'objet de trois mesures au diffractomètre à rayons X (Figure 1C).

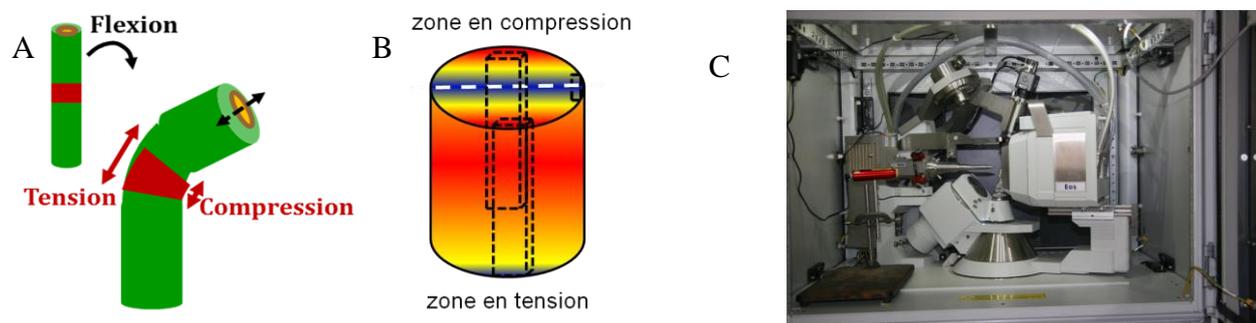


Figure 1A : Variables mécaniques subies par la tige suite à une flexion. 1B : Schéma de l'échantillonnage pour la diffraction aux rayons X. 1C : Diffractomètre à rayons X (modèle Supernova de chez Oxford diffraction)

Malgré la rapidité des mesures, je n'ai pas pu analyser l'ensemble de mes échantillons car nous avons eu un problème avec le diffractomètre qui n'a pas fonctionné pendant une journée. Hormis ce léger problème technique, la diffraction aux rayons X reste une technique très rapide pour l'estimation de l'AMF.

Le résultat obtenu est représenté sur un diagramme de diffraction qui peut être interprété en fonction des plans de symétrie de la fibrille élémentaire (Figure 2A). L'intensité de l'arc 200 du motif de diffraction est nécessaire pour estimer l'AMF.

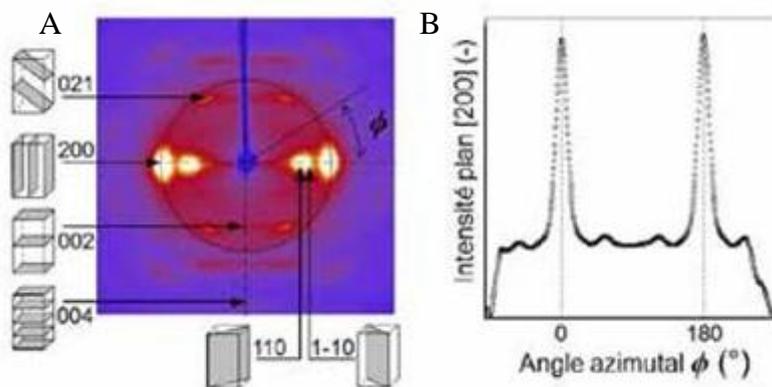


Figure 2 : A : Diagramme de diffraction des plans cristallins de la cellulose ; B : Profil de diffraction

Lorsqu'on représente sur un graphique le cercle de diffraction comme l'intensité en fonction de l'angle azimutal, la courbe présente deux pics écartés de 180 degrés (Figure 2B). L'utilisation d'un modèle empirique nous permet d'établir une corrélation entre l'analyse du profil de diffraction par rayons X et l'angle des microfibrilles réel. La relation empirique utilisée pour obtenir notre angle de microfibrilles est celle proposée par Verrill *et al.*, 2006 :

$$AMF = 0.8 * 0.6 * (\sigma_1 + \sigma_2) \quad \text{Où } \sigma \text{ représente l'écart-type d'un pic.}$$

Référence : Verrill, S. P., Kretschmann, D. E., & Herian, V. L. (2006). *JMFA 2 — A Graphically Interactive Java Program That Fits Microfibril Angle X-ray Diffraction Data.*