

## Prise en compte du bois de tension dans un modèle de séchage des placages

KACHOUH Cyril, DENAUD Louis, VIGUIER Joffrey, GIRARDON Stéphane,  
MARCEL-MATHEY Thibaud

LaBoMaP, Arts et Métiers Sciences et Technologies, Rue Porte de Paris 71250 Cluny,  
France

[cyril.kachouh@ensam.eu](mailto:cyril.kachouh@ensam.eu)

**Mots clefs :** Détection du Bois de tension ; FTIR ; Modèle numérique ; Placage ; Séchage

### Contexte et objectifs

#### *Contexte de la thèse*

Le bois et spécifiquement les panneaux à base de bois, type contreplaqué, possèdent une variabilité intrinsèque due à son origine naturelle. Dans un contexte où l'industrie est de plus en plus automatisée, des variations de formes dues au procédé ou à la présence de singularités dans le matériau peuvent entraver le fonctionnement des process, comme par exemple, des difficultés de préhension par robot. La Fig. 1 présente deux piles de placages après séchage. Celle de droite présente des placages très déformés.



Fig. 1 : Variabilité de la qualité des placages dans l'entrepôt de l'entreprise Bois déroulé de l'Auxois

L'objectif de cette thèse est d'améliorer la compréhension et de modéliser les phénomènes des déformations des placages. Pour ce faire, nous souhaitons intégrer au modèle les propriétés physiques et mécaniques locales du bois. Une des singularités du bois qui a un fort impact sur le séchage est le bois de tension.

#### *Objectifs de cartographie du bois de tension*

D'après Clair (2013), lorsqu'un arbre tente de se redresser, il forme un bois entraînant une précontrainte ponctuelle. Ce bois est appelé chez les angiospermes « bois de tension ». Cette zone va mettre en traction la structure pour la redresser. Pour ce faire, sa composition doit forcément différer de celle du bois dit « normal ». Un état de l'art des études sur le bois de tension réalisé par Huges (1965) montre une différence de composition chimique. Le bois de tension contient plus de cellulose et moins d'hémicellulose que le bois normal. Cette constatation est appuyée dans l'HDR de Bruno Clair (2013) et par Vilkovská et al (2024) qui

présentent la structure de la paroi cellulaire du bois de tension. Comme montré dans la Fig. 2, le bois « normal » présente une paroi primaire et une lamelle mitoyenne autour de trois couches de microfibrilles (de S1 à S3). Le bois de tension ne présente pas de couche S3 riche en hémicellulose et en cellulose et possède une couche S2 plus fine. Une couche G plus épaisse que la couche S3 prend le pas. Cette couche est composée en majorité de cellulose cristallisée.

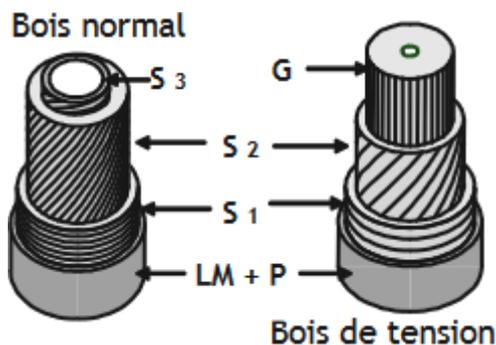


Fig. 2 : Schéma de la structure cellulaire des parois de bois normal et de bois de tension par Bruno Clair (2013)

A l'échelle macroscopique, le bois de tension est caractérisé par des propriétés mécaniques très différentes de celles du bois normal. Le bois de tension est caractérisé par un retrait longitudinal non négligeable. En effet, le bois de tension est un facteur important de fissuration des produits de première transformation lors du séchage. Grzeskowiak et al (1995) ont réalisé des éprouvettes en déroulant du peuplier et en découpant des rectangles dans les placages. Ils ont mesuré les déformations de ces éprouvettes après séchage. La Fig. 3 montre l'importance de prendre en compte le bois de tension si on souhaite prédire le séchage. Le retrait longitudinal du bois de tension peut être dix fois supérieur à celui du bois normal.

Dans la suite, nous utiliserons la méthode que Grzeskowiak et al (1995) utilisent pour détecter le bois de tension. Il s'agit d'une méthode chimique permettant de colorer le bois de tension avec du chloriodure de zinc. Le produit est appliqué sur la tranche des billons et le bois de tension réagit et se colore de manière sombre. Doğu et al (2010) ont comparé cette méthode avec d'autres produits. Le chloriodure de zinc reste très efficace sur le peuplier. Notre objectif est d'obtenir une cartographie du bois de tension non pas sur la tranche, mais sur le placage. Une méthode non destructive est donc à développer.

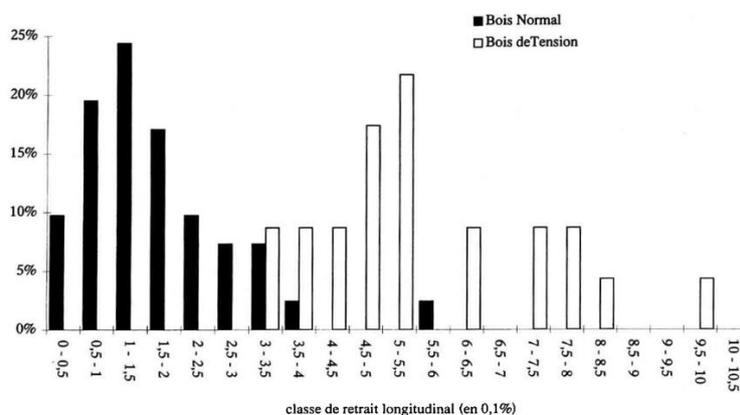


Fig.3 : présentation de la classification des éprouvettes en fonction de leur retrait longitudinal pour des éprouvettes marquées par du bois de tension et des éprouvettes normales Grzeskowiak et al (1995)

## Matériel et méthodes

Une solution de chloroiodure de zinc est diluée en 1:2 avec de l'eau distillée. Des rondelles de peuplier sont tronçonnées de chaque côté d'un billon. La solution est appliquée sur les rondelles. Les zones colorées sont ensuite reportées sur le billon au marqueur (Fig. 4). Ce billon est déroulé avec la dérouleuse du LaBoMaP afin de produire des placages de 3.5mm d'épaisseur. La solution est à nouveau appliquée sur un placage marqué afin de faire apparaître le bois de tension dans le plan du placage (Fig. 5).

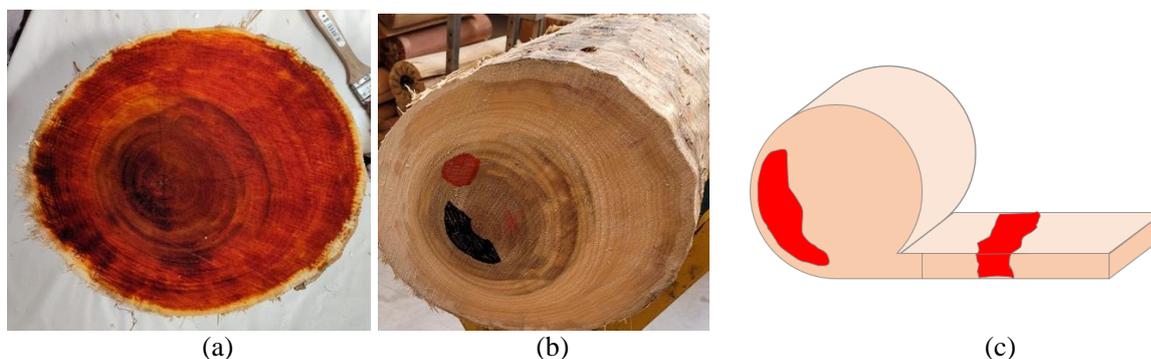


Fig. 4 : Application de la solution sur une rondelle (a) et report des zones centrales sur le billon (b). Schéma de principe du repérage du bois de tension (c)



Fig. 5 : Application de la solution sur un placage. Mises en évidence de bandes de bois de tension

## Résultats et perspectives

Nous avons réussi à reproduire la méthode de Grzeskowiak et al (1995). Même sur un placage, la solution colore suffisamment le bois de tension. Cette méthode nous servira de référence dans la suite. En effet, le chloroiodure de zinc est un produit dont l'utilisation est problématique dans l'industrie (coûts, manutention, composés volatiles...) et il dégrade les placages. Une méthode par spectroscopie infra-rouge est prévue courant 2025. Colom et al (2003) et Vilkovská et al (2024) ont utilisé de la spectroscopie afin d'observer la différence de composition chimique entre le bois normal et le bois de tension à différentes longueurs d'ondes. Par exemple, la double liaison C=C présente dans la lignine émet dans une bande caractéristique autour de  $1510\text{ cm}^{-1}$  (Fig. 6). Cette méthode pourrait permettre de détecter le bois de tension dans les placages de façon non destructives, et même en ligne sur les sites industriels.

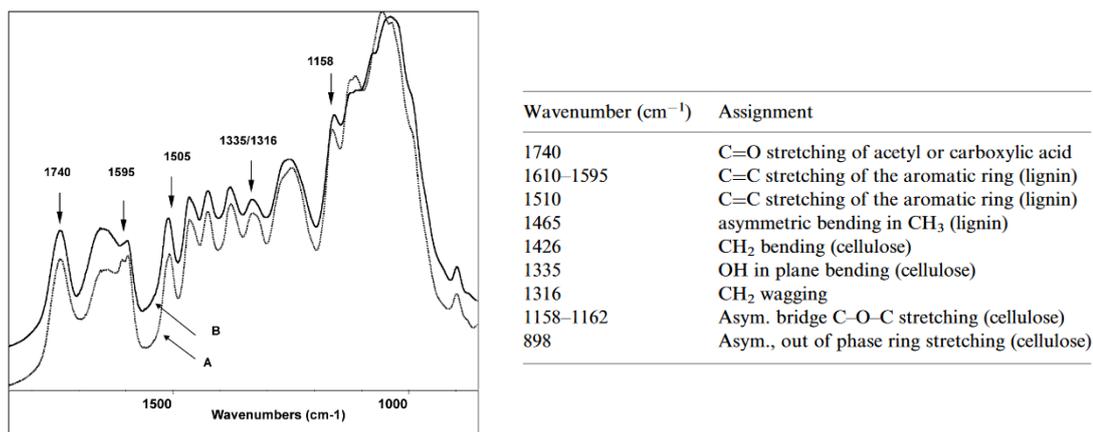


Fig. 6 : Piques d'absorbance du bois pour différentes longueurs d'ondes et bandes caractéristiques de différentes composantes atomiques selon Colom et al (2003)

## Remerciements

Cette étude est réalisée dans le cadre du projet MADEPLA financé par le conseil régional Bourgogne Franche-Comté

## Références

- Clair B (2013) Enquête sur le comportement paradoxal du bois de tension, Mémoire d'habilitation à diriger les recherches, Université Montpellier 2,
- F. Huges F (1965) Tension wood: a review of literature, *Forestry Abstracts*, vol 26, p 179-186
- Vilkovská T, Klement I, Vilkovský P, Čunderlík I, Geffert A (2024) Chemical reagent for detecting tension wood in selected tree species, *BioResources* 19(3), 4335-4351
- Grzeskowiak V, Sassus F, Fournier M (1995) Coloration macroscopique, retraits longitudinaux de maturation et de séchage du bois de tension du peuplier (*Populus x euramericana* cv I.214), *Ann Sci For* (1996) 53, 1083-1097
- Doğu et Grabner (2010) A staining method for determining severity of tension wood, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry: Vol. 34: No. 5, Article 3*
- Colom X, Carrillo F, Nogués F, Garriga P (2003) Structural analysis of photodegraded wood by means of FTIR spectroscopy, *Elsevier, Polymer Degradation and Stability* 80 (2003) 543–549