

# Résistance au cisaillement des joints de colle de Bois Lamellé Collé d'origine tropicale.

Cédric Horphé Ndong Bidzo<sup>1</sup>, Claude Feldman Pambou Nziengui<sup>2,3</sup>, Samuel Ikogou<sup>3</sup>, Beat Kaiser<sup>4</sup>, Ronstand Moutou Pitti<sup>2,5</sup>,

<sup>1</sup> Ecole Nationale des Eaux et Forêts-LaReVaBois, Libreville Gabon.

<sup>2</sup> Université Clermont Auvergne-Institut Pascal, Clermont-Ferrand France

<sup>3</sup> Ecole Polytechnique de Masuku-URMN, Franceville Gabon

<sup>4</sup> Ecowood SA-Z.I des Acaé, Libreville Gabon

<sup>5</sup> Institut de Recherche Technologique-CENAREST, Libreville Gabon

## RESUME

Ce travail présente une étude sur l'intégrité des joints de colle entre des essences de bois tropicaux différents, les éprouvettes comprenant deux différents joints de colle, ont été prélevées sur des poutres en Bois Lamellés Collé (BLC) combinées. Des essais de cisaillement par compression ont été effectués sur les éprouvettes à 12±4 % d'humidité, puis sur des éprouvettes humidifiées. L'objectif est de d'évaluer l'influence de l'humidité sur la résistance des joints de colle mixte. Les résultats ont montré d'une part, que la résistance des joints de colle respectait les exigences structurales lorsqu'ils sont soumis à un effort de cisaillement, d'autre part on note une influence significative sur la résistance lorsque les éprouvettes sont humidifiées.

**Mots-clefs** Bois tropicaux, Bois Lamellé Collé, Résistance des joints de colle.

## I. INTRODUCTION

La stabilisation des effets environnementaux, néfastes pour notre environnement, passe aujourd'hui par la préservation des forêts tropicales comme celle du Gabon dans le bassin du Congo qui constitue un des poumons de la planète. L'une des solutions consiste à maximiser la résistance mécanique des essences actuellement débitées en incorporant celles de moindre qualité dans les structures en Bois Lamellé Collé de façon à pérenniser les structures en service. Cette technique déjà utilisée (Guiscafre. 1977) permet de minimiser les pertes dues au sciage, de maximiser la résistance mécanique des éléments structuraux.

Les BLC sont majoritairement utilisés dans les pays tempérés dans les constructions de grandes structures, cependant on déplore un manque d'informations concernant le comportement

mécanique des BLC fabriqués à partir des bois tropicaux (Ricardo. 2013). En effet la fabrication de composites en bois reconstitués par collage dans un climat tropical soulève de nombreux problèmes (Bourreau *et al.* 2013). Par exemple, les variations sévères de la température et l'humidité qui peuvent affaiblir la résistance l'adhésif et fragiliser son adhérence (Afnor. 2006). De plus, la résistance et l'intégrité des joints de colle dans tout matériau composite collé tels que les BLC, constitue une exigence préalable à la mise en structure de ces éléments (Aicher *et al.* 2018).

Des essais de cisaillement en compression ont donc été réalisés sur des joints de colle mixtes afin d'évaluer la résistance. L'objectif est d'évaluer l'influence de l'humidité sur la contrainte de cisaillement des joints entre deux essences de bois différent, mais également d'établir un lien avec les modes de rupture observés lors des essais de flexion trois points effectués sur les poutres en BLC.

## II. MATERIEL ET METHODE

### A. Choix de la ressource ligneuse

Trois essences de densité différentes ont été choisies pour cette étude du fait de leur grande disponibilité, à savoir deux de densité élevée *Staustia kamernesis* (Niove) and *the Pterocarpus osun* (Padouk) et une de faible densité *Dacryodes buettneri* (Ozigo). Leurs caractéristiques ont été déterminées dans des travaux antérieurs (Ndong Bidzo *et al.* 2019) et sont présentés dans le tableau 1. Ces essences ont été ensuite reconstituées par collage afin d'obtenir des poutres BLC combinées, un adhésif de type Phénol Résorcinol Formaldéhyde (PRF) associé à un durcisseur HRP-155 sont utilisés pour le collage des poutres, les éprouvettes ont été prélevées directement sur ces poutres et dimensionnées comme indiqué dans la figure 1a.

**TABLEAU 1.** Caractéristiques mécaniques des essences

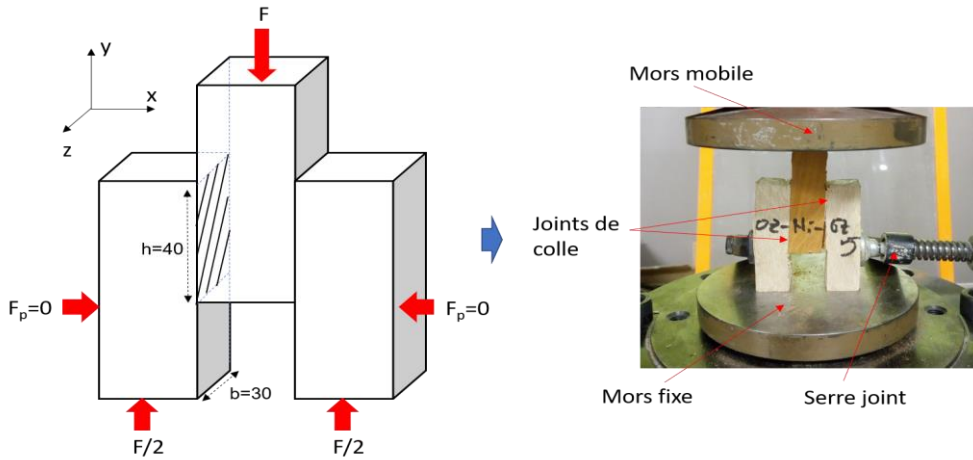
Essences	Densité	Module de rupture (MPa)	Module d'élasticité (MPa)
Niové (Ni)	0,8 ± 0,01	133 ± 23	18856 ± 1658
Padouk (Pdk)	0,66 ± 0,01	136,7 ± 12,6	15614 ± 708
Ozigo (Oz)	0,59 ± 0,05	74 ± 7,5	11746 ± 860

Un total de 21 éprouvettes a été ramené à un taux d'humidité de  $12 \pm 4\%$ , ensuite 11 ont été immergées dans de l'eau pendant sept jours, à savoir cinq éprouvettes de Oz-Pdk-Oz et six éprouvettes de Oz-Ni-Oz. Cette opération nous a permis d'avoir une augmentation de la masse en eau de 22,16% pour les éprouvettes de Oz-Pdk-Oz et de 26,98% pour les éprouvettes de Oz-Ni-Oz.

### B. Essais de cisaillement par compression

Les essais de cisaillement dans cette étude ont été fait selon la norme EN 1052-3 (Afnor 2003) où les éprouvettes sont des éléments de type mortier avec deux joints testés. Deux types d'éprouvettes ont été testés dans cette étude, à savoir Oz-Pdk-Oz<sub>j</sub> et Oz-Ni-Oz<sub>i</sub>, avec *j* le numéro de l'éprouvette. Les éprouvettes ont été testées sur un banc d'essai de compression Zwick Roel doté d'une cellule de charge maximale de 250 kN avec une vitesse de chargement de 0,05 mm/s et une charge de pré-

compression ( $F_p$ ) nulle. La figure 1b, montre l'éprouvette Oz-Ni-Oz5 en chargement, ici deux joints de colle Oz-Ni sont soumis à un effort de cisaillement.



**FIGURE 1.** Dispositif expérimentale avec  $F_p$  la charge de précompression, (a) : Schématisation de l'éprouvette ; (b) Epreuve Oz-Ni-Oz5 en chargement.

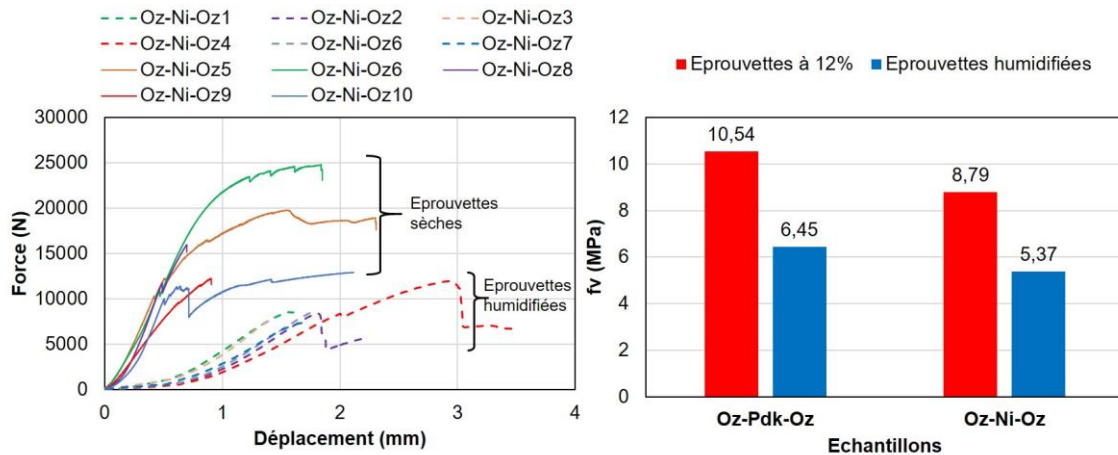
Le système d'acquisition de données de la presse nous a permis de suivre l'évolution du déplacement en fonction de la force. La contrainte de cisaillement  $f_v$ , a été calculée avec l'équation (1) tirée de la norme (Afnor 2003) suivant :

$$f_v = \frac{F_{max}}{2A} \tag{1}$$

Avec  $F_{max}$  la charge à la rupture et  $A$  la surface d'un joint de colle.

### III. RESULTATS

La figure 2a montre l'évolution de la force en fonction du déplacement pour les éprouvettes Oz-Ni-Oz, on observe une raideur importante chez les éprouvettes sèches par rapport à celles humidifiées.



**FIGURE 2.** Résultats essai de cisaillement (a) : Courbe force déplacement de Oz-Pdk-Oz, (b) : valeurs moyennes de la contrainte de cisaillement

La figure 2b montre les valeurs moyennes de la contrainte de cisaillement, on note d'une part que les joint de colles Oz-Pdk sont plus résistant que les joints Oz-Ni dans les deux cas, d'autre part on observe une baisse de 38% de la résistance au cisaillement pour les deux combinaisons de joints de colle.

#### IV. CONCLUSION

La résistance au cisaillement de deux types de joints de colle provenant de poutres BLC combinées en bois tropicaux a été étudiée, notamment le joint Ozigo-Padouk et Ozigo-Niové. Des essais de cisaillement en compression ont été effectués selon la norme EN 1053, sur des éprouvettes à 12% d'humidité et sur des éprouvettes humidifiées.

Les résultats nous montrent que le joint de colle Ozigo-Padouk est plus résistant ( $f_v=10,54$  MPa) que le joint de colle Ozigo-Niové ( $f_v=8,59$  MPa) dans les deux cas, une grande influence de l'humidité sur la résistance des joints de colle, soit une baisse d'environ 38% de la résistance lorsque les éprouvettes sont humidifiées.

#### REFERENCES

Aicher, S., Ahmed, Z., Hirsch, M., 2018. Bondline shear strength and wood failure of European and tropical hardwood glulams, 76, 1205-1222. <https://doi.org/10.1007/s00107-018-1305-0>

Bourreau, D., Aimene, Y., Beauchêne, J., Thibaut, B. (2013). Feasibility of glued laminated timber beams with tropical hardwoods, 71:653–662. <https://DOI 10.1007/s00107-013-0721-4>

Guiscafre, J., Sales, C., 1977 Possibilités de collage en mélange de plusieurs espèces africaine « Bois rouge », Vol 175. <https://doi.org/10.19182/bft1977.175.a1930>

Ndong Bidzo, C., Motou Pitti, R., 2019. Mechanical characterization of tropical glued solid timber beams. *Advances in Engineering Materials, Structures and Systems: Innovations, Mechanics and Applications*, pp.1752-1756, CRC press, New York.

NF EN 1052-3, 2003. Méthodes d'essai de la maçonnerie - Partie 3 : détermination de la résistance initiale au cisaillement, Editons AFNOR, La plaine Saint-Denis.

NF EN 301, 2006. Adhésifs de nature phénolique et aminoplaste, pour structures portantes en bois - Classification et exigences de performance, Edition AFNOR, La plaine Saint-Denis.

Ricardo, F., 2013. Theoretical and experimental deflections of glued laminated timber beams made from a tropical hardwood, Vol. 8, No. 2, 8994. <http://dx.doi.org/10.1080/17480272.2012.700644>