

Conception et évaluation de poutrelles en bois ancien collées avec un adhésif lignocellulosique biosourcé

MAFOGANG MBEKOU Florelle^{1,2}, NGUEDJIO Loïc Chrislin^{1,2}, DELATTRE Cédric²,
TALLA Pierre Kisito¹, GRIL Joseph^{2,4}, MOUTOU PITTI Rostand^{2,3}

¹Université de Dschang, BP 67, Dschang, Unité de Recherche de Mécanique et de Modélisation des Systèmes des Physiques (UR2MSP) ; Département de Physiques, Faculté des Sciences, Université de Dschang, BP 67, Dschang, Cameroun

²Université Clermont Auvergne, Clermont Auvergne INP, CNRS, Institut Pascal, F-63000, Clermont-Ferrand, France

³CENAREST, IRT, BP14070, Libreville, Gabon

⁴Université Clermont Auvergne, INRAE, PIAF, Clermont-Ferrand
florellemafogang839@gmail.com

Mots clefs : Vieux chêne ; chêne récent ; colle commerciale ; adhésifs lignocellulosiques ; configurations homogènes ; cisaillement.

Contexte et objectifs

Le matériau bois est de plus en plus sollicité dans les projets de construction, mais son réemploi après déconstruction des bâtiments n'est pas très fréquent. La réutilisation du bois ancien, notamment issu de la déconstruction de bâtiments patrimoniaux, représente une opportunité majeure pour une construction durable et circulaire. Malgré les altérations subies au fil du temps, ce matériau reste mécaniquement performant. Dans une logique d'économie circulaire et de réduction de l'empreinte carbone du secteur forêt-bois et du bâtiment en particulier, sa **revalorisation sous forme de poutrelles collées** représente une solution innovante pour prolonger sa durée de vie dans des applications structurelles modernes. L'incendie de la cathédrale Notre-Dame de Paris a suscité une réflexion sur la **réutilisation patrimoniale** des matériaux de l'édifice, notamment en tant que **ressource pour la recherche** (Bourchanin et al 2024) et **la reconstruction**. Cela a favorisé le développement de **solutions innovantes de valorisation**, comme les **poutrelles collées à base de bois ancien**, en réponse à une pénurie de ressources et à un besoin de durabilité.

La fabrication des panneaux de bois, des éléments collés et des structures en bois repose en grande partie sur l'utilisation d'**adhésifs synthétiques à base de formaldéhyde**, issus du secteur pétrochimique, qui ne respectent pas l'environnement. Ces adhésifs présentent de nombreux risques comme la non-biodégradabilité, la dépendance aux ressources fossiles et la toxicité. Dans ce contexte, la recherche de **solutions biosourcées** s'intensifie (Chang et al 2024), en particulier à partir de composants lignocellulosiques extraits de la biomasse (lignine, tanins, cellulose, hémicelluloses), abondants, renouvelables et valorisables à partir de coproduits agricoles ou forestiers.

Matériels et méthodes

Des essais de fabrication de la colle ont été effectués en utilisant plusieurs réactifs (Tab. 1). La résistance des différentes formulations de colle a été évaluée en utilisant les éprouvettes de chêne récent selon la norme NF-EN-1052-3. Les forces maximales collectées ont contribué à optimiser les formules afin de finalement adopter la formule la plus performante avec les réactifs les plus adaptés, conformément au protocole le plus efficace, pour coller des

éprouvettes de chêne récent et de vieux chêne provenant de la cathédrale NDP. Pour le collage, afin d'évaluer l'influence des propriétés du bois et de la colle sur le comportement des assemblages homogènes ont été collés (Ndong Bidzo et al 2022), six assemblages homogènes du chêne ancien et du chêne récent ont été confectionnés. Une colle commerciale (Pattex) a été utilisée pour coller les mêmes assemblages pour comparaison.

Tab. 1: Codification des réactifs

Réactifs	Formules chimiques	Code	Densité
Chitosane (C3646)	$(C_6H_{11}NO_4)_n$	CS1	1g/cm ³
Chitosane (GBS022021401)	$(C_6H_{11}NO_4)_n$	CS5	1g/cm ³
Acide lactique (W261114)	CH ₃ CH(OH) COOH	AL	1,209g/cm ³ à 25°C
Acide tannic	C ₇₆ H ₅₂ O ₄₆	AT	Non disponible
Cellulose Colloidale, Microcristalline (43524)	C ₁₂ H ₂₀ O ₁₀	Cel	Non disponible
Polyvinyl alcool (363138) (non biosourcé)	(C ₂ H ₄ O) _n	PVA	1,19-1,31g/cm ³

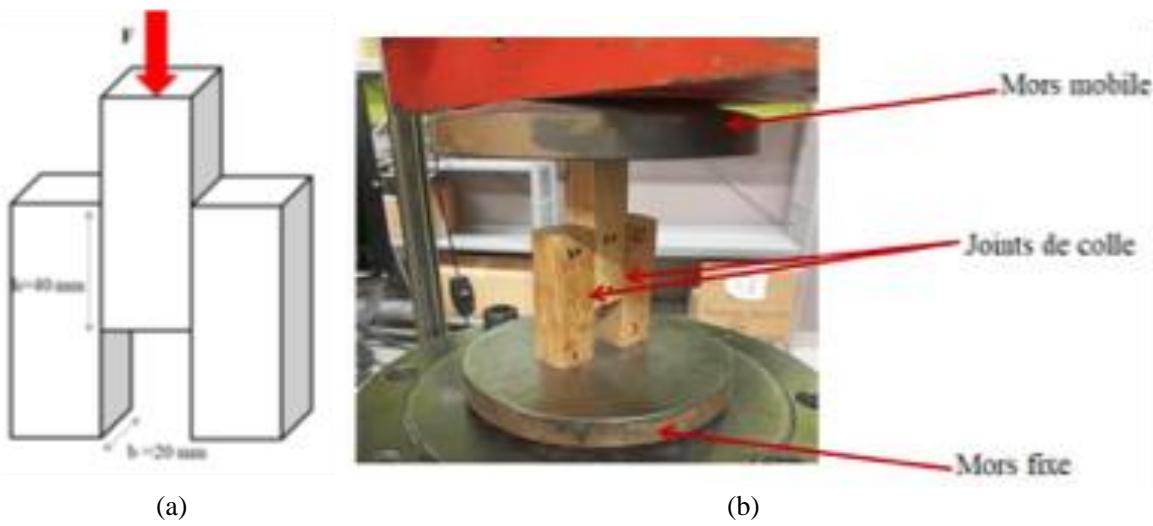


Fig. 1 : Essai de cisaillement: (a) Géométrie de l'éprouvette; (b) mise en place

Les éprouvettes de chêne ont été préalablement poncées. Puis 300g/m² d'adhésif a été appliqué sur chaque côté de chaque éprouvette selon la fiche disponible. Les essais de cisaillement ont été effectués jusqu'à la rupture du joint de colle. Le banc d'essai de compression utilisé pour les essais est une presse Zwick Roel avec une cellule de charge maximale de 250KN et une vitesse imposée de 0,016 mm/s. Le système d'acquisition de données de la presse nous a permis de tracer les courbes force-déplacement et calculer les contraintes de cisaillement maximales.

Résultats

Les différents modes de rupture et les contraintes de cisaillement ont permis de trouver la colle la plus résistante pour différentes configurations. Le mode de rupture des assemblages homogènes du bois ancien collé avec la colle biosourcée est cohésive dans le bois, contrairement à celui des assemblages homogènes du bois récent qui est cohésive dans la colle. Les configurations homogènes avec la Pattex pour le bois ancien comme le nouveau présentent une rupture cohésive dans la colle.

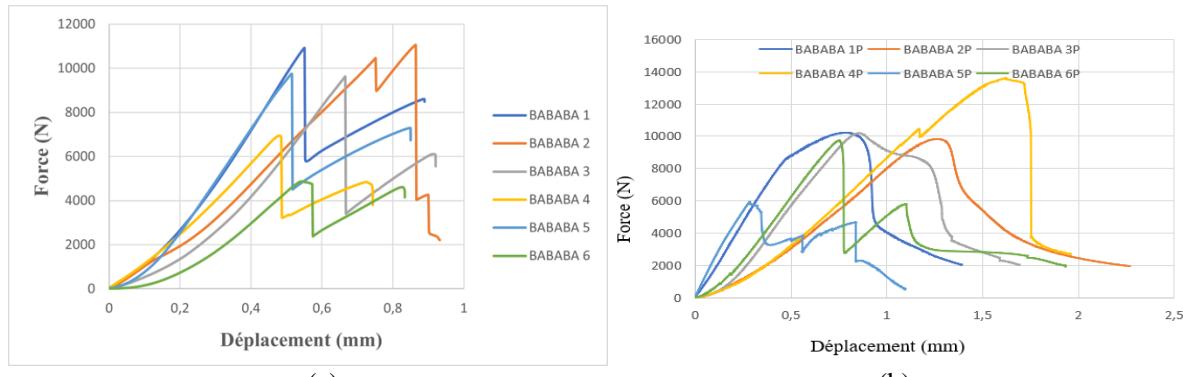


Fig. 2 : Courbes force-déplacement pour le bois ancien : (a) colle lignocellulosique à 4% (CS5+PVA+Cel+AL), (b) colle Pattex

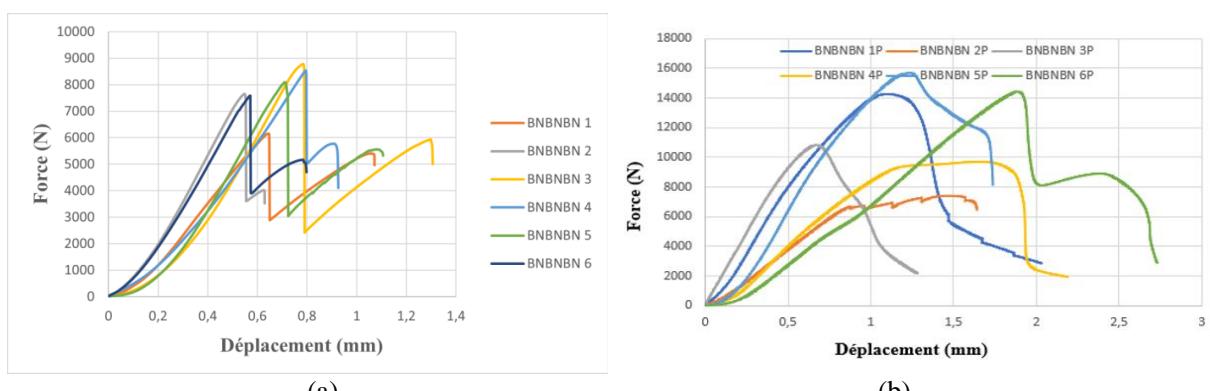


Fig. 3 : Courbes force-déplacement pour le bois nouveau : (a) colle lignocellulosique à 4% (CS5+PVA+Cel+AL), (b) colle Pattex

Les assemblages collés avec la colle lignocellulosique se rompent brutalement sans déformation plastique significative, cela indique une faible ténacité du joint. Ceux collés avec la Pattex subissent une déformation plastique importante avant de rompre.

Conclusion et perspectives

Les configurations homogènes du bois ancien collé avec la colle biosourcée sont plus résistantes que les configurations du bois récent : ceci est dû à la présence d'une grande quantité d'acide tannique à la surface du bois ancien, ce qui augmente la pénétration de la colle fabriquée. Les configurations homogènes du bois nouveau collé avec la colle Pattex sont plus résistantes que les configurations du bois ancien : ceci est dû à la présence de la lignine, de la cellulose et de l'hémicellulose à la surface de ce bois, ce qui augmente la pénétration d'acétate de Polyvinyl contenue dans la Pattex. Fabriquer d'autres formulations de colles à base de biomasses (connexes de bois, latex, champignons, eaux usées...), comparer les colles fabriquées à d'autres adhésifs lignocellulosiques (issus de la littérature), tester la résistance à l'eau et optimiser, utiliser la colle pour coller tout type de bois (bois tropicaux...), constituent les perspectives de ce travail.

Remerciements

Les auteurs tiennent à exprimer leur gratitude à Clermont Auvergne Innovation (CAI) pour le soutien financier de ce travail à travers le projet CRII: Biocolles bois (BB), Réf (CAI : CAI-DJ/2025-01).

Références

Bourchanin M, Soubgui EN, Matsuo-Ueda M, Sauvat N, Moutou Pitti R, Guibal D, Gril J (2024) Effet du vieillissement naturel sur les propriétés physicomécaniques du bois de chêne de la cathédrale Notre Dame de Paris. In 13èmes journées du GDR 3544 Sciences du bois (pp. 155-158).

Chang M, Shen P, Wang L, Ma Q, Jia Z, Hu C, Zhang X (2024) Research progress of eco-friendly plant-derived biomass-based wood adhesives: A review. *Industrial Crops and Products*, 222, 120093.

Ndong Bidzo CH, Pambou Nziengui CF, Ikogou S, Kaiser B, Moutou Pitti R (2022) Mechanical properties of Glued-laminated timber made up of mixed tropical wood species. *Wood Material Science & Engineering*, 17(6), 809-822.

NF-EN-1052-3, “Méthodes d’essai de la maçonnerie - Partie 3 : détermination de la résistance initiale au cisaillement,” AFNOR Ed., 200