

Etude du vieillissement de contreplaqués collés par résines thermoplastiques et renforcés par fibres naturelles

PRUNIER Clément¹, ROUSSEAU Jérôme¹, BUTAUD Pauline², JEANNIN Thomas³,
PLACET Vincent³

¹Laboratoire DRIVE, Université de Bourgogne, 49, rue Mademoiselle Bourgeois, BP 31
58027 Nevers, clement.prunier@u-bourgogne.fr, jerome.rousseau@u-bourgogne.fr

²Institut FEMTO-ST, SUPMICROTECH, Université de Franche-Comté, CNRS, F-25000
Besançon, France, pauline.butaud@univ-fcomte.fr

³Institut FEMTO-ST, Université de Franche-Comté, CNRS, F-25000 Besançon, France
thomas.jeannin@femto-st.fr, vincent.placet@univ-fcomte.fr

Mots clefs : Vieillissement, contreplaqués, fibres naturelles, thermoplastiques, cisaillement interlaminaire

Contexte et objectifs

La plupart des contreplaqués industriels classiques utilisent des colles pétrosourcées non recyclables et à base de formaldéhyde, un composé nocif pour la santé et possédant un impact carbone non négligeable. Il est donc nécessaire de proposer des alternatives non-toxiques, à faible empreinte environnementale et permettant de s'inscrire dans une logique de circularité (matériaux biosourcés, recyclés et recyclables). Parmi elles, les résines thermoplastiques ont montré des résultats très prometteurs sur le plan de la résistance au cisaillement interlaminaire, en permettant parfois d'obtenir des résultats supérieurs à celles des colles traditionnelles (Grigsby et al. 2020; Kajaks et al. 2009).

L'ajout de fibres aux interfaces entre placages est une solution permettant d'améliorer les performances à l'interface des contreplaqués. En fonction de l'adhésif utilisé, l'ajout de fibres naturelles de lin ou de cellulose à l'interface peut améliorer la résistance au cisaillement interlaminaire (Jorda et al. 2021).

Quelle que soit la modification de la composition de l'interface des contreplaqués, il est nécessaire d'étudier l'évolution de leurs propriétés dans le temps et dans différentes conditions hygrothermiques, afin de pouvoir définir leur classe d'application (Grigsby et al. 2020; Kajaks et al. 2009). L'effet de la présence de fibres à l'interface entre placages sur le comportement en vieillissement du contreplaqué n'a pas encore été étudié. Cependant, certaines études se plaçant à l'échelle du composite montrent que les composites utilisant des fibres naturelles comme renforts subissent une dégradation importante de leurs propriétés mécaniques après avoir subi un processus de vieillissement accéléré (Assarar et al. 2011).

Dans cette étude, le vieillissement de contreplaqués collés par résines thermoplastiques (polypropylène recyclé greffé anhydride maléique (rPPAM) et résine d'acide polylactique (PLA), avec présence ou non de renforts en fibres unidirectionnelles de lin à l'interface, est étudié. Les performances de l'interface et leur évolution sont évaluées à l'aide d'un essai de résistance au cisaillement interlaminaire (notée ILSS pour Interlaminar Shear Strength), selon la norme EN302.

Matériel et méthodes

La résistance au cisaillement interlaminaire (ILSS) est mesurée par un essai de traction sur une éprouvette entaillée d'une largeur de 3 mm de chaque côté jusqu'à l'interface entre les placages

centraux, créant une surface sollicitée en cisaillement (Fig. 1). Les placages sont constitués de placages de hêtre ou de douglas, respectivement originaires de la région Centre-Val de Loire et Bourgogne-Franche-Comté, avec une épaisseur de respectivement 2 mm et 3 mm. Ils ont été fournis et déroulés par le LaBoMaP, Cluny. Les contreplaqués sont constitués de 6 plis de placages d'une même essence, avec une stratification à [0/90/0/0/90/0], 0° représentant le sens longitudinal du placage et le sens de l'essai (flèches rouges sur la Fig. 1). Les adhésifs étudiés sont une résine de polypropylène recyclée (rPPAM) et fournie par la société Adivalor, mélangé à 5% en masse à un polypropylène greffé à 1% en masse d'anhydride maléique (Polybond 3200®) fourni par la société Brenntag, ainsi qu'une résine PLA (PLE 005®), fournie par la société NaturePlast. Ils ont été mis en forme sous forme de films par extrusion calandrage. Les films ont une épaisseur de 80 µm pour le rPPAM et 100 µm pour le PLA. Lors de la fabrication, deux films de l'adhésif étudié sont placés entre chaque placage. Lorsque l'effet de la présence de renforts fibrés est étudié, des fibres unidirectionnelles de lin (FlaxTape®), avec une densité surfacique de 110g/m² et fournies par la société Linéo, sont placées à l'interface entre les deux placages centraux, à 0°. L'assemblage se fait ensuite sous une presse de thermocompression, suivant un cycle de fabrication consistant en une montée en température à 15°C/min jusqu'à 180°C, suivi d'une application de pression de 1 MPa pendant 34 min à 66 min en fonction de l'épaisseur de placages, puis d'une redescende en température contrôlée à 20°C/min. Une fois le contreplaqué fabriqué, celui-ci est découpé en 7 éprouvettes selon la norme EN302, puis les éprouvettes sont conditionnées pendant au moins 72h en enceinte climatique à 50% d'humidité relative et 23°C.

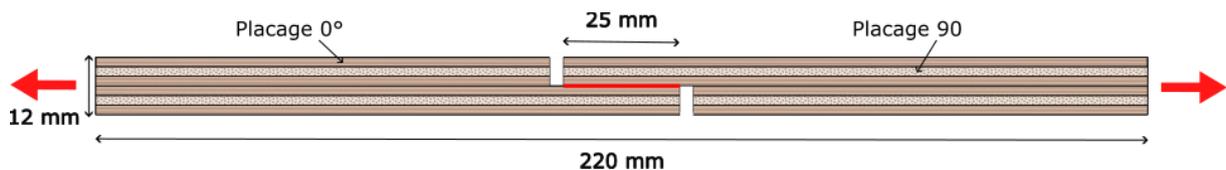


Fig. 1: Représentation schématique d'une éprouvette de hêtre pour un essai de cisaillement interlaminaire

Deux processus de vieillissement accéléré sont étudiés. Le premier processus (noté Ag1) consiste en un conditionnement de 40 jours dans une enceinte climatique à 90 % d'humidité relative et 40°C (Fig. 2a). Le deuxième processus (noté Ag2) consiste en une immersion des éprouvettes en eau bouillante pendant 6h (Fig. 2b). Dans les deux cas, les éprouvettes sont ensuite reconditionnées en enceinte climatique à 50% RH et 23°C jusqu'à ce qu'elles soient revenues à une teneur en eau d'équilibre, avant d'être testées en cisaillement.

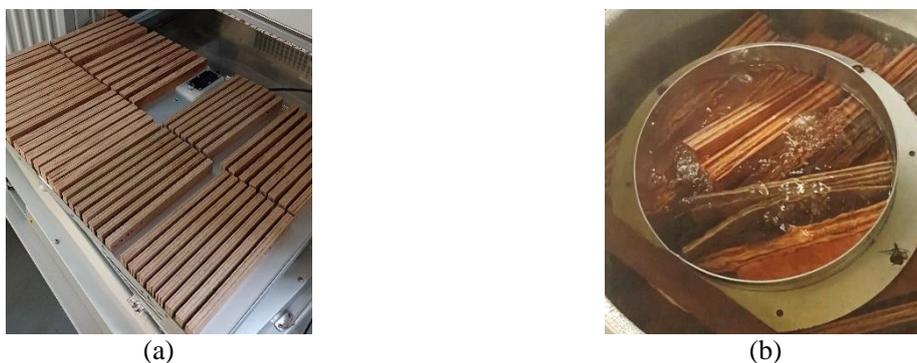


Fig. 2: Procédures de vieillissement des éprouvettes :
(a) En enceinte climatique à 40°C 90% RH (Ag1) ; (b) Par immersion en eau bouillante (Ag2)

Résultats et discussion

Les résultats obtenus pour les éprouvettes ayant subi le processus de vieillissement Ag1 sont présentés en Fig. 3. Les éprouvettes collées au rPPAM non renforcées (sans fibres) (figure 3a

et 3c, barres sans rayure) montrent une très bonne résistance au vieillissement, ainsi qu'une augmentation significative de la valeur d'ILSS après vieillissement pour les éprouvettes de hêtre (Fig 3a). Les éprouvettes de hêtre collées au PLA (Fig 3b) montrent une dégradation de l'ordre de 15% après Ag1. Les éprouvettes de douglas collées au rPPAM ou au PLA ne montrent pas de modification significative de leur valeur d'ILSS lors du vieillissement. Concernant les contreplaqués renforcés, le processus de vieillissement accéléré cause une dégradation significative de la valeur d'ILSS dans toutes les configurations (à l'exception des éprouvettes de douglas collé au rPPAM). Ce phénomène est expliqué par Ghasemzadeh-Barvarz et al. (2015) comme étant dû à des décohésions fibres/matrices apparaissant suite au gonflement et dégonflement des fibres causé par les phénomènes de sorption/désorption lors de la prise d'humidité des fibres.

Les mêmes phénomènes ont été observés sur les éprouvettes collées au MAPP ayant subi le vieillissement accéléré Ag2. Les éprouvettes de PLA se sont entièrement délaminées après Ag2 du fait de la dégradation par hydrolyse de la résine.

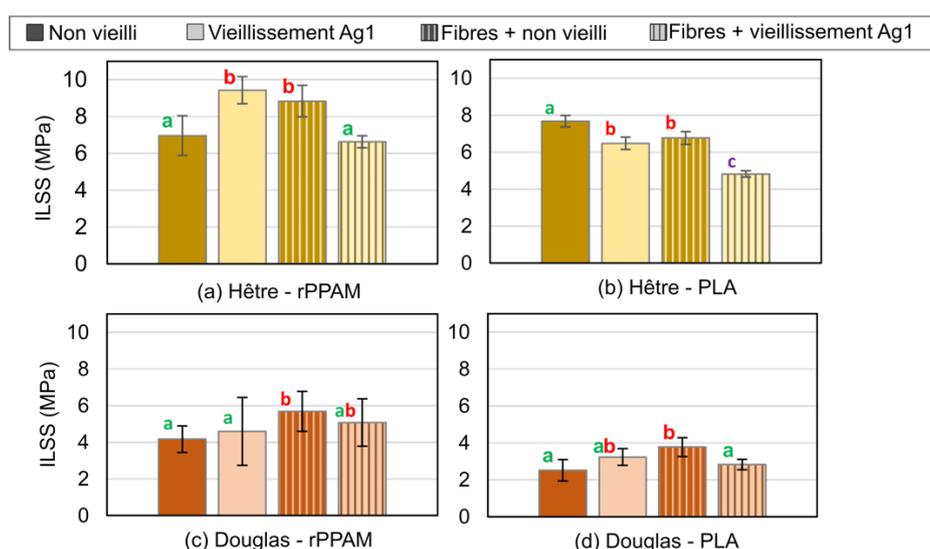


Fig.3 : Résistance au cisaillement interlaminaire des contreplaqués de Hêtre (a, b) et Douglas (c,d) collés avec rPPAM et PLA, avec et sans renfort de lin, avant et après vieillissement Ag1

Conclusion et perspectives

Les contreplaqués collés au rPPAM ont une très bonne résistance au vieillissement accéléré, ils ne montrent aucune perte significative de résistance au cisaillement interlaminaire. Le rPPAM est donc un adhésif viable pour réaliser des contreplaqués utilisés en conditions hygrothermiques sévères. Le PLA est bien plus sensible aux conditions hygrothermiques, son application devrait donc se limiter à des atmosphères sèches et en intérieur. Le fait que ces deux adhésifs possèdent un impact carbone plus faible que les colles traditionnelles dû à leur origine recyclée ou biosourcée en font des alternatives intéressantes à approfondir. Le renforcement par ajout de fibres naturelles s'est montré défavorable à la résistance au vieillissement des contreplaqués. Il est donc à éviter dans le cas d'applications dans des conditions à fort taux d'humidité.

Remerciements

Ce travail a été soutenu par le programme « Investissements d'Avenir », projet ISITE-BFC (contrat ANR-15-IDEX-0003) dans le cadre du projet WooFHi.

Références

Assarar M., Scida D., El Mahi A., Poilâne C., Ayad R. (2011) Influence of Water Ageing on Mechanical Properties and Damage Events of Two Reinforced Composite Materials: Flax–Fibres and Glass–Fibres. *Materials & Design* 32(2): 788–95.

Ghasemzadeh-Barvarz M., Duchesne C., Rodrigue C. (2015) Mechanical, Water Absorption, and Aging Properties of Polypropylene/Flax/Glass Fiber Hybrid Composites'. *Journal of Composite Materials* 49(30): 3781–98.

Grigsby W.J., Puri, A., Gaugler M., Lüedtke J., Krause A. (2020) Bonding Wood Veneer with Biobased Poly(Lactic Acid) Thermoplastic Polyesters: Potential Applications for Consolidated Wood Veneer and Overlay Products. *Fibers* 8(8): 50.

Jorda J., Kain G., Barbu M.-C., Petutschnigg A., Král P. (2021) Influence of Adhesive Systems on the Mechanical and Physical Properties of Flax Fiber Reinforced Beech Plywood'. *Polymers* 13(18): 3086.

Kajaks J.A. Bakradze G.G., Viksne A.V., Reihmane S.A., Kalnins M.M., Krutohvostov R. (2009) The Use of Polyolefins-Based Hot Melts for Wood Bonding. *Mechanics of Composite Materials* 45(6): 643–50.