
Transposition industrielle de la production de panneaux rigides isolants en chènevotte de chanvre

Colson Valentin^{1,2}, Dalmais Martin¹, Le Cunff Tanguy¹, Jadeau Olivier¹, Lanos Christophe²

¹ Cavac Biomatériaux, Le Fief Chapitre, 85400 Sainte Gemme La Plaine, v.colson@cavac.fr

² Univ Rennes, Laboratoire de Génie Civil et Génie Mécanique - EA 3913, Equipe Matériaux Thermo Rhéologie, IUT Rennes, 3 rue du Clos Courtel, BP 90422 35704 Rennes (France)

...

RÉSUMÉ. Cette étude porte sur la transposition industrielle de la production de panneaux rigides isolants réalisés à partir de chènevotte de chanvre. Les particules sont agglomérées à l'aide d'un liant thermosettable bio-sourcé. Les panneaux de dimensions 60x60x5 cm³ sont fabriqués dans un premier temps à l'aide d'une presse à plateaux chauffants de laboratoire. L'objectif de cette étude est de valider le procédé de fabrication et de caractériser l'influence de la formulation du composite sur les propriétés mécaniques des panneaux. Les résultats montrent que le procédé de thermo-pressage est adéquat pour la fabrication des panneaux de chènevotte dans la plage de densité visée avec des temps de cycle suffisamment réalistes pour envisager une production industrielle. La proportion de réticulant dans le liant, la proportion de liant dans le panneau et la teneur volumique de chènevotte sont les paramètres essentiels à ajuster pour optimiser les propriétés mécaniques du panneau. Après sélection de la meilleure formulation, des essais menés sur une presse à plateaux chauffants industrielle ont abouti à la production de 80 panneaux rigides isolants de dimensions 120x60x5 cm³.

ABSTRACT. This study focuses on the transposition at the industrial scale of the production of rigid insulation panel from hemp shiv. Aggregates are glued using a biobased thermosetting binder. Panel having dimensions of 60x60x5 cm³ are preliminarily manufactured using a laboratory hot platen press. The objectives of this study are to validate the manufacturing process and characterise the effect of composite formulation on panel mechanical properties. Results shows that the thermo-pressing process is suitable for the manufacture of rigid insulation panel from hemp shiv in the targeted range of density and within realistic industrial manufacturing time. Crosslinker proportion in the binder, the binder content into the panel and hemp shiv volume fraction are crucial parameters to be adjusted to optimize panel mechanical properties. After selection of the best formulation, trials were conducted on an industrial hot press which allowed to produce 80 hemp shiv rigid insulation panels having dimensions of 120x60x5 cm³.

MOTS-CLÉS : production industrielle, panneau d'isolation thermique, matériau bio-sourcé, chanvre.

KEY WORDS: Industrial production, thermal insulating panel, bio-based material, hemp.

1. Introduction

Cette étude s'intègre dans le projet européen ISOBIO qui vise à développer de nouveaux matériaux isolants à partir de coproduits de l'agriculture à destination des marchés du bâtiment. Elle focalise sur la formulation et le développement de panneaux isolants rigides basse densité à partir de chènevotte de chanvre. Beaucoup d'études portant sur ce type de matériaux à base de granulats végétaux, ont montré qu'il est possible d'atteindre des performances thermiques et mécaniques élevés [Mati-Baouche 2015] [Palumbo 2015] [Umurigirwa 2014] [Viel 2017]. Viser une masse volumique du composite comprise entre 120 kg/m³ et 220 kg/m³ constitue donc une cible intéressante. Cependant, peu d'études présentent comment transposer le procédé de fabrication à l'échelle du laboratoire à une production industrielle. Cette étude traite de cette problématique.

2. Procédé de pressage à chaud des panneaux

Des essais de fabrication préalablement menés sur outillage industriel ont orienté le choix du procédé vers une méthode en voie sèche impliquant l'utilisation d'un liant therm durcissable. En effet, la méthode par voie humide qui nécessite un traitement thermique extensif pour sécher le panneau, a été écartée en raison d'une énergie prohibitive requise pour le séchage.

Les particules de chènevotte sont liées à l'aide d'un liant bio-sourcé therm durcissable préalablement formulé dans le cadre du projet ISOBIO. Le liant est composé d'une matrice (macromolécules bio-sourcées) et d'un réticulant ayant pour fonction de créer des liaisons covalentes entre les macromolécules.



Figure 1. Illustration des étapes de fabrication du panneau rigide de chènevotte à l'aide d'un thermo-presse de laboratoire.

Le liant est couplé aux particules à l'aide d'un mélangeur de laboratoire IMAL PAL équipé de buses de pulvérisation (figure 1). Les particules encollées sont disposées dans un moule à fond métallique et cadre en bois de dimensions internes 60x60x5cm³. Elles sont réparties manuellement de manière à former un mat homogène. Après pré-pressage manuel, le mat est inséré dans une presse hydraulique équipée de plateaux chauffants. Le mat est comprimé jusqu'à ce que les deux plateaux soient en contact avec le cadre en bois. Les panneaux sont pressés à 180°C pendant 15min. 20 panneaux ayant différentes formulations ont ainsi été fabriqués en faisant varier la proportion de réticulant dans le liant, la proportion du liant et la fraction volumique de chanvre dans le panneau. Après pressage, les panneaux subissent un séchage naturel. Ils sont conservés à 20°C, 50% HR.

3. Caractérisation des propriétés mécaniques

Chaque panneau est découpé afin de produire 5 échantillons de dimensions 50x50x50 mm³ pour essais de résistance en compression et 3 échantillons de dimensions 260x120x50 mm³ pour les essais de résistance en flexion, selon les normes EN 826 [AFNOR 2013a] et EN 12089 [AFNOR 2013b]. Les masses volumiques apparentes des échantillons sont mesurées avant de réaliser les essais. La fraction volumique en chènevotte dans le panneau est caractérisée par sa teneur massique par unité de volume calculée à partir de la composition du panneau selon la formule suivante :

$$HS = \rho_{Comp} \times W\%_{chèn} \quad [1]$$

Avec

HS: la teneur massique par unité de volume en chènevotte (kg/m³)

ρ_{Comp} : Masse volumique apparente du composite (kg/m³)

$W\%_{chèn}$: Proportion massique de chènevotte dans le composite (w/w%)

La figure 2 illustre les propriétés mécaniques des composites évaluées en compression. La formulation des composites ne semble pas avoir d'influence directe sur la résistance en compression car elle évolue presque linéairement entre 0 et 1.01 MPa pour les échantillons ayant une masse volumique de 139 kg/m³ et 217 kg/m³ respectivement. En revanche, on peut constater que la proportion de réticulant dans le composite (tableau 1) a

une influence significative sur le module d'élasticité en compression. Un effet synergique entre la proportion de réticulant et la teneur en chènevette peut être constaté sur le module d'élasticité en compression.

Tableau 1. Classification des proportions de réticulant dans le composite.

Classification	Critères
Faible	% réticulant dans le composite $\leq 2\%$
Moyenne	$2\% < \%$ réticulant dans le composite $\leq 4\%$
Elevée	$4\% < \%$ réticulant dans le composite

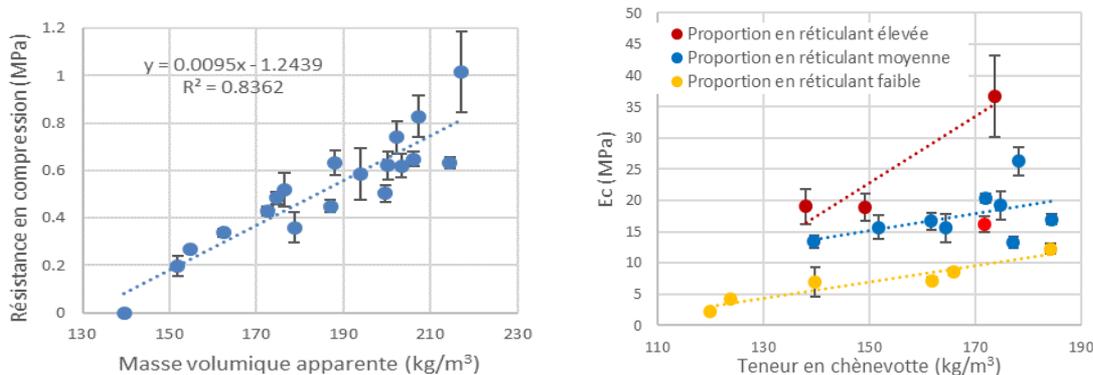


Figure 2. Propriétés mécaniques des panneaux de chènevette en compression (résistance et module d'élasticité).

La figure 3 illustre les propriétés mécaniques des composites en flexion. De même que pour le module d'élasticité en compression, la résistance en flexion et le module d'élasticité en flexion dépendent de la proportion de réticulant dans le composite et de la teneur en chènevette. Ces derniers ont un effet synergique important sur le module d'élasticité en flexion et moins marqué sur la résistance en flexion. Pour une teneur en chènevette de 140 kg/m³, les résistances en flexion pour les proportions faibles, moyennes et élevées en réticulant sont respectivement de 0.29, 0.58 and 0.82 MPa et les modules d'élasticité en flexion sont respectivement 45, 85 and 150 MPa. Pour une teneur en chènevette de 170 kg/m³, les résistances en flexion augmentent jusqu'à 0.83, 1.14 et 1.77 MPa (proportion faible, moyenne et élevée) et le module d'élasticité, jusqu'à 45, 85 et 150 MPa.

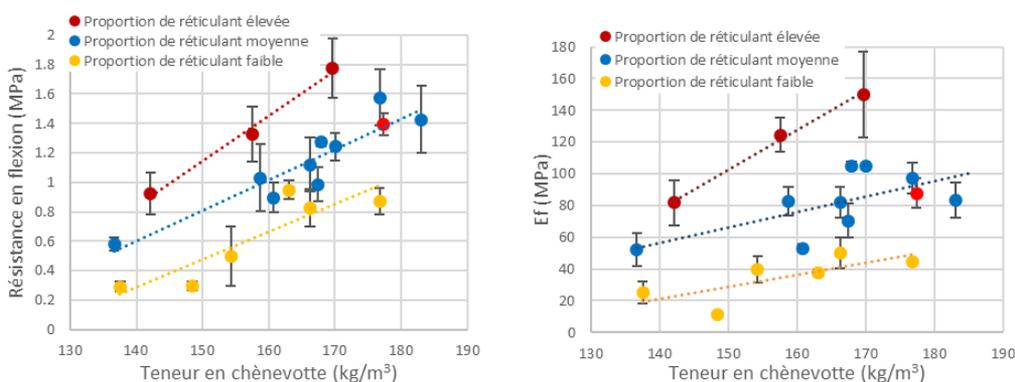


Figure 3. Propriétés mécaniques des panneaux de chènevette en flexion (résistance et module d'élasticité).

Les panneaux ayant une teneur en chènevette de 170 kg/m³ et une proportion « moyenne » de réticulant ont des propriétés mécaniques suffisantes pour l'application visée. Cette formulation a donc été retenue pour la transposition de la fabrication sur outillage industriel.

Des essais complémentaires sur la proportion de liant dans le mélange montrent qu'un excès de liant peut conduire à une pénalisation des propriétés mécaniques. Un compromis sur ce paramètre a été trouvé.

4. Production des panneaux prototypes - échelle industrielle

80 panneaux prototypes de dimensions 120 x 60 x 5 cm³ ont été produits sur une presse à plateaux chauffants industrielle en utilisant le même procédé discontinu. La chènevotte est séchée à l'aide d'un séchoir industriel. La teneur en eau après séchage a été contrôlée inférieure à 1%. Le liant est ajouté à la chènevotte à l'aide d'un mélangeur à socs équipé d'une buse de pulvérisation. Le mat est formé manuellement dans un moule métallique de dimensions internes 130 x 70 x 10 cm³. Après insertion dans la presse, une partie femelle du moule fixée sur le plateau supérieur vient en butée réduire l'épaisseur du mat à l'épaisseur visée de 50 mm (figure 4). Les panneaux ont été pressés à 190°C pendant 15min. Après démoulage, refroidissement et stabilisation, les panneaux ont été usinés de sorte à produire des profils rainures et languettes facilitant leur assemblage sur le site. Dans le cadre du projet européen ISOBIO, les panneaux sont en cours d'installation dans deux démonstrateurs afin d'évaluer leurs performances en conditions réelles d'exploitation notamment dans le cas d'une isolation thermique par l'extérieur.



Figure 4: Illustration des étapes de fabrication des panneaux rigides sur la thermopresse industrielle.

5. Conclusion

Dans cette étude, la démarche adoptée pour transposer la fabrication des panneaux de chènevotte depuis l'échelle du laboratoire jusqu'à l'échelle industrielle a été présentée. Les essais sur la thermopresse ont permis de valider le procédé et d'évaluer l'influence de la formulation sur les propriétés mécaniques des panneaux. Le procédé de fabrication en voie sèche par thermo-pressage est adéquat pour la réalisation de panneaux rigides isolants en chènevotte dans la gamme de densité visée (proche de 200 kg/m³) garantissant l'obtention d'une conductivité thermique suffisamment basse. Les essais sur la thermopresse industrielle ont montré que la production à l'échelle industrielle des panneaux isolants rigides formulés dans cette étude peut être réalisée à l'aide d'une chaîne de production de thermopressage similaire à celles utilisées pour la fabrication des panneaux de particules de bois. La possibilité de transposer ce procédé discontinu sur un outillage continu reste néanmoins à démontrer.

6. Remerciements

Ce travail a été effectué et financé dans le cadre du projet européen ISOBIO – (<http://isobioproject.com>) relevant du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 (agreement No. 636835).

7. Bibliographie

[AFNOR 2013a] AFNOR, Thermal insulating products for building applications – Determination of compression behavior, EN 826, 2013

[AFNOR 2013b], AFNOR, Thermal insulating products for building applications – Determination of bending behavior, EN 12089, 2013.

[Mati-Baouche 2015] Mati-Baouche, N. ; Conception d'isolants thermiques à base de broyats de tiges de tournesol et de liants polysaccharidiques. Ph.D. thesis. Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II, 2015.

[Palumbo 2015] Palumbo, M.; Contribution to the development of new bio-based thermal insulation materials made from vegetal pith and natural binders: hygrothermal performance, fire reaction and mould growth resistance. Diss. Universitat Politècnica de Catalunya, 2015.

[Umuririrwa 2014] Umuririrwa, B. S.; Élaboration et caractérisation d'un agromatériau chanvre-amidon pour le Bâtiment. Ph.D. thesis. Université de REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE, 2014.

[Viel 2017] Viel, M.;Collet, C.;Lanos, C. ; Thermal insulation materials from renewable resources : thermal and hygric performances, ICBBM, 2017, Place: Clermont-Ferrand, France.