Fabrication de matériaux composites à fibres de lin en vue d'une application de mobilier urbain ultraléger et mobile

Michael Berges[1, 2,3], Benoit Piezel[1], Véronique Person[1], Stéphane Corn[2],
Romain Léger[2], Vincent Placet[3], Patrick Ienny[2], Stéphane Fontaine[1]
(1) DRIVE EA1859
Univ. Bourgogne Franche-Comté
F-58000 Nevers, France
e-mail : michael.berges@u-bourgogne.fr
(2) C2MA
Mines d'Alès
F-30319 Alès, France
e-mail : patrick.ienny@mines-ales.fr
(3) FEMTO-ST UMR6174
Univ. Bourgogne Franche-Comté
F-25000 Besançon, France
e-mail : vincent.placet@univ-fcomte.fr

Mots-clés : Composite biosourcé, Fibres de lin, Thermocompression, Pression, Durabilité
Keywords: Bio-based composite, Flax fibres, Thermocompression, Pressure, Durability

Résumé.

Depuis quelques décennies, les matériaux composites se sont imposés dans l'industrie pour leurs propriétés mécaniques élevées et leur légèreté. Actuellement, les fibres naturelles comme renforts pour les composites font l'objet de nombreuses recherches du fait de leurs propriétés mécaniques intéressantes aux fibres synthétiques [1] alors que leur bilan écologique est bien meilleur. Cependant, les fibres naturelles présentent des problématiques de durabilité, à cause de leur caractère hydrophile, lors d'expositions à des conditions hygrométriques et thermiques [2], mais également à cause de la structure-même des fibres naturelles [3]. Il est donc primordial de maîtriser la fabrication des composites, malgré les problématiques spécifiques des fibres naturelles, afin d'obtenir un matériau résistant et fiable.

La thèse dans laquelle ce travail s'inscrit a pour but de comprendre les mécanismes de dégradation de composites renforcés de fibres végétales en vue d'une application dans le mobilier urbain ultraléger et mobile, et est issu d'une collaboration scientifique entre trois laboratoires français (DRIVE, C2MA, FEMTO-ST). L'objectif de ce travail est donc la production des structures composites biosourcées à base de renforts continus naturels avec des propriétés mécaniques répétables et une microstructure maîtrisée.

De la résine époxy Sicomin SR 8500 mélangée avec un durcisseur SZ 8525 (ratio massique 4 : 1) a été renforcée par des fibres de lin purement unidirectionnelles FlaxTape 110® (110 g/m²) de la société Lineo selon un procédé de thermocompression. Les composites produits, constitués de 20 plis unidirectionnels, ont une épaisseur entre 2,5 et 3,5 selon la pression de fabrication utilisée.

D'abord, l'influence du conditionnement hygrométrique des fibres sur les propriétés mécaniques des composites résultants a été étudiée. Il a été observé qu'un conditionnement à 20 °C et 50 %

d'humidité relative a une influence favorable sur les propriétés mécaniques du composite par rapport à un stockage sans contrôle hygrométrique. Ensuite, l'effet de la pression (de 1 à 5 bar) lors de la fabrication a été étudié. Le Tableau 1 récapitule les résultats des taux volumiques des constituants. On constate que lorsque la pression augmente, les taux de fibres et de vide augmentent également. Or, les propriétés mécaniques augmentent avec le taux de fibres, mais diminuent avec le taux de vides. Sur la Figure 1, on observe que la rigidité (module d'Young) augmente entre 1 et 3 bar, mais diminue de manière non significative entre 3 et 5 bar, tandis que la résistance à la rupture (contrainte à la rupture) augmente de manière conséquente entre 1 et 3 bar et augmente peu entre 3 et 5 bar. Le taux de vide, qui a un impact néfaste sur la durabilité lors d'une exposition à des conditions hygrothermiques [2], augmente à partir de 5 bar. Il est important de noter que les taux de vide sont faibles par rapport à certaines données de la littérature [2] ce qui traduit une bonne qualité des composites produits.

Référence plaque	Pression appliquée	Taux volumique de fibres (%)	Taux volumique de vide (%)
TC1	1 bar	37,9 ± 0,9	2,4 ± 0,2
TC2	3 bar	44,9 ± 1,7	2,5 ± 0,4
TC3	5 bar	51,3 ± 1,9	3,1 ± 1,0

Tab. 1. Taux volumiques de fibres et de vide mesurés selon la norme ASTM D 3171 – 99

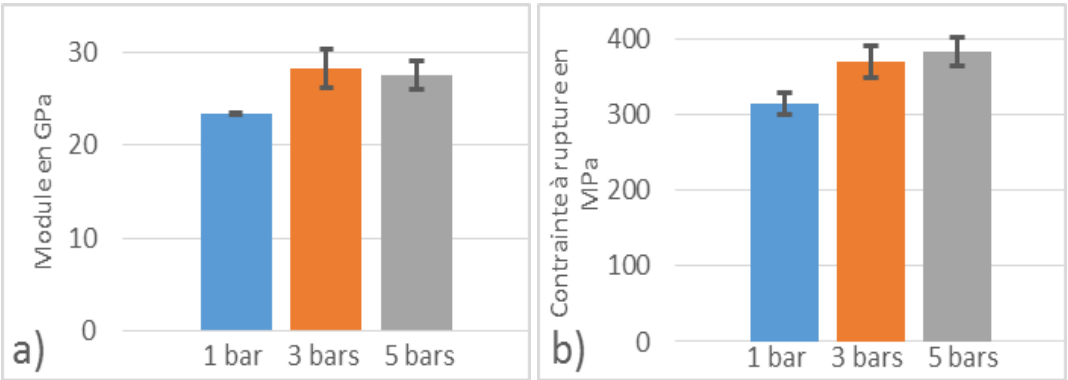

Fig. 1. Propriétés mécaniques en traction en fonction de la pression de fabrication du matériau (a : Module d'Young selon norme ISO 527-4 ; b : Contrainte à rupture)

Il a ainsi été montré que le conditionnement est une étape essentielle et qu'une pression de 3 bar est adaptée à la fabrication de composites reproductibles et résistants. Cette fabrication sera suivie d'une étude de la durabilité des composites produits afin de comprendre les phénomènes de dégradations mis en jeu. L'objectif est de réaliser une modélisation de l'évolution de la microstructure au cours de l'exposition à des conditions humides et thermiques du composite, et de lier cette évolution à celle des propriétés mécaniques. Cette modélisation constituera un outil primordial pour la conception de mobilier urbain en composite renforcé de fibres végétales.

Références

[1] SHAH D.U. (2013). Developing plant fibre composites for structural applications by optimising composite parameters: a critical review. *J. Mater. Sci.* 48(18), 6083–6107.

[2] BERGES M., LEGER R., PLACET V., PERSON V. CORN S., GABRION X., ROUSSEAU J., RAMASSO E., IENNY P., FONTAINE S. (2016). Influence of moisture uptake on the static, cyclic and dynamic behaviour of unidirectional flax fibre-reinforced epoxy laminates. *Comp Part A* 88, 165–177.

[3] BALEY C. (2013). Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites. *Tech. l'ingénieur* 42142210(am5130), 1–17.