

Influence de la microstructure d'un biocomposite non tissé sur son comportement hygromécanique

Victor Gager^{1,2}, Antoine Le Duigou², Alain Bourmaud², Christophe Baley²

1: Eco-technilin SAS
ZA Caux Multipôles, RD 6015, 76190 Valliquerville
e-mail: victor.gager@univ-ubs.fr

2: Institut de Recherche Dupuy de Lôme, UMR CNRS 6027
Université de Bretagne Sud
Rue Saint-Maudé, BP 92 116 ; 56321 Lorient Cedex

Dans un monde où la prise de conscience environnementale devient importante, les industriels s'intéressent de plus en plus aux composites renforcés par des fibres végétales afin de réduire les impacts environnementaux de leurs matériaux. L'usage des fibres végétales en tant que renforts pour matériaux composites offre de nombreux avantages tels que l'amélioration de la fonctionnalité des pièces, la réduction de masse grâce à leurs bonnes propriétés mécaniques spécifiques et la réduction des impacts environnementaux [1]. Dans cette catégorie de matériaux on retrouve les non-tissés qui sont très largement utilisés dans l'industrie automobile grâce à leur coût raisonnable lié à des méthodes de production optimisées. Ces matériaux complexes sont principalement utilisés pour la fabrication de pièces situées dans l'habitacle des véhicules car ils ont l'avantage de conférer différentes propriétés selon leur microstructure. A des taux de porosités élevés (50-60%) les composites non tissés révèlent de bonnes propriétés d'absorption acoustiques mais à plus faibles taux, ce sont les propriétés mécaniques du matériau qui sont privilégiées [2]. Le taux de porosité variant, les performances mécaniques vont être gouvernées par différents paramètres tels que la qualité de la liaison interfaciale fibre/matrice, la surface interfaciale et les propriétés intrinsèques du renfort.

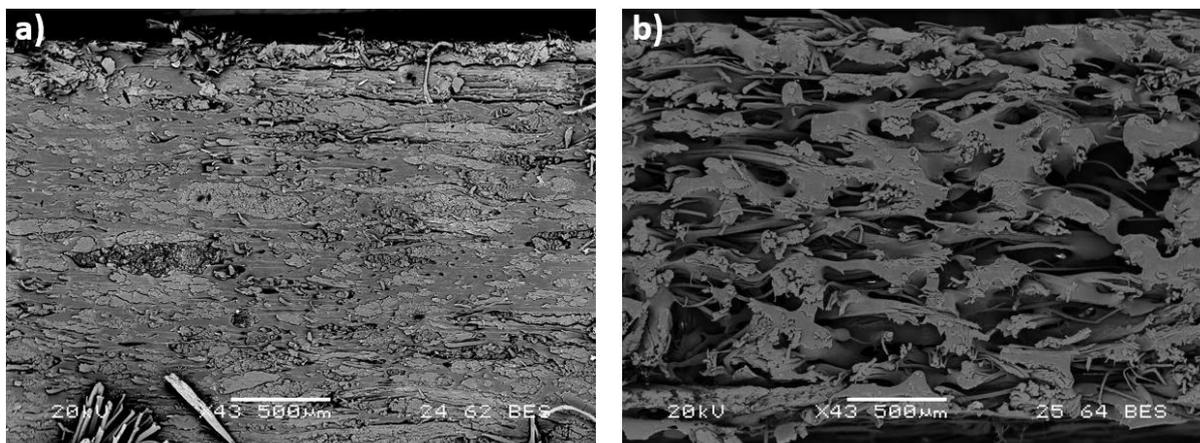


Fig. 1 : Observations au microscope électronique à balayage de la structure de composites non-tissés Lin/PP avec des taux de porosités de a) 5% et b) 50%

Dans le cadre d'une application automobile où les pièces utilisées présentent des taux de porosités variant de 5 à 60%, les variations climatiques (température et/ou humidité) peuvent influencer les performances des non-tissés. Cela est d'autant plus vrai que les fibres végétales ont un caractère hydrophile marqué, combiné à un gonflement/retrait [3]. Ce dernier pourrait toutefois s'avérer utile et améliorer les propriétés du composite puisqu'il a été démontré que l'adhérence fibre/matrice était liée aux contraintes radiales qui sont largement influencées par l'état hygroscopique du renfort [4]. On retrouve dans la littérature des travaux recensant l'influence de l'humidité sur le comportement hygromécanique de composites renforcés par des fibres courtes

de bois [5], [6]. Cela dit, pour les biocomposites en général, de nombreuses questions sur le lien entre la microstructure, les variations d'humidités et les conséquences sur les propriétés mécaniques.

Les travaux présentés ont pour objectif d'étudier l'influence de l'humidité environnante sur la variation de masse, de dimensions ainsi que l'évolution induite des propriétés mécaniques en traction des composites non-tissés à fibres végétales et synthétiques (lin et verre, respectivement). L'impact de la microstructure est évalué grâce à l'étude de matériaux présentant différents taux de porosités ($\phi = 5, 30$ et 50%). Aussi, une comparaison est faite entre des non-tissés lin/PP et leur équivalent renforcé par des fibres de verre n'absorbant pas d'eau. Comme il est possible de le voir sur la figure 2, le module tangent des composites lin/PP n'est pas impacté qu'à partir d'une certaine teneur en eau ($\sim 3\%$ MC) et ce, quel que soit le taux de porosité du matériau. La plastification des fibres végétales et des lamelles mitoyennes étant probablement la source de cette baisse de rigidité. Les contraintes au seuil d'écoulement (Figure 2b) sont en revanche relativement stables en fonction de la teneur en eau. Une augmentation est même observée jusqu'aux alentours de 3% de teneur en eau.

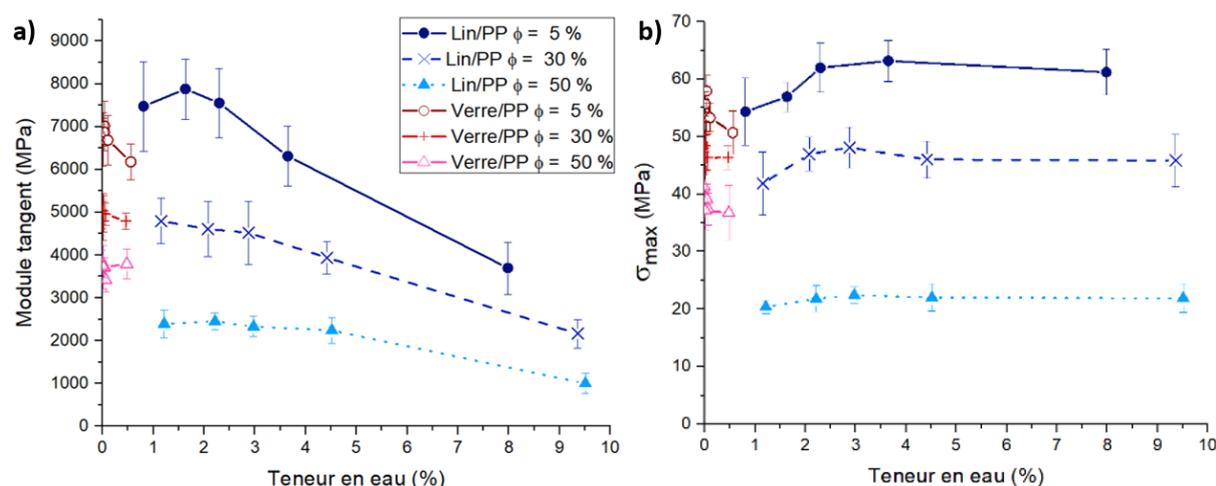


Fig. 2 : Évolution du module tangent a) et de la contrainte au seuil d'écoulement b) en fonction de la teneur en eau pour différents types de microstructures de composites non-tissés lin/PP et verre/PP ($\phi = 5$ et 50%)

Ce phénomène peut potentiellement être lié à l'état de contrainte interne lié au gonflement différentiel entre fibre et matrice, améliorant potentiellement le transfert de charge entre les fibres et la matrice. Bien que l'augmentation du taux de porosité entraîne une diminution des propriétés en traction, leur évolution en fonction de la teneur en eau est similaire.

Références

- [1] A. Le Duigou, P. Davies, and C. Baley, "Environmental impact analysis of the production of flax fibres to be used as composite material reinforcement," *J. Biobased Mater. Bioenergy*, vol. 5, no. 1, pp. 153–165, Mar. 2011.
- [2] J. Merotte, A. Le Duigou, A. Bourmaud, K. Behlouli, and C. Baley, "Mechanical and acoustic behaviour of porosity controlled randomly dispersed flax/PP biocomposite," *Polym. Test.*, vol. 51, pp. 174–180, 2016.
- [3] A. Céline, S. Fréour, F. Jacquemin, and P. Casari, "The hygroscopic behavior of plant fibers: a review," *Front. Chem.*, vol. 1, no. January, pp. 1–12, 2014.
- [4] A. Le Duigou, J. Merotte, A. Bourmaud, P. Davies, K. Belhouli, and C. Baley, "Hygroscopic expansion: A key point to describe natural fibre/polymer matrix interface bond strength," *Compos. Sci. Technol.*, 2017.
- [5] E. Marklund and J. Varna, "Modeling the hygroexpansion of aligned wood fiber composites," *Compos. Sci. Technol.*, vol. 69, no. 7–8, pp. 1108–1114, 2009.
- [6] T. Joffre, E. L. G. Wernersson, A. Miettinen, C. L. Luengo Hendriks, and E. K. Gamstedt, "Swelling of cellulose fibres in composite materials: Constraint effects of the surrounding matrix," *Compos. Sci. Technol.*, vol. 74, pp. 52–59, Jan. 2013.