

## **Effet du vieillissement hygrothermique des composites lin/époxy et lin/benzaoxazine: une comparaison**

### *Effect of hygrothermal aging of flax/epoxy and flax/benzaoxazine composites: A comparison*

**Anurag Pisupati<sup>1,2</sup>, Leila Bonnaud<sup>3</sup>, Mylène Delèglise-Lagardère<sup>1,2</sup>, Chung Hae Park<sup>1,2</sup>**

1 : IMT Lille Douai, Institut Mines-Télécom, Département Technologie des Polymères et Composites & Ingénierie Mécanique, 941 Rue Charles Bourseul, 59508 Douai, France

2 : Université de Lille, 59000 Lille, France

3 : Laboratory of Polymeric and Composite Materials, Center of Innovation and Research in Materials and Polymers (CIRMAP), Materia Nova Research Center & University of Mons, 23 Place du Parc, B-7000 Mons, Belgium

e-mail : [anurag.pisupati@imt-lille-douai.fr](mailto:anurag.pisupati@imt-lille-douai.fr)

e-mail : [leila.bonnaud@materianova.be](mailto:leila.bonnaud@materianova.be)

e-mail : [mylene.lagardere@imt-lille-douai.fr](mailto:mylene.lagardere@imt-lille-douai.fr)

e-mail : [chung-hae.park@imt-lille-douai.fr](mailto:chung-hae.park@imt-lille-douai.fr)

Les fibres naturelles montrent des propriétés intéressantes pour la réalisation de composites de structures : elles présentent des performances spécifiques proches de celles des composites à fibres de verre, grâce à une faible densité, une rigidité spécifique élevée et un haut potentiel de recyclabilité et de biodégradabilité. Cependant, l'utilisation de fibres naturelles dans les applications structurelles reste limitée en raison de la variabilité de leurs caractéristiques dimensionnelles et mécaniques. Elle impliquent également des températures de traitement plus basses, ce qui oblige à adapter les procédés de fabrication existants[1]. Un autre inconvénient est leur faible durabilité en environnement humide en raison du caractère hydrophile des fibres végétales[2]. Si des composites comprenant de telles fibres doivent être utilisés pour des applications à hautes performances, la matrice doit pouvoir protéger les fibres sur ces deux aspects [3,4]. Comme il est connu que les résines époxy ont une tolérance limitée à l'humidité et à la température, il est possible d'utiliser des thermodurcissables à base de benzaoxazines dont les propriétés mécaniques sont parfois supérieures à celles des résines époxy et qui possèdent des propriétés ignifuges très élevées[5]. Bien que ces résines soient disponibles dans le commerce, l'objectif de cette étude consiste à étudier une résine thermodurcissable à base de benzaoxazine bio-sourcée en cours de développement pour des applications à hautes performances.

Ces travaux se focalisent sur l'étude du vieillissement à long terme (40 jours) de matrices époxy et benzaoxazine renforcées avec 45% de fibres de lin en volume. Les deux types de composites ont été vieillis dans deux conditions hygrothermiques différentes ; à température et taux d'humidité constants, et à température constante et taux d'humidité variant cycliquement, représentant des cycles consécutifs de sorption et de désorption d'eau. Le but de cette étude est de déterminer les changements physiques qui surviennent lors du vieillissement de ces composites. Les mesures de perte de masse, de densité et de dimensions ont montré les effets physiques du vieillissement, tandis que les analyses thermiques différentielles montrent les évolutions de comportement physicochimique du matériau. Enfin,

---

des tests mécaniques ont été réalisés afin de mieux comprendre la dégradation des propriétés mécaniques. La teneur en humidité rend le matériau ductile avec une perte de résistance provoquée par la reprise en humidité. Les observations au MEB ont montré l'impact du vieillissement sur la microstructure qui se traduit par la dégradation de l'interface fibre-matrice. Enfin, une comparaison approfondie sera établie entre les deux composites. Les essais de vieillissement menés témoignent du rôle de protection apporté par la résine à base de benzaoxazine sur les fibres naturelles comme le montré en Figure 1.

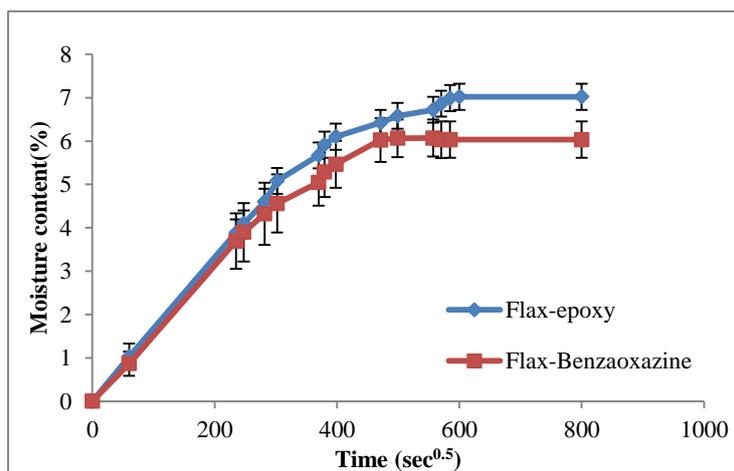


Figure 1 : Évolution de l'absorption d'eau des composites lin-benzaoxazine et lin-époxy en fonction de la racine carrée du temps

#### Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier l'Union européenne (Fond Européen de Développement Régional FEDER) pour le soutien financier apporté au projet BIOCOMPAL dans le cadre du programme INTERREG / FWVL.

#### Références

- [1] K.L. Pickering, M.G.A. Efendy, T.M. Le, A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance, *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* 83 (2016) 98–112. doi:10.1016/j.compositesa.2015.08.038.
- [2] A. Céline, S. Fréour, F. Jacquemin, P. Casari, Characterization and modeling of the moisture diffusion behavior of natural fibers, *J. Appl. Polym. Sci.* 130 (2013) 297–306. doi:10.1002/app.39148.
- [3] D. Scida, M. Assarar, C. Poilâne, R. Ayad, Influence of hygrothermal ageing on the damage mechanisms of flax-fibre reinforced epoxy composite, *Compos. Part B Eng.* 48 (2013) 51–58. doi:10.1016/J.COMPOSITESB.2012.12.010.
- [4] A. Chilali, M. Assarar, W. Zouari, H. Kebir, R. Ayad, Analysis of the hydro-mechanical behaviour of flax fibre-reinforced composites: assessment of hygroscopic expansion and its impact on internal stress, *Compos. Struct.* (2018). doi:10.1016/J.COMPSTRUCT.2018.08.037.
- [5] L. Dumas, L. Bonnaud, M. Olivier, M. Poorteman, P. Dubois, Chavicol benzoxazine: Ultrahigh Tg biobased thermoset with tunable extended network, *Eur. Polym. J.* 81 (2016) 337–346. doi:10.1016/J.EURPOLYMJ.2016.06.018.

