HAL
open science

Impact d'un vieillissement couplé hydro-thermo-mécanique sur la durabilité d'un composite PLA/lin

Arnaud Regazzi, Romain Léger, Stéphane Corn, Patrick Ienny, Anne Bergeret, Jean-Charles Benezet

To cite this version:

Arnaud Regazzi, Romain Léger, Stéphane Corn, Patrick Ienny, Anne Bergeret, et al.. Impact d'un vieillissement couplé hydro-thermo-mécanique sur la durabilité d'un composite PLA/lin. Journées d'Etudes des Matériaux Polymères (JEMP), Oct 2013, Béjaïa, Algeria. hal-03238385

HAL Id: hal-03238385

https://imt-mines-ales.hal.science/hal-03238385v1

Submitted on 31 May 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

IMPACT D'UN VIEILLISSEMENT COUPLE HYDRO-THERMO-MECANIQUE SUR LA DURABILITE D'UN COMPOSITE PLA/LIN

A Regazzi[1], R Léger[1], S Corn[1], P Ienny[1], A Bergeret[1], JC Bénézet[1]

Affiliation 1 : C2MA, Ecole des Mines d'Alès, 6 avenue de Clavières, Alès, France.

Email : romain.leger@mines-ales.fr

Résumé : Ces travaux visent à évaluer la durabilité d'un composite PLA/lin dans des conditions de vieillissement couplées hydro-thermo-mécaniques. La dégradation est étudiée à l'aide de techniques originales telles que l'analyse vibratoire ou le suivi du fluage en immersion. Un couplage fort entre dégradations hydrique et mécanique est mis en évidence. L'ajout de fibres permet d'augmenter les propriétés du composite et de conserver une bonne durabilité.

Mots clés : durabilité / couplage multiphysique / composite biosourcé / fluage / vibration libre.

1 Introduction

De nombreux industriels souhaitent à l'heure actuelle substituer les composites issus intégralement de ressources renouvelables (matrice bio-sourcée et fibres végétales) aux composites traditionnels issus du pétrole et donc moins respectueux de l'environnement. Le marché de ces composites, appelés biocomposites, est en pleine croissance, mais reste malgré tout limité à des applications de niche. La variabilité des propriétés des fibres végétales en fonction de leur mode de culture, des saisons, des variétés par exemple se répercute sur les propriétés du biocomposite les intégrant, ce qui rend difficile l'application stricte d'une règle de dimensionnement. Par ailleurs, le manque de connaissances sur la durabilité des biocomposites en conditions d'exploitation ne jouent pas encore en leur faveur.

Dans la littérature, les études de durabilité concernent souvent les composites à matrice thermodurcissables plus couramment utilisés pour des applications structurales [1,2]. Les effets de couplage des diverses sollicitations y sont parfois étudiés. Par contre, très peu de travaux concernent l'impact couplé d'une sollicitation mécanique et hydrique sur les composites à matrice thermoplastique, tels que les composites PLA/lin, pourtant de plus en plus employés pour des applications semi-structurales. La plupart du temps, les auteurs mettent uniquement en évidence les mécanismes de dégradation de ces biocomposites face à une sollicitation donnée [3,4]. Les travaux présentés ici s'intéressent en premier lieu à ces effets de couplage et à l'impact du taux de renforcement sur la durabilité en milieu chaud et humide.

2 Matériaux et méthodes

2.1 Matériaux

Trois matériaux sont étudiés : un PLA pur (NatureWorks® 7000D), et deux biocomposites PLA/lin avec 10 et 30% en masse de fibres courtes de lin (FRD® Fibra-S6A). Les éprouvettes ISO ½ sont réalisées par extrusion/injection.

2.2 Méthodes d'essais

Dans un premier temps, le vieillissement hydrothermique de ces matériaux ainsi que son impact sur les propriétés viscoélastiques sont évalués. Pour cela, les échantillons sont placés dans des bains thermostatés à 20, 35 et 50°C où sont suivis périodiquement masse, gonflement et propriétés viscoélastiques (module de conservation et facteur d'amortissement). Ces dernières sont déterminées par une technique d'analyse vibratoire associant marteau de choc et mesure de déplacement par laser Les fréquences de résonnance des modes propres permettent d'en déduire les propriétés mécaniques recherchées. Une telle méthode est peu courante, mais rapide et non-destructive [5].

Dans la suite, le comportement en fluage des matériaux en l'absence de vieillissement hydro-thermique est évalué. Au cours de ces essais, un déchargement périodique de l'échantillon permet de suivre in-situ la chute des propriétés élastiques. L'essai est réalisé dans une enceinte permettant l'ajout des sollicitations hydro-thermique (bain thermostaté entre 20°C et 50°C) et ainsi mener une analyse du couplage multiphysique.

3 Résultats

Les essais de sorption révèlent un comportement de Fick pour le PLA à 20 et 35°C [4], mais une diffusion de type Carter/Kibler [6] pour les biocomposites à toutes les températures. Le PLA à 50°C subit quant à lui une perte de masse probablement liée à une hydrolyse.

La plastification due à l'absorption d'eau se traduit par une nette diminution du module élastique dynamique associée à une augmentation de l'amortissement. Un séchage des échantillons montrent la réversibilité partielle du module après vieillissement (dépendant de la quantité de fibres et de la température d'essai), alors que l'amortissement est totalement recouvré.

Les essais de fluage en milieu sec à 20°C ne montrent aucune évolution du module ainsi qu'une vitesse de fluage très faible. Lorsque cet essai est réalisé en immersion une composante de couplage apparait. Elle est d'autant plus marquée que la température et le taux de fibres sont élevés. On note toutefois l'effet bénéfique des fibres qui permettent de prolonger la durabilité (rupture plus tardive et module acceptable).

Références :

[1] A. Boisseau, P. Davies and F. Thiebaud "Fatigue behaviour of glass fiber reinforced composites for ocean energy conversion systems" *Applied Composite Materials*, Vol. 20, No 2, pp145-155.

[2] J. Mercier, A. Bunsell, P. Castaing and J. Renard "Characterisation and modeling of aging of composites" *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, Vol. 39, No 2, pp 428-438, 2008.

[3] B. Bax and J. Müssig "Impact and tensile properties of PLA/Cordenka and PLA/flax composites" *Composites Science and Technology*, Vol. 68, No. 7-8, pp 1601-1607, 2008

[4] A. Le Duigou, P. Davies and C. Baley. "Seawater aging of flax/poly(lactic acid) biocomposites". *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 94, No. 2, pp 1151-1162, 2009.

[5] S. Corn, J.S. Dupuy, P.Ienny and L.Daridon "Vibration analysis techniques for detecting filler-matrix decohesion in composites" *Revue des Composites et des Matériaux Avancés*, Vol. 22, No 1, pp 77-90, 2012.

[6] H.G. Carter and K.G. Kibler "Langmuir type model for anomalous moisture diffusion in composite resins" *Journal of Composite Materials*, Vol 12, No 2, pp 118-131, 1978.