



HAL
open science

Modélisation du vieillissement hydrothermique de composites biosources a fibres courtes

Arnaud Regazzi, Romain Léger, Stéphane Corn, Patrick Ienny

► **To cite this version:**

Arnaud Regazzi, Romain Léger, Stéphane Corn, Patrick Ienny. Modélisation du vieillissement hydrothermique de composites biosources a fibres courtes. Fatigue et durabilité des composites biosourcés (ECOMAT), May 2016, Besançon, France. hal-03233821

HAL Id: hal-03233821

<https://imt-mines-ales.hal.science/hal-03233821v1>

Submitted on 25 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.

MODELISATION DU VIEILLISSEMENT HYDROTHERMIQUE DE COMPOSITES BIOSOURCES A FIBRES COURTES

Arnaud Regazzi⁽¹⁾, Romain Léger^{*(1)}, Stéphane Corn⁽¹⁾, Patrick Jenny⁽¹⁾

⁽¹⁾ École des Mines d'Alès, C2MA, 6 avenue de Clavières, F-30319 ALES Cedex

^(*) correspondant : romain.leger@mines-ales.fr

Mots-clés : Fibres de lin, Vieillissement hydrothermique, Modélisation

RESUME

Afin de répondre à la problématique de durabilité posée par les composites à renfort lignocellulosique, les travaux menés dans cette étude ont eu pour objectif de prédire la perte de rigidité de tels matériaux et leur durée de vie dans des conditions hydrothermiques. Un modèle numérique en éléments finis calé sur des mesures expérimentales menées sur des composites PLA/lin est proposé. Il permet de simuler l'évolution simultanée de la diffusion hydrique au sein de l'échantillon et de sa rigidité. L'utilisation conjointe d'un modèle analytique d'homogénéisation permet *in fine* d'estimer la dépendance du comportement élastique des constituants (fibres et matrice) à la teneur en eau au sein du composite pour différents taux de fibres, températures et temps de vieillissement.

INTRODUCTION

La sensibilité des renforts végétaux aux conditions environnementales rend leurs propriétés très variables et donc peu compatibles avec les critères recherchés dans l'industrie des matériaux. Parallèlement aux tentatives de limiter cette sensibilité, il est ici proposé de contribuer à la prédiction de l'évolution des propriétés de composites biosourcés. Pour un couple fibre/matrice donné, l'objectif est de proposer un modèle numérique le plus simple possible permettant de prédire l'évolution du module d'élasticité d'un composite immergé dans l'eau quelle que soient la géométrie du composite injecté, son taux de fibres ainsi que sa température d'immersion.

MATERIAUX ET METHODES

Des éprouvettes haltères de poly(acide lactique) (PLA) renforcé de fibres courtes de lin ont été injectées avec différents taux massiques de fibres : 0%, 10% (PLA-F10) et 30% (PLA-F30). Ces éprouvettes ont été immergées dans l'eau à différentes températures : 20, 35 et 50°C. Leur absorption d'eau a été évaluée par pesée, et l'évolution de leur module d'élasticité suivie par analyse en vibrations libres (Regazzi *et al.*, 2016).

RESULTATS

Dans un premier temps, une relation entre le module élastique et la concentration en eau dans le composite a été établie pour chacun des matériaux considérés. Pour ce faire, des éprouvettes ont été portées à saturation dans différentes conditions environnementales afin d'évaluer leur module d'élasticité pour plusieurs concentrations homogènes en eau dans l'éprouvette. Ainsi, pour chaque taux de fibre, le module d'élasticité est reporté en fonction de la concentration homogène (Fig.1).

Dans un second temps, afin de modéliser le comportement diffusif complexe de l'eau dans le composite, un modèle numérique intégrant le modèle de diffusion de Langmuir a été utilisé (Carter *et al.*, 1978). L'emploi d'un modèle par éléments finis a permis ainsi de prendre en compte la géométrie réaliste des éprouvettes haltères et la tridimensionnalité de la diffusion. Les paramètres associés à ce modèle, tels que la diffusivité et la teneur en eau à saturation, se sont avérés obéir à la loi d'Arrhenius.

Enfin, l'interpolation des résultats de la Fig.1 a permis de simuler l'évolution locale en tout point de l'éprouvette du module d'élasticité au cours du transitoire. La Fig.2 représente le module élastique

expérimental et simulé pour différentes températures d'immersion dans l'eau au cours du temps.

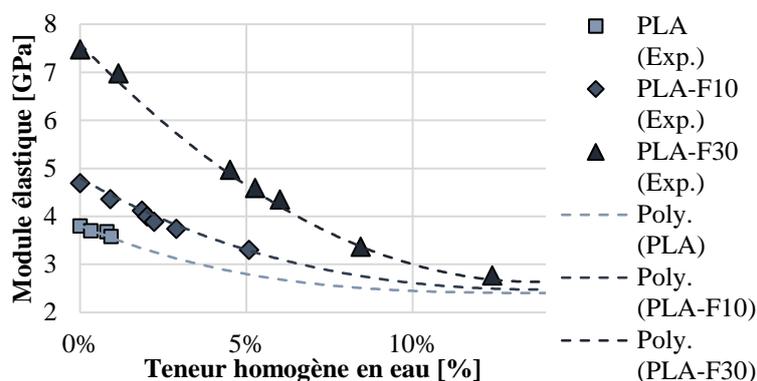


Fig.1 Valeurs expérimentales (marqueurs) du module d'élasticité du PLA et des composites PLA/lin en fonction de la concentration homogène en eau

Finale­ment, un modèle d'homogénéisation d'Halpin-Kardos (van Es, 2001) basé sur une hypothèse de distribution et d'orientation spatiale aléatoire des fibres courtes a été utilisé afin d'estimer les modules d'élasticité des fibres et de la matrice en fonction de la teneur en eau dans le composite. Les résultats obtenus montrent une chute drastique du module d'élasticité des fibres de 55 GPa avant immersion à 5 GPa pour une teneur massique en eau de 10%.

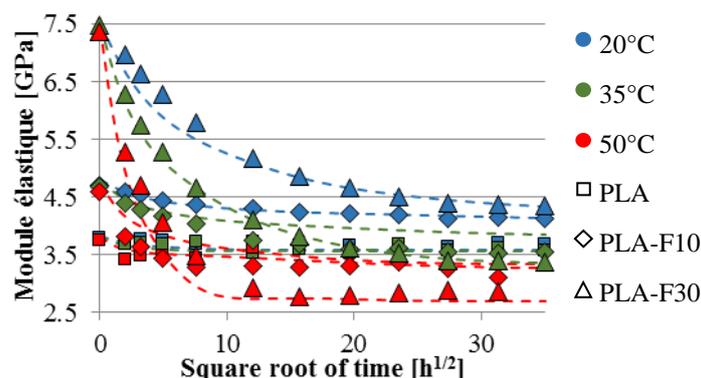


Fig.2 Valeurs expérimentales (marqueurs) et simulées (pointillées) du module d'élasticité homogénéisé du PLA et des composites PLA/lin durant leur immersion dans l'eau

CONCLUSION

Le modèle proposé a permis de prédire avec une relativement bonne précision l'évolution du module d'élasticité de composites biosourcés au cours de leur immersion dans l'eau. L'intérêt de ce modèle réside essentiellement dans sa simplicité de mise en œuvre et sa facilité d'extrapolation.

REFERENCES

- Regazzi A., Corn S., Jenny P., Bénézet J.C., and Bergeret A. (2016). Reversible and irreversible changes in physical and mechanical properties of biocomposites during hydrothermal aging. *Industrial Crops and Products* **84**, 358-365.
- Carter H.G., and Kibler K. G. (1978). Langmuir-Type Model for Anomalous Moisture Diffusion In Composite Resins. *Journal of Composite Materials* **12**, 118-131.
- van Es M.A. (2001). Polymer-clay nanocomposites: the importance of particle dimensions. Delft University of Technology