



# NOTE DE RECHERCHE

NOVEMBRE 2015 • V.2, N° 11.

## MODIFICATION DE FIBRES DE CHANVRE PAR DU MAPE EN SOLUTION ET COMPORTEMENT MÉCANIQUE DE COMPOSITES À BASE DE POLYÉTHYLÈNE

**Résumé :** La présence d'impuretés à la surface des fibres naturelles et leur nature hydrophile sont respectivement responsables de la mauvaise mouillabilité et de l'absence de compatibilité chimique avec les matrices polymères hydrophobes. Ces limitations peuvent être améliorées par un traitement de surface des fibres et/ou de la matrice. Dans ce travail, nous avons étudié une nouvelle approche de traitement chimique des fibres naturelles qui consiste à les modifier à l'aide d'un agent de couplage (MAPE) dans un solvant (TCB) et ce, avant leur introduction dans une matrice polymère (LMDPE). Les résultats d'une analyse thermogravimétrique (TGA) ont mis en évidence une perte de masse entre 400°C et 500°C, confirmant la présence du MAPE greffé à la surface des fibres. En outre, les propriétés mécaniques ont montré une augmentation significative de la résistance à la traction des composites aux fibres modifiées.

**Applications potentielles et retombées industrielles :** Production de matériaux composites structuraux (panneaux de portes, tableaux de bord, panneaux de sécurité, clôtures, terrasses, toitures, balustrades, revêtement, bancs de parcs) aux propriétés améliorées (bonne résistance) par une mise en forme simple et efficace.

### INTRODUCTION

L'idée principale derrière l'utilisation des fibres naturelles dans les plastiques est de réduire les coûts, tout en produisant des matériaux avec des propriétés acceptables. En plus d'être renouvelables et biodégradables, les fibres naturelles sont disponibles localement, peu coûteuses, et présentent une densité et des propriétés mécaniques spécifiques intéressantes<sup>1,2</sup>. Les composites obtenus doivent présenter de bonnes performances afin de se développer dans les marchés tels que ceux de l'automobile; de la construction et des biens de consommation<sup>1</sup>. Mais, le manque de compatibilité chimique entre la majorité des matrices thermoplastiques (hydrophobes) et les fibres naturelles (hydrophiles) provoque une mauvaise adhésion entre ces deux composants. Ce qui conduit à la production de composites ayant des propriétés mécaniques limitées<sup>1,3,4</sup>. Pour résoudre ce problème, plusieurs méthodes de traitements de surface des fibres végétales (lignocellulosiques) ont été développées dans les dernières années, celles-ci impliquant l'utilisation du mixage intensif, du traitement thermique (plasma) ou chimique (acétylation, utilisation des polyoléfines fonctionnalisées) ou d'agents de couplage. Cependant, la plupart de ces méthodes présentent des limitations qui ne maximisent pas le plein potentiel de ces matériaux en termes de propriétés mécaniques. Par exemple, la réduction du ratio d'aspect (L/D) des fibres lors du mixage intensif, la dégradation thermique (thermo-oxydation) au cours des traitements thermiques et la mauvaise dispersion lors de l'utilisation directe des agents de couplage limitent les améliorations possibles. Dans ce travail, on propose une approche alternative qui consiste à modifier les fibres de chanvre à l'aide d'un agent de couplage (l'anhydride maléique greffé au polyéthylène de haute densité noté HDPE-g-MAH ou encore MAPE) dans un solvant (1,2,4-trichlorobenzène), avant leur introduction dans une matrice polymère (polyéthylène) pour la fabrication de matériaux composites utilisant des procédés de mise en œuvre à l'état fondu (extrusion et moulage en injection).

### I. MATÉRIEL ET MÉTHODE

- Les fibres de chanvre (250-1000 µm) et le MAPE ont été utilisés comme renfort et agent de couplage respectivement. Le solvant utilisé était le 1,2,4-trichlorobenzène (TCB) et la matrice était du polyéthylène linéaire de moyenne densité (LMDPE).
- Le chanvre a été modifié dans la solution de TCB à une température entre 80°C et 90°C, sous agitation pendant 30 minutes puis séché dans une étuve à 80°C pendant 48 h. Les composites (LMDPE+30% chanvre) ont été produits à l'aide d'une extrudeuse bi-vis et les granules obtenues ont été séchées à 80°C dans un four pendant 24 h avant d'être moulées.
- L'impact de la modification en solution a été évalué en faisant une analyse Thermogravimétrique (TGA) des fibres et en étudiant les propriétés mécaniques (traction) qui ont été mesurées sur des échantillons suivant la norme ASTM D-638 (type IV).

### II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### *Analyse thermogravimétrique*

La Figure 1 révèle une perte de masse entre 400°C et 500°C dans les fibres de chanvre modifiées, qui est absente dans celles non modifiées. Cette perte de masse est liée à la présence du MAPE qui a été greffé à la surface des fibres après la modification en solution<sup>3</sup>. Cette observation montre que la modification des fibres en solution par le MAPE a été un succès. La quantité greffée (révélée par la hauteur du pic de MAPE à la Figure 1) est plus importante lorsque la concentration en MAPE utilisée en solution augmente de 3% à 6%. Cependant, la perte de masse est moins importante lorsque la concentration de MAPE utilisée est de 9% en solution, indiquant une faible quantité greffée aux fibres correspondantes. L'amélioration de la quantité greffée (observée à 6%) est due à l'augmentation de la concentration de MAPE en solution. La diminution observée à 9% peut être expliquée par le fait que la plus forte quantité de MAPE dans la solution augmente la possibilité d'interaction entre les molécules de MAPE

(auto-enchevêtrement) réduisant ainsi la quantité disponible pour former des liaisons avec le chanvre<sup>3</sup>.

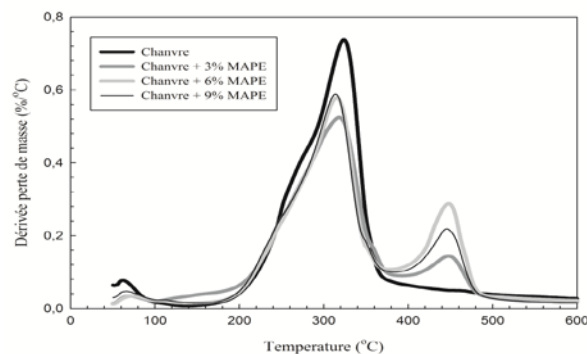


Figure 1. Analyse thermogravimétrique des fibres de chanvre.

### Propriétés mécaniques

• Pour évaluer l'effet de la modification des fibres de chanvre en solution sur les propriétés mécaniques des composites, des essais de traction ont été effectués. Les résultats en termes de module d'Young (E), de résistance à la traction ( $\sigma$ ) et d'allongement à la rupture ( $\epsilon$ ) sont présentés dans le Tableau 1.

**Tableau 1.** Effet de la modification sur les propriétés mécaniques des composites (MV = LMDPE, FC = fibres de chanvre).

Échantillons	codes	E (MPa)	$\sigma$ (MPa)	$\epsilon$ (%)
MV	LMDPE	250(07)	13.1(0.3)	826(19)
MV+FC	UT	569(11)	13.7(0.6)	14.8(0.9)
MV+FC+3%MAPE	UTE3S	518(25)	15.8(0.4)	14.4(2.0)
MV+FC+6%MAPE	UTE6S	561(26)	17.3(0.3)	12.4(1.0)
MV+FC+9%MAPE	UTE9S	545(15)	17.0(0.3)	12.1(1.0)

Tous les composites possèdent 30% de renfort (chanvre). Les valeurs entre parenthèses sont les déviations standards.

• L'introduction de 30% de chanvre non modifié dans le LMDPE (UT) conduit à une augmentation significative (environ 138%) du module d'Young (E) sans influencer significativement sa résistance à la traction ( $\sigma$ ). L'augmentation de E s'explique par la rigidité apportée par les fibres de chanvre puisque leur module d'Young (~70000 MPa) est plus élevé que celui de la matrice (~250 MPa)<sup>4</sup>. Pour la résistance à la traction, ceci peut être attribué à la somme d'un manque de mouillage et d'adhésion entre le chanvre et le LMDPE<sup>3</sup>.

• La modification du chanvre avec 3% de MAPE en solution (UTE3S) conduit à une diminution significative du module d'Young (E) de 8% et une augmentation de la résistance à

la traction de 15% par rapport à UT. La diminution de E est probablement due à la réduction de la rigidité causée par leur dégradation thermique en raison de la température du solvant. Par contre, l'augmentation de la résistance à la traction est liée à l'amélioration de la qualité de l'interface due au MAPE, ce qui a permis au composite d'assurer un meilleur transfert des contraintes mécaniques entre les fibres et la matrice par rapport au composite UT i.e. un composite plus résistant.

• Une concentration de MAPE de 6% en solution (UTE6S) conduit à un effet non significatif sur le module d'Young (E), mais une amélioration importante de la résistance à la traction ( $\sigma$ ) de 26% par rapport à UT. L'absence de diminution du module d'Young est liée à la faible dégradation des fibres due à la grande quantité de MAPE greffé qui joue un rôle de barrière thermique. L'amélioration de la résistance à la traction s'explique par l'augmentation de la quantité de MAPE greffée comme le montrent les intensités des pics de MAPE à la Figure 1.

• L'augmentation de la concentration de MAPE à 9% en solution (UTE9S) ne contribue pas à l'amélioration significative du module d'Young et de la résistance à la traction par rapport à UTE6S. Le manque d'amélioration de la résistance à la traction pour UTE9S par rapport à UTE6S, malgré l'augmentation de la quantité de MAPE, est en accord avec la diminution de la quantité de MAPE greffée, observé à la Figure 1 comme expliqué précédemment.

• L'allongement à la rupture des composites ( $\epsilon$ ) diminue de manière importante par rapport à celle de la matrice (LMDPE) et la modification au MAPE en solution n'a pas d'effet significatif sur cette propriété. Des études antérieures<sup>4, 5</sup> ont également observé cette tendance et l'ont attribuée à l'augmentation de la rigidité du composite.

### III. CONCLUSIONS

• La modification des fibres de chanvre en solution permet de greffer l'agent de couplage directement à la surface des fibres et la modification des fibres à l'aide de 6% de MAPE en solution donne les meilleurs résultats i.e. une augmentation significative de la résistance du composite.

• La présence du MAPE utilisé a permis essentiellement d'améliorer la résistance à la traction des composites aux fibres modifiées par rapport à celui aux fibres non modifiées, indiquant une amélioration de la dispersion des fibres et de la compatibilité fibres-LMDPE dans les composites à base de polyéthylène.

<sup>1</sup> Faruk O, Bledzki A, Fink H-P, Sain M. 2014. Progress Report on Natural Fiber Reinforced Composites. *Macromolecular Materials and Engineering* 299(1): 9-26.

<sup>2</sup> Faruk O, Bledzki AK, Fink H-P, Sain M. 2012. Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010. *Progress in Polymer Science*. 37(11): 1552-96.

<sup>3</sup> Chimeni DY, Toupe JL, Dubois C, Rodrigue D. 2016. Effect of Hemp Surface Modification on the Morphological and Tensile Properties of Linear Medium Density Polyethylene (LMDPE) Composites. *Composite Interfaces*, accepté pour publication.

<sup>4</sup> Raj RG, Kokta BV. 1992. Mechanical Properties of Surface-Modified Cellulose Fiber-Thermoplastic Composites. *American Chemical Society* 476: 76-87.

<sup>5</sup> Kakroodi RA, Kazemi Y, Rodrigue D. 2013. Mechanical, rheological, morphological and water absorption properties of maleated polyethylene/hemp composites: Effect of ground tire rubber addition. *Composites Part B: Engineering*. 51(1): 337-44.

Auteurs: Désiré Yomeni CHIMENI M.Sc. et Denis RODRIGUE Ph.D.

Pour plus d'informations: Denis RODRIGUE, professeur titulaire  
[Denis.Rodrigue@gch.ulaval.ca](mailto:Denis.Rodrigue@gch.ulaval.ca) ; Tel.: 1-418-656-2903

Département de génie chimique et CERMA  
 Université Laval, Québec, Qc, Canada, G1V 0A6  
<http://www.materiauxrenouvelables.ca>