

Analyse de l'effet du recyclage sur les comportements mécaniques des composites renforcés par des fibres d'Alfa

F. E. El-Abbassi¹, M. Assarar², R. Ayad², N. Lamdouar³

¹ Equipe de recherche Génie civil et Géo Ingénierie

Faculté des Sciences et Techniques, Université CADI AYYAD

² Laboratoire d'Ingénierie et Sciences des Matériaux (LISM, EA 4695), Université de Reims Champagne-Ardenne, 9 Boulevard de la Paix, 51100 Reims, France

³ Equipe Simulation, Instrumentation et Mesures, Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Rabat, Maroc

Résumé

Cet article vise à étudier l'effet du recyclage sur les propriétés statiques d'un composite à matrice polypropylène (PP) renforcée par des fibres courtes d'alfa. A cet effet, nos composites renforcés soit par des fibres d'alfa ou des fibres de chanvre ont été élaborés par les procédés d'extrusion et d'injection. Ils ont été soumis à différents cycles de recyclage mécanique. Les composites recyclés et non recyclés ont été testés en traction et flexion afin d'évaluer l'effet du recyclage sur leur comportement mécanique. En outre, les effets des traitements alcalins et d'eau salée sur les propriétés mécaniques de nos composites ont également été étudiés. Les résultats obtenus montrent que les propriétés mécaniques en traction et en flexion de nos composites, qu'ils soient renforcés en fibres d'alfa ou de chanvre, diminuent avec les cycles de recyclage. Particulièrement, pour les composites à fibres d'alfa traités avec de l'eau salée. En effet, on constate que le traitement alcalin améliore les propriétés mécaniques en statique du composite à fibres d'alfa plus que le traitement en eau salée. En revanche, le composite à fibres de chanvre conserve légèrement mieux ses propriétés au cours des opérations de recyclage par rapport au composite avec fibres d'alfa.

Mots clefs : *fibres d'alfa, fibres de chanvre, biocomposites, propriétés mécaniques, recyclage.*

1. Introduction

Suite aux problèmes de raréfaction des ressources pétrolières, les contraintes environnementales et les nouvelles réglementations industrielles, l'utilisation de fibres naturelles dans des matrices polymères (biodégradables ou non) s'est intensifiée durant ces dernières années[1]. En effet, les fibres naturelles ont l'avantage de présenter des propriétés mécaniques spécifiques compétitives par rapport aux fibres de verre,

d'avoir une masse volumique faible ainsi que d'être disponibles annuellement[2].

Parmi les fibres naturelles, les fibres d'alfa attirent de plus en plus l'attention des chercheurs. En effet, un des avantages de la fibre d'alfa est son caractère abondant, notamment en Afrique du Nord. D'autre part, cette fibre contient un taux de cellulose entre 43,8 et 47,6 %, ce qui lui permet d'avoir de bonnes propriétés mécaniques : module de Young entre 18,2 et 24,92 GPa et une contrainte à la rupture entre 187,6 et 308 MPa[3].

Eu égard aux dernières législations européennes, Le recyclage des composites est devenu aussi une priorité. Ainsi, plusieurs études se sont intéressées au recyclage des bio-composites[4, 5], mais très peu d'entre elles ont concerné des composites à base de fibres d'Alfa [6]. Cela nous a ainsi motivés à suggérer une telle étude dans le présent travail, en vue d'élargir nos connaissances sur le recyclage de ces matériaux biosourcés. Dans le but de mener à bien les investigations, nous avons eu recours à des essais de traction, de flexion et des observations en microscope électronique à balayage. Parallèlement à ces travaux, et à titre de comparaison des performances, nous avons recyclé des composites à matrice PP renforcée en fibres courtes de Chanvre (très utilisées en Europe [7]).

2. Matériaux et essais

2.1. Extraction et traitement de la fibre

Nous avons utilisé la fibre d'Alfa de la région nord-est du Maroc, dans la région d'Oujda. Dans un premier lieu, les fibres reçues sont séchées sous le soleil pendant trois jours (figure I). Cette étape permet d'avoir des tiges plus sèches afin de rendre leur extraction plus facile. Enfin les tiges sont broyées mécaniquement puis tamisées pour obtenir des fibres de diamètre ~500 µm et une longueur ~ 4 mm.

Afin d'améliorer l'interface fibre/matrice, les fibres alfa obtenues ont subi deux traitements. Le premier consiste à tremper pendant 24 heures les fibres dans de l'eau salée à 35 g/l en NaCl à une température de 60 °C. Ensuite, les fibres sont lavées plusieurs fois avec de l'eau distillée puis séchées pendant 12 heures dans un four à une température de 105 °C. Le deuxième traitement étant alcalin, il consiste à laver les fibres traitées par le traitement en eau salée puis à les mettre pendant 24

heures dans une solution de 10% de NaOH à température ambiante.

Pour la suite de ce travail, les composites à matrice polypropylène renforcée par des fibres d'alfa traitées par le traitement en eau salée ou alcalin seront désignés par PRFAN et PRFAS, respectivement. De même, le polypropylène renforcé par des fibres de Chanvre sera désigné par PRFC.



Figure 1. Le processus d'Elaboration des composites renforcés par la fibre d'alfa : a) les tiges séchées, b) Les morceaux de tiges coupés, c) le broyeur, d) fibres non traitées, e) fibres traitées, f) extrusion ; g) compounds ; h) injection, i) éprouvettes.

Pour recycler nos composites nous avons opté pour un procédé mécanique. En effet, pour réaliser un cycle de recyclage, nos éprouvettes sont broyées mécaniquement puis séchées dans une étuve à 105°C pendant 4 h, ensuite élaborées à l'aide d'une presse à injecter. Il est aussi important de noter qu'aucune matière première n'a été rajoutée durant ces processus du recyclage.

2.2 Essais

Les essais de traction ont été réalisés à température ambiante sur une machine de traction de type Instron. La vitesse de déplacement de la traverse est de 2 mm/min. La mesure de la déformation est réalisée avec un extensomètre d'une longueur nominale de 50 mm. Nous avons également effectué des essais de flexion à trois points conformément à la norme ASTM D790. Les essais sont effectués sur la machine munie d'une cellule de charge de 5KN. La vitesse de déplacement de la traverse est de 2mm/min. Les résultats présentés dans cet article sont des moyennes issues de 5 essais reproductibles.

Afin de déceler les modifications morphologiques engendrées par le recyclage sur les composites à fibres d'alfa et de chanvre, les faciès de rupture des composites recyclés et non recyclés ont été observées à l'aide d'un microscope électronique à balayage de type FEI Quanta 200 SEM. Les échantillons ont été coupés transversalement à 5 mm à partir de la section de rupture puis recouverts d'une fine couche de carbone.

3. Résultats et discussions

3.1. Comportement en traction

Dans le but de mieux illustrer l'effet du recyclage sur les composites de l'étude, nous avons présenté dans la figure 2 l'évolution des propriétés mécaniques en traction en fonction du nombre de cycles. Les résultats du premier cycle montrent que l'effet du traitement alcalin sur les propriétés en traction est meilleur que celui du traitement en eau salée. Ces propriétés sont comparables à celles du composite renforcé en fibres de Chanvre.

D'une manière générale, le module d'Young et la contrainte maximale diminuent avec le recyclage. Pour le module d'Young, cette diminution est d'environ 8 à 9,5%, 11 à 18% et 11 à 15% pour les composites PRFC, PRFAN et PRFAS, respectivement.

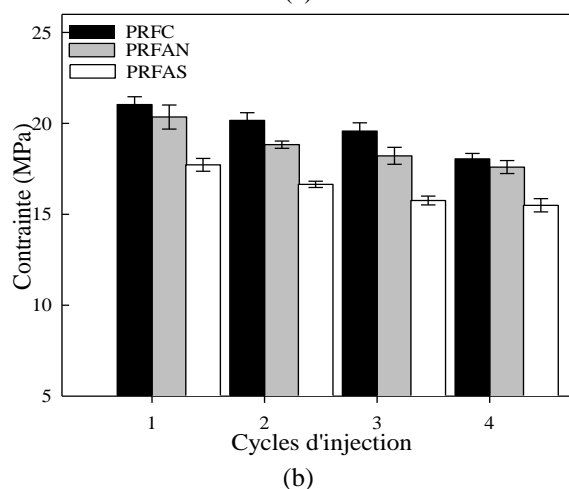
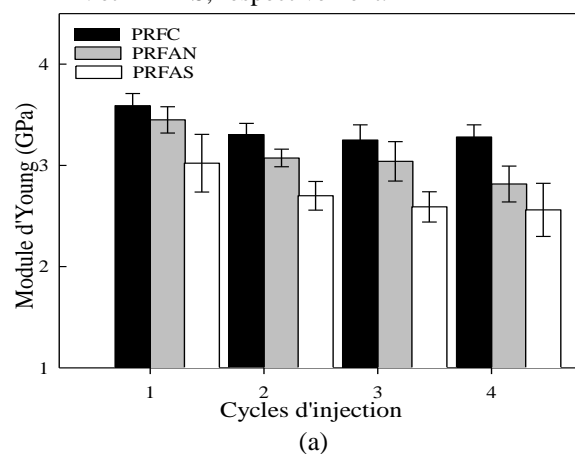


Figure 2 Evolution des propriétés mécanique en traction des composites de l'étude en fonction des cycles de recyclage. a) Module d'Young ; b) Contrainte ;

3.2. Comportement en flexion

Sur la figure 3, on constate aussi que l'utilisation du traitement alcalin permet une nette amélioration des propriétés en flexion du composite PP/Alfa par rapport au traitement à l'eau salée. Par ailleurs, on s'aperçoit que les propriétés en flexion diminuent avec le processus de recyclage. En effet, après quatre cycles, les modules de flexion des composites PRFC, PRFAN et PRFAS sont réduits respectivement de 10, 11 et 18 % par rapport aux composites non traités. Quant à la contrainte de flexion, Elle a diminué d'environ 7% pour le cas des composites PRFC et PRFAN. Elle chute en revanche de 15% pour le

composite PRFAS, par rapport au composite non recyclé.

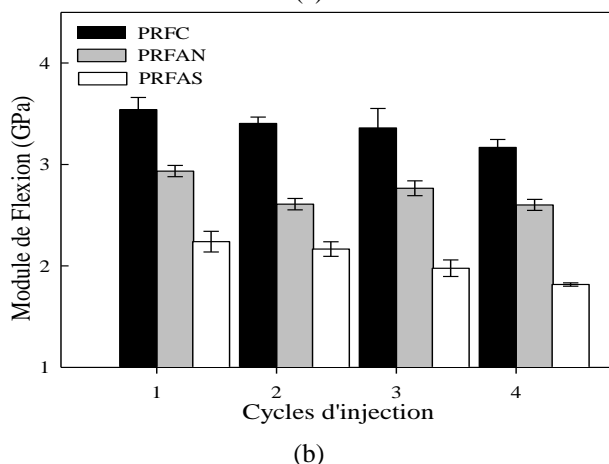
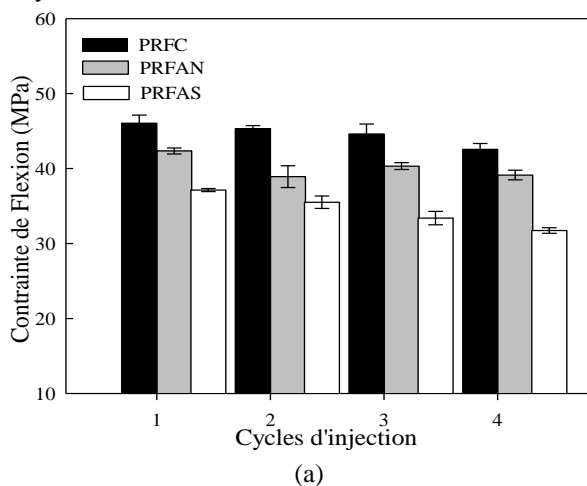


Figure 3: Variation des propriétés en flexion des composites PP/Alfa et PP/Chamvre avec le recyclage. a) Contraite de flexion ; b) Module de flexion

3.3. Observations microscopiques (MEB)

Les observations MEB des fibres alfa montrent que l'utilisation du traitement en eau salée à 60°C pendant 24heure, permet de dissoudre une grande partie des cires, rendant ainsi la surface de la fibre plus rugueuse (Figure 4-a). Quant au traitement alcalin, il a non seulement produit une surface rugueuse (Figure 4-b), mais a également permis la défibrillation du faisceau de fibres en plusieurs fibrilles.

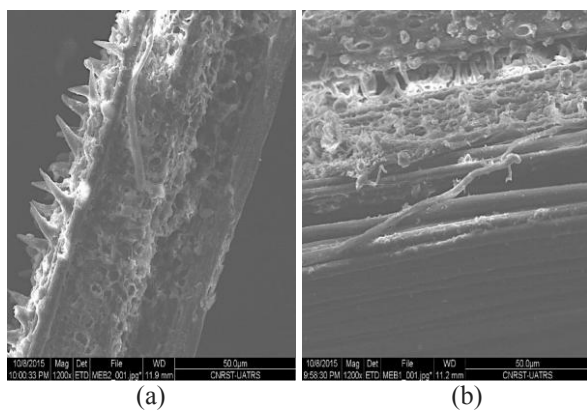


Figure 4: Les fibres d'Alfa ; a) Traitées par l'eau salée ; b) Traitées par le traitement alcalin.

4. Conclusion

L'ensemble des résultats de nos essais militent en faveur du traitement alcalin, procurant ainsi au composite renforcé en fibres d'alfa des propriétés similaires à celles du composite avec fibres de chanvre.

Le recyclage des composites renforcés en fibres d'alfa ou de chanvre induit une baisse dans leurs propriétés mécaniques. Enfin, en comparant les résultats des composites PRFAN et PRFC, on s'aperçoit que le composite avec fibres de chanvre conserve légèrement mieux ses propriétés mécaniques avec le recyclage. Cependant les composites à fibres d'Alfa, particulièrement ceux renforcés en fibres traitées avec NaOH, ont conservé une grande partie de leurs propriétés mécaniques avec le recyclage.

<https://cmm2017.sciencesconf.org/>

Références

- [1] Ku, H., et al., *A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites*. Composites Part B: Engineering, 2011. **42**(4): p. 856-873.
- [2] Garkhail, S., R. Heijenrath, and T. Peijs, *Mechanical properties of natural-fibre-mat-reinforced thermoplastics based on flax fibres and polypropylene*. Applied Composite Materials, 2000. **7**(5-6): p. 351-372.
- [3] El-Abbassi, F.E., et al., *Effect of alkali treatment on Alfa fibre as reinforcement for polypropylene based eco-composites: mechanical behaviour and water ageing*. Composite Structures, 2015. **133**: p. 451-457.
- [4] Srebrrenkoska, V., et al., *Recycling of polypropylene-based eco-composites*. Polymer International, 2008. **57**(11): p. 1252-1257.
- [5] Bourmaud, A. and C. Baley, *Investigations on the recycling of hemp and sisal fibre reinforced polypropylene composites*. Polymer Degradation and Stability, 2007. **92**(6): p. 1034-1045.
- [6] Hammiche, D., et al., *Number of processing cycle effect on the properties of the composites based on alfa fiber*. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 2014: p. 0892705714563116.
- [7] Shahzad, A., *Hemp fiber and its composites—a review*. Journal of Composite Materials, 2012. **46**(8): p. 973-986.