

ETUDE DU COMPORTEMENT MÉCANIQUE DE MATÉRIAUX COMPOSITES À MATRICE POLYPROPYLENE ET CHARGES MINÉRALES

F. DJEDDI¹, M. MOHELLEBI²

Laboratoire Energétique Mécanique et Matériaux-LEMM, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie
¹fadilamohellebi@yahoo.fr , ²Mohellebi_mouloud@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Résumé : Dans ce travail, on s'intéresse à l'influence de la nature de la charge sur le comportement mécanique de matériaux composites à matrice polypropylène homopolymère. On procède au rajout de charges minérales qui sont, la fibre de verre, la poudre de verre récupérée des lampes à néon usagées et de la chaux. Ces charges sont rajoutées aux concentrations de 5 et 10% à une matrice polypropylène homopolymère. Le mélangeage se fera à froid dans un mélangeur électrique puis à chaud par extrusion. L'élaboration des éprouvettes se fera par procédé d'injection après broyage du produit d'extrusion. La caractérisation mécanique des échantillons a montré que la fibre de verre engendre une amélioration du module d'élasticité aux concentrations de 5 et 10%. Pour la chaux et la poudre de verre, les variations sont relativement faibles. La contrainte maximale est faiblement affectée par la fibre de verre. Par contre elle diminue pour la chaux et la poudre de verre. Concernant la résilience, on enregistre un gain de 25% pour la fibre de verre, une diminution de plus de 20% pour la poudre de verre et une faible variation pour 10% de chaux. L'analyse des faciès de rupture par MEB a révélé le caractère fragile de la rupture par traction des différents mélanges

Mots-clés : charge, chaux, composite, fibre, polypropylène, verre,

NOMENCLATURE

Symboles :

PPH: Polypropylène Homopolymère

PP: Polypropylène

FV: fibres de verre

PV : Poudre de verre

CH: Chaux

Lettres grecques :

σ_e Contrainte à l'écoulement [MPa]

1. INTRODUCTION

Les polymères sont de plus en plus présents dans notre vie quotidienne. L'innovation dans ce domaine pour satisfaire les exigences du consommateur ne cesse de croître et les polymères conventionnels ne suffisent souvent pas à répondre aux exigences en termes de rapport qualité/prix. Développer un matériau composite à partir de polymères et de charges minérales revient considérablement moins cher que d'en synthétiser de nouvelles molécules. Un moyen non négligeable pour améliorer les propriétés mécaniques d'un thermoplastique est de lui ajouter des charges. Cette modification permet dans la plupart des cas d'améliorer une ou plusieurs de ses caractéristiques mécaniques.

La contribution de [1] concerne l'incorporation de déchets polymériques sous forme de particules à différentes matrices polymériques (élastomère, thermoplaste et thermodurcissables). L'étude de [2] concerne le recyclage des déchets non ferreux à partir de circuits imprimés (PCB: Printed Circuit Boards) en les utilisant comme charge de renfort à une matrice en Polypropylène. Les propriétés mécaniques des fibres de verre courtes

renforcées et des mélanges en caoutchouc durcis de (PA6.6)/PP tenant compte des effets du rapport de (PA6.6)/PP ont été étudiés [3]. Les mélanges PP/(PA6.6) avec nano particules d'argile comme renfort sont étudiés par [4]

L'objectif de cette étude consiste à l'élaboration puis à la caractérisation de matériaux composites à matrice polypropylène avec différentes charges minérales. Nous procédons au rajout de la fibre de verre, de la poudre de verre et de la chaux aux concentrations de 5% et 10% à la matrice PPH. Ces mélanges sont ensuite extrudés pour un mélangeage à chaud puis injectés pour réaliser des éprouvettes de traction et de résilience qui permettront de procéder à la caractérisation mécanique et morphologique de chaque mélange. Une étude comparative sera entreprise pour évaluer la variation des propriétés mécanique avec la nature de la charge.

2. MODE OPERATOIRE ET PROTOCOLE EXPERIMENTAL

A. Récupération des déchets et réalisation des mélanges.

Les charges sont la fibre de verre découpée, de la chaux du commerce et de la poudre de verre récupérée des lampes à néon usagées que nous avons broyé et mis sous forme pulvérulente. Les charges sont rajoutées à la matrice polypropylène homopolymère PPH aux concentrations de 5 et 10%. Le mélangeage s'est fait d'abord à froid dans un mélangeur électrique puis à chaud par extrusion pour former des joncs qui seront à nouveau broyés.

Ces mélanges constituent les matières premières dont on va étudier les propriétés mécaniques au travers des éprouvettes qui seront élaborées par injection.

B. Elaboration des éprouvettes

Des éprouvettes normalisées de traction et de résilience sont réalisées par injection.

a) Eprouvettes de traction

La géométrie et les dimensions des éprouvettes de traction (Schéma1) réalisées sont conformes à la norme **NF EN ISO 527-2**. La vitesse de traction est fixée à 10mm/mn.

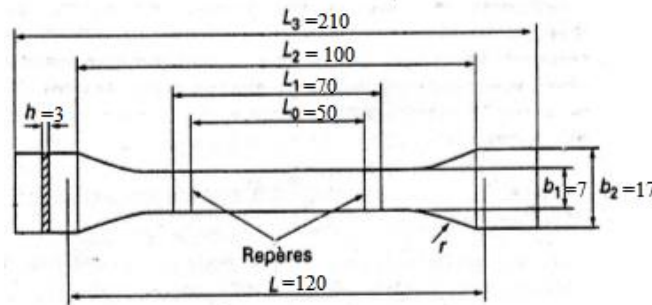


Schéma 1 Géométrie des éprouvettes de traction conforme à la norme **NF EN ISO 527-2**

b) Eprouvettes de résilience

Dans le cas des éprouvettes de résilience (entaille en V) pour essai Charpy (Schéma 2) leur géométrie et leurs dimensions sont conformes à la norme **NE 3.03.070** selon la Méthode **3A**. Nous avons utilisé un mouton pendule **ZWICK 5102** conforme à la norme **DIN 51222**

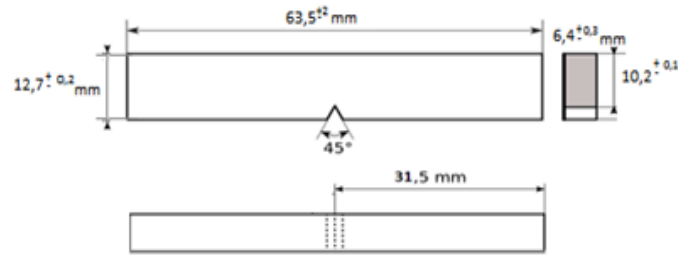


Schéma 2 Géométrie des éprouvettes de résilience

3. RESULTATS ET OBSERVATION

A. Caractérisation et propriétés mécanique

1) Courbes contrainte-déformation

La figure 1 représente les résultats des essais de traction sur les échantillons des composites à matrice polypropylène et 5% de charges en fibre de verre, en poudre de verre et en chaux. On observe que l'ajout des charges engendre une diminution de la ductilité.

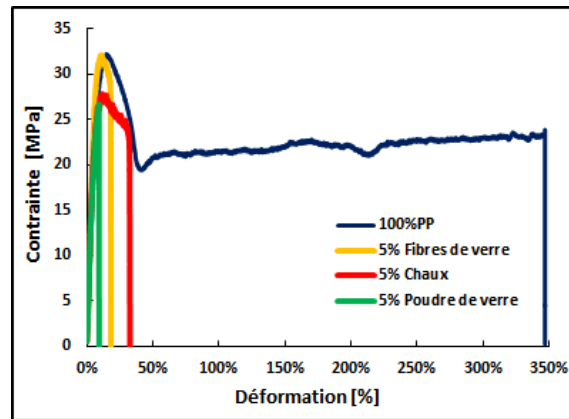


Fig. 1. Courbe Contrainte-Déformation des composites à 5% de charges minérales.

2) Essai de résilience

La figure 2 montre que la résistance aux chocs augmente pour la charge en fibre de verre et diminue pour la poudre de verre et la chaux.

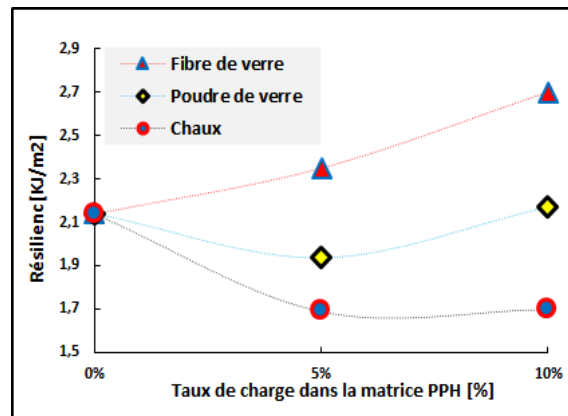


Fig. 2: Variation de la résilience des composites pour les différentes charges.

4. ANALYSE ET EVALUATION DES RESULTATS

1) Modules d'élasticité

A partir de la figure 1, on extrait les modules d'élasticité pour les différents composites et qu'on représente sur l'histogramme de la figure 3.

On constate une augmentation pour les concentrations de 5 et 10% de fibres de verre, une légère diminution pour 5% de chaux puis une augmentation pour 10% de chaux et une diminution pour la poudre de verre.

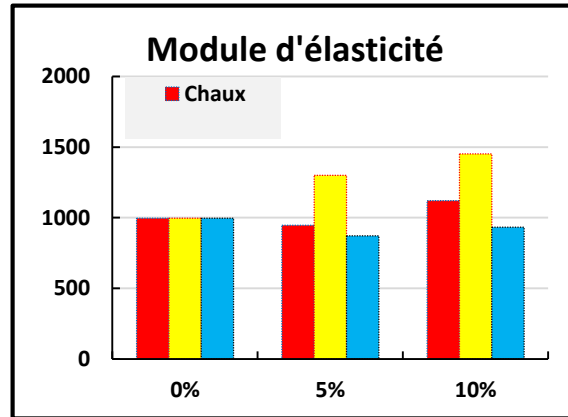


Fig. 3. Variation du module d'élasticité des composites pour les différentes charges

2) Allongement à la rupture

A partir de la figure 2 on extrait l'allongement à la rupture pour chaque composite et on le reporte sur la figure 4. On constate que cet allongement diminue significativement pour tous les composites.

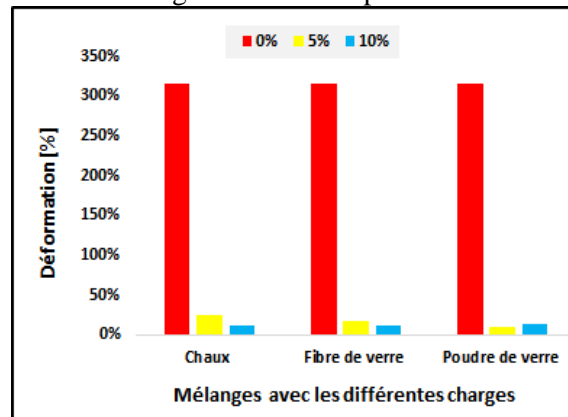


Fig. 4 : Variation de l'allongement à la rupture des composites pour les différentes charges

3) Contrainte au seuil d'écoulement

A partir de la figure 2 on extrait la contrainte au seuil d'écoulement pour chaque composite et qu'on reporte sur la figure 5. On constate qu'elle est faiblement affectée par la fibre de verre. Par contre elle diminue pour la chaux et la poudre de verre. Pour mieux mettre en évidence et quantifier ces variations de la contrainte au seuil d'écoulement, nous considérons le taux de variation de cette contrainte par rapport à celle de la matrice PPH et que nous définissons par la relation.

$$\Delta\sigma_e = \frac{\sigma_e^{matrice+charge} - \sigma_e^{matrice}}{\sigma_e^{matrice}}$$

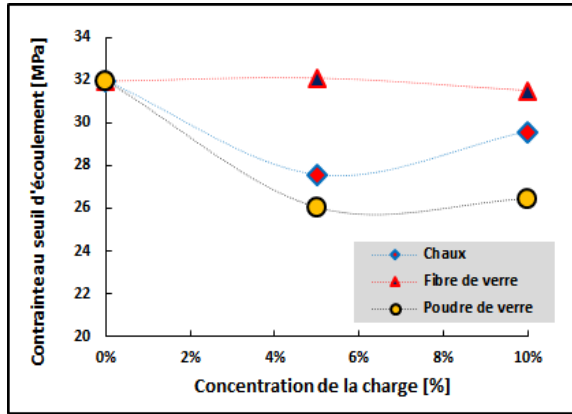


Fig.5 : Variation de la contrainte au seuil d'écoulement des composites pour les différentes charges

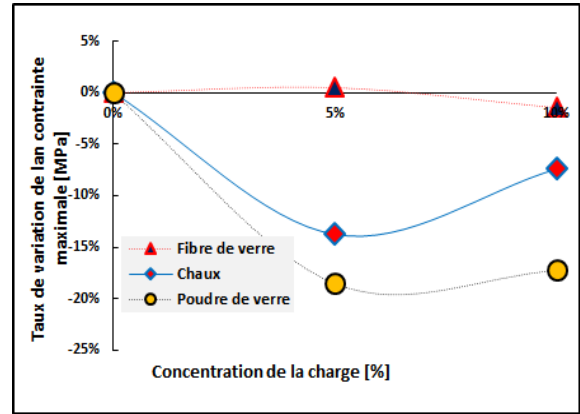


Fig.6 : Taux de Variation de la contrainte au seuil d'écoulement des composites pour les différentes charges

La figure 6 montre bien ces variations où on montre que pour la chaux la diminution ne dépasse pas 15% et pour la poudre de verre elle atteint 20%.

3) La résilience

L'analyse de la figure 7 tracée à partir de la figure 2 montre le taux de variation de la résilience pour tous les composites. On constate que l'ajout de la fibre de verre comme charge à la matrice polypropylène engendre une augmentation de la résilience qui dépasse 26%. Pour la poudre de verre elle engendre une diminution de la résilience de l'ordre de 20%.

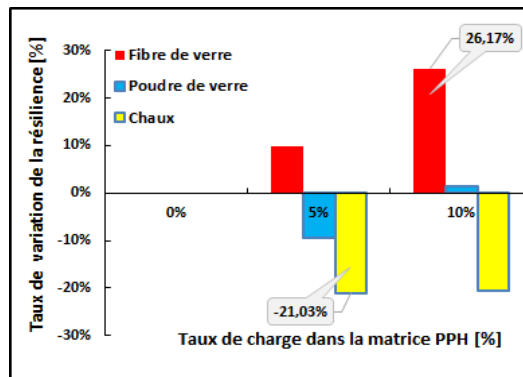


Fig.7: Taux de variation de la résilience des mélanges en fonction du taux d'ABS dans la matrice DEEE

B. Caractérisation morphologique

La figure 8 représente le faciès de rupture du mélange 90% PPH/10% FV. Des pores laissés par les fibres de verre arrachées sont très visibles. Ce qui peut expliquer le gain en module d'élasticité. La figure 9 représente le faciès de rupture du mélange 90% PPH/10% Chaux. Nous remarquons la répartition inhomogène de la chaux dans la matrice qui aura constitué des inclusions fragilisant la structure. La figure 6 qui représente qui représente le faciès de rupture du mélange 95% PPH/5% PV. Nous remarquons la répartition inhomogène de la poudre de verre dans la matrice PPH avec une structure très fragile.

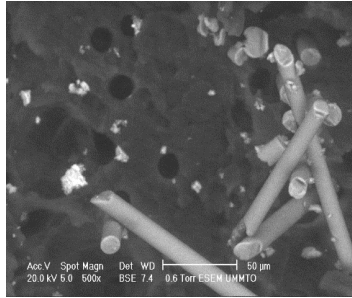


Fig. 8 Micrographie des faciès de rupture du mélange 90%PP/10%FV

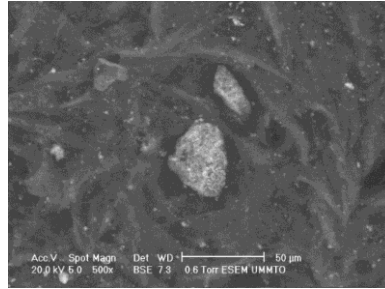


Fig. 9 Micrographie des faciès de rupture du mélange 90%PP/10%CH

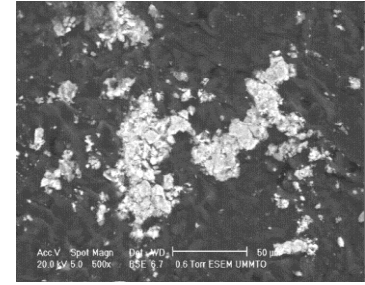


Fig. 10 Micrographie des faciès de rupture du mélange 95%PP/5%PV

5. CONCLUSION

Dans le cadre de ce travail, nous avons procédé à l'étude de l'effet des charges minérales sur le comportement du polypropylène. Nous avons ainsi procédé au rajout de la fibre de verre, de la poudre de verre et de la chaux aux concentrations de 5% et 10% à la matrice PPH. Les mélanges sont réalisés à froid dans un mélangeur électrique puis à chaud par extrusion pour former des joncs qui seront broyés. Les éprouvettes sont réalisées par injection. Nous avons ensuite procédé à la caractérisation mécanique via l'essai de traction et de résilience et à la caractérisation morphologique par observation au MEB des faciès de rupture. La caractérisation mécanique des échantillons a montré que toutes les charges (fibre de verre, poudre de verre et chaux) engendrent une diminution importante de la ductilité. Nous avons aussi montré que la fibre de verre engendre l'augmentation du module d'élasticité de la contrainte maximale ainsi que de la résilience. La chaux apporte une petite amélioration du module d'élasticité avec une diminution de la contrainte maximale. Par contre la poudre de verre engendre la dégradation de toutes les caractéristiques mécaniques. L'analyse des faciès de rupture a révélé le caractère fragile des échantillons.

Références

- [1] S. Ramarad, M. Khalid, C.T. Ratnam, A. Luqman Chuah, W. Rashmi, *Waste tire rubber in polymer blends: A review on the evolution, properties and future*, Progress in Materials Science 72 (2015) 100–140
- [2] Yanhong Zheng, Zhigang Shen, Chujiang Cai, Shulin Ma, Yushan Xing, *The reuse of nonmetals recycled from waste printed circuit boards as reinforcing fillers in the polypropylene composites* Journal of Hazardous Materials 163 (2009) 600–606
- [3] [2]: Naresh Dayma, Bhabani K. Satapathy, Amar Patnaikb. *Structural correlations to sliding wear performance of PA-6/PP-g-MA/nanoclay ternary nanocomposites*. Composites: Part B 37 (2006) 182–190
- [4] [3]: Shao-Yun Fua,b,c,, Bernd Laukeb, Robert K.Y. Lid, Yiu-Wing Maic. *Effects of PA6,6/PP ratio on the mechanical properties of short glass fiber reinforced and rubber-toughened polyamide 6,6/polypropylene blends*. Composites: Part B 37 (2006) 182–190