

## **ETUDE DES PROPRIETES MECANIQUES D'UN MATERIAU BIO-COMPOSITE POLYOXYMEYHYLENE/FARINE DE BOIS**

L. Latreche, N. Haddaoui

Laboratoire de Physico-Chimie des Hauts Polymères (LPCHP), Université Ferhat Abbas Sétif 1 Algérie

E-mail : [ableila2007@yahoo.fr](mailto:ableila2007@yahoo.fr)

E-mail : [karilatrech@gmail.com](mailto:karilatrech@gmail.com)

### **Résumé :**

On a étudié les propriétés mécaniques d'un composite formé par l'incorporation d'une charge végétale la farine de bois locale des régions de l'est Algérien dans la matrice du polyoxyméthylène (POM). On a observé une augmentation de certaines propriétés comme le module d'élasticité et la dureté, au détriment des autres comme la résistance au choc et l'allongement à la rupture.

**Mots clés :** Bio-composite, farine de bois, polyoxyméthylène.

### **1. INTRODUCTION :**

Le développement et les changements rapides des produits, des pratiques technologiques et industrielles sont accompagnés par de nouvelles générations de matériaux. Parmi ces matériaux, les composites ne cessent d'évoluer vers des produits qui sont, soit le moins coûteux possible, soit le plus performant, ou bien les deux à la fois. De plus, dans un souci de protection de l'environnement et de santé publique, les composites tendent à intégrer un caractère écologique [1-3].

L'utilisation du bois, au sens large des matériaux celluloses, dans la conception des matériaux composites permet d'associer un matériau résistant, léger, non abrasif et à faible coût. Ces associations peuvent prendre diverses formes que ce soit des mélanges, des stratifiés ou autres produits d'ingénierie. Le bois est un matériau écologique qui, dans le contexte de développement durable actuel, suscite un intérêt croissant. Il possède notamment de nombreux avantages techniques une bonne résistance mécanique, une faible densité, des propriétés isolantes, un caractère renouvelable, un faible coût et un esthétisme agréable [4,5].

Mais lorsqu'il est utilisé en tant que matériau, il présente certains défauts liés notamment à

son anisotropie, son caractère hydrophile et sa photosensibilité ces propriétés ont un impact non négligeable sur son vieillissement (instabilité dimensionnelle, biodégradation, photodégradation...). Le caractère hydrophile de la matière lignocellulosique est également responsable des problèmes de compatibilité entre fibre et matrice, lorsque le bois est utilisé en tant que charge, dans le domaine des composites à matrice polymère [4, 6,7].

On se propose d'utiliser des matières issues de bio-charge la farine de bois(FB) locale pour synthétiser un bio-composite ; polyoxyméthylène/farine de bois pour préparer des matériaux de futur de telle sorte qu'après leurs utilisations, ils se dégradent rapidement. Ces matériaux doivent entre autre posséder des propriétés indispensables pour les applications auxquelles ils sont destinés.

### **2. Les matériaux utilisés :**

**-Le polymère** choisi dans notre étude est le polyoxyméthylène (POM): Delrin HPOM du Dupont de Nemours (granulé): de température de fusion  $T_f = 168^\circ\text{C}$ , de masse volumique ( $\text{g/cm}^3$ ) =1.42, d'indice de fluidité MFI ( $\text{g/10min}$ ) =1.70.

#### **-La charge :**

On a utilisé une charge locale, on a broyé la sciure de bois jusqu'à l'obtention d'une farine.

### **3. Caractérisations:**

#### **3.1. Elaboration des matériaux composites :**

##### **3.1.1. Traitement de la farine de bois :**

Le traitement de la farine de bois a été réalisé en introduisant la farine de bois qui a été séchée dans une étuve à 105°C pendant 48 heures, dans une solution de toluène /éthanol (2v/1v) avec vive agitation pendant 24 heures à température ambiante. Après filtration, la farine récupérée a été lavée avec l'eau distillée plusieurs fois puis séchée dans une étuve à 80°C pendant 48 heures. La farine obtenue a été traitée par l'acide stéarique, l'imprégnation a été faite par une solution de toluène à 80°C pendant 24 heures, puis séchée à 105°C pendant 24 heures.

##### **3.1.2. Préparation des composites :**

On a utilisé deux procédés différents pour élaborer nos matériaux composites, le mélangeur à deux cylindres et le brabender :

-Dans le premier procédé, les bio-composites ont été obtenus en dispersant la charge la farine de bois traitée(FBT) ou non (FBN), qui a été séchée pendant 24h dans une étuve à 90°C) dans la matrice POM préalablement fondue sur un mélangeur à deux cylindres de marque « *RODOLFO COMERIO* ». Les différents mélanges sont malaxés et homogénéisés à 190°C pendant 12 minutes. Ces bio-composites sont désignés par **POM/FBN1** et **POM/FBT1**.

-Dans le second procédé, les bio-composites ont été obtenus en introduisant 40g du mélange POM/Farine de bois traitée(FBT) ou non, (FBN) (qui a été séchée pendant 24h dans une étuve à 90°C) dans la chambre du plastographe à une température de 190°C pendant 12 minutes, afin d'être malaxés à l'état fondu dans le brabender. Ces bio-composites sont désignés par **POM/FBN2** et **POM/FBT2**. Les bio-composites obtenus par les deux procédés sont broyés séparément dans un broyeur de marque DREHER BRABENDER, préparer les éprouvettes des bio- matériaux élaborés [1-4]. Les taux de charge incorporés dans les différents mélanges varient de 5 à 30 % en poids.

Les éprouvettes destinées à la mesure des propriétés mécaniques ont été préparées par compression sur une presse type

« *Controlab* » à 190°C et sous une pression de 150 kg/cm<sup>2</sup> pendant un temps total égal à 10 minutes (4 minutes pour le préchauffage et 6 minutes concernant la compression).

#### **3.2. Caractérisations mécaniques :**

##### **3.2.1. Essai de traction :**

Les essais de traction ont été effectués sur une machine universelle d'essai mécanique type « *ZWICK modèle matériel Prufung 1445* » assistée par un microordinateur. Les éprouvettes sont préparées selon les spécifications de la norme A.S.T.M. D-638. L'éprouvette de géométrie parfaitement définie est encastrée à deux extrémités dans des mâchoires. L'une de ces mâchoires est fixe, l'autre est mobile qui est reliée à un système d'entraînement à vitesse de déplacement égale à 25 mm/ min. Les cinq essais ont été effectués dans les conditions normales de température et de pression.

##### **3.2.2. Résistance au Choc :**

Les essais ont été réalisés à l'aide d'un appareil et qui consiste fondamentalement en un pendule lourd portant à son extrémité libre un marteau et un emplacement pour éprouvette, ainsi qu'un cadran indicateur de l'énergie absorbée au cours du choc. L'éprouvette préparée selon la norme ISO R-180, est encastrée à l'une de ses extrémités entre deux mâchoires et percutée à l'autre extrémité. L'entaille que l'on introduit comme amorce de rupture pour concentrer les contraintes et fragiliser l'éprouvette est de 1 mm. Le choc est donné au centre de l'éprouvette par un marteau de 7,5 Kg. Cinq essais ont été réalisés, puis une valeur moyenne est calculée.

##### **3.2.3. Dureté (SHORE D) :**

Les essais ont été effectués selon la norme **R-868** sur un duromètre type **D** comportant un pied presseur, un pénétrateur permettant de lire directement l'enfoncement au bout de 15 minutes. Les mesures sont effectuées dans les conditions normales de température et de pression en sept emplacements de l'éprouvette, puis une valeur moyenne est calculée.

4. Résultats et discussions :

4.1 Essais mécaniques :

4.1.1 Essai de traction :

-Les variations du module d'élasticité (E) en traction pour les bio-composites POM/FB, selon le procédé de préparation et en fonction du taux de FB (en pcr) sont représentées dans la (figure 1).

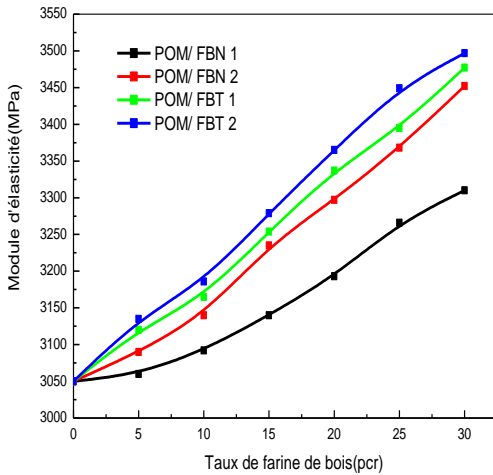


Figure.1: Variations du module d'élasticité (E) du bio-composites POM/FB, en fonction du taux de FB

-Les variations de l'allongement à la rupture ( $\epsilon_r$ ) pour les bio-composites POM/FB selon le procédé de préparation et en fonction du taux de FB (en pcr) sont représentées dans la (figure 2).

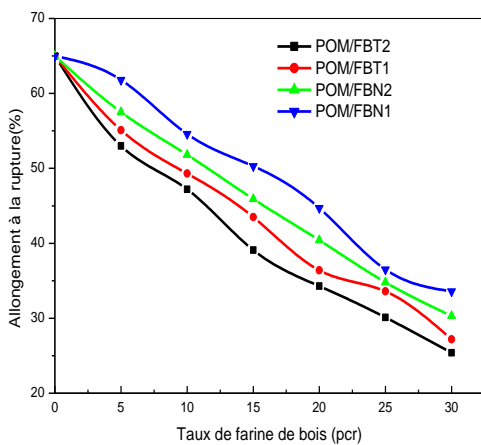


Figure 2 : Variations de l'allongement à la rupture ( $\epsilon_r$ ) du bio-composites POM/FB, en fonction du taux de FB (en pcr)

4.1. 2 Essais de choc:

Les variations de la résistance au choc Izod ( $a_k$ ) pour des échantillons avec entailles des composites pour bio-composites POM/FB, en fonction du taux de FB (en pcr) sont représentées dans la (figure 3).

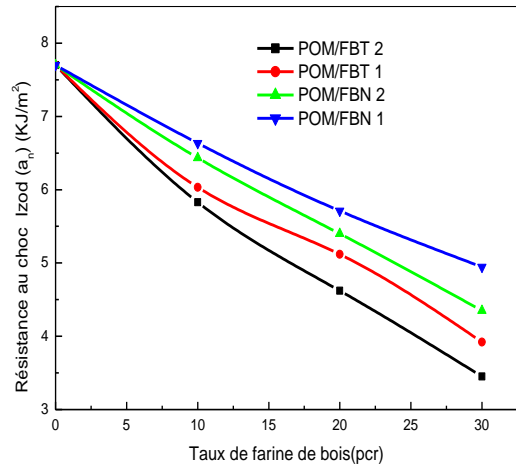


Figure 3: Variation de la résistance au choc Izod ( $a_k$ ) du bio-composites POM/FB, en fonction du taux de FB (en pcr)

4.1. 2 3 Essais de dureté:

Les variations de la dureté pour les bio-composites POM/FB, en fonction du taux de FB (en pcr) sont représentées dans la (figure 4).

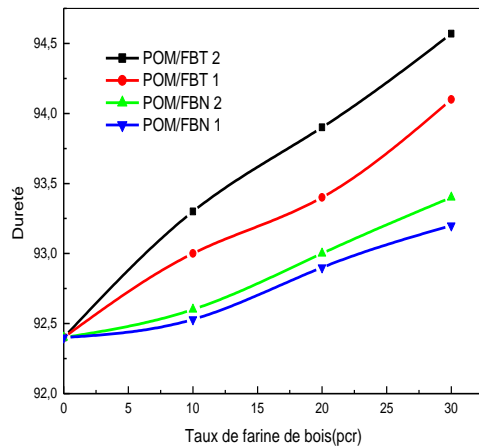


Figure 4 : Variation de la dureté du bio-composites POM/FB, en fonction du taux de FB (pcr)

## **5. Discussion :**

Les effets du traitement de la farine de bois et du procédé d'élaboration du bio-composite sont bien observés sur toutes les courbes de variations des propriétés mécaniques.

On remarque une augmentation du module d'élasticité du bio-composite avec l'incorporation des bio- particules. Cet effet de renforcement, met en évidence une certaine adhésion entre les différents constituants du bio-composite. L'introduction des bio- particules dans la matrice du POM conduit à une plus grande rigidité élastique du polymère chargé.

L'ajout d'une charge organique au POM conduit à une diminution de la résistance au choc et de l'allongement à la rupture. Une décroissance de la résistance au choc est observée pour tous les biomatériaux. Cette importante chute s'explique par une transition ductile-fragile dans le comportement des biomatériaux.

Ainsi, les résultats montrent une amélioration de la dureté avec l'introduction de la farine de bois traitée ou non. Cette amélioration met en évidence une bonne dispersion de la bio- charge au sein de la matrice du POM ainsi qu'une répartition meilleure des contraintes.

Les valeurs du module d'élasticité des bio-composites avec les taux de la farine de bois traitée sont élevées par rapport à celles avec de la farine de bois non traitée. Le traitement de la charge conduit à une augmentation significative du module d'élasticité du composite par rapport au matériau avec le même taux de la farine de bois mais non traité, cela s'explique en grande partie par le traitement chimique [5-10].

Plus le taux de la farine de bois est élevé plus le module d'élasticité et la dureté shore D des composites sont élevés. Les matériaux composites avec des taux de charge élevés sont systématiquement plus

rigides. Les figures (1 et 4) montrent que le module d'élasticité et la dureté des composites POM/FB tendent à augmenter continuellement avec l'augmentation du taux de la farine de bois. Le composite POM/FBT (traitée) présente une dureté meilleure que celle du composite POM/FBN (non traitée).

Contrairement au module d'élasticité et à la dureté des composites, l'allongement à la rupture tend à décroître plus progressivement avec l'ajout de la farine de bois traitée ou non (figure 2), et comme les valeurs de l'allongement à la rupture (synonyme de la ductilité) cela veut dire que la ductilité sous ces dernières conditions est faible.

La figure 3, montre l'évolution de la résistance au choc avec entaille. On observe une chute de la résistance au choc avec l'augmentation du taux de la farine de bois traitée ou non ce qui peut être expliqué par une chute de quantité de phase amorphe donc une chute de la mobilité moléculaire de cette phase ; par conséquent une augmentation de la rigidité [8-11]. L'influence du traitement chimique de la farine de bois et du choix du procédé de préparation du bio-composite apparaîtront sur toutes les propriétés étudiées. Comme il est observé sur toutes les figures le procédé de mélangeage dans le mélangeur interne brabender donne les meilleurs résultats

## **6. Conclusion :**

Ces caractérisations ont permis de confirmer :

Une augmentation du module d'élasticité et de la dureté du bio-composite POM/FB traitée ou non avec l'incorporation des bio-particules ainsi que le mélangeur interne brabender donne les meilleurs résultats. L'ajout d'une charge organique au polymère conduit à une diminution de la résistance au choc et de l'allongement à la rupture.

**7. Références :**

[1] G. Renard, A.E. Poitou. Elaboration, microstructure et comportement des matériaux composites à matrice polymère. Paris: Lavoisier, 2005, p. 22-130

[2] P. K. Mallick, Composites Engineering Handbook. NY, USA: Marcel Dekker, 1997, p. 57-115

[3] D. C. Miles, et J. H. Briston, "Technologie des Polymères". Dunod, Paris, 1968.

[4] J. M. Berthelot, "Composite Materials Mechanical Behavior and Structural Analysis". Springer, Berlin, 1998.

[5] Graupner N, Herrmann AS, Müssig J. Natural and man-made cellulose fiber reinforced poly(lactic acid) (PLA) composites: an overview about mechanical characteristics and application areas. Composites: Part A 2009;40:810–21.

[6] Hine PJ, Wire S, Duckett RA, Ward IM. Hydrostatically extruded glass fiber reinforced polyoxymethylene. Modeling the elastic properties. Polym Compos 1997;18:634–41.

[7] J. M. Berthelot, "Matériaux Composites : Comportement Mécanique des structures". Masson, Paris, 1992.

[8] Graupner N, Müssig J. Man-made cellulose fibers as reinforcement for poly(lactic acid) (PLA) composites. J Biobas Mater Bioenergy 2009; 2009(3): 249–61.

[9] Fink H-P, Weigel P, Purz HJ, Ganster J. Structure formation of regenerated cellulose materials from NMMO solutions. Prog Polym Sci 2001; 26:1473–524.

[10] Zhao X, Ye L. Preparation, structure, and property of polyoxymethylene/carbon nanotubes thermal conductive composites. J Polym Sci Part B: Polym Phys 2010;48:905–12

[11] Siengchin S, Karger-Kocsis J, Thomann R. Nanofilled and/or toughened POM composites produced by water-mediated melt compounding: structure and mechanical properties EXPRESS. Polym Lett 2008; 2(10):746–56.