

# Effet de la lignine sur les propriétés mécaniques d'un matériau composite à base des déchets de palmier dattier et de polystyrène expansé

T. MASRI<sup>a</sup>, H. OUNIS<sup>b,c</sup>, A. BENCHABANE<sup>a</sup>, L. SEDIRA<sup>d</sup>

- a. Laboratoire de Génie Energétique et Matériaux (LGEM), Université de Biskra, B.P. 145, 07000, Biskra, Algeria
- b. Centre de Développement des Energies Renouvelables, (CDER), 16340, Algiers, Algeria
- c. Institut de Recherche Dupuy de Lôme (IRD) – Université de Bretagne Sud, Centre National de la Recherche Scientifique : FRE3744 – France
- d. Laboratoire de Génie Mécanique (LGM), Université de Biskra, B.P. 145 R.P. 07000, Biskra, Algeria

## Résumé :

*Ce travail présente une étude expérimentale sur un matériau composite obtenue à partir de déchets végétaux et industriels. Les déchets végétaux de palmiers dattier ont été utilisés comme renfort sous forme des fibres courtes et, les déchets industriels de polystyrène expansé ont été recyclé et utilisé comme matrice pour l'élaboration du matériau composite. Dans un premier lieu, dans l'élaboration du matériau composite une proportion massique de 70/30 % entre le renfort et la matrice est considérée. Dans second lieu, afin de voir l'effet de présence de la lignine sur les propriétés mécaniques du le matériau composite, trois combinaisons entre le renfort, matrice et la lignine dans l'élaboration du matériau sont considérées avec des rapports massiques, entre le renfort, matrice et lignine, de (70/28.5/1.5%), (70/27/3%) et (27/26.5/4.5%), respectivement. Des essais de flexion trois points ont été effectués pour obtenir les propriétés mécaniques, module de flexion et contrainte maximale. Une étude comparative entre les propriétés mécaniques du matériau composite sans lignine (Fibres/Matrice) et le matériau composite avec la présence de la lignine (Fibre/Matrice/lignine) est effectuée. Les essais de flexion trois points ont montré que la présence de la lignine dans le matériau composite à base de déchet de palmier dattier et du polystyrène expansé réduit les propriétés mécaniques en flexion du matériau.*

## Abstract :

*This work presents an experimental study on a composite material obtained from vegetable and industrial wastes. The date palm leaflets waste were used as reinforcement in the form of short fibers, and the expanded polystyrene industrial waste was recycled and used as a matrix for the preparation of the leaflets polystyrene composite material (LPC). In a first place, in the preparation of the LPC material, a mass proportion of 70/30% between the reinforcement and the matrix is considered. In the second place, in order to evaluate the effect of the presence of lignin on the mechanical properties of the LPC material, three combinations between the reinforcement, matrix and lignin in the elaboration of the LPC material are considered. The three mass proportions between the reinforcement, matrix*

and lignin are respectively (70/28.5/1.5%), (70/27/3%) and (27/26.5/4.5%). Three-point bending tests were carried out to obtain the mechanical properties, flexural modulus and maximum stress. A comparative study between the mechanical properties of the LPC material without lignin (Fibers/Matrix) and the composite material with the presence of the lignin (Fiber/Matrix/lignin) is carried out. Three-point bending tests have shown that the presence of lignin in the LPC material reduces the bending mechanical properties of the material.

**Mots clefs : Bio, composite, caractérisation mécanique, déchets végétales, déchets industriels.**

## 1 Introduction

Ces dernières années, les matériaux composites à base de polymères renforcés par des fibres naturelles courtes ont été d'une grande importance en raison des avantages qu'ils offrent, à savoir: faible coût, biodégradabilité et renouvelable. Les propriétés mécaniques des composites renforcés de fibres dépendent de plusieurs facteurs tels que la fraction volumique de la fibre, longueur de fibre, l'orientation de la fibre mais le plus important c'est l'adhésion fibre/matrice [1]. En effet, l'adhérence entre la matrice et la fibre est un paramètre important qui affecte les propriétés mécaniques du matériau composite, car une bonne adhérence entre la fibre et la matrice assure un bon transfert des contraintes de la matrice à la fibre [2]. De plus, les propriétés mécaniques du matériau composite lignocellulosique dépendent également de la composition chimique des fibres qui sont principalement composées de cellulose, d'hémicellulose et de lignine [2].

Parfois, dans fabrication des composite a base de fibre naturelle, la lignine est isolée sous forme de poudre, mais le plus souvent, elle existe sous forme de mélange gommeux ayant une large gamme de poids moléculaires [3]. La lignine est un agrégat polyphénolique situé à la surface de la fibre, susceptible de jouer un rôle clé sur l'adhésion chimique fibre / matrice [2]. L'effet de la teneur en lignine sur les propriétés physiques et mécaniques des composites a été étudié par Muensri, et al. [2]. Il a été rapporté que dans le cas où la lignine a été éliminée, par traitement chimique, les propriétés mécaniques des biocomposites ont augmenté.

Dans ce contexte, le présent travail vise à étudier l'effet de la lignine de palmier dattier sur les propriétés mécaniques d'un matériau composite à base de déchets de palmier dattier et de polystyrène expansé [4]. Afin de déterminer le module de flexion et la résistance à la flexion du matériau composite, différents rapports de poids entre le renforcement, la matrice et la lignine ont été considéré. Par ailleurs, une étude comparative des propriétés mécaniques obtenues avec un matériau de contrôle est réalisée.

## 2 Matériaux et Méthodes

### 2.1 Matériaux

- **Renfort**

Ce travail présente une extension de l'étude réalisée par Masri, et al. [4] sur un composite à base de déchets de feuilles de palmier dattier et de polystyrène expansé (LPC). Le renfort utilisé pour l'élaboration du matériau est obtenu à partir des résidus de feuilles de palmier dattier de l'oasis de Biskra en Algérie. Les feuillettes ont été nettoyés à l'eau pour éliminer la poussière et les impuretés, puis

séchés naturellement pendant trois jours pour réduire la teneur en humidité. Après séchage, les feuillets ont été écrasés et tamisés. Le renfort utilisé dans l'élaboration du LPC a une taille de particules comprise entre 0,315 et 0,5 mm (Fig. 1). Par ailleurs, la lignine utilisée dans la présente étude est obtenue à partir de feuilles de palmier dattier déchiquetées où seulement les particules de taille inférieure à 0,1 mm sont utilisées.



**Fig.1** Renfort en fibre de feuillets de palmiers dattiers

- **Matrice**

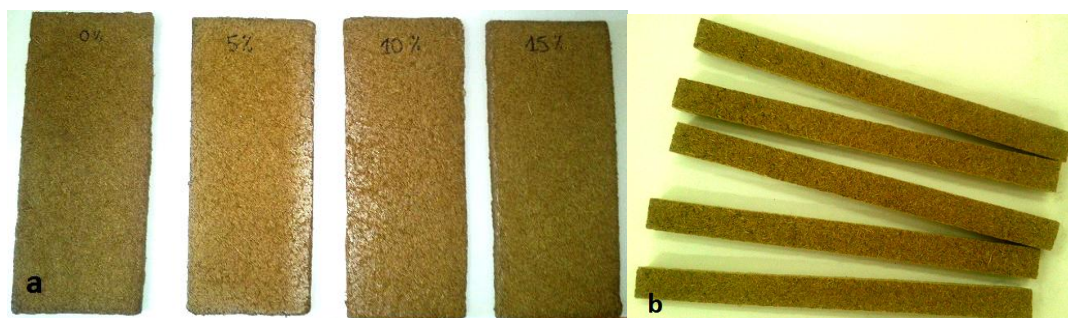
La matrice utilisée dans l'élaboration du LPC est obtenue en dissolvant des déchets de polystyrène expansé dans de l'essence [4]. Le polystyrène expansé utilisé dans la préparation de la matrice a une densité de 15 kg / m<sup>3</sup>.

- **Préparation des éprouvettes**

Pour la préparation du matériau LPC, plusieurs fractions de masse entre le renfort, la matrice et la lignine sont prises en compte (tableau 1). Le renfort est mélangé à la matrice et à la lignine. Ensuite, le mélange (Renfort / matrice / lignine) est versé dans un moule métallique pour obtenir des plaques de dimensions 240x120x10 mm<sup>3</sup>. Comme indiqué dans la littérature [5], une pression de maintien de 3,5 bars est appliquée pendant 10 min pour assurer une bonne répartition du mélange et réduire l'air dans le LPC. Après compression, les plaques obtenues sont séchées à l'air dans les conditions ambiantes pendant au moins 15 jours (figure 2-a). Après séchage, les plaques sont découpées pour obtenir des éprouvettes de dimensions l = 200 mm, h = 10 mm et b = 15 mm (Fig. 2-b) selon la norme EN ISO 14125[6].

**Tableau 1** Les différents échantillons étudiés.

	<b>Renfort</b>	<b>Matrice</b>	<b>lignine</b>
<b>LPC1</b>	70 %	30 %	0 %
<b>LPC2</b>	70 %	28.5 %	1.5 %
<b>LPC3</b>	70 %	27 %	3 %
<b>LPC4</b>	70 %	25.5 %	4.5 %



**Fig. 2a)** Les plaques de matériau LPC, **b)** Les échantillons d'essais de flexion.

## 2.2 Méthodes

La détermination des propriétés mécaniques a été effectuée à l'aide d'une machine d'essai universelle Instron 5567. Des essais de flexion à trois points ont été réalisés sur des éprouvettes normalisées (Fig. 3). La vitesse de chargement utilisée dans l'essai est de 2 mm / min. Dans chaque cas, cinq échantillons ont été testés en flexion en trois points afin d'obtenir la contrainte maximale  $\sigma_{\max}$  et le module de flexion  $\sigma_f$  du matériau LPC.

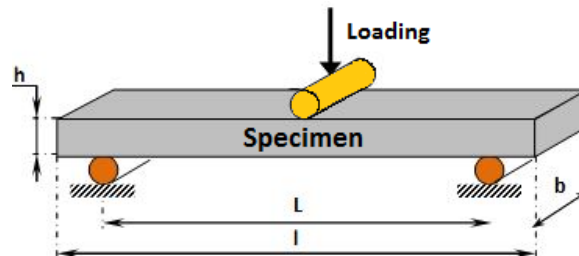


Fig. 3 Tests de flexion en trois points.

## 3. Résultats et discussion

La figure 4 montre l'effet de la lignine sur le comportement mécanique du matériau LPC à partir des courbes de contrainte / déformation des différents échantillons étudiés. On observe que les valeurs des pentes de la courbe diminuent avec l'augmentation de la quantité de lignine et que le matériau LPC devient plus élastique. Le matériau présente une rupture fragile avec l'ajout de 5% de lignine dans le matériau LPC. Au-delà de cette valeur, le mécanisme de rupture devient ductile.

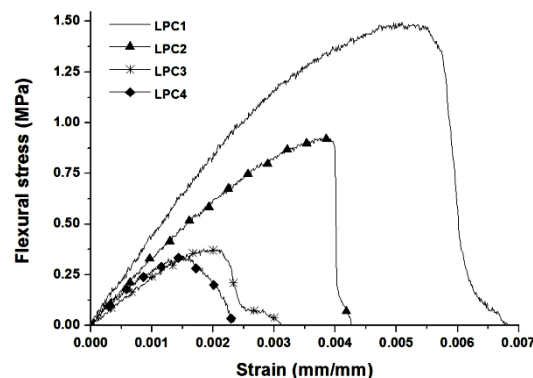


Fig. 4 Courbes de contrainte / déformation des différents échantillons étudiés.

Les figures 5-a et 5-b montrent respectivement le module de flexion et la contrainte maximale pour les différents échantillons considérés. La figure 5-a montre que le module de flexion diminue généralement avec l'augmentation de la quantité de lignine. Les mêmes observations ont été notées pour la contrainte maximale (figure 5-b). Ces résultats montrent de faibles écarts-types pour le module de flexion (5% à 12%) et des écarts-types acceptables pour les contraintes maximales (10% à 30%).

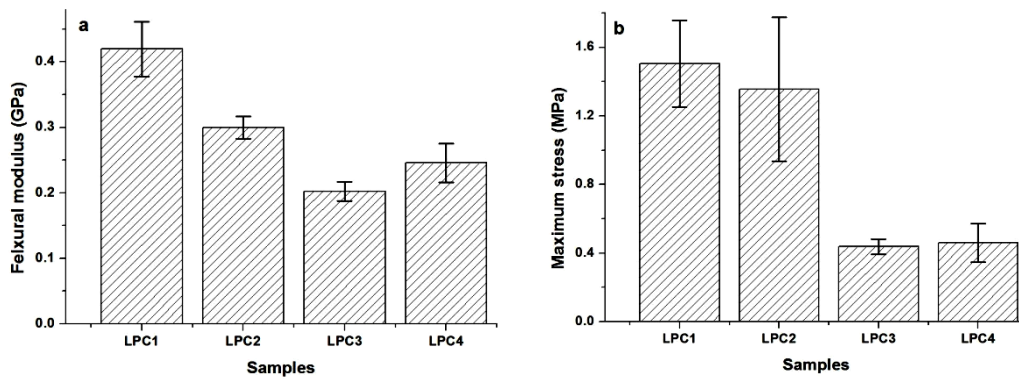


Fig. 5: Propriétés mécaniques du matériau LPC: a) module de flexion, b) contrainte maximale.

Selon cette étude, l'addition de lignine dans le matériau LPC a un effet inverse sur les propriétés mécaniques du matériau. La même observation a été rapportée par plusieurs chercheurs [7-10]. Rozman, et al. [8] ont observé une réduction considérable de la résistance lorsque le pourcentage de lignine augmente. Cette réduction est due au faible degré de compatibilité au niveau de l'interface lignine/matrice. D'après les résultats obtenus par SEM, Rozman, et al. [8] ont observé que la lignine s'est faiblement incrustée dans la matrice et que, dans certains cas, des particules de lignine sont extraites de la matrice.

Afin d'améliorer les propriétés mécaniques du matériau composite, Rozman, et al. [8] ont amélioré la compatibilité entre la lignine et la matrice de polypropylène (PP) en ajoutant un adhésif à base de toluène diisocyanate (TDI). Les résultats ont montré que la lignine modifiée au TDI avait une résistance à la traction supérieure à celle du matériau composite non modifié.

## 4. Conclusion

Ce travail présente une étude expérimentale sur un matériau composite obtenu à partir de déchets végétaux et industriels. Les déchets de feuilles de palmier dattier ont été utilisés comme renfort et les déchets industriels en polystyrène expansé ont été recyclés et utilisés en tant que matrice. Dans cette étude, l'effet de la présence de lignine sur les propriétés mécaniques du matériau LPC est considéré. Les propriétés mécaniques du matériau LPC (module de flexion, la contrainte maximale) ont été déterminés à partir des essais de flexion en trois points. L'étude comparative entre les propriétés mécaniques du matériau LPC sans lignine (Fibres / Matrice) et le matériau composite avec présence de lignine (Fibre / Matrice / lignine) a montré que la présence de lignine réduit les propriétés de flexion du matériau.

## Références

- [1] P. Joseph, K. Joseph, S. Thomas, Effect of processing variables on the mechanical properties of sisal-fiber-reinforced polypropylene composites, Publisher, City, (1999).
- [2] P. Muensri, T. Kunanopparat, P. Menut, S. Siriwanayotin, Effect of lignin removal on the properties of coconut coir fiber/wheat gluten biocomposite, Publisher, City, (2011).
- [3] J. Biagiotti, D. Puglia, J.M. Kenny, A review on natural fibre-based composites-part I: structure, processing and properties of vegetable fibres, Publisher, City, (2004).
- [4] T. Masri, H. Ounis, L. Sedira, A. Kaci, A. Benchabane, Characterization of new composite material based on date palm leaflets and expanded polystyrene wastes, Publisher, City, (2018).

- [5] H. Dhakal, Z. Zhang, M. Richardson, Effect of water absorption on the mechanical properties of hemp fibre reinforced unsaturated polyester composites, Publisher, City, (2007).
- [6] N. ISO, 14125,«, Publisher, City, (1998).
- [7] P. Alexy, B. Košíková, G. Podstránska, The effect of blending lignin with polyethylene and polypropylene on physical properties, Publisher, City, (2000).
- [8] H. Rozman, K. Tan, R. Kumar, A. Abubakar, Preliminary studies on the use of modified ALCELL lignin as a coupling agent in the biofiber composites, Publisher, City, (2001).
- [9] W. Thielemans, E. Can, S. Morye, R. Wool, Novel applications of lignin in composite materials, Publisher, City, (2002).
- [10] G. Toriz, F. Denes, R. Young, Lignin-polypropylene composites. Part 1: Composites from unmodified lignin and polypropylene, Publisher, City, (2002).