

Caractérisation Physico-mécanique des Matériaux Bio-Composites Epoxy/Fibres de Palmier Dattier (Material & Processes)

DJOUDI Tarek ^{1,*}, HECINI Mabrouk ¹, DJEBLOUN Youcef ², DJEMAI Hocine ²

1 : Laboratoire de Génie Mécanique (LGM)

2 : Laboratoire de Génie Energétique et Matériaux (LGEM)

Université Mohamed KHIDER – BP 145 07000 BISKRA, ALGERIE

*t.djoudi@yahoo.com

Résumé : Récemment, la recherche scientifique s'est concentrée sur l'exploitation des ressources naturelles disponibles et durables pour compenser la pénurie de bois. Dans le même contexte, l'exploitation d'énormes quantités des sous-produits des palmiers dattiers et leurs bois fibreux des palmiers ont suscité un intérêt considérable de nombreux chercheurs pour l'utiliser comme une alternative au bois dans les divers secteurs. De ce point, nous avons entamée cette étude pour la caractérisation physico-mécanique du composite à composé de cette ressource végétale et d'une matrice thermdurcissable (Epoxy). L'étude des caractéristiques physico-mécanique de ce composite à base de fibres de palmier dattier a permis de choisir le meilleur rapport de fibres pour d'éventuelles applications industrielles telles que l'emballage et l'isolation thermique.

Mots Clés : palmier dattier ; palme ; bois fibreux; époxyde; caractérisation physico-mécanique.

I. INTRODUCTION

L'utilisation industrielle des divers types de fibres naturelles en tant que renfort dans les matériaux composites nécessite une connaissance précise de leurs propriétés physico-mécaniques. Si ce travail de caractérisation a été suffisamment investis pour certaines fibres telles que le chanvre, le jute et le lin, les études de caractérisation des fibres de palmier dattier ont présenté un retard considérable, ce qui a empêché leur exploitation dans divers domaines industriels. Dans ce contexte, les travaux de Al-Oqla et Sapuan [1] présentent les critères de classification des matériaux composites à base de fibres naturelles pour plusieurs applications industrielles. Actuellement les fibres de palmier dattier ont commencé à susciter l'intérêt de plusieurs chercheurs en raison de leur disponibilité abondante à de faible coût économique. Divers travaux confirment les bonnes propriétés mécaniques, physiques et thermiques du bois et des fibres extraites de différents types de palmier dattier [2, 3]. Ces propriétés rapportées à la faible masse volumique de ces fibres a encouragé plusieurs chercheurs à utiliser ces fibres dans l'élaboration des matériaux composites bio-sourcés [4-10]. La bonne adhérence inter-faciale entre les fibres du palmier et la résine a été bien montrée avec les résines polyester [11] et l'époxyde [12].

En Algérie, on dénombre environ 18.2 millions de palmier dattier dont 4.2 million dans la région de Biskra connue par sa variété de palmiers dattiers. Les palmiers de Deglet-Noor représente 61,93% de cette diversité, suivi par les palmiers

d'Elghres avec 12,90% 'Fig.1'. Chaque année, seulement à Biskra les palmiers dattier produisent environ 91 mille tonnes de palmes sèches [13] au cours de sa croissance et de son évolution naturelle. La disponibilité en quantité importante des sous-produits renouvelable (la palme) des palmiers dattiers laisse envisager leur utilisation comme renfort dans les matériaux composites. Le présent travail concerne l'extraction des fibres issues d'une palme mûre de palmier dattier types d'Elghres de la région de Biskra (Algérie). L'extraction réalisée dans plusieurs partie de la palme a permis d'élaborer à différentes fractions massiques des matériaux composites à base de résine époxyde qui ont été soumis ultérieurement à la détermination expérimentale des propriétés physico-mécaniques.

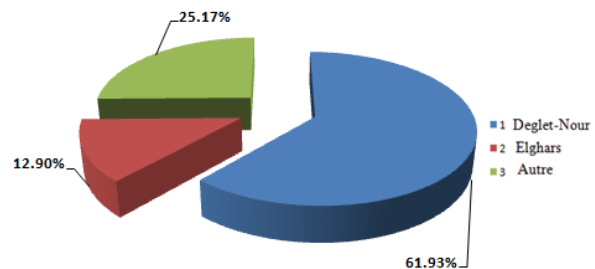


Fig. 1. Proportion de variétés des palmiers dattiers à Biskra.

II. MATERIAUX ET METHODES

A. Matériaux et préparation des échantillons

• Fibres

Les matériaux utilisés pour cette étude sont des fibres extraites de plusieurs palmes de palmiers dattiers type d'Elghres. L'âge des palmiers est d'environ 14 ans de la région de Biskra. (Algérie). Les palmes utilisées sont séchées pendant six mois sous des conditions naturelles. La palme peut être divisée en quatre parties (partie pétioleuse, partie épineuse, partie intermédiaire et partie foliotée). La figure 2 présente les différentes parties d'une palme.

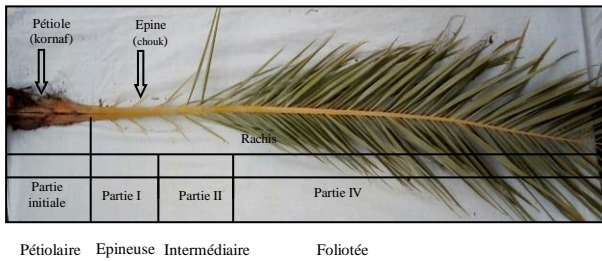


Fig.2. Différents parties de la palme.

Nous considérons la partie rachis constituée par la partie épineuse I, la partie intermédiaire II, et la partie foliotée III. Les fibres sont extraites par l'élimination de la matrice végétale après trempage de la partie rachis d'Elghres (*FPRG*) dans l'eau distillée pendant 5 jours (technique de rouissage[14]). Des morceaux de 20 à 30 cm de bois de rachis ont été ensuite maintenus dans un sac en plastique noir pendant 30 à 45 jours jusqu'à ce que les champignons et les bactéries soient stimulés sur tous les morceaux de bois. Cette technique biologique [15] permet de faciliter le processus mécanique d'extraction. Les fibres obtenues de diamètre mesuré de 0.2 à 0.8 mm sont soumises à plusieurs lavages à l'eau distillée puis un séchage dans une étuve (BINDER) à une température de $(110\pm 1)^\circ\text{C}$ pendant une durée de 30 minutes. Après le séchage, les fibres (*FPRG*) sont coupées dans un broyeur électrique à lames à une vitesse de 300 tr/min pendant 60 secondes. Les fibres courtes obtenues sont soumises à un tamisage intensif sur une succession de tamis métalliques (tamiseuse à vibration) pendant 15 minutes. Enfin, les fibres choisies de la taille 0.2 à 0.5 mm sont lavées à la vapeur d'eau une autre fois pour assurer leur propreté et puis sont séchées une seconde fois.

- *Matrice*

La matrice therm durcissable (Époxy Résine Scapa Polymeric 41) est composée de deux liquides mixables, une résine époxyde et un durcisseur. La couleur du mélange est ambre. Sa densité est de 1.03 g/cm^3 . La préparation de la résine s'effectue à une température ambiante d'environ 30°C pendant 5 minutes. La figure 3 présente la préparation de la résine avant et après le mélange.

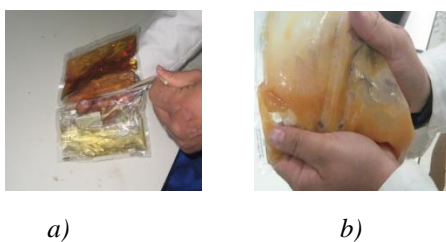


Fig.3. Préparations de la Résine : a) Résine avant le mélange, b) Résine après le mélange.

- *Matériaux composites*

Les éprouvettes Epoxy/fibres de rachis (*FPRG*) sont obtenues par le procédé manuel du moulage au contact. Des moules en plastique d'une forme plaque de volume $(100 \times 50 \times 2) \text{ mm}^3$ ont été utilisés pour la caractérisation physique et des moules en forme haltère pour la caractérisation mécanique. Les éprouvettes moule sont soumis à une pression par le serrage entre deux plaques

pendant 72 heures (Figure 4). La mise en œuvre des éprouvettes en matériau composite a été effectuée à partir de différentes valeurs de fraction massique (07% ,10% et 15%) de fibres d'Elghars (*FPRG*). Les éprouvettes de forme haltère obtenues sont codées selon la fraction massique et le type des fibres utilisées (*EFRG07*, *EFRG10* et *EFRG15*). La figure.4 présente le protocole de préparation des éprouvettes de composite.

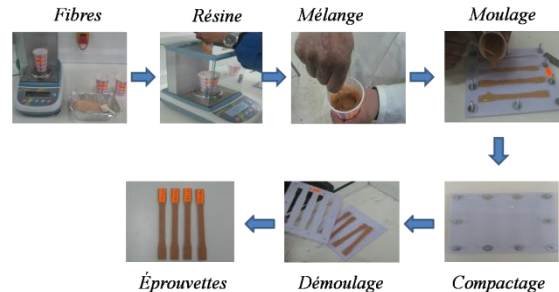


Fig.4. Protocole de préparation des éprouvettes.

III. PROCÉDES EXPERIMENTAUX PHYSICO-MECANIQUE DE COMPOSITE

A. Propriétés physiques

Les différents échantillons de composites utilisés pour la détermination de la masse volumique sont de démenions $(50 \times 5 \times 2) \text{ mm}^3$. L'échantillon est pesé par une balance électronique (Kern V3.1) d'une précision de 0,0001g. Le volume de l'échantillon est déterminé par trempage dans un récipient rempli d'eau distillée.

B. Propriétés mécaniques.

Pour déterminer les caractéristiques mécaniques des composites (*EPRG*), les éprouvettes de forme haltère ont été soumises à des essais de traction, conformément à la norme NF ISO 527, à l'aide d'une machine universelle de type Instron 5969 pilotée par un ordinateur avec le logiciel Bluehill3. Les cellules utilisées ont d'une capacité maximale de 5KN. La vitesse de l'essai est de 2mm/min.

IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

A. Propriétés physiques

Le tableau I Présente les résultats obtenus en mesurant la masse volumique d'échantillons composites à base de fibre (*FPRG*) à différentes fractions massiques.

Tableau I. Résultats des la masse volumique des composites (*EFRG*).

Eprouvettes	Epoxy Vierge	EFRG07	EFRG10	EFRG15
Masse volumique $[\text{g/cm}^3]$	$0,99 \pm 0,02$	$0,97 \pm 0,02$	$0,95 \pm 0,01$	$0,92 \pm 0,02$

Les valeurs obtenues dans le tableau I indiquent que la masse volumique des différents échantillons de composites (*EFRG*) a diminué avec l'augmentation du taux de fibres.

Cette augmentation peut atteindre 11,77% dans le cas d'un taux de 15% de fibres.

Les fractions massiques Fibre/Epoxy jouent un rôle important dans les propriétés physiques de composite, dans lesquelles la masse volumique est réduite en fonction de l'augmentation de taux de fibre. Cette propriété peut influer les propriétés mécaniques. Ceci est montré sur la Figure 5.

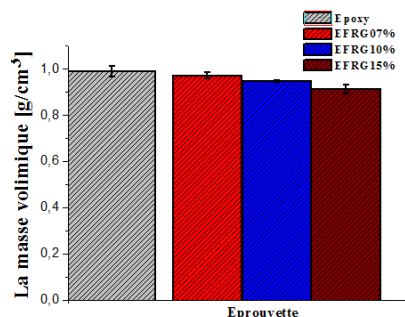


FIG.5. Résultats de la masse volumique des éprouvettes (EFRG) à différents taux de fibre.

B. Propriétés mécaniques

- Tests de traction sur composite

Le tableau II présente les résultats obtenus de l'essai de traction sur des éprouvettes en matériaux composites à base de différentes fractions massiques de fibres de rachis (EFRG).

Tableau II. Résultats de l'essai de traction sur les éprouvettes de composite (EFRG).

Eprouvettes	Déformation ϵ [mm/mm]	Contrainte maximale σ [MPa]	Module d'élasticité E [GPa]
Epoxy Vierge	0.053±0.017	16.16±0.79	0.45±0.10
EFRG 07	0.038±0.005	17.44±0.53	0.67±0.03
EFRG 10	0.031±0.002	17.51±1.27	0.73±0.10
EFRG 15	0.033±0.002	20.85±2.06	0.90±0.05

Les valeurs des caractéristiques mécaniques du Tableau II varient en fonction de la fraction massique de fibre.

Les résultats de caractérisation mécanique de matériau composite (EFRG) pour différentes fraction massique de fibres sont illustrés dans l'histogramme suivant Figure.6.

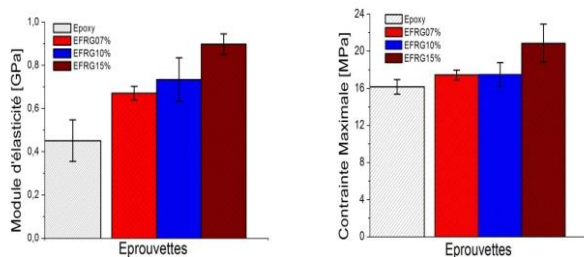


FIG.6. Résultats de l'essai de traction pour les différents taux de fibre (EFRG). a) Module d'élasticité, b) Contrainte maximale.

La contrainte maximale de rupture par traction augmente avec l'augmentation de la fraction massique de fibres. Elle passe d'une valeur minimale de 16.95MPa pour les éprouvettes d'époxy vierge jusqu'à une valeur maximale de 22.901MPa pour les éprouvettes correspondantes à taux de fibres 15%. La même chose est constatée pour les valeurs du module d'élasticité. Il enregistre une augmentation jusqu'à de 129,71% pour les éprouvettes de composite par rapport à des éprouvettes d'époxy vierge. Au contraire, les valeurs des déformations à la rupture diminuent jusqu'à une valeur de 0.031%. Globalement, à travers les résultats obtenus par l'essai de traction, nous constatons que les valeurs de la résistance à la rupture et le module d'élasticité augmentent d'une façon remarquable avec l'augmentation de la fraction massique de fibre dans le matériau composite. Les composites présentent un module supérieur à celui de l'Epoxy vierge, atteignant une valeur deux fois plus élevée pour une fraction massique 15% de fibre. Ceci montre que la fibre joue bien son rôle de renfort. On constate que notre choix de diamètre des fibres de 0.2-0.5 mm fait augmenter le module d'élastique et la contrainte maximale à la rupture.

CONCLUSION

A travers ce travail et les résultats obtenus, les propriétés physico-mécaniques de matériau composite à base de fibres de palmier dattier type Elghars ont été identifiées.

Pour les essais de traction sur le composite, on a préparé des éprouvettes en forme d'haltère par la technique de moulage en contact à l'aide des moules en plastiques. C'est une technique manuelle facile à utiliser pour la fabrication de matériaux composites.

Les valeurs de résistance à la rupture et le module d'élasticité de composite augmentent d'une façon remarquable avec l'augmentation de la fraction massique de fibre dans le matériau composite, tandis que la masse volumique diminue avec l'augmentation de taux de fibres.

Globalement, les essais mécaniques ont donné des résultats satisfaisants, en particulier pour les valeurs moyennes obtenues à partir des tests sur les matériaux composites. Ils enregistrent une amélioration remarquable pour les valeurs de résistance et du module d'élasticité.

D'une manière générale, grâce aux résultats obtenus, on peut affirmer qu'il est important d'améliorer l'époxy à l'aide de fibres extraites de la palme. Il est également possible d'utiliser la technique de moulage par contact pour préparer ces matériaux à base de ce type de fibre. De plus, les résultats montrent que la fibre joue un rôle dans le renforcement de composite.

Il apparaît qu'une étude complémentaire de l'influence de la longueur des fibres sur les propriétés physico-mécaniques de composite Epoxy/ fibre longue est nécessaire pour une future utilisation industrielle.

REFERENCES

[1] F. M. AL-Oqla, O. Y. Alothman, M. Jawaid, S. Sapuan, and M. Es-Saheb, "Processing and

- properties of date palm fibers and its composites," in *Biomass and bioenergy*: Springer, 2014, pp. 1-25.
- [2] T. G. TEMAM, S. DERFOUF, B. GUERIRA, and M. HADID, "Caracterisation structurale et mécanique du bois de la grappe du palmier dattier," *Courrier du Savoir, Université de Biskra*, vol. 24, pp. 115-120, 2017.
- [3] Y. Djebloun, M. Hecini, T. Djoudi, and B. Guerira, "Experimental determination of elastic modulus of elasticity and Poisson's coefficient of date palm tree fiber," *Journal of Natural Fibers*, pp. 1-11, 2018.
- [4] E. A. Elbadry, "Agro-Residues: Surface Treatment and Characterization of Date Palm Tree Fiber as Composite Reinforcement," *Hindawi Publishing Corporation, Journal of Composites*, vol. 2014, Article ID 189128, 2014.
- [5] A. Bezazi, S. Amroune, and F. Scarpa, "Analyse statistique et effet des traitements chimique sur le comportement physico-mécanique des fibres des bras de grappe des palmiers dattier," *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie, UBMA*, vol. 31, pp. 108-120, 2015.
- [6] H. Abdel-Rahman, R. Al-Juruf, F. Ahmad, and I. Alam, "Physical, mechanical and durability characteristics of date palm frond stalks as reinforcement in structural concrete," *International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete*, vol. 10, pp. 175-181, 1988.
- [7] N. Benmansour, "Etude des performances de produits renouvelables et locaux adaptés aux applications de l'isolation thermique dans le bâtiment," *Mémoire de magister, Université El Hadj Lakhdar-Batna (Algérie)*, 2011.
- [8] E. S. Ellouze A, Medhioub S, , "Détermination des caractéristiques mécaniques du bois tronc palmier," *Séminaire International, INVACO2, Rabat-Maroc*, vol. N° :30-123, Novembre 2011.
- [9] Hadid.M, "Exploration des différents constituants du palmier dattier," *2éme journées euro-maghrebines des biocomposites*, 02-04 Mars 2014. Biskra.
- [10] N. Saadaoui, A. Rouilly, K. Fares, and L. Rigal, "Characterization of date palm lignocellulosic by-products and self-bonded composite materials obtained thereof," *Materials & Design*, vol. 50, pp. 302-308, 2013.
- [11] A. S. Hammood, "Effect of Erosion on Water Absorption and Morphology for Treated Date Palm Fiber-Reinforced Polyester Composites," *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS* vol. Vol:15, December 2015.
- [12] A. Sbiai, "Matériaux composites à matrice époxyde chargée par des fibres de palmier dattier: effet de l'oxydation au tempo sur les fibres," Thèse de doctorat, INSA-Lyon, 2011.
- [13] Itdas, "Rapport sur la situation du secteur agricole," *Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne*, Biskra, Algérie, 2012.
- [14] C. BALEY, *Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites*: Ed. Techniques Ingénieur, 2005.
- [15] M. Dallel, "Evaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa (*Stipa Tenacissima* L.): Caractérisation physico-chimique de la fibre au fil," Université de Haute Alsace-Mulhouse, 2012.