



Amélioration des propriétés thermomécaniques des fibres de palmier

Mouna LASSOUED, Taoufik MNASRI et Rached BEN YOUNES

Unité de recherche Physique, Informatique et Mathématiques, Faculté des sciences de Gafsa.
Université de Gafsa, Campus Universitaire sidi Ahmed Zarroug, 2112, Gafsa, Tunisie

Lassoued_mouna@hotmail.fr
mnassri_toufik@yahoo.fr
Rached.benyounes@fsgf.rnu.tn

Résumé :

Chaque année, des tonnes des déchets des palmiers sont abandonnées malgré ses fortes propriétés mécaniques et thermiques. Ce travail s'intègre dans le thème de valoriser les ressources naturelles et locales, dont le but est d'avoir un matériau composite basé sur les déchets de palmiers, prêt à l'utiliser dans l'isolation thermique avec le moins dépense énergétique et économique. Cependant, le domaine des matériaux composites pose toujours le problème d'adhésion entre la matrice et les renforts. D'où, un traitement de ces déchets peut présenter une solution d'une part pour limiter sa dégradation à long terme et d'autre part pour améliorer l'adhésion entre la matrice et les fibres. Le traitement choisi, est par l'hydroxyde de sodium (NaOH), avec plusieurs concentrations (0,5%, 0,75%, 1%, 2% et 5%) durant différents intervalles de temps. Les fibres de palmier ont été caractérisées avant et après le traitement, au point de vue mécanique (test de micro traction) et thermique (l'Analyse Thermogravimétrique et Thermique Différentielle (ATG-ATD)). Les résultats montrent une amélioration des caractéristiques thermomécaniques après l'alcalinisation

Mots clés :

Fibre de palmier, Alcalinisation, Test micro traction, l'Analyse Thermogravimétrique et l'Analyse Thermique Différentielle (ATG-ATD)

1. Introduction

Les fibres naturelles sont de plus en plus utilisées dans plusieurs domaines tels que le textile, l'artisanat et plus particulièrement le domaine de la construction. Les fibres naturelles peuvent être minérales, animales ou végétales. Ces derniers ont un faible coût et ont des propriétés mécaniques très importantes, et qui sont très variables pour la même espèce. Chaque année, des milliers de tonnes de déchets de palmiers sont abandonnées. L'utilisation de déchets comme renforts en matériau composites, est une bonne solution à la valoriser. Dans cette étude, on se concentre principalement sur les déchets des fibres de palmier provenant de la région de Tozeur situé au sud de la Tunisie.

Actuellement, les fibres végétales sont utilisées dans les matériaux composites, comme renforts et même remplaçaient les autres types des fibres telles que les fibres de carbone et les fibres de verre ..., mais la dégradation des fibres végétales reste un inconvénient qui fait diminuer ses propriétés mécaniques, sans doute, et attaque le comportement composite. En appliquant un traitement aux fibres ce problème peut être éliminé. Il existe plusieurs méthodes de traitement qui peuvent être classées en deux catégories: les méthodes physiques comme le traitement plasma, rayonnement ultraviolet et traitement thermique, et les méthodes chimiques comme le traitement alcalin, acétylation et traitement au peroxyde. Plusieurs types de fibres sont utilisés comme renforts tel qu'Alfa, kenaf, bagasse, ananas, etc. ...

La méthode la plus utilisable est le traitement chimique, plus précisément, par NaOH (hydroxyde de sodium).

Plusieurs travaux ont étudié la procédure de manipulation des différentes catégories des fibres telles que les fibres de bagasse [1], fibres de loofah [2], fibres de Kenaf [3-6], fibres de coco [7], fibres de feuilles d'ananas [8-9], fibres Alfa [10], fibres de palmier [11-18], etc... Les processus de traitement dans la littérature sont multiples et les résultats sont différents. L'étude de Cao, [1], montre que le traitement des fibres de bagasse avec une solution de NaOH à 1% entraîne une amélioration de 13% pour la résistance à la traction de composite, 14% pour la résistance à la flexion et de 30% pour la résistance aux chocs. Yousef, [4], montre que le renforcement de l'époxy avec les fibres de kenaf qui ont été trempées dans une solution de NaOH à 6% pendant 24 heures et ensuite lavées et séchées dans un four à 40°C pendant 24 heures a augmenté la résistance à la flexion du matériau composite d'environ 36%, tandis que celui aux fibres non traitées ne s'améliore que de 20%.

Concernant les fibres de palmier, Alawar, [12], a fait l'étude de traitement des fibres de palmier et a trouvé que ces fibres immergées dans une solution de NaOH à 1% pendant 1 heure à 100°C subissent un traitement optimal donnant une résistance à la traction maximale et une meilleure morphologie de la surface de la fibre.

Il convient à mentionner que le traitement par l'acide chlorhydrique soit rejeté en tant que traitement des fibres en raison de son impact négatif sur la résistance à la traction et la morphologie de surface des fibres. De même, le traitement à haute température est à éviter, car il réduit les propriétés mécaniques, au fait démontré par plusieurs études [13,14].

L'objectif de cette étude est de valoriser les fibres de palmier et d'étudier les effets de leur traitement par alcalinisation, dans des conditions différentes en variant le temps d'immersion et la concentration de la solution alcaline.

2. Matériels et méthodes

Le traitement a été effectué à une température ambiante de 23°C. Les fibres de palmier dattier FDP sont initialement lavées avec de l'eau pour éliminer la poussière et les salinités, ensuite démontées manuellement et dégroupées en cinq groupes. Les fibres FDP ont été immergées dans des solutions de NaOH avec des concentrations différentes de 0,5%, 0,75%, 1%, 2% et 5% pendant un intervalle de temps bien défini: 2 h, 5 h, 7 h et 24 h. Au total, nous avons obtenu 20 groupes. Finalement, les fibres ont été lavées une fois de plus pour éliminer le reste de NaOH résiduel et ont été séchées dans des conditions standard.

Les propriétés mécaniques ont été réalisées à l'aide d'une machine de traction. Les essais de micro-traction ont été réalisés avec une vitesse constante de 1 mm/min, pour déterminer les caractéristiques suivantes: σ , ϵ et E. La contrainte (ou résistance à la traction) (σ), est déterminée comme suit [1]:

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (1)$$

Alors que l'allongement (ϵ) et le module de Young (E) ont été déduits à partir de graphique.

Par ailleurs, les propriétés thermiques sont déterminées par l'analyse thermogravimétrique (ATG) et l'Analyse Thermique Différentielle (ATD). Les mesures ont été effectuées de la température ambiante jusqu'à 900°C, à une vitesse de chauffage de 10°C/min dans une atmosphère d'azote.

3. Résultats et discussion:

3.1. Propriétés mécaniques:

La courbe de traction de fibre de palmier (Fig.1) montre que les fibres ont un comportement fragile : presque une absence totale de la partie du comportement plastique, seule la partie du comportement élastique est présente. La contrainte est proportionnelle à la déformation jusqu'à la rupture.

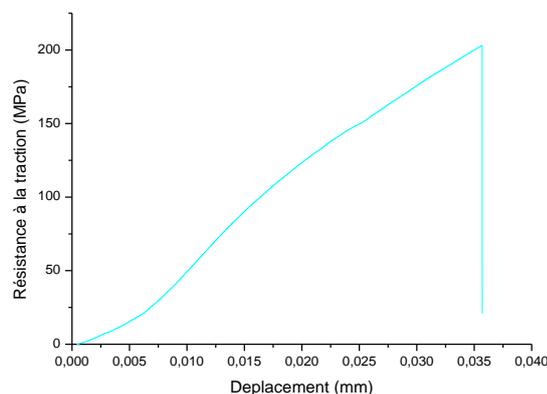


Figure 1: Courbe typique de traction pour les fibres FDP

Les figures 2 et 3 présentent les différentes variations des propriétés mécaniques: résistance à la traction et le module d'Young des fibres de palmier traitées aux différentes concentrations et durées. Nous sommes limités dans ces figures à la présentation des meilleurs résultats (durée×concentration).

En ce qui concerne la figure 1, le traitement des fibres avec 2% pendant 2h donne le meilleur résultat puisque la résistance à la traction atteint 242 MPa. Par contre le traitement par 0,5% pendant 5h donne une résistance à la traction égale à 230 MPa, alors que le traitement des fibres avec 2% pendant 7h donne 162 MPa et 187 MPa lorsque les fibres sont traitées avec 5% pendant 24 h.

La figure 2 montre également que les traitements des fibres avec 2% pendant 2h donne le module de Young maximal est égal à 7750 MPa. Ainsi, le traitement avec 2% pendant 2h est le traitement optimal qui a donné des valeurs maximales par rapport aux autres.

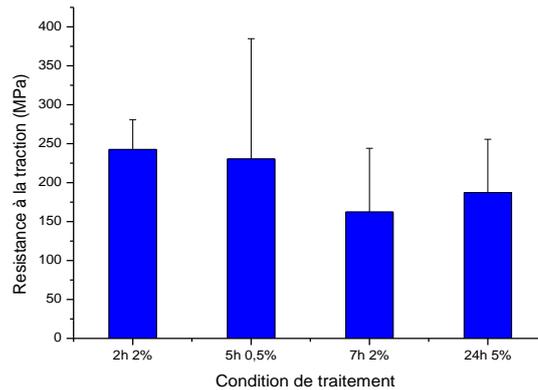


Figure 2 : Effet du traitement par NaOH sur la résistance à la traction des fibres

Le traitement alcalin des fibres avec 2% pendant 2 h a donné l'optimum pour la résistance à la traction aussi bien que pour le module de Young. C'est le traitement suivi pour développer le matériau composite par la suite. En général, au stade pratique, il existait toujours des différences entre les résultats obtenus par comparaison avec la littérature en raison de plusieurs paramètres tels que le type de fibres, l'âge, les conditions expérimentales. En fait, Shalwan, [17], montre que le traitement des fibres de palmier dattier pendant 12 h avec NaOH à 0,5% présente le meilleur comportement mécanique, avec une résistance à la traction égale à 327,7 MPa et un module de Young de 11,6 GPa. Ozerkan, [18], à réalisé le traitement des fibres de palmier s'obtient en appliquant différents processus: le premier processus consiste à immerger les fibres dans une solution de NaOH à 2% à température ambiante pendant 30 min, le deuxième consiste à faire bouillir les fibres dans l'eau chaude à 100°C pendant 30 min. Alors que le troisième processus est le traitement alcalin à 100°C, les résultats montrent que la première procédure donne les meilleurs résultats (contrainte maximale 64 MPa, module de Young 2625 MPa)

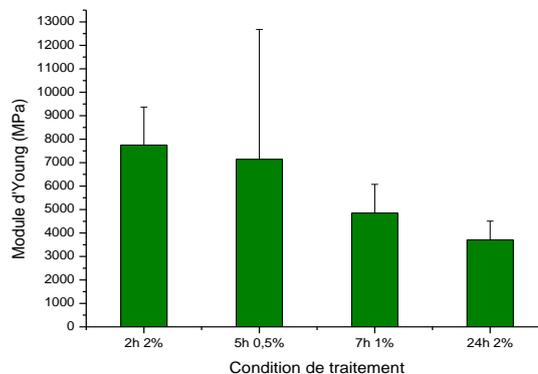


Figure 3: Effet du traitement par NaOH sur le module de Young des fibres FDP

Tableau 1: Propriétés mécaniques de fibre de palmier brute et traitée

	σ (MPa)	E (MPa)
Fibre brute	174	4013
Fibre traitée à 2% pendant 2h	242	7750

3.2. Propriétés thermiques:

L'analyse thermogravimétrique et l'analyse thermique différentielle (ATG-ATD) sont des méthodes qui permettent de connaître les différents changements de phase subis par le matériau, en fonction de la variation du temps et de température et de leur comportement thermique qui accompagne ce changement.

Les courbes de la perte de masse illustrées en Figure 4, ont initialement la même forme, avec une petite différence aux niveaux des bosses. En fait, la masse des fibres non traitées diminue de 100% à température ambiante pour les deux échantillons jusqu'à 250 ° C où il y a une perte de 5% pour les fibres non traitées et de 15% pour les fibres traitées, la perte de masse continue à 350°C où il y avait une perte de 36% (fibre non traitée) alors que 47% pour les fibres traitées. À 550°C, il y a une perte maximale et reste presque constante jusqu'à 900°C, cette perte est égale à 48% pour les fibres non traitées alors que pour les fibres traitées à 630°C subissent une deuxième décroissance et présente un palier de perte de masse égal à 59%.

L'intervalle de température entre 180°C - 220°C, correspondant à la dégradation des hémicelluloses, 220°C - 400°C était la dégradation de la cellulose alors que la partie entre 230°C-550°C a entraîné la dégradation de la lignine.

Le traitement alcalin a produit une fibre plus forte et plus propre en éliminant les impuretés naturelles et artificielles (qui étaient responsables de la réduction du comportement mécanique des fibres). Cette élimination provoque alors une perte de masse pour les fibres traitées plus grande que celle des fibres non traitées.

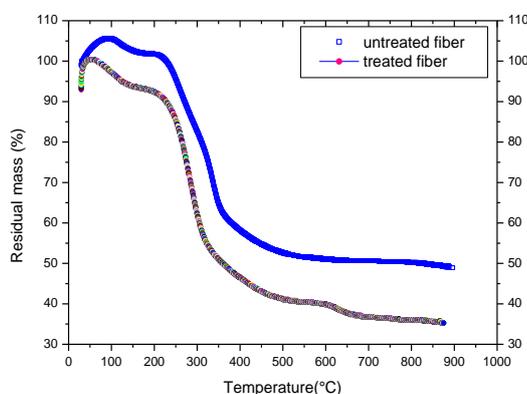


Figure 4: Thermogravimétrie de fibre brute et traitée

La courbe d'Analyse Thermique Différentielle des fibres non traitées et traitées (Fig 5) a montré qu'elles ont presque le même aspect et que la transformation de deux échantillons avait un comportement endothermique.

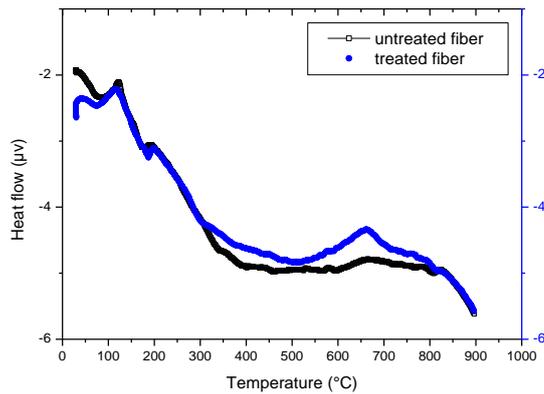


Figure 5: Analyse Thermique Différentielle de fibre brute et traitée

Conclusion

La caractérisation des fibres de palmier s'effectue par une application d'un traitement alcalin avec l'hydroxyde de sodium à différentes concentrations et pendant plusieurs durées d'immersion. Tous les essais ont été effectués en laboratoire afin de déterminer les conditions de traitements optimales. Il est intéressant de souligner que le traitement avec une solution alcaline de 2% pendant 2 heures est la condition optimale ; la résistance à la traction atteint 242 MPa alors que le module de Young est égal à 7750 MPa. En comparant avec les fibres non traitées, une augmentation de la résistance à la traction d'environ 40% est constatée alors que le module de Young subit une augmentation d'environ 50%. Ceci s'explique par l'augmentation de l'uniformité qui donne lieu à l'amélioration des propriétés.

Nomenclature

Symboles

F charge de rupture maximale, N
 S section de la fibre, mm^2
 E module d'Young, MPa

Symboles grecs

σ contrainte, MPa
 ϵ L'allongement, %

Références

- [1] Y. Cao, S. Shibata, I. Fukumoto, Mechanical properties of biodegradable composites reinforced with bagasse fibre before and after alkali treatments, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, volume 37, Pages 423–429, 2006
- [2] L. Ghali, S. Msahli, M. Zidi, F. Sakli, Effect of pre-treatment of Luffafibres on the structural properties, *Materials Letters*, volume 63, Pages 61–63, 2009
- [3] A.M. MohdEdeerozey, Hazizan MdAkil, , A.B. Azhar, M.I. ZainalAriffin, Chemical modification of kenaf fibers, *Materials Letters*, Volume 61, Pages 2023–2025, 2007
- [4] B.F. Yousif, A. Shalwan, C.W. Chin, K.C. Ming, Flexural properties of treated and untreated kenaf/epoxy, *Composites. Materials and Design*, Volume 40, Pages 378–385, 2012
- [5] M.S. Meon, Improving tensile properties of kenaf fibers treated with sodium hydroxide, *Procedia Engineering*, Volume 41, Pages 1587 – 1592, 2012
- [6] R. Mahjoub, Jamaludin Mohamad Yatim, Abdul Rahman Mohd Sam, Sayed Hamid Hashemi, Tensile properties of kenaf fiber due to various conditions of chemical fiber surface modifications. *Construction and Building Materials*, Volume 55, Pages 103–113, 2014
- [7] G. Huang, Tensile behaviours of the coir fibre and related composites after NaOH treatment. *Materials and Design*, Pages 3931–3934, 2009

- [8] N. Lopattananon, K. Panawarangkul, K. Sahakaro, B. Ellis, Performance of pineapple leaf fiber–natural rubber composites: The effect of fiber surface treatments. *Applied Polymer science*, Volume 102, Pages 1974–1984, 2006
- [9] K. Panyasart, N. Chaiyut, T. Amornsakchai, O.Santawitee, Effect of Surface Treatment on the Properties of Pineapple Leaf Fibers Reinforced Polyamide 6 Composites. *Energy Procedia*, Volume 56, Pages 406–413, 2014
- [10] M. Rokbi, H. Osmani, A. Imad, N. Benseddqi, Effect of Chemical treatment on Flexure Properties of Natural Fiber-reinforced Polyester Composite. *Procedia Engineering*, Volume 10, Pages 2092–2097, 2011
- [11] A. Al-Khanbashi, K. Al-Kaabi, A. Hammami, Date palm fibers as polymeric matrix reinforcement: Fiber characterization. *Polymer Composites*, Volume 26, Pages 486, 2005
- [12] A. Alawar, A.M. Hamed, K. Al-Kaabi, Characterization of treated date palm tree fiber as composite reinforcement. *Composites Part B: Engineering*, Volume 40, Pages 601–606, 2009
- [13] M.A. Norul Izani, M.T. Paridah, U.M.K. Anwar, M.Y. Mohd Nor, P.S. H'ng, Effects of fiber treatment on morphology, tensile and thermogravimetric analysis of oil palm empty fruit bunches fibers, *Composites: Part B*, Volume 45 (2013), Pages 1251-1257, 2013
- [14] A. K. Mohanty, M. Misra, L. T. Drzal, Chemical modification of natural fibers and performance of the resulting biocomposites: an overview, *Composite Interfaces*, Volume 8, Pages 313–343, 2001
- [15] S.M. Sapuan, D. Bachtiar, Mechanical Properties of Sugar Palm Fibre Reinforced High Impact Polystyrene Composites. *Procedia Chemistry*, Volume 4, Pages 101 – 106, 2012
- [16] M.A. AlMaadeed, Ramazan Kahraman, P. Noorunnisa Khanam, Somaya Al-Maadeed, Characterization of untreated and treated male and female date palm leaves. *Materials and Design*, 43 (2013), pp. 526–531
- [17] A. Shalwan, B.F. Yousif, Investigation on interfacial adhesion of date palm/epoxy using fragmentation technique, *Materials and Design*, Volume 53, Page 928–937, 2014
- [18] N.G. Ozerkan, B. Ahsan, S. Mansour, S.R. Iyengar, Mechanical performance and durability of treated palm fiber reinforced mortars. *International Journal of Sustainable Built Environment*, Volume 2, Pages 131-142, 2014

25-27 Octobre 2017
Monastir - Tunisie