

CARACTERISATION STRUCTURALE ET MECANIQUE DU BOIS DE LA GRAPPE DU PALMIER DATTIER

T. GUETTAF TEMAM, S. DERFOUF, B. GUERIRA, M. HADID

Laboratoire de génie mécanique (LGM), Université Mohamed Khider de Biskra, BP 145, 07000 Biskra, ALGERIE
guettaf.taher@yahoo.fr, c.derfouf@univ-biskra.dz, guerirabelhi@gmail.com

RESUME

L'utilisation des fibres végétales dans l'élaboration des matériaux bio-composites s'amplifie de manière importante dans les différents secteurs industriels, de par leur disponibilité dans la nature et la facilité de leur extraction.

L'usage de matériau naturel à base de matrice de lignine et de fibres de cellulose (biodégradables ou pas), peut procurer des avantages notoires par rapport aux fibres industrielles utilisées dans les matériaux composites telle que les fibres de verre ou les fibres de carbone. Notre travail concerne un matériau naturel qui est le bois de grappe du palmier dattier et les images microscopiques (MOD) faites pour les différentes couches de ce bois montre clairement deux couches identifier comme (peau et cœur) et la prise de mesure de concentration des fibres dans les deux couches révèle en moyenne un taux de 29% de fibres contenu dans la peau et un taux de 25% de fibres contenu dans le cœur aussi un taux d'humidité moyen de 228% dans le bois de grappe lorsque les deux couches ne sont pas séparées et des valeurs de 204% et 286% relativement pour la peau et le cœur. Le comportement mécanique de ce bois et de ses différentes couches a été justifié par l'application du test de traction, nous retenons la valeur de 9124 MPa pour le module de Young dans la partie linéaire de la courbe contrainte-déformation pour une déformation limite qui ne dépasse pas 0.6%, et la valeur de la contrainte maximale qui est de $\sigma_{max} = 54\text{MPa}$ dans la couche du cœur, et une valeur de 10538 MPa pour le module de Young pour une déformation limite qui ne dépasse pas 01% et la valeur de contrainte maximale de $\sigma_{max} = 84\text{MPa}$ dans la peau.

Le présent travail rentre dans le cadre de l'élaboration d'une base de données spécifiques aux matériaux végétaux, spécifiquement le bois de palmier dattier et de déduire sa contribution dans le développement des matériaux bio-composites, de point de vue propriétés structurales et mécaniques.

MOTS CLES: Palmier dattier, bois, microstructure, caractérisation mécanique, humidité.

1 INTRODUCTION

Le palmier dattier nécessite des opérations d'entretien périodiques qui engendrent des restes tels que les palmes sèches et les bois des grappes, habituellement jetés sans être valorisés.

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) est l'un des herbes productives le plus anciennement cultivé dans le monde [1,2]. Cette herbe se trouve principalement dans la zone afro-asiatique [1]. Considéré comme source de plusieurs matières premières destinées à des applications industrielles diverses [1,3-4]. Les monocotylédones ont une structure assez différente, ils ne possèdent pas de couche du cambium (une couche mince située entre le bois et l'écorce), alors que le bois de palmier présentant une structure et des propriétés bien différentes de celles des autres arbres [5]. Le palmier est une herbe géante, au tronc cylindrique (stipe), portant une couronne de feuilles, les feuilles sont pennées, divisées avec une longueur de 04 à 07m. [2]. Le bois du palmier dattier contient cinq parties hiérarchiquement nommées, folioles, rachis, tronc, pétioles

et grappe [1, 6]. Les fibres végétales sont généralement utilisées comme renfort de matériaux composites, la valorisation des fibres végétales permet l'exploitation et la réduction de l'impact négatif sur le milieu et l'environnement [7]. L'Algérie contient un nombre important de palmier dattier environ 18.6 millions [8], et cela nous classe à la cinquième position mondiale. La quantité de la production de dattes de chaque année est estimée à plus de 200 000 tonnes [9]. La quantité annuelle des produits des palmes secs est de 135 000 tonnes, et le bois de la grappe de dattier est de 5000 tonnes [10]. La tige des dattiers sont constituées des trois composés essentiels, la cellulose, l'hémicellulose, et la lignine [11]. La structure du bois des branchettes de dattier n'a pas la même morphologie, c'est-à-dire qu'elle varie selon la longueur [12]. A partir des résultats de l'augmentation des pourcentages de la fibre diminue la valeur de sa résistance à la traction [13]

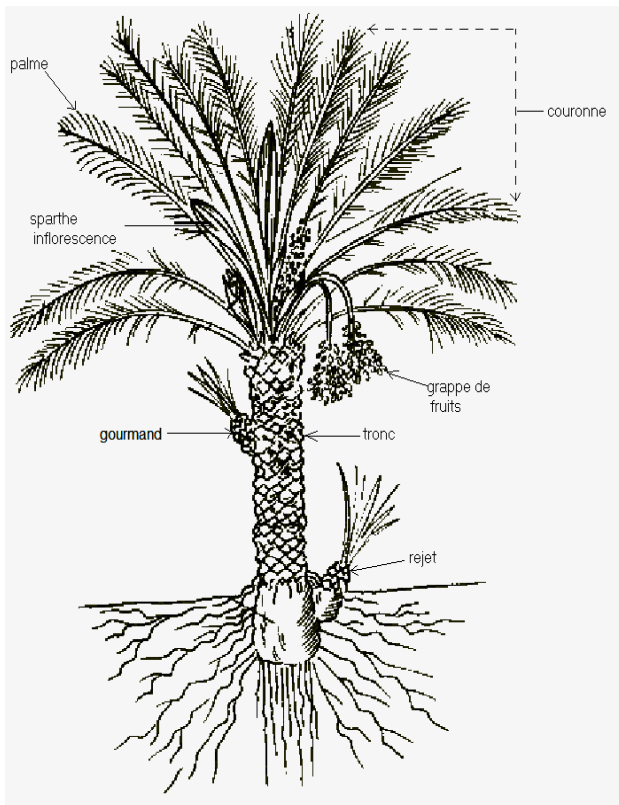


Figure 01: La morphologie du palmier dattier [14]

2 EXPERIMENTATION

2.1 Caractérisation de la microstructure

2.1.1 Observation dans la direction transversale

Pour nos observations, le moyen utilisé est le microscope optique digital QX5 QSG. Il peut être connecté à un PC via un port USB pour la prise de photos, il permet des agrandissements de 10, 60 et 200 fois.

La (figure.2) illustre la microstructure du bois de grappe dans la direction transversale.

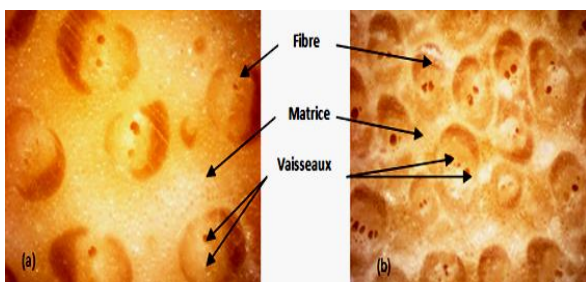


Figure 02: Microstructure du bois de la grappe, coupe transversale, grossissements (X60) (a cœur: b : peau)

De la figure 2, il est facile de constater que la structure du bois de la grappe du palmier dattier se compose de deux couches (peau et cœur). Eux-mêmes, composées d'une matrice de lignine dans laquelle sont dispersées des fibres

de renforcement avec une orientation essentiellement unidirectionnelle. Leur composition est la cellulose. Cette fibre contient deux vaisseaux qui sont responsables du transport de la sève vers les fruits.

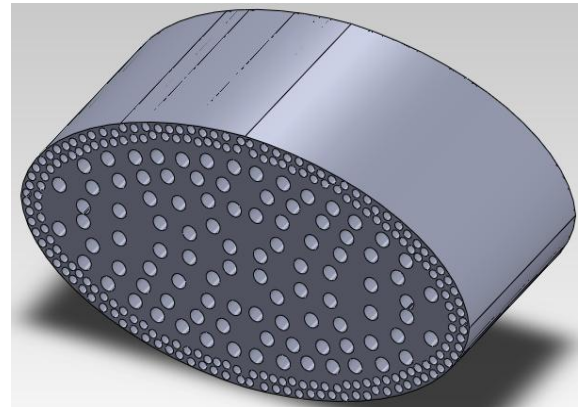


Figure 03: modèle représente la structure de bois de la grappe

2.1.2 Observation longitudinale

On a séparé les couches (peau et cœur), comme des rubans longue de 01 mètre, et nous avons choisi les trois positions (début, milieu et fin), après ce choix, par une lame de couteau nous avons coupé des échantillons qui ne dépassent pas 05 mm, après la préparation de ces échantillons l'observation de la section transversale nous donne.

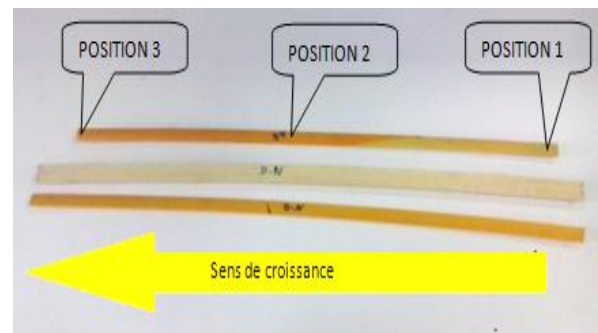


Figure 04: Illustration du principe de choix des échantillons selon la direction longitudinale (direction de croissance)

2.2 La détermination de la valeur du taux d'humidité

La méthode utilisée pour déterminer la valeur du taux de l'humidité du bois est celle de mettre en valeur la différenciation massique de l'état d'extraction et de l'état après séchage.

Un échantillon de bois de dimensions assez petites découpé dans le sens longitudinal des fibres pour réduire le temps de séchage est pesé, sa masse humide est notée Mh. L'échantillon est pesé régulièrement jusqu'à stabilisation au poids anhydre, sa masse anhydre est notée M0. La masse d'eau est déduite par la différence de celle du bois humide et de celle du bois sec. Ainsi, le taux d'humidité sera déterminé par la formule [15] :

$$H \% = ((M_n - M_0) / M_0) \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

La figure5 représente la forme de trois types d'éprouvettes (grappe entière, peau et cœur) humide, qui sont mis dans une étuve à une température 60°C jusqu'à la stabilisation complète de la masse. Une balance de précision de 10⁻³g a été utilisée.

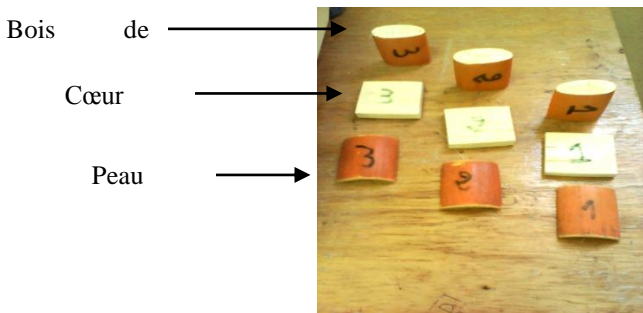


Figure 05 : Eprouvettes représentant les différentes couches du spadice

2.3 Comportement mécanique

Les essais de traction, sont réalisés sur la machine de traction INSTRON5969 de capacité maximale 50KN dotée d'un extension-mètre, disponible au niveau du hall du département de génie mécanique de l'université de Biskra. Figure 6.



Figure 06: Machine de traction avec extension-mètre

2.3.1 Préparations des éprouvettes

Nous avons préparés les éprouvettes de traction de forme plate avec les dimensions suivantes :

Une longueur L= 61 mm, une largeur I= 16mm, et une épaisseur E= 2mm. Les essais mécaniques de traction sont réalisés dans de deux sens longitudinale et transversale comme le montre la photo de la Figure 7 :



Figure 07: Schéma de l'éprouvette de traction utilisée

Premier Essai

Nous avons préparé des éprouvettes des différentes couches (peau, cœur) pour pouvoir trouver les différentes structures qui différencient la peau et le cœur, cette caractérisation est appelé caractérisation transversale.

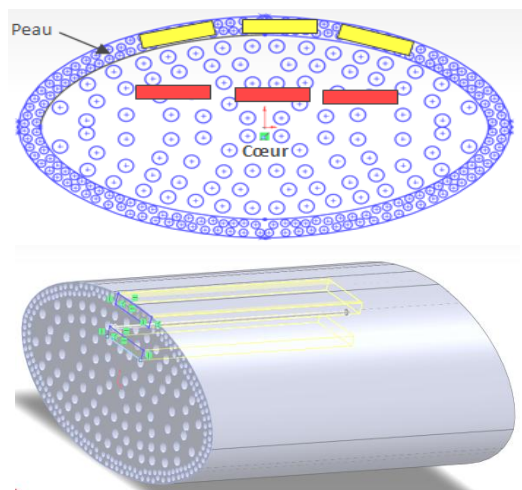


Figure 08: Schéma de l'éprouvette de traction utilisé coupe transversale

Second Essai :

Nous allons préparés trois éprouvettes au même couche mais différents positions, même chose autre couche.



Figure 09: Schéma de l'éprouvette de traction utilisé coupe longitudinale de la grappe

3 RESULTATS

L'utilisation du microscope MOD donne le résultat de la variation de la structure des différentes couches du bois de la grappe en fonction de la longueur.

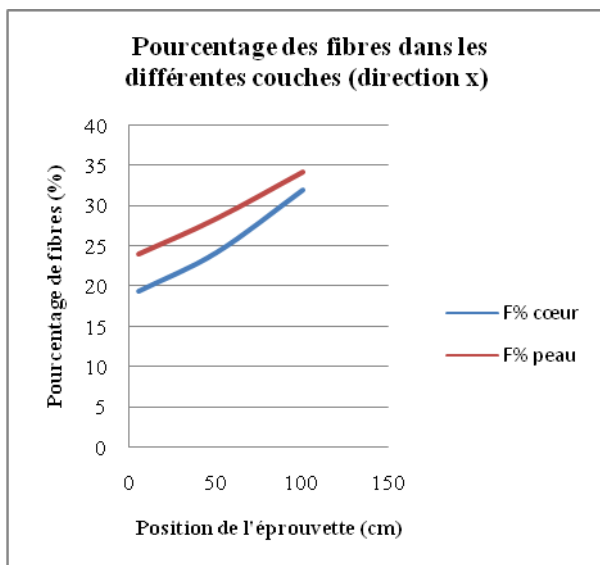


Figure 10: Variation de la concentration des fibres de différentes couches du bois de la grappe selon la position de la fibre prise en direction longitudinale (direction X)

- A. **Au niveau de La peau**, l'intervalle de la variation de concentration des fibres est compris entre 24 % au début et 34 % à la fin du bois de la grappe, soit une moyenne de 29 %.
- B. **Au niveau du cœur**, l'intervalle de la variation de concentration des fibres est compris entre 19 % au début et 32 % à la fin du bois de la grappe, soit une moyenne de 25 %.

3.1 Propriétés physique

La courbe suivante représente le taux d'humidité moyenne de différentes couches du bois de grappe.

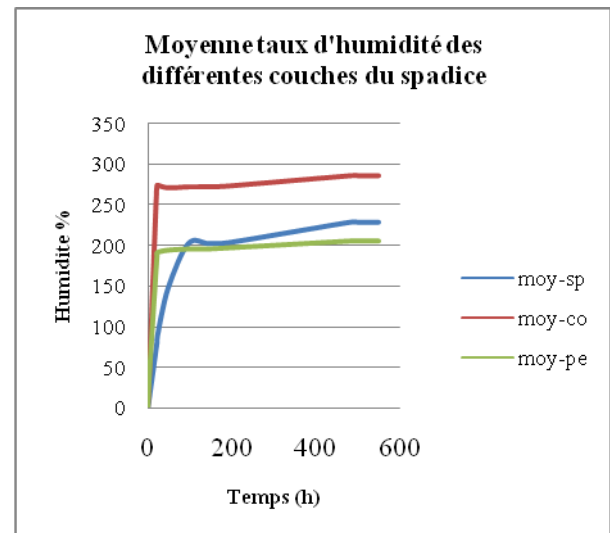


Figure 11: le Taux moyen de l'humidité des différentes couches du bois de spadice

La courbe de la figure 11, montre clairement que le taux d'humidité diffère d'un type d'éprouvette à un autre, le bois de la grappe entier contient un taux d'humidité d'environ 228% de la masse, par contre la peau renferme un taux de 204% de la masse et pour le cœur, il garde le maximum d'humidité soit un taux environ 286% de la masse.

3.2 Propriétés mécanique

3.2.1 Propriétés mécanique transversale

Nous déterminons la valeur du module de Young à partir de la courbe suivante, la valeur du module de Young correspond à la pente de la partie linéaire de la courbe.

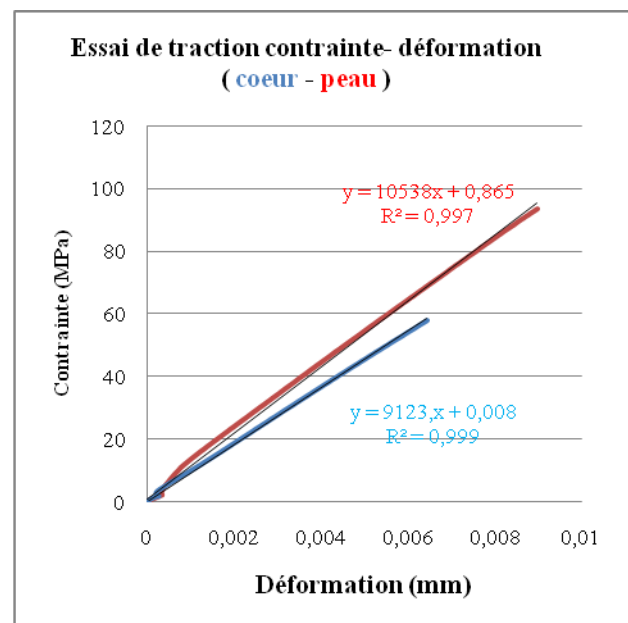


Figure 12: courbe de traction contrainte-déformation des différentes couches de bois du spadice

3.2.2 Calcul du module de Young E de la peau

Nous obtenons la valeur du module de Young de traction à partir la Figure 12, en considérant la partie linéaire de la courbe contrainte-déformation sans dépasser une déformation de 01%.

$$E_{\text{peau}} = 10538 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{max}} = 84 \text{ MPa}$$

3.2.3 Module de Young E du cœur

Nous obtenons la valeur du module de Young de traction à partir la Figure 12, en considérant la partie linéaire de la courbe contrainte-déformation sans dépasser une déformation de 0.6%.

$$E_{\text{cœur}} = 9124 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{max}} = 54 \text{ MPa}$$

3.2.4 Propriétés mécanique longitudinale

La courbe de traction contrainte-déformation des différentes positions de bois de la grappe (peau)

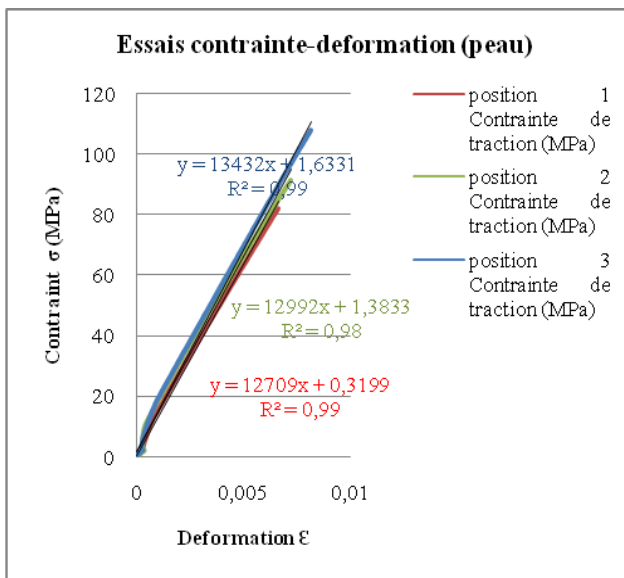


Figure 13: courbe de traction contrainte-déformation des différentes positions de bois de la grappe (peau)

3.2.5 Calcul du module d'Young E de la peau

Nous obtenons la valeur du module de Young de la courbe de traction à partir la Figure 13, en considérant la partie linéaire de la courbe contrainte-déformation sans dépasser une déformation de 0.8%.

$$E_{\text{peau position 1}} = 12,7 \text{ MPa}$$

$$E_{\text{peau position 2}} \approx 13 \text{ MPa}$$

$$E_{\text{peau position 3}} = 13,432 \text{ MPa}$$

A partir les essais de traction de la courbe contrainte – déformation de différents positions nous remarquons que :

$$E_{\text{peau position 1}} < E_{\text{peau position 2}} < E_{\text{peau position 3}}$$

La courbe de traction contrainte-déformation des différentes positions de bois de la grappe (cœur)

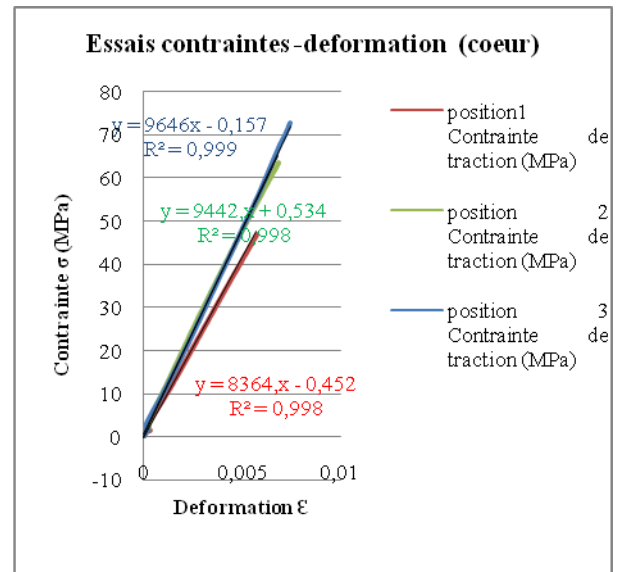


Figure 14: courbe de traction contrainte-déformation des différentes positions de bois de la grappe (cœur)

3.2.6 Calcul du module de Young E du cœur

Nous obtenons la valeur du module de Young de la courbe de traction à partir la Figure 14, en considérant la partie linéaire de la courbe contrainte-déformation sans dépasser une déformation de 0.8%.

$$E_{\text{cœur position 1}} = 8.364 \text{ MPa}$$

$$E_{\text{cœur position 2}} = 9.442 \text{ MPa}$$

$$E_{\text{cœur position 3}} = 9.646 \text{ MPa}$$

A partir les essais de traction de la courbe contrainte – déformation et des différentes positions nous pouvons déduire que :

$$E_{\text{cœur position 1}} < E_{\text{cœur position 2}} < E_{\text{cœur position 3}}$$

4 CONCLUSION

A travers l'étude portée sur le bois de la grappe du palmier dattier, nous constatons que la structure de cet élément est assez complexe, cela est dû à la différence que l'on retrouve dans les proportions des fibres de cellulose d'hémicellulose et de lignine à travers les observations optiques.

On a trouvé aussi que le taux de fibres dans la couche externe est de 29%, il est plus élevé que celui de la couche interne qui est de 25%.

De même ces résultats coïncident avec les proportions des taux d'humidité retrouvés aux niveaux du spadice entier qui contient une moyenne de taux d'humidité de 228 %, celui de

la peau contient une valeur de 204% et celui du cœur contient une valeur de 286%.

En outre, les taux de fibres varient selon la direction, pour la direction longitudinale et pour les deux couches on remarque une augmentation de la variation de la position du bois de la grappe qui est sous l'influence de la force de la charge des dattes voir figure 15, aussi le taux de lignine est élevé, ensuite sous la contrainte de la traction de ces dattes on remarque que le taux de fibre augmente progressivement à l'inverse de la composée lignine.

Les essais de traction réalisés pour déduire le module de Young des parties du cœur et de la peau ont révélés les valeurs relatives suivantes 9123MPa et 10538MPa.

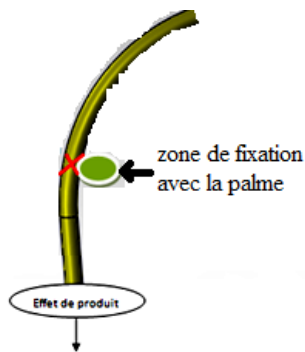


Figure 15 : Exemple illustration du spadice

Tout ceux ci montre que le bois de la grappe du dattier possède une structure renforcée proportionnelle à la charge soutenue, ce bois se compose d'une couche extérieure renforcée de par sa teneur en fibre assez élevée afin de maintenir un flux régulier du mouvement de régime. La couche intérieure à une teneur en fibres moindre celle-ci destinée à jouer un rôle important qui est le maintien de l'équilibre de la tige de bois relativement le mouvement de la sève aux fruits sans effet de la charge.

REFERENCES

- [1] Kriker, G. Debicki, A. Bali, M.M. Khenfer, and M. Chabannet, "Mechanical of date palm fibers and concrete reinforced with date palm fibers in hot-dry climate, Cement & Concrete Composites" vol. 27, pp. 554-564, 2005.
- [2] AhmedBessas, BENMOUSSA Larbi, and K. Mohamed, "Dosage biochimique des composés phénoliques dans les dattes et le miel récoltes dans le sud algérien," in Département de biologie. SidiBel Abbès: UniversitéDjillaliLiabes, 2008, pp. 81.
- [3] RhoumaSoumaya, Dakhilou-Dkhil Sonia, Ali Ould Mohamed Ssaleh, Zehdi-AzouziSalwa, RhoumaAbdelmadjid, Marrakchi Mohamed, and T. Mok, "Genetic diversity and phylogenetic relationships in date-palms (Phoenix dactylifera L.) as assessed by random amplified microsatellite polymorphism markers (RAMPOs)," Scientiahorticulturae, vol. 117, pp. 53-57, 2008.
- [4] R. Khiari, M.F. Mhenni, M.N. Belgacem, and E. Mauret, "Chemical composition and pulping of date palm rachis and Posidoniaoceanica – A comparison with other wood and non-wood fibre sources," Bioresource Technology, vol. 101, pp. 775-780, 2010.
- [5] Marie-Christine TROUY-TRIBOULOT and P. TRIBOULOT, "Matériau bois: Structure et caractéristiques," Techniques Ingénieur. Construction, vol. CB1, pp. C925.1-C925.26, 2001.
- [6] B. Agoudjil, A. Benchabane, A. Boudenne, L. Ibos, and M. Fois, "Renewable materials to reduce building heat loss: Characterization of date palm wood," Energy and Buildings, vol. 43, pp. 491-497, 2011.
- [7] Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites C. Baley Techniques de l'Ingénieur. Ref.AM. 5 130
- [8] ABDOUCHE F., «Communication from the Botanic Unit Development at the ministry of agriculture and rural development», Algerian Press Service, Alger, 30 March2010.
- [9] HARRAT K, QUENEUEDEC M., «Valorisation des déchets fibreux issus de foliole de palmier dattier: influence de la taille et du pourcentage de la fraction végétal sur les caractéristiques physico-mécaniques d'un mortier cimentaire», Conférence internationale francophone: Nouveaux matériaux et Durabilité, 19 et 20 Novembre 2012. University Paul Sabatier Toulouse.
- [10] CHEHMA. A, LONGO. H. F, et SIBOUKEUR.A "estimation du tonnage et valeur alimentaire des sous produits du palmier dattier chez les ovins" Recherche Agronomique INRAA (2000), 7, 7.15
- [11] BARREVELD W. H. «Date palm products», Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome Bulletin n° 101,1993.
- [12] Abdelaziz S, Bouaziz A, Hamzaoui R, Bennabi A. " Valorisation des tiges de dattiers dans la formulation des mortiers : propriétés physiques et mécaniques " 31èmes Rencontres de l'AUGC, E.N.S. Cachan, 29 au 31 mai 2013.
- [13] Rigassi V. Compressed earth blocks. CRATerre-EAG Volume I. Manuel de production. Germany, 1995.
- [14] Gilles Peyron, « Guide illustré de formation : Cultiver le palmier dattier » Cirad- France, 2000.
- [15] A. Govin, "Aspects physico-chimiques d'interaction bois - ciment et Modification de l'hydratation du ciment par le bois," Université Jean Monnet De Saint Etienne, 2004.