

Etude des caractéristiques chimiques, physiques et mécaniques du pétiole du rônier du Tchad

[Study of chemical, physical and mechanical characteristics of the petiole of Chadian palmyra]

NGARGUEUEDJIM KIMTANGAR¹, *Djidengar Lazare*¹⁻², *DEUDJONBE Baruc*¹⁻², *GUY EDGARD NTAMACK*², and *NZIE Wolfgang*¹

¹Laboratoire d'Etude et de Recherche en Techniques Industrielles (LERTI), Faculté des Sciences Exactes et Appliquées, Université de N'Djaména, Chad

²Group of Mechanics, Materials and Acoustics, Department of Physics, Faculty of Sciences, University of Ngaoundéré B.P. 454, Ngaoundéré, Cameroon

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Palmyra petiole is the biovégétal material widely used in Chad for the artisanal manufacture of furniture and other works. The present study deals with the determination of its physical, chemical and mechanical characteristics. We carried out the chemical analyzes, the physical tests and the mechanical tests in three points flexion, in traction and in compression.

The results of our physicochemical analyzes and mechanical tests are satisfactory.

Its cellulose, lignin and hemicellulose contents obtained justify its resistance to physical and chemical degradation and its attack by termites.

The values of its mechanical characteristics obtained place it between the category D50 and D60 of hardwoods.

Those of its physical properties place it among the light woods.

This study, the first on the knowledge of the scientific and technical properties on Chad's petiole of palmyra, opens perspectives on a new field of study on the behaviour of this abundant natural raw material.

KEYWORDS: Petiole, palmyra, wood, physical characteristics, chemical characteristics, mechanical characteristics.

RÉSUMÉ: Le pétiole de rônier constitue le matériau biovégétal très utilisé au Tchad pour la fabrication artisanale des meubles et d'autres ouvrages. La présente étude porte sur la détermination de ses caractéristiques physiques, chimiques et mécaniques. Nous avons réalisé les analyses chimiques, les essais physiques et les essais mécaniques en flexion trois points, en traction et en compression.

Les résultats de nos analyses physicochimiques et des essais mécaniques sont satisfaisantes.

Ses teneurs en cellulose, en lignine et en hémicellulose obtenues justifient son caractère résistant aux dégradations physiques et chimiques, et à son attaque par les termites.

Les valeurs de ses caractéristiques mécaniques obtenues le situent entre la catégorie D50 et D60 des bois massifs feuillus.

Celles de ses propriétés physiques le situent parmi les bois légers.

Cette étude, la première sur la connaissance des propriétés scientifiques et techniques sur le pétiole de rônier du Tchad, ouvre des perspectives sur un nouveau champ d'étude sur le comportement de cette matière première naturelle abondante.

MOTS-CLEFS: Pétiole, rônier, bois, caractéristiques physiques, caractéristiques chimiques, caractéristiques mécaniques.

1 INTRODUCTION

La Problématique de notre étude est le manque des données scientifiques du pétiole de rônier du Tchad (**Photo.1**). Cette partie du rônier constitue un matériau naturel très utilisé comme poteaux de clôture des champs et des concessions. Le pétiole de rônier est également utilisé pour la fabrication des lits, des chaises (**Photo.2**) et d'autres meubles et ouvrages domestiques. Son utilisation actuelle se fait de manière empirique. C'est pourquoi cette étude est menée pour déterminer ses caractéristiques scientifiques en vue d'envisager son utilisation rationnelle et sa valorisation.

Les caractéristiques scientifiques déterminées dans ce travail sont les :

- Propriétés chimiques : les teneurs en cellulose, en lignine, en hémicellulose ;
- Caractéristiques physiques : la masse volumique, le taux d'humidité, le taux de la matière sèche, le taux du cendre, le retrait linéaire, le retrait volumique et le retrait radial ;
- Caractéristiques mécaniques : le module d'élasticité longitudinale et la contrainte maximale de rupture en flexion, en compression et en traction dans la direction des fibres.

Toutes les analyses et les essais sont réalisés dans les différents laboratoires de la Faculté des Sciences Exactes et Appliquées de l'Université de N'Djaména.

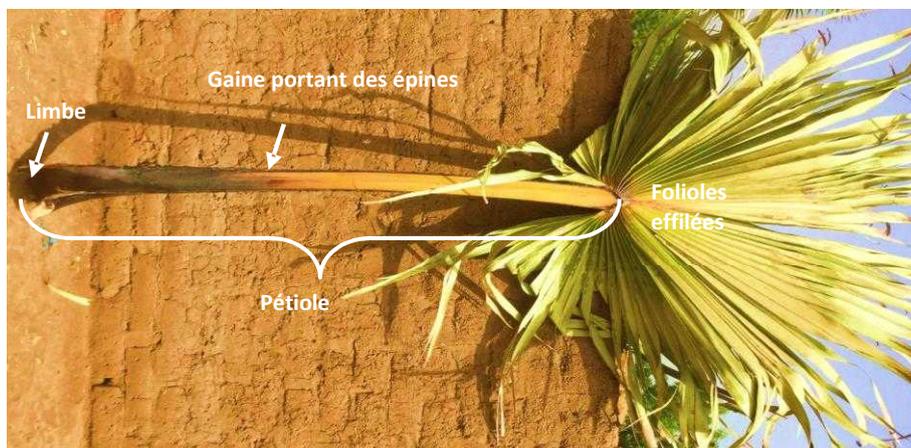


Fig. 1. Photo.1 : Pétiole du rônier et ses différentes parties



Photo.2 : Meubles fabriqués avec le pétiole du rônier. (a) : fauteil, (b) : tabouret.

2 MATÉRIAU DE L'ÉTUDE

Le matériau d'étude de notre travail est le pétiole du rônier âgé d'environ 30 ans. De longueur 150 à 220 cm (**Photo.1**) chez un rônier adulte, le pétiole est fendu à sa base sur environ 20 cm, formant le limbe. C'est par son limbe qu'il s'attache sur le tronc de son arbre. Relativement aplati sur sa face supérieure et convexe sur sa face inférieure, il est garni d'épines

irrégulièrement réparties sur une gaine le bordant. Ses échantillons sont prélevés à Koundoul, une localité située à 25 km au Sud de N'Djaména au Tchad.



Photo.3 : Echantillons de pétiole brutes découpés (a), échantillons usinés après séchage (b).

3 MÉTHODOLOGIE

Pour avoir des échantillons représentatifs de l'ensemble, nous avons coupé vingt cinq (25) échantillons de pétioles sur des rôniers différents mais de même âge à peu près. Ces échantillons ont été séchés au soleil pendant un mois. Les parties du pétiole inutiles pour notre étude (épines, courbures) ont été enlevées dès son prélèvement sur le rônier. Les échantillons destinés aux essais mécaniques (**Photo.3b**) ont été usinés sur les machines-outils de l'atelier mécanique de la Faculté des Sciences Exactes et Appliquées de l'Université de N'Djaména.

3.1 DÉTERMINATION DES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DU PÉTIOLE DE RÔNIER

Cette partie de l'étude porte sur la détermination des teneurs de la cellulose (C), de l'hémicellulose (HC), de la lignine (L) et des matières extractibles composées des minéraux, de l'amidon, des protéines.

Toutes les analyses chimiques sont réalisées au Laboratoire de Chimie de la Faculté des Sciences Exactes et Appliquées de l'Université de N'Djaména.

Les échantillons de pétiole du rônier ont été fendus en petits morceaux, concassés et pilés en poudre. Cette poudre est en suite tamisée avant les essais chimiques.

L'analyse chimique a commencé par l'extraction des matières extractibles contenues dans les échantillons de pétiole. Pour cela, nous avons traité 8g de la poudre de pétiole séchée dans 400 ml de mélange éthanol-toluène dans un erlenmeyer sous agitation et à reflux à 80°C pendant 8 heures.

La masse du résidu obtenu après filtrage et séchage dans une étuve à 100°C de la poudre traitée permet de déterminer le pourcentage W_3 des graisses et des cires en utilisant la formule (1).

$$W_3(\%) = 100(W_1 - W_2)/W_1 \quad (1)$$

W_1 et W_2 sont les masses des fibres avant et après le traitement.

DOSAGE DE LA LIGNINE (NORME TAPPI 222)

Pour la détermination de la teneur en lignine, un gramme (1g) du résidu provenant du traitement dans le mélange éthanol-toluène est traité par agitation dans une solution d'acide sulfurique à 75% pendant 2 heures. Après l'ajout de 500 ml d'eau, la solution est chauffée à ébullition et à reflux pendant 4 heures. Le résidu est en suite filtré et lavé avec 500 ml d'eau et séché dans l'étuve à 100°C puis pesé. La lignine étant insoluble dans l'acide sulfurique à 75 %, ce résidu est donc constitué essentiellement de la lignine (L) dont la teneur se calcule à l'aide de la formule (2).

$$L(\%) = K_2 / (K_1(100 - W_3)) \quad (2)$$

K_1 et K_2 sont respectivement les masses des fibres avant et après le traitement à l'acide sulfurique à 75%.

Quatre gramme (4g) du résidu dépourvu des graisses et de la cire sont traités dans le mélange de l'acide acétique glacial et d'hypochlorurie de sodium dans un bain d'eau maintenue à une température comprise entre 70°C à 80°C pendant 5h sous agitation. Le résidu obtenu après le lavage et le séchage est constitué de l'hollocellulose (HOC) qui est composé de la cellulose et de l'hémicellulose. Son pourcentage se calcule à l'aide de la formule (3).

$$HCO(\%) = N_2 / (N_1(100 - W_3)) \quad (3)$$

N_1 et N_2 sont respectivement les masses des fibres avant et après le traitement dans le mélange de l'acide acétique glacial et d'hypochlorurie de sodium.

DOSAGE DE LA CELLULOSE (NORME TAPPI T203 OM-4.5. 88)

Trois grammes (3g) d'hollocellulose séché sont traités successivement dans des solutions de soude à 17,5%, de soude à 8,3% et d'acide acétique à 10% pour la détermination de la teneur en cellulose. La masse du résidu obtenu après le filtrage et le lavage à l'eau permet de calculer la teneur en cellulose $C(\%)$ en utilisant la formule (4).

$$C(\%) = \frac{M_2}{M_1} W_3 \quad (4)$$

M_1 et M_2 sont respectivement les masses des fibres avant et après ce dernier traitement.

Le taux de l'hémicellulose est déduit du taux d'hollocellulose et de cellulose en utilisant la formule (5) :

$$HC(\%) = HCO(\%) - C(\%) \quad (5)$$

3.2 DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DU PÉTIOLE

On utilise la méthode de la déshydratation pour déterminer le taux d'humidité. Après la pesée à l'aide de la balance électronique, le creuset contenant l'échantillon est maintenu dans l'étuve pendant 3 heures à la température constante de 103°C. L'ensemble (creuset et l'échantillon) refroidi est pesé toutes les quatre heures d'intervalle jusqu'à obtenir une variation de masse entre deux pesées successives inférieure ou égale à 0,5%. En suite, on pèse l'éprouvette anhydre à 0,5 % de sa masse après son refroidissement dans le dessiccateur. Cette pesée doit être effectuée rapidement afin d'éviter une reprise d'humidité supérieur à 1 %.

On calcule le taux d'humidité de l'éprouvette à l'aide de la formule (6).

$$H(\%) = 100(m_h - m_0) / m_0 \quad (6)$$

m_h et m_0 sont respectivement les masses en gramme du creuset contenant l'échantillon de l'éprouvette avant la déshydratation et de l'éprouvette anhydre.

Par définition, la masse volumique (Kg/m^3) d'un échantillon est le rapport entre sa masse et son volumique à un taux d'humidité donné. C'est une propriété physique de base pour la qualification des bois. Elle a une influence sur la résistance mécanique du bois.

Les dimensions et la masse de l'échantillon mesurées dans le dessiccateur servent au calcul de sa masse volumique.

TAUX DE CENDRES (NORME TAPPI T 211 CM-4.6. 86)

Le taux de cendre est une propriété physique qui montre l'existence dans le bois des substances minérales tirées du sol par la plante. Le principe utilisé pour la détermination du taux de cendres est basé sur l'élimination des matières organiques dans l'échantillon du pétiole par calcination à température définie dans un temps donné. Les étapes de détermination du taux de cendre font référence à la norme NF B51-002 :

Le taux de cendre TC se calcule à l'aide de la formule (7).

$$TC(\%) = 100(m_1 - m_0) / m \quad (7)$$

m_0 : Masse en gramme du creuset vide ;

m_1 : Masse en gramme finale du creuset et du résidu ;

m : Masse en gramme du creuset et de l'échantillon avant la calcination.

La rétractabilité est la variation des dimensions de l'échantillon du pétiole suite à la variation de l'humidité dans l'échantillon. Elle s'obtient en faisant le rapport de la différence entre les dimensions de l'échantillon humide et les dimensions à l'état anhydre avec ses dimensions mesurées à l'état anhydre dans le dessiccateur.

La rétractabilité volumique B est donnée par la formule (8).

$$B(\%) = 100 (V_h - V_s) / V_s \quad (8)$$

V_h , V_s sont respectivement les volumes de l'éprouvette à l'état humide et à l'état anhydre.

La rétractabilité longitudinale L est donnée par la formule (9).

$$L(\%) = 100 (L_h - L_s) / L_s \quad (9)$$

L_h , L_s sont respectivement les longueurs de l'éprouvette à l'état humide et à l'état anhydre, mesurées dans le sens longitudinal des fibres.

La rétractabilité transversale T est donnée par la formule (10).

$$T(\%) = 100 (T_h - T_s) / T_s \quad (10)$$

T_h , T_s sont les longueurs transversales de l'éprouvette à l'état humide et à l'état anhydre, mesurées dans le sens perpendiculaire à la direction des fibres.

3.3 ESSAIS MÉCANIQUES

Cette partie de l'étude porte sur la détermination du module d'élasticité longitudinale (module de Young) et de la résistance à la rupture du pétiole soumis aux essais de flexion trois points, de compression axiale et de traction axiale (dans la direction longitudinale des fibres).

Ces trois types d'essais mécaniques sont réalisés sur une machine universelle WP 300-20 (**Figure.1**) dont les caractéristiques sont :

Force maximale : 20KN,

Pression maximale du système hydraulique : 100 bars

Déplacement maximal : 50mm avec une précision de 0,01mm.

Cette machine est équipée d'un système d'acquisition des données connecté à un ordinateur et un pont d'extensométrie Modèle P3 (**Figure.1**).

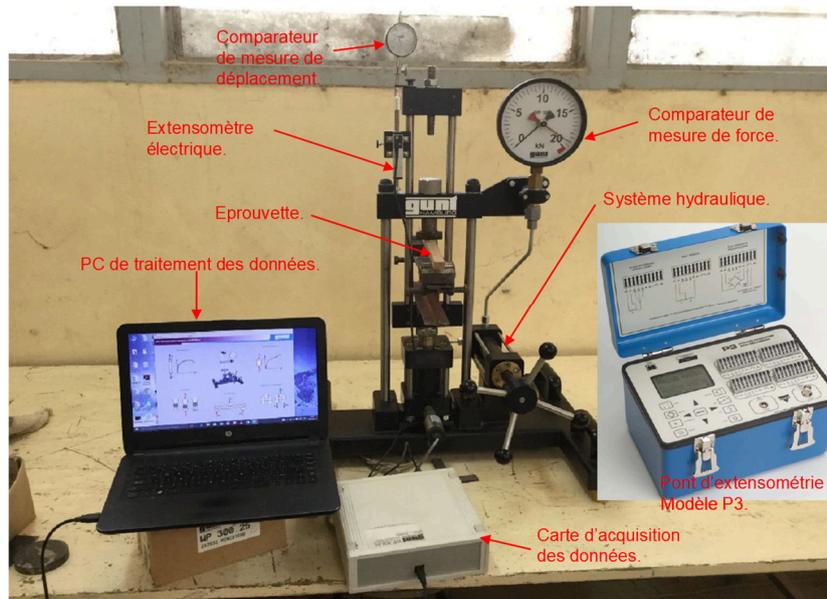


Figure.1 : Dispositif des essais mécaniques.

ESSAIS DE FLEXION TROIS POINTS

Les essais de flexion 3 points réalisés consistent à appliquer une charge progressive (par pas de 0,5 KN) sur les éprouvettes de dimensions 20x15x340 (mm) en un point du plan passant par le milieu de la distance séparant leurs deux appuis jusqu'à leurs ruptures. La distance entre les deux appuis est de 280mm.

Les forces et les déplacements sont enregistrés automatiquement dans l'ordinateur qui trace et affiche en temps réel à l'écran la courbe flèche – force grâce à un système d'acquisition et un pilote de traitement des données.

Pour réaliser ces essais de flexion trois points, nous avons supposé que les poutres du pétiole sont rectilignes, de poids négligeable devant la charge appliquée, homogènes du point de vue macroscopique, parfaites (sans défauts tels que les nœuds, les blessures).

La contrainte de rupture de l'échantillon de pétiole est donnée par :

$$\sigma_r = \frac{3PL}{2bh^3} \quad (11)$$

Où P est la charge maximale appliquée.

L est la distance entre les deux d'appuis.

b et h sont respectivement la largeur et l'épaisseur de l'éprouvette.

La flèche maximale de l'éprouvette est donnée par la formule (12).

$$f_{\max} = \frac{PL^3}{4Eb^3} \quad (12)$$

Le module de Young se calcule à l'aide de la formule (13) :

$$E = \frac{PL^3}{4bh^3 f_{\max}} \quad (13)$$

Pour tenir compte des recommandations des normes relatives aux bois d'œuvre en Europe [1], la valeur du module de Young est calculée à un taux d'humidité de 12% en utilisant la relation (14).

$$E_{12} = E_H(1 - 0.015(H - 12)) \quad (14)$$

ESSAIS DE COMPRESSION

Les essais réalisés consistent à appliquer un effort de compression à un échantillon reposant sur une surface indéformable. Cette sollicitation provoque un écrasement de l'éprouvette.

Deux types d'éprouvettes sont testés :

Six (6) éprouvettes de dimensions moyennes 40x13,5x12,5 (mm), non équipées de jauges de déformation (**Figure.2a**), sont utilisées pour la détermination de la contrainte de rupture et du module de Young.

Deux autres éprouvettes de dimensions moyennes 39,34x18,2x15,3 (mm), équipées des jauges de déformation (**Figure.2b**), sont utilisées pour la détermination du module de Young.

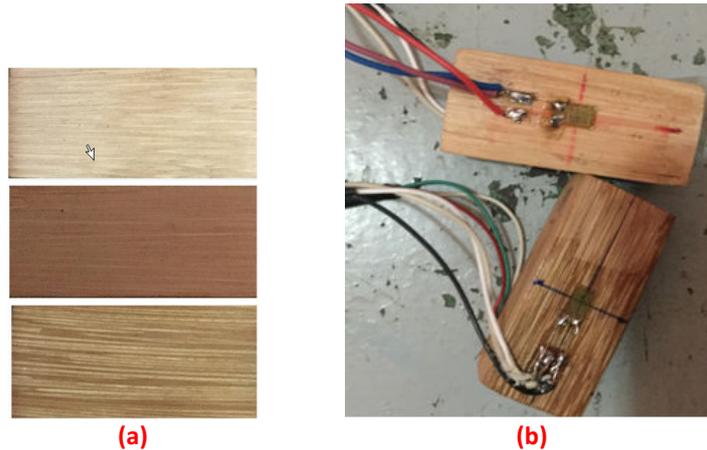


Figure.2 : Eprouvettes pour les essais de compression ; (a) : éprouvettes pour la détermination des contrainte de rupture ; (b) : éprouvettes équipées des jauges déformation pour la détermination du module de Young

Les contraintes et les déformations sont enregistrées automatiquement sur l'ordinateur grâce à un système d'acquisition des données dans le cas de la détermination de la contrainte de rupture des éprouvettes sans jauges de déformation. Elles sont simultanément enregistrées dans un pont d'extensométrie Modèle P3 dans le cas des éprouvettes équipées des jauges de déformation.

Les jauges de déformation utilisées ont un facteur de jauges $K = 2.12$ et une résistance $R = 120\Omega$.

La contrainte maximale de compression σ_r (MPa) est calculée en utilisant la relation (15).

$$\sigma = F/A \quad (15)$$

Où F est la force maximale de compression en N, A est l'aire de la section initiale de l'échantillon en mm^2 .

ESSAIS DE TRACTION

L'essai de traction est l'essai de caractérisation mécanique des matériaux le plus connu. Il permet de déterminer la résistance à la traction, le module d'élasticité longitudinale et l'allongement à la rupture du matériau de l'éprouvette.

Il consiste à provoquer l'allongement d'une éprouvette en appliquant une charge à ses deux extrémités en prises dans les mors de la machine de traction.

La résistance à la traction σ_r (MPa) est calculée à l'aide de la formule (16).

$$\sigma_r = F_{\max}/A_0 \quad (16)$$

Les éprouvettes utilisées sont plates (**Figure.3**), de section $10 \times 3 \text{ mm}^2$ et de longueur utile 45 mm.



Figure.3 : Géométrie de l'éprouvette de traction.

Les données des éprouvettes qui sont rompues en dehors de la zone de la longueur utile (partie centrale) ne sont pas prises en compte dans le traitement des résultats.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 COMPOSITION CHIMIQUE DU PÉTIOLE

Le **tableau.1** donne la composition chimique du pétiole de rônier obtenue.

Tableau 1. composition chimique du pétiole obtenue.

Cellulose (%)	Lignine (%)	Hémicellulose (%)	Extractibles (%)
54,51	23	14,49	8,00

La teneur en cellulose (54,51%) est considérablement grande par rapport à la teneur en lignine (23%) et en hémicellulose (14,49%). Ce taux élevé de la cellulose va permettre aux pétioles de rônier d'être résistants à la dégradation physique et chimique.

La cellulose est l'élément essentiel de la combustion du bois.

La lignine, appelée la "colle" du bois, incruste et renforce les membranes cellulaires. Elle est comme un ciment entre les fibres du bois et comme élément rigidifiant à l'intérieur des fibres et permet à certains arbres d'atteindre une hauteur de plus de 100m [1]. La lignine protège la plante contre l'attaque des agents biologiques (bactéries, champignon, termites) [2]. On constate que les pétioles de rônier sont moins attaqués par les insectes.

Les hémicelluloses sont des molécules plus petites et ramifiées. Elles assurent la liaison entre la lignine et la cellulose dans chacune des couches de la paroi cellulaire. Les hémicelluloses n'ont pas un rôle mécanique important mais leur faible teneur peut provoquer une plus grande accessibilité à la cellulose et augmente l'absorption d'eau mais aussi une diminution de la masse sèche [3, 4].

Notons que les teneurs de ses composants chimiques sont inférieures à celles du rônier (**Tableau.2**).

Tableau 2. Composition chimiques du rônier [5, 6].

Origine du rônier	Partie du bois	Cellulose (%)	Lignine (%)	Hémicellulose (%)	Extractibles (%)
Houndouma [5]	Duramen	63,21	19,36	09,60	
	Aubier	61,89	19,68	11,32	
Malfana [6]	Duramen	65.66	23.66	9.33	1.33

4.2 RÉSULTATS DES ESSAIS DE CARACTÉRISATION PHYSIQUE DU PÉTIOLE DE RÔNIER

Le **tableau.3** montre que le pétiole de rônier est constitué essentiellement de la matière sèche (80,27%). Il s'en découle un taux d'humidité de 19,27%. La teneur en eau permet de situer l'idée sur le changement dimensionnel (retrait et gonflement), sur la masse volumique et sur les propriétés mécaniques du bois.

Tableau 3. Valeurs des caractéristiques physiques du pétiole.

Masse volumique MV(kg/m ³)	Taux d'humidité H(%)	Matière sèche (%)	Taux de cendre TC(%)	Retrait volumique B(%)	Retrait linéaire RL(%)	Retrait transversal RT(%)
526,73 ± 36.06	19,27	80,27	0,53 ± 0,1	10.01 ± 0.8	0,18 ± 0.2	3,51 ± 0,9

Cette faible valeur du taux d'humidité serait l'un des facteurs favorisant le non pourrissement du pétiole de rônier en présence des conditions environnementales naturelles.

Le taux de cendre dans le pétiole du rônier est de 0,53 ± 0,1%. Cette faible valeur du taux de cendre justifie le choix du pétiole de rônier par les ménages paysans du Tchad comme le meilleur combustible de cuisine.

La valeur moyenne de la masse volumique du pétiole du rônier déterminée à un taux d'humidité de 19,27% est de 526,73 kg/m³. Selon les normes des bois (NF B 51 004, NF B 51 008), sa masse volumique à un taux d'humidité de 12% vaut 320kg/m³. Par comparaison, il convient de dire que le pétiole de rônier à une masse volumique similaire à celle de bambou, de sapins ou de épicéa dont les masses volumiques sont comprises entre 300 et 400 kg/m³ [1].

La densité, paramètre très important, n'a pas d'effet significatif sur l'état mécanique des bois de ces espèces. La densité varie très faiblement dans les bois résineux, notamment pour les bois de pin maritime et de pin d'Alep [7].

Tableau 4. Propriétés physiques à 12% de taux d'humidité [8].

Partie du rônier	Masse volumique MV(kg/m ³)	Taux d'humidité H(%)	Matière sèche (%)	Taux de cendre TC(%)	Retrait volumique B(%)	Retrait linéaire RL(%)	Retrait transversal RT(%)
Duramen	894,40	15,86% ± 1,18		1,4% ± 0,004	6,05% ± 0,01	2,62% ± 0,31	0,57% ± 0,26
Aubier		44,56% ± 2,95		1,00% ± 0,004%			

Cette valeur de la masse volumique le situe dans la catégorie des bois très légers. Les valeurs de ses taux de retrait volumique, longitudinal et tangentiel le place dans la catégorie de retrait moyen [1, 9].

4.3 RÉSULTATS DES ESSAIS DE CARACTÉRISATION MÉCANIQUE

4.3.1 ESSAIS DE FLEXION 3 POINTS

La figure.4 donne l'évolution de la flèche en fonction de la force.

Les valeurs moyennes des contraintes de rupture et des modules de Young du pétiole de rônier obtenues par la méthode de moindre carré appliquée à chacune des six éprouvettes dans le domaine linéaire de la courbe flèche – Force, sont respectivement $\sigma_r = 65,40 \pm 13,95$ MPa et $E = 11410,47 \pm 579,08$ MPa à un taux d'humidité de 19,27%. Au taux d'humidité de 12%, le module de Young moyen vaut 10166,16 MPa. Ces valeurs sont inférieures à celles du rônier qui sont $\sigma_r = 180.01$ MPa et $E = 15\ 044.87$ MPa [10, 11].

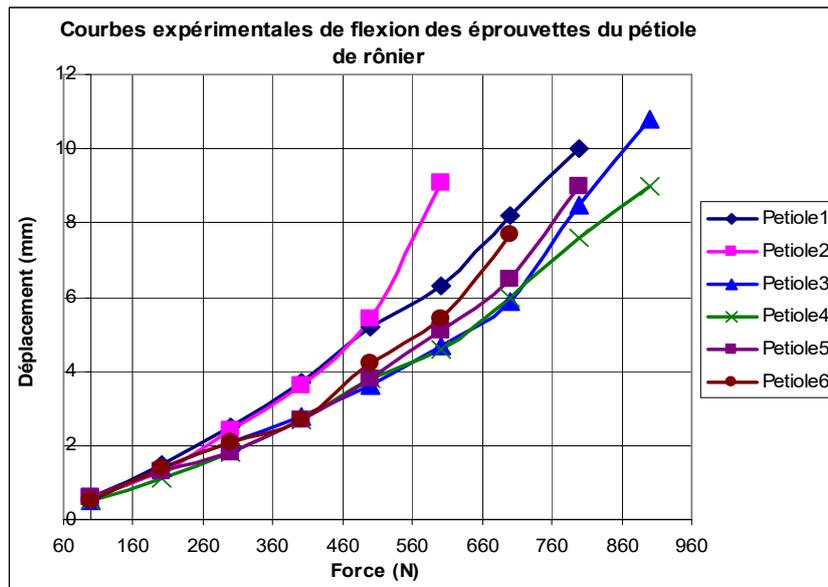


Figure.4 : Courbe d'évolution de la flèche en fonction de la force des éprouvettes soumises à la flexion 3 points.

4.3.2 ESSAI DE COMPRESSION

Les essais de compression ont été réalisés sur des éprouvettes ayant un taux d'humidité de 19,27%. Les valeurs des modules de Young seront ramenées à 12% du taux d'humidité. Les figures 5 et 6 donnent les courbes contraintes-déformations des éprouvettes du pétiole de rônier sollicitées en compression axiale.

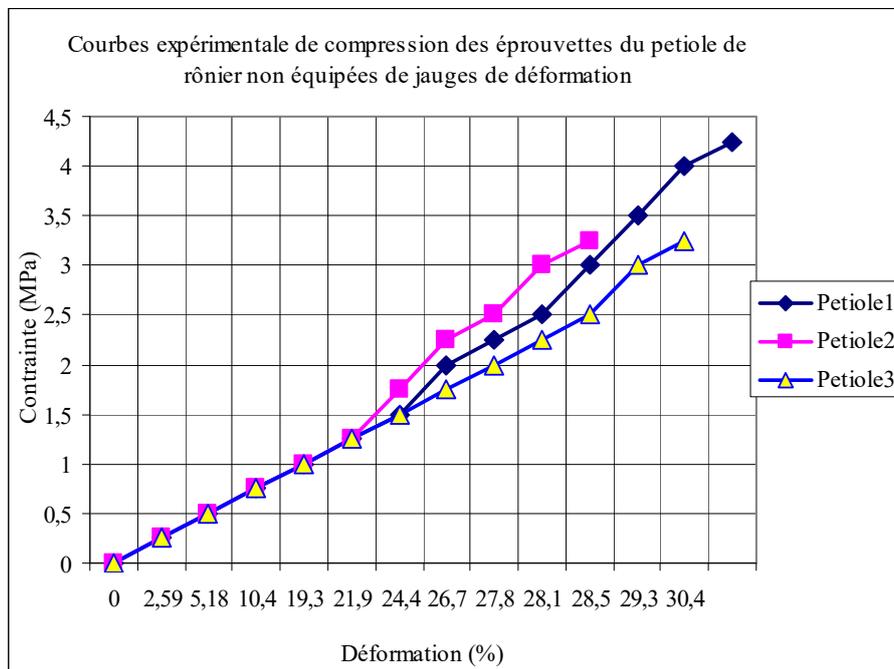


Figure.5 : Courbe contrainte-déformation obtenues avec les éprouvettes non équipées des jauges de déformation.

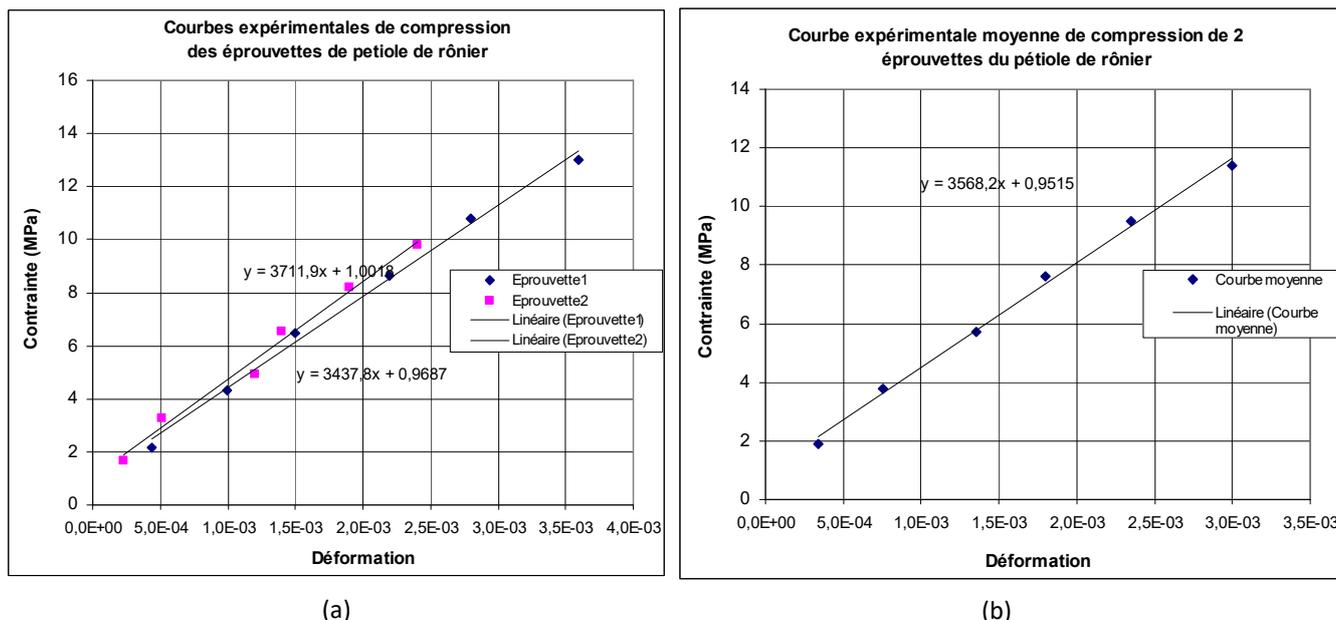


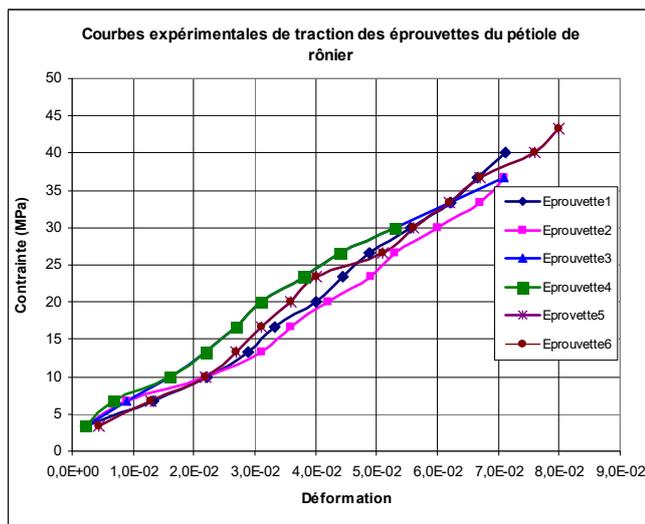
Figure.6 : Courbe contrainte-déformation obtenues avec les éprouvettes équipées des jauges de déformation.

La valeur moyenne du module de Young du pétiole de rônier obtenue avec les éprouvettes sans jauge de déformation vaut 1415,74 MPa. La valeur moyenne de sa contrainte de rupture obtenue avec ces éprouvettes est de 29,81 ± 3,17 MPa.

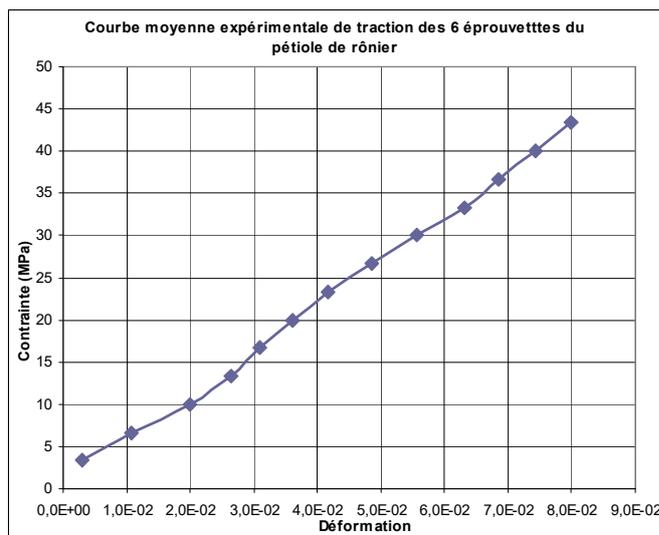
Le module moyen de Young du pétiole obtenu avec les éprouvettes équipées des jauges de déformation est de 3568,2 ± 651,07 MPa. On note un écart de 2152,46 MPa entre les valeurs du module de Young obtenues avec les deux méthodes. Cet écart met en évidence les erreurs que l'on commet dans les essais de compression en mesurant la déformation globale de l'éprouvette. En effet, la déformation globale est constituée en grande partie par l'écrasement des deux têtes de l'éprouvette. L'utilisation des jauges permet ainsi de ne mesurer que les déformations de l'éprouvette en éliminant l'écrasement des têtes.

4.3.3 ESSAI DE TRACTION

La figure.7 présente les courbes d'évolution de la contrainte en fonction de la déformation de chacune des six éprouvettes (a) et la courbe contrainte-déformations des valeurs moyennes relatives aux six éprouvettes (b).



(a)



(b)

Figure.7 : Courbes contrainte-Déformation du pétiole de rônier. (a) : courbe d'évolution de la contrainte en fonction de la déformation pour chaque éprouvette ; (b) : courbe d'évolution de la contrainte moyenne en fonction de la déformation moyenne des six éprouvettes.

Nous obtenons une valeur des contraintes de rupture en traction dans la direction des fibres $\sigma_r = 37,77 \pm 5,69$ MPa et une valeur du module d'élasticité longitudinal $E = 1138,96 \pm 66,16$ MPa.

Les résultats des essais mécaniques montrent que le pétiole de rônier a des caractéristiques mécaniques en flexion supérieures à celles de la traction et de la compression respectivement. Ces résultats nous permettent d'affirmer que les hypothèses générales accordant un module d'élasticité équivalent en compression, traction et donc en flexion n'est pas valable pour les matériaux anisotropiques. En réalité, la résistance du bois en flexion dépasse souvent la résistance en compression si le bois est de très bonne qualité.

5 CONCLUSION

Nous pouvons affirmer que l'objectif principal de notre étude qui est « la caractérisation chimique, physique et mécanique du pétiole de rônier » est atteint.

Les valeurs des propriétés que nous venons de déterminer sont satisfaisantes car elles nous permettent de classer le pétiole de rônier :

- Entre la catégorie D50 et D60 des bois massifs feuillus, en termes de contraintes caractéristiques.
- Parmi les bois légers en termes des caractéristiques physiques.
- Parmi les bois résistants à l'attaque des agents pathogènes et au pourrissement, et parmi les meilleurs combustibles organiques.

Le pétiole du rônier étant une ressource naturelle abondante et facilement reproductrice au Tchad, il est envisageable d'entreprendre une étude technico-économique en vue de sa valorisation en tant que matière première naturelle de fabrication des meubles et des objets de décoration dans les habitats modernes.

Son fort taux de matière sèche est un atout pour son utilisation comme matériau de pâte à papier.

REFERENCES

- [1] J. Gérard et al. 1998 « Synthèse sur les caractéristiques technologiques de référence des principaux bois commerciaux africains », Série FORAFRI 1998, 189 pages, document 11. Campus International de Bailla Guet, Montpellier France.
- [2] DO THI VIVI « Matériaux composites fibres naturelles/ polymères biodégradables ou non ». Thèse de Doctorat, Université de GRENOBLE, 20 Juillet 2011.
- [3] Letelier Maxime et Fleurent Didier Valérie. Caractérisation chimique, physique et mécanique de pieux anciens,. Projet de fin d'études - Ingénieur 3ème année de 2011 - 2012, 70p. Université de Lorraine.
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php,
<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>.
- [4] UÇAR, G., YILGÖR, N. Chemical and technological properties of 300 years waterlogged wood (*Abies bornmülleriana* M.). Holz als Roh- und Werkstoff.1995, Vol.53, n°2, p.129-32.
- [5] N. Kimtanga, N. NADJITONON, E. MBAYNGONGONE et R. AGNES « Caractérisation anatomique et chimique du rônier (*Borassus aethiopicum* Mart.) du Tchad/ Afrique centrale ». International Journal of Innovation and Scientific Research, IJISR-ISSR, Vol. 20 No. pp. 129-137,1 Jan. 2016. ISSN 2351-8014 <http://www.ijisr.issr-journals.org/>.
- [6] Bianpambé Hinperé Wedjou « Caractérisation physico-chimique et mécanique du bois rônier (*Borassus Aethiopicum* Mart) du Tchad ». Mémoire de Master, Université de Ngaoundéré, 2014.
- [7] M. Meite, A. Laanaa, A. Famiri, A. Yeznasni, M. Chergui M., El Ghorba et M. Ziani, 2007. Etude de l'influence des propriétés physiques sur le comportement mécanique des bois de pin maritime et de pin d'alep en vue de l'application à l'énergie éolienne. Revue des Energies Renouvelables CER'07 Oujda 61 – 65.
- [8] K. NGARGUEUEDJIM, N. NGARMAIM, B. BASSA. N.ALLARABAYE, M. FOGUE « Caractérisation physique du bois de rônier (*Borassus aethiopicum* Mart) du Tchad / Afrique centrale ». IJIAS-ISSR, pp 553-560, Novembre 2015. <http://www.ijias.issr-journals.org/>.
- [9] Y. Carignan, J. Frappier, S. Gagnon, S. Gilbert « Guide technique sur la conception de poutres et colonnes en gros bois », cecobois 2015.
- [10] NGARGUEUEDJIM K.et *al.*, Mechanical Characteristics of Tall-Palm (*Borassus aethiopicum* Mart., Arecaceae) of Chad / Central Africa. International Journal of Engineering and Technical Research (IJERT).ISSN: 2321-0869 (O) 2454-4698 (P), Volume-3, Issue-9, pp.125-128, September 2015. www.erppublication.org.
- [11] NGARGUEUEDJIM K, BIANPAMBE H. W., G.E. NTAMACK, S. CHARIF D'OUAZZANE and ANNOUAR D. M., Anisotropic behaviour of natural wood palmyra (*Borassus aethiopicum* Mart.) of Chad. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), Volume 6, Issue 9, Sep 2015, pp. 102-111,
<http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JTypeIJMET&VType=6&IType=9>, ISSN Print: 0976-6340 and ISSN Online: 0976-6359.