

Caractéristiques physiques du bois Rônier (*Borassus aethiopum* Mart., Arecaceae) du Tchad / Afrique Centrale

[Physical characteristics of tall-palm (*Borassus Aethiopum* Mart., Arecaceae) of Chad / Central Africa]

K. NGARGUEUEDJIM¹, N. NGARMAÏM¹, B. BASSA¹, N. ALLARABEYE¹, D. ANNOUAR¹, M. ABDEL-RAHIM¹, B. SOH FOTSING²,
and M. FOGUE²

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

²Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Industriels et de l'Environnement Université de Dschang, Tchad

Copyright © 2015 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 tall - palm (*borassus aethiopum* mart) is a wood material very used in the works of traditional and semi-traditional habitat construction in Chad. However, one has knowledge on neither physical nor mechanical features of this wood of Chad.

The present survey on the physical characterization of this wood shows that it has:

- A humidity rate of $15.86\% \pm 1.18\%$ in the duramen, $44.56\% \pm 2.95\%$ in the sapwood and $47.78\% \pm 0.31\%$ in the central part;
- An ash rate of $1.4\% \pm 0.004\%$ for duramen, $1.00\% \pm 0.004\%$ for sapwood and $0,4\%$ for central part;
- A voluminal mass of 894.40 kg/m^3 at 12% of humidity rate, classifying it thus among the heavy woods;
- For duramen, a voluminal shrinkage of $6.05\% \pm 0.01\%$, a linear shrinkage of $2.62\% \pm 0.31\%$ and a transverse shrinkage of $0.57\% \pm 0.26\%$.

The knowledge of these physical features will permit to start well the survey of the mechanical and thermal behaviour of this construction material in Chad.

KEYWORDS: Tall - palm, woody tree, material, physical characteristics, voluminal mass, voluminal shrinkage, linear shrinkage, transverse shrinkage.

RÉSUMÉ: Le rônier (*borassus aethiopum* mart) est un bois d'œuvre très utilisé dans les travaux de construction des habitats traditionnels et semi-traditionnels au Tchad. Cependant, l'on ne dispose d'aucune connaissance sur les caractéristiques physiques ni mécaniques de ce bois du Tchad.

La présente étude de la caractérisation physique de ce bois montre que le rônier a :

- Un taux d'humidité de $15,86\% \pm 1,18\%$ dans le duramen, $44,56\% \pm 2,95\%$ dans l'aubier et $47,78\% \pm 0,31\%$ dans le cœur;
- Un taux de cendre de $1,4\% \pm 0,004\%$ pour le duramen, $1,00\% \pm 0,004\%$ pour l'aubier et de $0,4\%$ pour le cœur;
- Une masse volumique moyenne de $894,40 \text{ kg/m}^3$ à 12% de taux d'humidité, le classant ainsi parmi les bois lourds ;
- Pour le duramen, un retrait volumique de $6,05\% \pm 0,01\%$, un retrait linéaire de $2,62\% \pm 0,31\%$ et un retrait transversal de $0,57\% \pm 0,26\%$.

La connaissance de ces caractéristiques physiques et permettra de bien aborder l'étude du comportement mécanique et thermique de ce matériau de construction au Tchad.

MOTS-CLEFS: Rônier, arbre ligneux, matériau, caractéristique physique, masse volumique, retrait volumique, retrait linéaire, retrait transversal.

1 INTRODUCTION

Le palmier rônier est un arbre ligneux qu'on trouve dans les régions tropicales de l'Afrique sahélienne. Les rôniers du Tchad se sont développés dans le secteur soudano-sahélien compris entre les isohyètes 600 à 900 mm [1]. Des bandes de rôniers se sont maintenues à l'Ouest du village Cheddra et plus au Nord entre le Kanem et le pays Boulala. Elles sont encore présentes dans la zone tampon entre le Bornou et le Baguirmi, sur tout le Bas-Chari et le Bas-Logone : Logone Gana, Gofa, Holoum, sur le glacis méridional du Baguirmi, depuis Morno, Ngam dans le Ba-Illi nord jusqu'à l'Est de Bousso [2]. Plus au Sud, dans le Mayo-Kebbi, la Tangilé et les deux Logones, d'autres rônieraies sont généralement cultivées pour délimiter les champs et les domaines d'habitation. Cependant, dans certaines sous-préfectures, les rôniers poussent à l'état naturel et occupent de vastes étendues de terre. On peut citer les sous-préfectures de Moïssala (dans la région de Bara I, Bara II et Béloum), de Koumra (plus spécialement la région de Goundi) et à travers le parc de Manda dans la sous-préfecture rurale de Sarh [1].

Matériau composite naturel, le bois rônier présente une bonne densité comparativement aux autres espèces [3], [4]. Presque toutes ses parties sont utiles : son stipe pouvant dépasser 15m de hauteur est utilisé dans les charpentes des habitats traditionnels et semi-modernes. Cependant, peu de travaux scientifiques et techniques ont été réalisés sur ce bois du Tchad pour permettre de justifier son utilisation rationnelle et optimale.

Le but de ce travail est de déterminer les caractéristiques physiques pour constituer une base de données pouvant servir aux études mécaniques et thermiques afin d'envisager les nouvelles stratégies de son utilisation rationnelle et autrement qu'en charpente.

De manière spécifique, il est question de caractériser physiquement les différentes parties de ce bois (duramen, aubier et le cœur).

Ce travail s'inscrit dans une perspective de la valorisation du bois rônier du Tchad.

2 MATÉRIAUX DE L'ÉTUDE

Le bois de l'étude prélevé d'un rônier mâle âgé d'environ 40 ans abattu à Houndouma, un village au Sud de N'Djaména, situé à 11°51,33' de latitude Nord et à 15°04,47' de longitude Est. C'est un matériau biopolymère assimilable à un matériau composite naturel.

Les caractéristiques anatomiques et chimiques sont données dans le tableau 1 et dans le tableau 2, respectivement.

Tableau 1 : Caractéristiques anatomiques du bois rônier du Tchad : nombres de fibres dans la section de 1cm² de l'aubier et du duramen [5]

	Nombre de fibres entières	Nombre de fibres
Aubier	77	21
Duramen	124	34

Tableau 2 : Caractéristiques chimiques du bois rônier du Tchad : taux de cellulose, de lignine, de l'hémicellulose et des extractifs [5]

	Cellulose (%)	Lignine (%)	Hémicellulose (%)	Extractifs (%)
Aubier	61,89	19,68	11,32	7,11
Duramen	63,21	19,36	9,60	7,83

3 APPAREILLAGES ET METHODOLOGIE

3.1 APPAREILLAGES

Les matériels utilisés pour la détermination du taux d'humidité par la méthode de la déshydratation sont :

- une balance électrique de précision de 0,0001g,
- une étuve réglée à la température de 105°C (± 2°C),
- un dessiccateur pour le refroidissement après séchage,
- des billes d'absorption d'humidité.

Ceux utilisés pour la détermination du taux de cendre sont :

- un creuset (récipient),
- une balance électronique de précision 0,0001g,
- un four de calcination de température de stabilisation à 550 ($\pm 2^\circ\text{C}$).

Pour la détermination de la masse volumique, nous avons utilisé :

- un pied à coulisse de précision 0,01 mm,
- une balance électronique de précision 0,0001g,
- une étuve réglée à la température de 105°C ($\pm 2^\circ\text{C}$),
- un dessiccateur pour le refroidissement après séchage,
- des billes d'absorption d'humidité.

Les matériels utilisés pour la détermination de la rétractibilité sont :

- un pied à coulisse de précision 0,01 mm,
- une étuve réglée à la température de 105°C ($\pm 2^\circ\text{C}$).

3.2 MÉTHODOLOGIE

Pour cette étude sur le rônier, nous avons considéré les trois directions ligneuses suivantes :

- La direction axiale, parallèle à l'axe de la tige,
- La direction radiale, passant par la moelle, perpendiculaire à la direction axiale,
- La direction tangentielle, elle est perpendiculaire aux directions axiale et radiale.

La figure1 schématise les trois directions que présente un bois rônier.

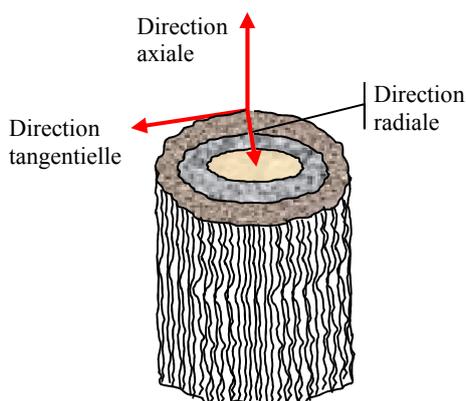


Figure1 : Schématisation des trois directions du rônier.

De l'extérieur vers l'intérieur, la grume de rônier qui se présente sous forme d'une couronne en couches concentriques est composée :

- d'une mince écorce protectrice,
- du duramen, souvent sombre et dur avec de bonnes caractéristiques mécanique justifiant son utilisation traditionnelle dans l'habitat par rapport aux autres bois,
- de l'aubier, partie généralement tendre et blanchâtre ; il correspond aux zones d'accroissement les plus récemment formées,
- de la partie centrale très spongieuse, appelée la moelle.

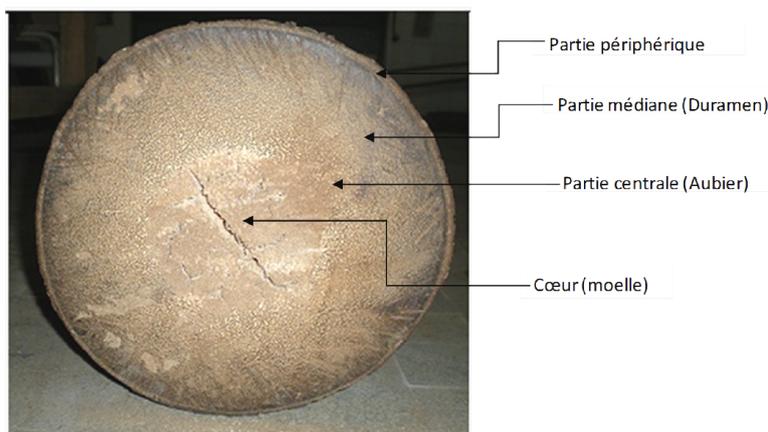


Photo 1 : section transversale de la grume après abattage [5].

3.2.1 LE TAUX D'HUMIDITÉ H(%)

Le taux d'humidité d'un bois est le pourcentage d'eau qu'il contient dans les cellules. Il est défini par la formule :

$$H(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (1)$$

m_0 est la masse en gramme du creuset vide,

m_1 est la masse en gramme du creuset et de la prise d'essai avant le séchage,

m_2 est la masse en gramme du creuset et du résidu après séchage.

Les échantillons du billon du duramen et de l'aubier ont été prélevés après fendage de la grume. L'essai consiste à mesurer par pesée la variation de la masse d'une éprouvette entre son état humide et son état anhydre, en vue de déterminer le pourcentage de l'eau donnée par la formule (1). L'échantillon peut être de type quelconque pourvu que sa plus grande dimension ne dépasse pas 25 mm dans le sens transversal et 60 mm dans le sens axial. Deux échantillons du duramen, d'aubier et du cœur ont été prélevés.

3.2.2 LE TAUX DE CENDRE TC (%)

Le taux de cendre relève de l'existence des éléments minéraux puisés dans le sol par la plante. Il est basé sur l'élimination des matières organiques d'un échantillon de matériau par calcination à température définie durant un temps donné. Il correspond au rapport de la masse du résidu obtenu après calcination à la masse initiale de l'échantillon, exprimé en pourcentage (%).

Il consiste à déterminer par pesée les masses de l'échantillon avant et après calcination. Le taux de cendre est alors donné par la formule suivante :

$$TC(\%) = \frac{m_1 - m_0}{m} \times 100 \quad (2)$$

où m_0 est la masse du creuset vide, m_1 la masse finale du creuset et du résidu de l'échantillon calciné et m sa masse avant la calcination, toutes en gramme.

3.2.3 LA MASSE VOLUMIQUE MV (KG/M³)

La masse volumique est une caractéristique physique utilisée pour la classification des bois. Elle est corrélée plus ou moins étroitement avec les principales propriétés physiques et mécaniques du bois ainsi qu'avec certaines caractéristiques de mise en œuvre. Elle est donnée par le rapport entre la masse d'un échantillon de bois de rônier et de son volume à un taux d'humidité donnée :

$$MV = \frac{Masse}{Volume} \quad (3)$$

L'éprouvette d'essai peut être de type quelconque, mais nous avons utilisé deux éprouvettes de dimensions 24×30×40 en millimètre.

3.2.4 LA RETRACTIBILITE VOLUMIQUE, LINEAIRE, TANGENTIELLE

Il s'agit d'étudier les variations dimensionnelles (la rétractibilité) en fonction du taux d'humidité. On détermine ainsi les rétractibilités volumique, linéaire et tangentielle entre les états humide (saturé) et sec. La partie concernée par cette étude est le duramen.

Après les mesures des trois dimensions, les éprouvettes sont séchées à l'étuve à 105°C pendant 3 heures de temps. Les mesures des dimensions entre les états humide et sec permettent de déterminer les trois rétractibilités qui sont données par les relations suivantes :

- **Rétractibilité volumique B (%)**

$$B(\%) = \frac{V_h - V_s}{V_s} \times 100 \quad (4)$$

- **Rétractibilité linéaire totale L (%)**

$$L(\%) = \frac{L_h - L_s}{L_s} \times 100 \quad (5)$$

- **Rétractibilité tangentielle totale T (%)**

$$T(\%) = \frac{T_h - T_s}{T_s} \times 100 \quad (6)$$

Pour lesquelles :

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

L_h et L_s sont les longueurs linéaires de l'éprouvette, respectivement à l'état humide et à l'état sec, mesurées dans le sens longitudinale aux fibres,

T_h et T_s sont les longueurs tangentielles de l'éprouvette, respectivement à l'état humide et à l'état sec, mesurées dans le sens tangentiel aux fibres.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 DU TAUX D'HUMIDITÉ

Après 3heures de séchage dans l'étuve, les taux d'humidité dans l'aubier et le cœur obtenus (tableau 3) restent plus élevés par rapport à la limite de taux d'humidité optimal d'utilisation admise qui est comprise entre 16% et 18% (NF B 51-002). Cela s'explique par l'anatomie de ce bois, d'une part, et par sa composition chimique d'autre part. En effet, le duramen correspond aux zones d'accroissement les plus anciennement formées, qui ne comportent plus de cellules vivantes appelé généralement "bois parfait". Il s'agit d'un bois dur, compact, dense, sec et imputrescible. L'aubier, partie généralement tendre et blanchâtre correspond aux zones d'accroissement les plus récemment formées. Il contient des cellules vivantes, donc un peu humide. La partie centrale appelée cœur ou moelle est spongieuse ; elle constitue le réservoir d'eau et d'autres substances qui alimentent le rônier.

Le taux d'humidité d'un bois a une grande importance dans son comportement car sa durabilité, sa résistance mécanique, sa stabilité dimensionnelle et structurelle dépendent fortement d'elle.

Tableau 3 : Données et taux d'humidité des trois parties du rônier.

N° des échantillons	Données de pesée			Taux d'humidité		
	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	H(%)	H(%) _{moy}	Ecart-type
Duramen						
1	20,8875	22,7243	22,4614	16,7037	15,8680	1,1817
2	22,7454	24,7304	24,471	15,0324		
Aubier						
1	20,7354	23,4678	22,5981	46,6902	44,5997	2,9564
2	22,3505	25,1062	24,2842	42,5091		
Cœur						
1	24,2060	26,3131	25,6296	48,0036	47,7804	0,3155
2	23,0211	25,0357	24,3864	47,5573		

4.2 DU TAUX DE CENDRE

Le tableau 4 donne les valeurs des taux de cendre obtenus après expérimentation. C'est le taux de cendre dans le duramen qui est plus important avec une valeur moyenne de 1,40% suivi de celui que l'aubier (0,99%). Celui du cœur est moins de la moitié des deux premiers. Cela signifie que le duramen et l'aubier contiennent plus d'éléments minéraux que le cœur.

Tableau 4 : Taux de cendres du bois rônier

Echantillons	m ₀ (g)	m(g)	m ₁ (g)	TC(%)	TC(%) _{moy}	Ecart-type
Duramen						
1	76	5	76,07	1,4	1,4028	0,0039
2	75,81	4,98	75,88	1,4056		
Aubier						
1	79,3	4,99	79,35	1,0020	0,9990	0,0042
2	79,84	5,02	79,89	0,9996		
Cœur						
1	78,12	5	78,14	0,4	0,4	0
2	79,36	5	79,38	0,4		

4.3 DE LA MASSE VOLUMIQUE

Le tableau 5 présente la masse volumique du duramen obtenue à 15% du taux d'humidité et le tableau 6 donne la catégorie des masses volumique de référence à 12% du taux d'humidité.

Tableau 5 : masse volumique du duramen à 15% d'humidité.

Eprouvette	L(m)	l(m)	h(m)	V(m ³)	m(Kg)	MV(kg/m ³)	MV(kg/m ³) _{moy}
1	0,039	0,029	0,024	0,0000271	0,0308	1132,03	1118,18
2	0,039	0,029	0,023	0,0000264	0,0286	1100,338	

Tableau 6 : Catégorie des masses volumiques des bois à 12% d'humidité [6].

Masse volumique (MV en kg/m ³)	Catégorie
MV < 500	Bois très léger
500 ≤ MV ≤ 650	Bois léger
650 ≤ MV ≤ 800	Bois mi-lourd
800 ≤ MV ≤ 950	Bois lourd
MV > 950	Bois très lourd

La masse volumique moyenne (poids spécifique) du duramen à 15% de taux d'humidité est de 1118 kg/m³. En ramenant cette grandeur à l'humidité standard de 12% (Norme Française NF B51-002), on trouve une valeur égale à 894,4 kg/m³, ce qui situe le bois rônier de l'étude dans la classe des bois lourds d'après le tableau 6.

En comparaison avec le bois de rônier des autres pays, le bois de rônier du Tchad est un peu plus lourd que celui de la Côte-d'Ivoire (MV = 888 kg/m³) mais moins lourd que celui du Niger (MV = 969 kg/m³) [7]. Par rapport aux autres bois, le rônier est doublement plus lourd que le bambou et le bois de pin dont les masses volumiques sont comprises entre 300 et 400 kg/m³. La masse volumique est tributaire du taux d'humidité. La connaissance de la masse volumique permet non seulement de déterminer le poids d'une structure de construction mais renseigne aussi sur d'autres propriétés fondamentales telles que la dureté du matériau.

4.4 DE LA RETRACTIBILITE VOLUMIQUE, LINEAIRE, TANGENTIELLE

Le tableau 7 donne les résultats des trois rétractibilités du duramen à 15 % du taux d'humidité. Le tableau 8 donne, quant à lui, les classes de rétractibilité de référence à 12% d'humidité [6].

Tableau 7 : Résultats d'essai de rétractibilité volumique, linéaire et tangentielle du duramen à 15% d'humidité.

Eprouvette 1				Eprouvette 2											
Dimensions		B(%)	L(%)	T(%)	Dimensions		B(%)	L(%)	T(%)						
L _h (mm)	39,3	6,04	3,51	0,38	L _h (mm)	39,5	6,06	1,72	0,76						
H _h (mm)	24,4				H _h (mm)	24,5									
l _h (mm)	29,5				l _h (mm)	29,5									
T _h (mm)	53				T _h (mm)	53,1									
V _h (mm ³)	28288,14				V _h (mm ³)	28548,625									
L _s (mm)	39				L _s (mm)	39									
H _s (mm)	24				H _s (mm)	23,8									
l _s (mm)	28,5				l _s (mm)	29									
T _s (mm)	52,8				T _s (mm)	52,7									
V _s (mm ³)	26676				V _s (mm ³)	26917,8									
Valeurs moyennes					B(%)	L(%)				T(%)					
					6,05	2,62				0,57					
Ecart type				0,0107	1,262	0,268									

Le bois de rônier présente un retrait volumique moyen de 6,05% dans le duramen. Selon le tableau 8 de la classification de référence [6], son retrait volumique est faible. Il en est de même pour les retraits linéaire et tangentiel dont les valeurs moyennes sont 2,62 et 0,57, respectivement.

Le faible retrait résulterait de la présence du taux de silice d'environ 0,053% dans le bois de rônier [7]. Aussi, Le duramen est un bois dur, compact, dense, sec et imputrescible.

Les valeurs moyennes du retrait de du retrait de obtenues sur le bois de rônier très faibles d'après le tableau 8.

Tableau 8 : Classe des rétractibilités [6]

Retrait volumique (B%)		Retraits linéaire et tangentiel	
Classe	Catégorie	Classe	Catégorie
B < 9	Retrait faible	RL < 6,5%	Retrait faible
9 ≤ B ≤ 13	Retrait moyen	6,5% ≤ RL ≤ 10%	Retrait moyen
B > 13	Retrait fort	RL > 10%	Retrait fort

5 CONCLUSION

Cette étude de caractérisation physique du bois de rônier du Tchad contribue à la connaissance de son taux d'humidité, son taux de cendre, sa masse volumique et ses retraits volumique, linéaire et tangentiel. Le taux d'humidité a une très grande influence sur le poids spécifique (masse volumique) du bois de rônier. La valeur moyenne de 894Kg/m^3 à 12% d'humidité permet de classer le bois de rônier de notre étude dans la catégorie des bois lourds. L'humidité dans le bois de rônier n'a pas d'influence considérable sur les variations dimensionnelles. Cependant, le séchage nécessite beaucoup de temps pour amener le taux d'humidité à l'équilibre afin d'obtenir des caractéristiques meilleures en vue d'une utilisation optimale. Ce travail, le premier au Tchad, constitue une modeste contribution à la connaissance du bois de rônier en tant que matériau de construction.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont tout d'abord à l'endroit de l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) pour son appui financier pour la réalisation des travaux de caractérisation sur le bois rônier au Laboratoire de Mécanique et Ingénierie (LaMI).

Nous exprimons toutes nos reconnaissances à l'équipe de recherche de l'Institut Français de la Mécanique Avancée (IFMA) de l'Université Blaise Pascal de Clermont Ferrand 2, particulièrement au Professeur Grigori GOGU, Directeur du LaMI, au Professeur Jean-François DESTREBECQ, Responsable du Master Ingénierie Mécanique et Civil, encadreur de ce stage, à Maître de Conférence Rostand MOUTOU PITTI, au Maître de conférences Carine CHARLET, et à la thésarde Agnès ROUDIER, sans oublier Monsieur Jérôme DOPEUX, Ingénieur Hall génie Civil de Polytechnique (Clermont-Ferrand).

Enfin, nous tenons à exprimer nos gratitude à l'Université de N'Djaména pour ses appuis financiers aux équipes de recherche.

REFERENCES

- [1] Ministère du plan et de la coopération, septembre 1976. Préparation d'un projet de production de bois pour l'approvisionnement de la ville de N'Djaména.
- [2] Jacques R., juin 1993. Rapport de synthèse des activités du chantier d'aménagement forestier de Ngam, 29 pages.
- [3] ANNOUAR Djidda Mahamat, juillet 2010. *Borassus Aethiopum* Matériau Bio – traditionnel dans la construction des structures, Master de Sciences en Physiques, Université de Dschang, 76P.
- [4] BIANPAMBE Hinpéré Wédjou, décembre 2014. Caractérisation physico-chimique et mécanique du bois rônier, mémoire de Master de Mécanique et Matériaux, 59P.
- [5] Allarabeye N., 2010. Caractérisation structurale, physico-chimique et mécanique du rônier, mémoire de Master en Electromécanique, 59P.
- [6] J. Gérard, A. Edi Kouassi, 1998. Synthèse sur les caractéristiques technologiques de référence des principaux bois commerciaux africains, 189 pages.
- [7] Canbannes Y., Chantry G., 1987. Le rônier et le palmier à sucre ; production et mise en œuvre.