

Contribution à l'étude de l'anatomie et des propriétés physiques du bambou de *Raphia vinifera* (arecaceae)

Foadieng E.^{1,2}, Talla P.K.¹, Fogue M.², Mabekou S.¹, Sinju A. F.¹

(1) L2MSP, Université de Dschang, Cameroun / e-mail : foadieng@yahoo.fr

(2) LISIE, IUT-Fotso Victor, Université de Dschang, Cameroun

Résumé

Dans ce travail de recherche, le « bambou de *Raphia* » est le pétiole d'une palme de *Raphia vinifera* (L. arecaceae). Ce matériau est utilisé traditionnellement dans la région de l'Ouest du Cameroun comme matériau de construction par la population de cette région qui est essentiellement rurale, pour la décoration, pour la fabrication des jouets, des emballages tels que les cageots de tomates, bref pour la confection d'ouvrages ethnographiques.

A notre connaissance, et contrairement à beaucoup d'autres matériaux locaux, des informations sur ses propriétés physiques et mécaniques sont quasi inexistantes. Dans ce travail, nous présentons des résultats sur l'anatomie et les propriétés physiques du bambou de *raphia*.

L'examen au microscope optique révèle une structure cellulaire comparable à celle de tout matériau végétal. Le bambou de *raphia* est constitué d'une moelle fragile

à l'intérieur d'une coque mince, lisse et dure qui protège cette dernière. De la moelle à la coque, cette structure est identique en coupe transversale et longitudinale, mais celle de la coque est constituée des cellules plus compactes. Les propriétés physiques de ce matériau se rapprochent de celles du bois dans certains cas et surtout de celles du bois léger. La détermination expérimentale des propriétés physiques a permis de trouver une densité anhydre de l'ordre de 0,28, un équilibre hygroscopique en ambiance de laboratoire autour de 12 % d'humidité, un coefficient de rétractibilité volumétrique d'environ 0,82 %, un taux d'absorption de l'ordre de 157 % et un pourcentage de volume des pores d'environ 82 %. Il ressort de l'analyse des résultats que l'anatomie du bambou de *raphia Vinifera* (L. arecaceae) gouverne toutes ses propriétés physiques.

Mots-clés : bambou, *Raphia*, anatomie, propriétés physiques.

Abstract

This work deals with the "bamboo of *Raffia*" which is the leafstalk of a palm of *Raffia Vinifera* (L. arecaceae). This material is used traditionally in the West Cameroon region as building material by the population of this region, for the decoration, for the manufacture of toys, for packaging as the crates of tomatoes, broadly speaking for ethnographic works.

Contrary to a lot of other biomaterials, information on the fine structure and the physical properties of the bamboo of *raffia Vinifera* (L. arecaceae) are quasi non-existent. Our investigations lead us at the preliminary results on the anatomy and the physical properties of this material.

The screen at the optic microscope reveals a cell texture comparable to wood texture. The bamboo of *raffia* is

constituted of a fragile marrow inside a thin, smooth and hard cockle that protects this last. From the soft-boiled marrow to the cockle, this structure is identical in cross cut and longitudinal, but the one of the cockle is constituted of the more compact cells. The physical properties of this material come closer to those of wood. The experimental determination of the physical properties permitted to find a dry density of the order of 0.28, a moisture content of the order of 12 % when it is exposed at the laboratory, a volumetric withdrawal coefficient of about 0.82 %, the rate of absorption of the order of 157 %, a volume of the pores of about 82 %. It is straight forward from the analysis of the results that the anatomy of the bamboo of *raffia Vinifera* (L. arecaceae) governs all its physical properties.

Keywords: bamboo, *raffia*, anatomy, physical properties.

1. Introduction

Le « bambou de *raphia* » est l'un des plus anciens matériaux de construction utilisés par l'homme dans

la région de l'Ouest du Cameroun. La réduction des réserves de bois et la prise de conscience des

problèmes de déforestation engendrés par les cultures ont accru l'intérêt pour les bambous de raphia qui sont des ressources forestières à croissance rapide. Le palmier raphia, souvent sous-exploité, est présent dans la zone intertropicale. C'est une plante multifonctionnelle par excellence : il est sollicité dans la protection de l'environnement (conservation de l'eau et du sol) ; des noix comestibles, on extrait une huile alimentaire et cosmétique ; le pétiole désigné « bambou de raphia » et les feuilles brutes servent de matériaux de construction, de décoration, de fabrication d'objets d'art ; de l'épiderme des feuilles est extraite la fibre servant à la confection des tenues de danses traditionnelles, des tapis, des couvertures ; sa sève élaborée est un délicieux vin blanc proche du vin de palme (Tangka, 2001 ; Elenga, 2006).

Divers auteurs ont contribué à l'étude des raphias dans plusieurs ordres. La classification botanique est basée sur une identification des caractères architecturaux qui indique une multiplicité d'espèces de raphia (Amougou, 1987 ; Cardon, 1975). Un ordre socioculturel des usages communs du raphia dans toutes les régions de distribution est établi. En effet il est préférentiellement exploité pour la production du vin de raphia fait de la sève élaborée de cette plante qui joue un rôle socioculturel important. Il est très utilisé pour la construction des habitations et des clôtures qui est une identification réelle des peuples des hauts plateaux de l'Ouest du Cameroun. Son usage comme matériau de décorations diverses apporte un esthétique intéressant à l'ouvrage (Brink, 2002 ; Pillot, 2002 ; Shiembo, 1986 ; Sunderland, 2003 ; Talom, 1997 ; Tangka, 1991 ; Tangka, 2001). La destruction des raphiales au profit des cultures maraîchères serait un véritable échec du à la faible maîtrise des techniques d'aménagements des espaces vides obtenus et abandonnés par la suite (Tchagang, 2004 ; Tchagang, 2007). Autour du bambou de raphia se développent de petits métiers dans les villes de l'Ouest du Cameroun (artisans, petits menuisiers, petits commerçants et autres). C'est une plante utilisée pour protéger les petits cours d'eau ; sa surexploitation pose le problème de la durabilité de l'écosystème dans ce contexte (Ngouanet, 2000 ; Nzupiap, 2005). La sécurisation des réserves de raphia est entreprise par une proposition des conditions d'aménagement des bas-fonds de l'Ouest Cameroun (SATEC DEVELOPPEMENT 1991). Quelques auteurs ont initié l'étude des propriétés mécaniques de bambou de raphia. Dans ce contexte, au terme d'une étude tangible, deux modèles statistiques sont élaborés par des travaux relatifs aux forces de compression et de

flexion (Talla, 2004 ; Talla, 2005).

Par la suite, une étude du comportement rhéologique du matériau est élaborée : elle met en exergue la modélisation du fluage de ce matériau en compression dans la direction parallèle à la fibre (Talla, 2007) et l'évaluation de l'énergie d'activation (Talla, 2010). Les résultats sur ses propriétés physiques sont d'une grande importance dans les possibilités d'exploitation de ce matériau. Malgré son apparente fragilité, le bambou de raphia offre une opportunité réelle de construction, car c'est un matériau bon marché, abondant et à croissance rapide pouvant répondre à la nécessité d'une vaste économie de logement.

A notre connaissance, il n'existe malheureusement à ce jour aucune étude portant sur la caractérisation des propriétés physiques du bambou de *Raphia vinifera* (*Arecaceae*), encore moins sur son anatomie. Par ailleurs, la production et les utilisations du bambou de raphia reposent uniquement sur un savoir-faire ancestral. Les ouvrages meubles et immeubles ainsi réalisés sont souvent de qualité variable et s'effondrent prématurément parce que leur fabrication n'obéit généralement à aucune norme scientifique.

C'est un matériau sous-exploité et négligé, de sorte que son plein potentiel n'est pas utilisé. D'autres études sont nécessaires pour aider et promouvoir son application dans le monde moderne.

L'optimisation des propriétés du bambou de *Raphia vinifera* en vue de la valorisation de ses produits nécessite la connaissance à la fois de l'anatomie et de la relation anatomie – propriétés. Dans cette étude, nous nous proposons de caractériser l'anatomie et quelques propriétés physiques du bambou de *Raphia vinifera*.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Localisation des forêts de *Raphia* dans le monde

Le *Raphia* est une plante vivace, appartenant, au groupe des angiospermes et l'ordre des monocotylédones, et à la sous-famille des raphiales. On le rencontre en Afrique (Afrique de l'Ouest et Bassin du Congo), en Asie, en Amérique. Du Sénégal au Cameroun, on dénombre sept espèces tous présents au Cameroun, à savoir : *Raphia farinifera* (haut plateau de l'Ouest), *Raphia palmipinus* et *Raphia regali* (limites des mangroves), *Raphia sudancia* (entre la Bénoué et le Tchad), *Raphia monbutorum* (domaine forestier du Sud-Est) et *Raphia hookeri* (Sud Cameroun), *Raphia*



Photo 1 : Touffes de palmes de raphia

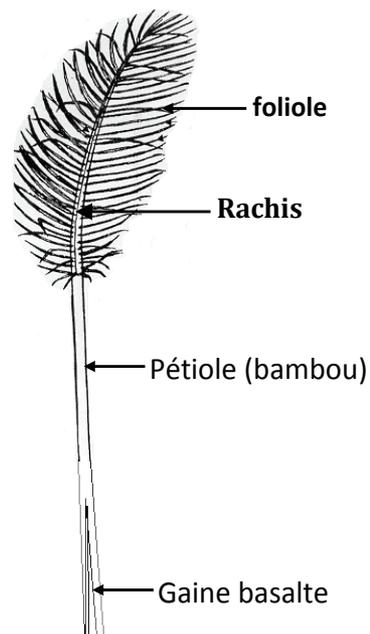


Figure 1 : palmes de Raphia

Vinifera (haut plateau de l'Ouest et le domaine forestier du Sud Cameroun) (Ebale, 2003).

2.1.2. Morphologie du *Raphia vinifera*

Le *Raphia vinifera* se présente sous forme d'une touffe constituée de plusieurs pieds, eux-mêmes composés de palmes (Photo 1)

2.1.3. Caractéristiques de l'espèce étudiée

Une palme de *Raphia* comporte 4 parties ; la foliole, le Rachis, le pétiole et la Gaine basalte (figure 1). La Gaine basalte est la partie inférieure de la palme caractérisée par une dureté relative plus accrue. Le pétiole désigné par « bambou de raphia » a une couleur verte claire lorsqu'il est frais et grisâtre lorsqu'il est sec. Il a 5 à 10 mètres de hauteur et son diamètre varie de 2 à 10 cm. C'est une espèce des bas fonds ; le pétiole est lisse et les feuilles sont en aiguilles, opposées et possédant une nervation parallèle.

Le bambou de *Raphia vinifera* est appelé localement «dink». Notre étude porte sur des échantillons prélevés au quartier Mbieng I, du village Bandjoun, arrondissement de Poumougne, département de KOUNG-KHI, Région de l'Ouest Cameroun. Mbieng I est situé à 5°25 de latitude Nord, 10°25 de longitude, et à 1509 m d'altitude (Institut Géographique National, 1973).

2.1.5. Préparation des éprouvettes.

Les échantillons sélectionnés ne présentent aucun défaut macroscopiquement observable et ont été récoltés à l'état du bois mort. Ils ont une longueur de 4m au moins et un diamètre moyen de 38mm. Pendant environ 3 mois, ces échantillons coupés en morceaux d'environ 1m de long, ont été exposés à la température ambiante au Laboratoire de Mécanique et de Modélisation des Systèmes Physiques (L2MSP) de la Faculté des Sciences de l'Université de Dschang. Les dimensions des éprouvettes sont choisies selon la norme ISO/TC165 N315.

2.1.5.1. Structure anatomique

L'anatomie macroscopique est donnée par une observation à l'échelle vraie grandeur des coupes transversale et longitudinale. La détermination de l'anatomie microscopique se fait en plusieurs étapes : prélèvement respectif d'un échantillon de moelle et de celui de la coque de bambou, de dimensions communes 10cm de longueur et 0.5cm d'épaisseur. Chaque échantillon a été inclus dans une entaille dans la moelle de la fleur jalousie (*Tithonia diversifolia*) puis des coupes fines (photo 2) ont été réalisées à l'aide d'une lame de rasoir. Ces coupes ont été recueillies dans une boîte de pétrie contenant de l'eau distillée. Les coupes ont été par la suite introduites dans l'hypochlorite de sodium dilué à 50% pendant

20 minutes. Au cours de cette étape, l'hypochlorite de sodium détruit le contenu cytoplasmique (c'est-à-dire le protoplasme) pour ne laisser que la paroi cellulaire. Ces coupes ont été par la suite rincées trois fois à l'eau distillée pour débarrasser le reste d'hypochlorite de sodium. Ces dernières ont été en fin montées entre lames et lamelles pour les observations au microscope.



Photo 2 : Eprouvettes à observer au microscope

2.1.5.2. Propriétés physiques : description des échantillons

La masse volumique est certainement le critère le plus important de la caractérisation physique du matériau bois. La densité spécifique de encore appelée densité de la paroi cellulaire ne varie pratiquement pas, quelle que soit l'essence considérée et vaut $d_c = 1,530$ (Natterer, 2004). Nous nous proposons de déterminer les densités relatives au taux d'humidité H et à l'état anhydre, le coefficient de rétractibilité et le pourcentage du volume des pores dans ce matériau.

La longueur de l'éprouvette est égale à son diamètre. Sur chaque échantillon on prélève 5 éprouvettes voisines, soient 60 éprouvettes sur 12 échantillons.

2.2. Mode opératoire

Pour déterminer expérimentalement la densité, le taux d'absorption et le volume des pores, nous avons :

- Prélève une éprouvette par échantillon occupant la même position relative sur les tiges, soient 12 éprouvettes.
- Pesé les éprouvettes à l'aide d'une balance électronique
- Rendu les bouts imperméables grâce à une mince couche de colle 99 qui ne modifie pas son volume.
- Mesuré les volumes par immersion dans un récipient gradué.

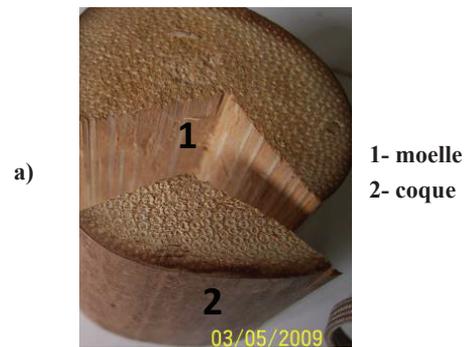
- Maintenu l'éprouvette dans l'eau à l'aide d'une tige fine avant de relever le niveau d'eau.
- Déduit le volume de l'éprouvette.

3. Résultats

3.1. Anatomie

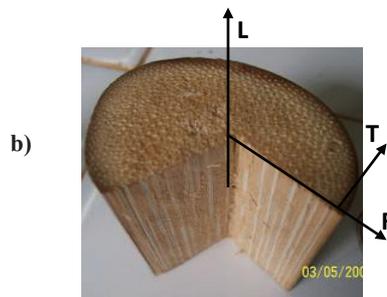
3.1.1. Anatomie macroscopique : Observation et interprétation.

La photo 3 présente la structure générale d'un pétiole de raphia. On peut y observer deux zones distinctes en se déplaçant du centre vers l'écorce : la moelle et la coque.



a)

1- moelle
2- coque



b)

Photo 3 : a) Structure d'un bambou de *Raphia Vinifera*.
b) Directions principales dans une pièce de raphia

Comme le bois, le bambou de raphia est reconnu pour être un matériau hétérogène et anisotrope. Son hétérogénéité vient du fait qu'il est composé de la moelle et d'une coque protectrice. A l'intérieur de la coque, sa structure est identique dans les directions tangentielle et radiale.

La photo 3 présente à la fois l'image d'une coupe transversale (le bout) et d'une coupe longitudinale. Ces coupes permettent de distinguer :

- La moelle fragile à l'intérieur d'une coque dure et lisse. La moelle est un ensemble de tissus spongieux qui évoluent en vieillissant. On y observe

distinctement les fibres de ce matériau très espacées les unes des autres par rapport à celles du bois ferme ;

- La coque mince, lisse et dure revêt le bambou de raphia et constitue une couche protectrice. Celle-ci est empreinte d'une substance imperméable qui protège la moelle.

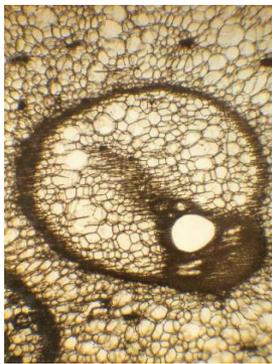
La coupe longitudinale présente des fibres droites et parallèles, comparables à la structure du bois fil droit qui est tendre et léger. On en déduit que le bambou de *Raphia vinifera* peut être classé parmi les bois tendre et léger où l'aubier n'est pas distinct.

3.1.2. Anatomie microscopique : Observation et constat

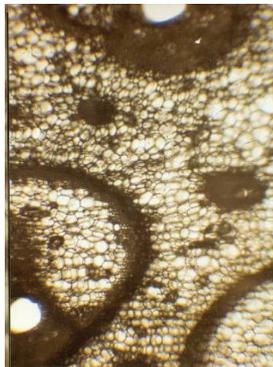
Après observation des coupes au microscope

optique de type Olympus BH-2 équipé d'un appareil photographique, nous avons identifié et filmé les cellules du bambou de Raphia (figure 6)

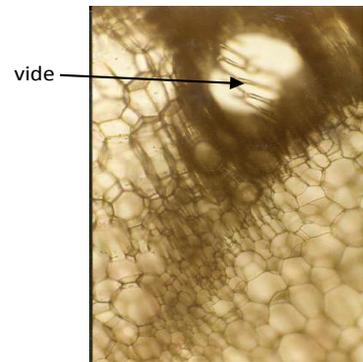
En utilisant le grossissement 40, nous observons les délimitations des fibres, les vides et les cellules végétales (figure 6 : a et b). Les zones situées entre les fibres sont observées au grossissement 100, et permet de distinguer en plus un tissu spongieux aux alentours des vides (figure 6 : c et d). Une observation plus précise avec le grossissement 400 permet de constater que les cellules de la coque sont plus compacts que celles de la moelle (figure 6 : e et f).



a. coupe transversale de la moelle : grossissement 40



b. coupe transversale de la coque : grossissement 40



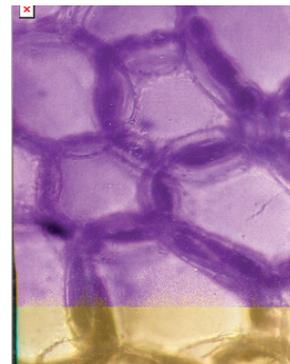
c. coupe transversale de la moelle : grossissement 100



d. coupe transversale de la coque : grossissement 100



e. coupe transversale de la moelle : grossissement 400



f. coupe transversale de la coque : grossissement 400

Photo 4 : cellules du bambou de Raphia observée au microscope

Les résultats expérimentaux obtenus de 10 échantillons testés nous ont permis d'estimer les principales propriétés physiques du bambou de raphia.

En effet, malgré la dispersion observée chez tous les biomatériaux, le plus grand nombre de valeurs sont voisines pour chaque propriété.

3.2. Propriétés physiques

3.2.1. Propriétés physiques du bambou de raphia (coque+moelle)

Tableau 1 : Propriétés physique du bambou de raphia (coque+moelle)

Ech.	H en %	β %	μ	τ_{ab} %	ρH (g/ml)	ρ^0 (g/ml)	Id Exp	Id Théo	γ %	π_H	K_S
A	11,62	23,08	0,77	147,79	0,34	0,3	0,27	0,25	80,39	46,09	57,34
B	10,93	23,81	0,79	145,36	0,33	0,29	0,32	0,23	84,31	24,39	28,93
C	13,36	27,66	0,92	122,92	0,28	0,26	0,21	0,21	83,01	31,1	37,47
D	11,63	27,91	0,93	157,76	0,32	0,29	0,24	0,24	81,05	45,72	56,41
E	14,33	22,22	0,74	169,61	0,27	0,23	0,21	0,19	84,97	49,61	58,39
F	11,47	25	0,83	138,97	0,29	0,27	0,23	0,22	82,35	33,88	41,14
G	12,14	23,64	0,75	139,47	0,32	0,29	0,26	0,24	81,05	37,34	46,071
H	12,47	34,62	0,98	180,49	0,35	0,29	0,26	0,23	81,05	64,64	79,75
I	12,28	29,03	0,97	124,66	0,29	0,28	0,22	0,24	81,7	33	40,39
J	11,94	30,43	0,97	160,98	0,33	0,25	0,25	0,21	83,66	57,52	68,76
moyenne	12,22	26,74	0,87	148,80	0,31	0,28	0,25	0,23	82,35	42,33	51,46
Ecart type	0,99	5,58	0,19	29,83	0,04	0,02	0,03	0,02	1,57	12,64	15,52
min.	10,93	22,22	0,45	122,92	0,27	0,23	0,21	0,19	80,39	24,39	28,93
max.	14,33	34,62	1,15	201,49	0,35	0,3	0,32	0,25	84,97	64,64	79,75

3.2.2. Densités de la coque et de la moelle mesurées séparément

Une autre série de mesure portant sur 10 échantillons, avec 6 éprouvettes par échantillon, nous a permis d'évaluer les valeurs moyennes du taux d'humidité et de la densité de la coque et de la moelle séparément. Les valeurs obtenues sont regroupées dans le tableau 2.

4. Discussion

4.1. Anatomie

Les cellules observées présentent une forme hexagonale. Cette forme est caractéristique de la cellule végétale. De plus, ces dernières laissent apparaître une double membrane (photos 4.e et 4.f) à savoir la membrane cytoplasmique qui est interne et la paroi squelettique qui est externe.

Nous avons également noté l'absence des tissus conducteurs de sève à savoir le xylème (sève brute) et le phloème (sève élaborée). Ce qui nous laisse comprendre que la sève brute ainsi que celle élaborée

se déplaceraient de manière intercellulaire et migrent de proche en proche jusqu'aux organes photo synthétiques par excellence d'une part, et vers tous les organes de la plante d'autre part. Il est également à noter que les cellules de l'écorce présentent la même structure (morphologie) que celle de la moelle, mais avec une densité plus élevée, car elles y sont plus compactes que dans la moelle. Ces images (photo 4.c) laissent également apparaître une certaine homogénéité et un arrangement chronologique dans chaque fibre du pétiole de raphia, ce qui expliquerait la rigidité relative de la coque où la densité des cellules est plus importante.

Les principaux constituants de la membrane cellulaire sont les protéines et les lipides. La composition de l'écorce ressemble à celle des autres tissus photosynthétiques possédant une grande proportion en monogalactosyldiacylglycérol (M.G.DG), digalactosyldiacylglycérol (D.G.DG) et en sulfoquinovosyldiacylglycérol (SQDG) contenant de façon prédominante les acides gras insaturés. La

Tableau 2: Teneur en eau et densité des différents échantillons

Eprouvette	Coque			Moelle		
	H	ρ_a	ρ_H	H	ρ_a	ρ_H
A	13,31	0,79	0,65	13,92	0,174	0,124
B	14,34	0,71	0,58	13,37	0,127	0,069
C	12,44	0,78	0,63	14,33	0,222	0,175
D	13,22	0,97	0,92	14,04	0,231	0,187
E	11,57	0,91	0,83	13,76	0,159	0,113
F	13,36	0,98	0,81	13,07	0,179	0,129
G	14,33	0,78	0,68	13,36	0,207	0,135
H	12,14	0,86	0,71	13,82	0,125	0,095
I	12,47	0,8	0,66	12,92	0,173	0,137
J	12,28	0,83	0,68	14,71	0,189	0,145
moyenne	12,95	0,84	0,72	13,73	0,1786	0,1309
Ecart type	0,925	0,09	0,10	0,559	0,036	0,035

sénescence fait intervenir la dégradation des lipides par l'intermédiaire des phospholipases (Brady 1987); cette série d'évènements étant irréversible et conduisant à la détérioration des cellules, des tissus et des organes. Cette sénescence s'accompagne également d'une chute du taux des acides nucléiques après que ces derniers aient connus leur pic lors de la maturation (Nussinovitch, 1990 ; Ngolam, 1996 ; Hellen, 1995).

La résistance du bambou serait due au fait que dans la membrane de leurs cellules, les queues des phospholipides de la bicouche lipidique ont une liberté motrice très élevée ce qui leur donne une flexibilité très importante (Leshem1991) suggérant que dans les cellules, le cytosol qui est essentiellement une phase aqueuse permettant une grande mobilité non seulement des lipides de surface, mais aussi et surtout des protéines intégrés dans la membrane. Aussi, le degré de liberté de ces protéines et par conséquent leur activité biologique peut être limitée ou promue par les changements de tensions des surfaces membranaires. Ces changements sont fonction à la fois de l'insaturation des acides gras et du degré de liaison électrostatique entre les composés eux-mêmes (Leshem1991). De plus, la structure des cellules laisse apparaître les orifices comparables au vide d'un tuyau ; cette présence de vide serait également à l'origine de la structure fragile du pétiole de raphia.

L'anatomie de ce matériau présente une structure identique dans les directions tangentielle et radiale. En direction longitudinale, cette structure est différente en coupe longitudinale, mais est constitué de la même façon au plan microscopique.

4.2. Propriétés physiques

4.2.1. Humidité H du bambou de raphia exposé au laboratoire

La teneur en humidité des 10 échantillons varie de 10,93 à 14,33 %, soit une moyenne de 12,22% ; cette variation serait due à la position de l'éprouvette sur la tige et aux erreurs de mesure de volume. Cette valeur n'est pas loin de 12% qui est la valeur du taux d'humidité de référence adopté à la conférence internationale de technologie mécanique du bois à Genève en 1949 et qui sert d'étalon pour la comparaison des bois.

4.2.2. Rétractibilité volumétrique

Elle varie aussi de 22,22 à 34,62, variation due probablement à des erreurs de mesure de volume ou à la position de l'éprouvette sur la tige de l'échantillon. La moyenne de la rétractibilité volumétrique est 26,74, valeur assez importante ; pour cette raison, il est conseillé d'utiliser le matériau raphia lorsqu'il est déjà sec car utilisé frais, son volume diminue énormément à la suite des pertes d'eau. On devrait l'utiliser à une humidité voisine de l'humidité ambiante afin d'éviter les extrêmes.

4.2.3. Coefficient de gonflement μ ou de retrait

Comme l'eucalyptus et le chêne qui sont des bois très nerveux (Natterer 2004), le bambou de raphia est très sensible aux variations de la teneur en humidité, puisque son coefficient de retrait moyen est pratiquement compris entre 0,45 et 1, soit une moyenne de 0,87.

4.2.4. Taux d'absorption d'eau τ_{ab} de l'état anhydre à l'état saturé

Le taux d'absorption de 148,80 % prouve que le volume des pores est supérieur à celui occupé par la matière végétale dans ce matériau, et permet de classer ce matériau parmi les bois légers. Ce qui justifie aussi l'existence des canaux vides observés dans sa structure microscopique. Au delà du point de saturation ($H_s=30\%$), l'eau libre remplit ces canaux et peut conduire à la saturation totale. Ici les variations de la teneur en humidité entraîneraient des variations dimensionnelles importantes (retrait et gonflement). Le bambou de raphia peut être utilisé comme absorbant de liquide en médecine ou dans un milieu clos.

4.2.5. Masse volumique, infradensité et volume des pores

4.2.5.1. Masse volumique ρ_H au taux d'humidité H

Pour une humidité moyenne de 12,22 %, la masse volumique moyenne du bambou de *Raphia vinifera* est de 0,31. On peut donc classer ce matériau parmi les bois très légers qui ont une densité moyenne de 0,40 pour les feuillus et de 0,50 pour les résineux (Sallenave 1955). Cette faible masse volumique est en accord avec son anatomie qui présente des canaux vides comparables aux tuyaux dans sa structure cellulaire. La faible densité de ce matériau facilite sa manutention pendant la mise en œuvre, son transport et aussi son imprégnation par des produits antiparasites. C'est une caractéristique recherchée par les concepteurs en Génie-Civil.

4.2.5.2. Masse volumique ρ_0 à l'état anhydre

A sec, la masse volumique moyenne du bambou de raphia est voisine de celles du Sapin et du douglas de printemps qui valent respectivement 0,28 et 0,29 (Natterer, 2004).

4.2.5.3. Infradensité Id

Nous constatons que la valeur moyenne théorique (0,25) est en accord avec la valeur expérimentale (0,32), malgré la dispersion des valeurs obtenues qui est l'une des caractéristiques du biomatériau. Cette dispersion serait aussi due aux erreurs de mesures de volume.

4.2.5.4. Volume γ des pores

Le volume des pores des bois de service et de construction est compris entre 13 % pour l'amourette qui est l'un des bois le plus dur et 93 % pour le balsa qui est l'un des bois le plus léger (Natterer, 2004). Celui du bambou de raphia est environ 82,35 %, raison pour laquelle nous pouvons le classer parmi les bois de service proche des plus légers. Ceci s'explique par le fait que l'anatomie microscopique présente des vides sous forme de canaux dans la structure cellulaire du bambou de raphia vinifera sec. Cette porosité permet de l'imprégner facilement par des produits chimiques antiparasites.

4.2.6. Degré et coefficient de saturation

Le degré π_H et le coefficient K_s de saturation on respectivement une moyenne de 64,64 et de 79,75.

4.2.7. Densités de la coque et de la moelle mesurées séparément

Il ressort de ce tableau 2 que la densité de la coque est pratiquement 5 fois celle de la moelle. On peut aussi remarquer que la densité de la coque se rapproche de celle des bois les plus durs alors que celle de la moelle est proche de la densité du liège.

5. Conclusion

Les propriétés physiques du bambou de *raphia vinifera* sont ainsi déterminées :

- (i) Une coupe longitudinale macroscopique nous permet de conclure que ce bambou est classé parmi les bois tendres et légers.
- (ii) La microscopie optique a révélé que ce matériau, à la différence du bois ferme, a la même structure en coupe transversale que longitudinale. La coque et la moelle ont la même structure, seulement les cellules de la coque sont plus compactes que celles de la moelle. Cette structure contient de part et d'autre des canaux vides qui rendent léger le matériau, influençant ainsi toutes ses propriétés physiques.
- (iii) De l'étude expérimentale des propriétés physiques, on déduit que le bambou de *Raphia vinifera* est un matériau comparable aux bois légers, très poreux et très nerveux. Sa porosité permet de l'imprégner facilement par des produits chimiques antiparasites. Avec son taux d'absorption élevé, il peut être utilisé comme absorbant d'humidité en médecine ou dans un milieu clos pour inhiber l'évolution des champignons parasites.

Bibliographie

- Amougou, A., 1987.** Contribution à la connaissance des raphias du Cameroun. Ann. Fac. Sc. Biol.-Biochim., I, N° 4, pp. 25-35. (Bibliothèque Université de Dschang).
- Brady, C.J., 1987.** "fruit ripening". Annu reer plant molbiol, pp 38.
- Brink, M., 2002.** *Raphia hookeri* G. Mann & H. Wendl. Fiche de Protabase. Oyen, L.P.A. et Lemmens, R.H.M.J. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas. (Bibliothèque Université de Dschang).
- Cardon, J.P., 1975.** Etude d'une palmale: *Raphia farinifera* du plateau Bamiléké-Cameroun. Mémoire de DEA Biologie Végétale, Lille. 52 p. (Département de Biologie Végétale, Université de Yaoundé I).
- Ebale Bolo N., 2003,** "Quelques propriétés physiques et mécaniques du « bambou » de *Raphia farinifera* ". Mémoire de fin d'étude à la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles. Université de Dschang. Cameroun.
- Elenga, R.G., Djemia P., Biget, M.P., Maniongui, J.G., Dirras G., 2006.** « Microstructure et Propriétés Physico-Mécaniques de la fibre brute de *Raphia* », MATERIAUX – Dijon, France
- Hellen., R., Esmault., R., Lance, C., 1995.** physiologie nytole 2. Developement nasson.
- Institut Géographique National, 2e édition, 1973.** 136 bis rue de Grenelle, 75 Paris 7, centre de Yaoundé.
- Leshem, Y.Y., 1991.** "Plant membrane senescence", Elsevier Amsterdam, bananiers d'autoconsommation au cameroun. Fruit Elsevier, Paris J1.
- Natterer, J., Sandoz, J.L., Rey, M., Fiaux, M., 2004.** « Construction en bois, matériau, technologie et dimensionnement », Traité de Génie Civil de l'Ecole Polytechnique fédérale de Lausanne, vol 13, Deuxième édition revue et augmentée, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, CH-1015 Lausannes.
- Ngolam, J.A., Tchango, J., 1996.** "Evolution des qualités physicochimiques de fruits "
- Ngouanet, C., 2000.** Aménagement et mise en valeur des zones marginales basses en pays Bamiléké : réponse à la déprise caféière et à la crise foncière ou source de tensions sociales ? Le cas du bas-fond de Bangang. GEODOC N°51 Déprise caféière et mutations socio-économiques sur les Hautes Terres de l'Ouest Cameroun, pp 45-73. (CEREHT, Université de Dschang).
- Nussinovitch, A., Kopelman, I., Migrali, 1990.** "Richanical criteria of banana ripening.j.sci.food agrie". UK 53.
- Nzupiap, N.B., 2005.** Le bambou, un trésor caché. In Le Messenger N° 1827 du lundi 28 Février 2005, P.8. (Agence du Journal Le Messenger, Bafoussam).
- Pillot, D., Lauga-Sallenave, C., Gautier, D., 2002.** Les haies et bocages dans le paysage. In Haies et bocages en milieu tropical d'altitude : dans les pratiques du projet. BDPA-AGRIDOC éd. Paris. Pp 11-43. (Bibliothèque APU, Université de Dschang).
- Sallenave, 1955.** « propriétés physiques et mécaniques des bois tropicaux de l'union française, 126 p, C.T.F.T. France
- SATEC DEVELOPPEMENT, 1991.** Etude de la mise en valeur des bas-fonds de l'Ouest Camerounais : Tome 2- Etude d'aménagement. 42p. (UCCAO, Bafoussam).
- Shiembo, N.P., 1986.** Development and utilization of minor forest products in Cameroon with particular reference to raffia (*Raphia* spp.) and cane (Rattan palms). M.Phil Thesis, Department of Forestry, University of Ibadan, Nigeria.
- Sunderland, T.H.C., Besong, S., Ayeni, J.S.O., 2003.** Distribution, utilization, and sustainability of Non-Timber Forest Products from Takamanda Forest Reserve, Cameroon. In Comisky, Sunderland et Sunderland-Groves eds, Takamanda: the biodiversity of an African Rainforest, SI/MAB Series 8, pp:155-172.
- Talla, P.K., 2007.** « Contribution à l'analyse mécanique de raphia vinifera (*L. arecaceae*) », Thèse de Doctorat / PhD soutenue à l'université de Dschang..
- Talla P.K., Fomethe A., Fogue M., Foudjet A., Bawe G. N., 2010.** "Time-temperature equivalency of *Raphia Vinifera* (*L. arecaceae*) under Compression", International Journal of Mechanics and solids, Vol. 5, N° 1, PP 27-33.
- Talla P.K., Pelap F.B., Fogue M., Fomethe A., Bawe G.N., Foadieng, E., Foudjet, A., 2007.** "Nonlinear Creep behaviour of *Raphia vinifera* (*L. arecaceae*)", International Journal of Mechanics and solids, Vol. 2, N° 3, PP 1-11.
- Talla, P.K., Foudjet, A., Fogue, M., 2005.** Statistical model of strength in flexion and size effect on the

failure of *Raphia vinifera* (L. arecaceae). *J. Bamboo and Rattan*. Vol.4, N°4, 335-342. (Département de Physique, Université de Dschang).

Talla, P.K., Tekoungning, Tangka, J.R., Ebale, B.N., Foudjet, A., 2004. Statistical model of strength in compression of *Raphia vinifera* (L. arecaceae).

J. Bamboo and Rattan, Vol.3, N°3, 229-235. (Département de Physique, Université de Dschang).

Talom, J., 1997. Savoirs locaux écologiques. ECOVOX, Dossier N°11 Janvier-Mars 1997, pp :2-3. (CIPCRE, Bafoussam).

Tangka, J.K., 2001. “*Raphia palm (Raphia taedigera)* as structural material in the North West province of Cameroon”, Master of science seminar. Department of agricultural engineering University of Ibadan. Nigeria.

Tangka, J.K., 1991. Raffia as a structural material in the the North West Province of Cameroon. M.Sc.

Seminar, Department of Agricultural engineering, University of Ibadan.

Tangka, J.K., Ndongo, B., Onabid, M., 2001. Raffia as a structural material in the grassland region of Cameroon. *African Journal of Building Materials* Vol. 05, N°1, 10-18.

Tchagang, N.E.R., 2004. Utilisation du sol et problématique de la conservation des ressources ligneuses et raphiales dans la chefferie Batoufam (Ouest Cameroun). Mémoire de Maîtrise de Géographie. Université de Dschang. 113p. (CEREHT, Université de Dschang).

Tchagang, N.E.R., 2007. L’action anthropique dans les bas-fonds à raphiales du Bamiléké central. Mémoire de DEA Géographie et Environnement, Université de Dschang. 103p. (Département de Géographie, Université de Dschang).