

## Contribution à l'étude des propriétés mécaniques du bambou de *Raphia vinifera* L. Arecacea

FOADIENG Emmanuel<sup>1,2</sup>, TALLA Pierre Kisito<sup>2</sup>, FOGUE Médard<sup>2</sup>, AZEUFACK Ulrich<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ENSET de Kumba, Université de Buea, Cameroun

<sup>2</sup>Faculté des Sciences, UR-ISIE, UR-2MSP, Université de Dschang, Cameroun

[foidieng@yahoo.fr](mailto:foidieng@yahoo.fr)

**Mots clefs :** bambou de *Raphia* ; matériau composite ; module d'élasticité ; cisaillement ; résistance.

### Contexte et objectif

Le **Raphia** est un genre de palmier à croissance rapide, de la famille des Arecaceae que l'on rencontre dans les milieux marécageux et le long des cours d'eau. Dans cette étude, le « bambou de *Raphia* » (Ingram et al, 2010) est le pétiole d'une palme de *Raphia vinifera* L. Arecacea largement utilisé dans notre région comme matériau de construction. C'est un matériau bon marché, abondant et à croissance rapide pouvant répondre à la nécessité d'une vaste économie de logement. Pour un usage sécurisé de ce matériau dans la construction, la maîtrise de ses propriétés mécaniques est une nécessité.

A notre connaissance, il n'existe malheureusement à ce jour aucune étude portant sur la détermination des propriétés mécaniques du bambou de *Raphia*. Par ailleurs, la production et les utilisations de ce bambou africain reposent uniquement sur un savoir-faire ancestral. Quelques informations sur ses propriétés de base ont été examinées, mais l'étude de ses propriétés mécaniques et les applications comme matière première pour les produits composés est très limitée. L'optimisation des propriétés du bambou de *Raphia* en vue de sa valorisation nécessite la connaissance de ses propriétés mécaniques. Dans cette étude, nous nous proposons d'évaluer expérimentalement les différentes propriétés élastiques.

Dans nos différents essais, nous avons assimilé le bambou de *Raphia* au bois afin d'utiliser les lois et les techniques appliquées sur le bois (Natterer et al, 2004 ; Chih-Lung, 2007 ; Kelley et al, 2004).

### Matériels et méthodes

- *Caractéristiques de l'espèce étudiée* : le bambou de *Raphia*, de nom scientifique *Raphia Vinifera* L. Arecacea, se présente sous forme d'une touffe constituée de plusieurs palmes. Le matériau étudié ici est le pétiole d'une palme de ce *Raphia* appelé localement « dink ». Notre étude se porte sur des échantillons prélevés au quartier Mbieng, du village Bandjoun, arrondissement de Poumougne, département de KOUNG-KHI, Région de l'Ouest Cameroun. Mbieng est situé à 5°25 de latitude Nord, 10°25 de longitude, et à 1509 m d'altitude (Institut Géographique National 1973). Après trois mois de séchage et de conditionnement dans le laboratoire à la température d'environ 24°C et 70 % d'humidité relative, douze échantillons ont été sélectionnés pour les tests.

- *Traction simple* : elle a permis d'évaluer le module d'élasticité de la coque et sa résistance. Les éprouvettes d'essai doivent être de section transversale entière et de longueur suffisante pour fournir une longueur d'essai, dégagée des mors de la machine, égale à au moins dix fois le diamètre de la section selon la norme NE NF 408 (AFNOR, 2004) (Fig. 1).



Fig. 1 : Photo d'une éprouvette de la coque

Un chargement progressif est appliqué à l'éprouvette jusqu'à sa rupture dans certains cas. Les déplacements et les efforts appliqués à l'éprouvette sont enregistrés progressivement puis convertis respectivement en déformation et en contrainte.

- *Flexion 4 points* : des 12 échantillons, nous avons extrait 48 poutres et 12 éprouvettes témoins d'humidité. Nous avons utilisé la flexion 4 points parce que la courbe déformation-contrainte qui en découle est très proche de celle d'un chargement uniformément reparté fréquemment rencontré dans les structures. Les éprouvettes ont été sciées selon la norme NF EN 408 (AFNOR, 2004). Dans chaque essai, nous disposons d'une poutre de diamètre moyen  $d = (36 \pm 3,3\%)$  mm peu variable, de longueur 380 mm.

Pour minimiser les effets indésirables de flexion, deux jauges d'extensométrie de résistance  $120\Omega \pm 0.3\%$  ont été collées de façon symétrique sur l'éprouvette et parallèlement à son axe (Talla et al, 2007). Elles sont câblées de façon à réaliser un demi-pont de Wheatstone (Avril et Brule, 1984).

Les déformations sont mesurées directement à l'aide d'un pont d'extensométrie EI 616 de marque DELTALAB qui affiche les déformations avec une précision de l'ordre de  $1\mu\text{m/m}$ .

- *Flexion 3 points* : ici nous avons utilisé la flexion 3 points à cause de la grande souplesse des éprouvettes de la moelle très sensibles à la déformation en flexion sous faibles charges. Les douze éprouvettes d'essai de la moelle du bambou de Raphia ont chacune une longueur de 380 mm et une section moyenne de  $20 \times 20 \text{ mm}^2$ . Les déformations sont mesurées grâce à un comparateur analogique de marque SEB (Antichoc) et de précision 1%, son état poreux ne permet pas la fixation des jauges d'extensométrie.

## Résultats et discussion

Les conditions climatiques à l'intérieur du laboratoire sont constantes, soit une température de  $24^\circ\text{C}$  et un taux d'humidité relatif de l'air de 70%. Douze éprouvettes ont été choisies pour chaque série d'essais. Le Tab. 1 donne la densité et la teneur en eau des éprouvettes pendant les essais. Les propriétés mécaniques de la moelle sont données dans les Tab. 2 et 3 et celle de la coque dans le Tab. 4.

Tab. 1 : Caractéristiques moyennes des 12 éprouvettes par catégorie

EPROUVETTE	COQUE			MOELLE			BAMBOU		
	H (%)	da	Id	H	da	Id	H (%)	da	Id
<b>moyenne</b>	12,95	0,83	0,71	13,73	0,18	0,13	12,22	0,28	0,25
<b>Ecart-type</b>	0,93	0,08	0,11	0,56	0,04	0,04	0,99	0,02	0,03

H : Teneur en eau ; da : densité anhydre, Id : infradensité

Pour expliquer les propriétés mécaniques du bambou de Raphia nous avons considéré que ce matériau est un assemblage de fibres parallèles représentées par la coque (renfort), et une

matrice représentée par la moelle. Connaissant le module d'élasticité de la moelle et de la coque, nous avons utilisé la loi des mélanges (Pommier, 2010 ; Guitard, 1987 ; Moutee, 2006 ; Natterer et al, 2004) pour calculer celui du bambou de *Raphia vinifera* (Tab. 5).

Tab. 2 : Propriétés mécaniques moyennes des 12 éprouvettes de moelle en flexion

EPROUVETTE	$E_m$ (MPa)	Pmax (N)	Fm (MPa)	$\gamma$ %
MOYENNE	959,0	161,7	738,2	91,5
ECART-TYPE	9,39	9,49	42,74	2,26

$E_m$  : Module d'élasticité longitudinal ; Pmax : Force maximale ; Fm : résistance en flexion ;  $\gamma$  : volume relatif des pores

Tab. 3 : Propriétés élastiques moyennes des 12 éprouvettes de moelle en cisaillement

EPROUVETTE	$E_a$ (MPa)	G (MPa)
MOYENNE	52,1	5,9
ECART-TYPE	6,87	0,57

$E_a$  : Module apparent ; G : module de cisaillement longitudinal

Tab. 4 : Propriétés mécaniques moyennes des 12 éprouvettes de coque en traction axiale

EPROUVETTE	$E_c$ (MPa)	Pmax (KN)	Fm (Mpa)	$\gamma$ %
MOYENNE	17043,4	2,01	246,9	53,8
ECART-TYPE	852,5	0,1	12,5	4,8

$E_c$  : Module d'élasticité, Pmax : Force maximale ; Fm : résistance en traction ;  $\gamma$  : volume relatif des pores

Tab. 5 : Propriétés mécaniques moyennes des 12 éprouvettes mesurées et calculées du bambou de raphia

EPROUVETTE	E (MPa)			Pmax (N)	Fm (MPa)
	$E_{gL}$	$E_{gLcal}$	$E_{gTcal}$		
Moyenne	13008,2	12383,9	3148,9	1339,2	5942,5
Ecart-Type	1244,9	1006,1	261,8	134,3	687,4

$E_{gL}$  : Module d'élasticité mesuré;  $E_{gLcal}$ ,  $E_{gTcal}$  : valeurs longitudinal et transversale calculées, respectivement ; Pmax : charge ultime à la rupture ; Fm : résistance

### Conclusion et perspectives

L'objectif général de cette étude était l'étude des propriétés élastiques du bambou de Raphia sous charge de flexion et la résistance, à température interne du laboratoire. Des essais statiques, nous avons évalué les modules d'élasticité et de cisaillement, et la résistance du bambou de raphia. Il en ressort que la moelle est le maillon faible du bambou de Raphia responsable de sa grande souplesse puisque la coque peut être classée parmi les bois durs. Le module d'élasticité du bambou de *Raphia vinifera* L. Arecacea se rapproche de celui des bois de construction, on peut le classer parmi les bois légers, utilisés en décoration et en revêtement interne.

Le module d'élasticité  $E_{gL,cal}$  obtenu à partir de la loi des mélanges est proche du module d'élasticité  $E_{gL}$  obtenu expérimentalement (Tab. 5) avec un écart moyen d'environ 624 Mpa. Ce qui confirme le fait que ce matériau peut être considéré comme un matériau composite à fibres parallèles.

Pour tenir compte des autres aspects non considérés dans notre étude, des investigations doivent être menées afin de constituer une base de données expérimentales complètes sur les propriétés élastiques, viscoélastiques, viscoplastiques et mécanosorptives de ce matériau. Sans être exhaustif, telles sont quelques pistes susceptibles d'être explorées en vue d'une meilleure maîtrise de ce matériau qui offre des perspectives intéressantes pour l'ameublement, le logement et la décoration.

### Références

- AFNOR (2004), Norme Européenne/ Norme Française 408 (NH NE 408) « Bois de structure et bois lamellé collé », ISSN 0335-3931, Indice de classement P 21-302, 1<sup>er</sup> tirage 2004-03-F.
- Avril J., Brule J.C. (1984) Encyclopédie d'analyse des contraintes, Pub. Micromesures, 98 boul. Gabriel Péri, 92240 Malakoff, France.
- Chih-Lung Cho (2007) Comparison of Three Methods for Determining Young's Modulus of Wood, Taiwan Journal For Science 22 (3):297-306.
- Guitard D. (1987), « Mécanique du matériau bois et composites », Cepadues-Editions, Toulouse, France, cité par Moutee (2006).
- Ingram V., Tieguhong J.C., Nkamgnia E.M., Eyebe J.P. and Npawe M. (2010) Bamboo production to consumption system, Cameroon. CIFOR (Center for International Forestry Research), Bogor, Indonesia.
- Institut Géographique National, 2e édition (1973), 136 bis rue de Grenelle, 75 Paris 7, Centre de Yaoundé.
- Kelley, S.S., Rials, T.G., Snell, R., Groom, L.H., Sluiter, A. (2004), Use of near infrared spectroscopy to measure the chemical and mechanical properties of solid wood. Wood Sci. Technol. 38, 257–276. <https://doi.org/10.1007/s00226-003-0213-5>
- Moutee M. (2006) Modélisation du comportement du bois au cours du séchage, Thèse Université de Laval, Québec, Canada
- 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 Lausanne, CH.
- Pommier S. (2009-2010) Mécanique des Matériaux, Université Pierre et Marie Curie, CNRS-CACHAN, La Science à Paris.
- Talla P.K., Pelap F.B., Fogue M., Fomethé A., Bawe G.N., Foadieng E. and Foudjet A. (2007) Nonlinear Creep behaviour of *Raphia vinifera* L. Arecacea, International Journal of Mechanics and solids, Vol. 2, N° 3.