CARACTERISATION DU RÔNIER (*Borassus Aethiopum*) «COCKER»

O.D. Samah, Centre de la Construction et du Logement, Cacavelli BP. 1762 Lomé, Togo

B.K. Amey, Ecole Nationale Supérieure d'ingénieurs (ENSI), Université de Lomé, BP 1515, Lomé, Togo

A. Vianou, Laboratoire d'Etude et Recherche en Techniques Industrielles, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP. 2009 Cotonou, Bénin

E. Sanya, Laboratoire d'Etude et Recherche en Techniques Industrielles, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP. 2009 Cotonou, Bénin

E.K. Atcholi, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, France

Le rônier ou *Borassus Aethiopum* est un bois d'œuvre utilisé dans le Bâtiment et Travaux Publics pour divers usages comme matériau de construction. Il a une structure ligneuse serrée caractéristique aux palmiers avec des tensions internes importantes. De même, une estimation à l'œil nu fait apparaître que dans la zone extérieure du tronc le nombre de fibres est d'environ 80 par cm³ et que vers l'intérieur, il n'est que de 40 environ. Les couches extérieures de la tige du rônier sont pleines et dures avec une densité égale à 850. Elles ont une couleur brune sombre. Les analyses et essais à l'aide des équipements classiques ont permis d'avoir les résultats suivants: la résistance à la traction parallèle aux fibres est de 10,50 MPa, celle à la compression parallèle aux fibres est de 9,25 MPa et perpendiculaire aux fibres de 2,60 MPa. Les résistances à la flexion et au cisaillement sont respectivement de 9,14 MPa et de 0,65 MPa. Le module d'élasticité déterminé a une valeur de $E = 1590$ daN/mm². Les essais d'adhérence au béton ont montré que la contrainte moyenne d'adhérence du béton au cocker est de 0,293 MPa à 7 jours et de 1,75 MPa à 28 jours. Pour une température au bec de 676 °C pendant une durée de 2mn, avec une humidité de 8,17 %, l'échantillon de rônier perd 78,54 % de son poids.

Mots clés: Rônier, résistance, contrainte, adhérence, matériau

The rônier or *Borassus Aethiopum* is a wood used in building constructions and public works for various uses as building material. It has a characteristic woody structure tightened with the palm trees with significant internal tensions. In the same way, an estimate with the naked eye reveals that in the external zone of the trunk the number of fibres is approximately 80 per cm³ and that towards the interior, it is only approximately 40. The external layers of the stem of the *Borassus Aethiopum* are full and hard with a density equal to 850 of dark brown colour. The analyses and tests using the traditional equipment gave the following results: the tensile strength parallel with fibres is of 10,50 MPa, which with compression parallel with fibres is of 9,25 MPa and perpendicular to fibres of 2,60 MPa. The flexural strengths and to shearing are respectively of 9,14 MPa and 0,65 MPa. The modulus of elasticity was determined and has a value of $E = 1590$ daN/mm². The adherence tests to the concrete showed that the average constraint of adherence of the concrete to the cocker spaniel is of 0,293 MPa at 7 days age and of 1,75MPa for 28 days age. For a temperature at the nozzle of 676°C throughout 2 mn, with a moisture of 8,17 %, the sample of *Borassus Aethiopum* loses 78,54 % of its weight.

Keywords: Rônier, strength, constraint, adherence, material.

1. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE. Le rônier est un spermaphyte angiosperme de la classe des monocotylédones appartenant à la famille des arécacées. Il a pour nom scientifique le *Borassus Aethiopum* [3, 7]. Le "cocker" nom vulgaire communément utilisé pour désigner le rônier ou *Agoti* dans la langue locale du Togo, est un matériau végétal localement disponible qui est employé dans diverses activités de construction, surtout dans les ouvrages de génie civil. Il développe un stipe lisse et gris pouvant atteindre 30 mètres de hauteur.

En Asie, on le cultivait jadis pour son sucre et pour d'autres usages, notamment la construction (bois, feuilles); dans ce domaine, bien que concurrencé par d'autres matériaux comme le bam-

bou, il doit son prestige à ses incomparables qualités de résistance ; c'est un bois qui ne pourrit pas et qui résiste aux mollusques marins [7].

Qu'est ce qui donc caractérise ce bois? Peut-on continuer à l'utiliser de manière empirique?

En vue d'améliorer et de rationaliser l'utilisation du rônier, il est donc fait d'abord l'inventaire des études déjà réalisées, ensuite il a été envisagé des essais physico mécaniques et autres jugés nécessaires. Ainsi, les essais suivants ont été réalisés:

- la résistance à la compression, à la traction, à la flexion et au cisaillement;
- la résistance au feu;
- le comportement du "cocker" vis à vis du béton du point de vue adhérence.

Les résultats obtenus sur les caractéristiques et les résistances sont exposés dans la présente communication.

2. MATERIEL ET METHODE. Les essais mécaniques sont l'étape indispensable pour accéder aux grandeurs caractéristiques des matériaux, du module d'Young à la limite d'élasticité en passant par la ténacité ou la résistance à la fatigue et ce dans des conditions variables, par exemple de température ou de vitesse de sollicitation.

De même, l'essai de traction constitue l'un des essais les plus utilisés pour la caractérisation mécanique des matériaux. Etant uniquement uniaxial du moins tant qu'il n'y a pas de striction c'est-à-dire la diminution catastrophique de la section de l'éprouvette au centre de celle-ci, il permet de s'affranchir de méthodes de calcul inverse pour aboutir directement à une loi de comportement uniaxial. Il permet de déterminer de nombreuses grandeurs normalisées, comme la contrainte à rupture, la contrainte maximale, la limite de l'élasticité, etc. nécessaire dans les calculs de structure [4].

Pour réaliser cette étude le matériel expérimental est constitué des équipements habituellement utilisés dans les laboratoires classiques de génie civil pour les essais mécaniques du bois, d'adhérence au béton et de résistance au feu des matériaux de construction:

- Presse hydraulique universelle type UPD-10 avec une pression maximale de 10 000 KP;
- Etuve à ventilation (60 à 200 °C), contenance 393 litres, poids 175 kgs, et de puissance 6600 Watts;
- Etuve (40 à 180 °C), contenance 25 litres, poids 29 kgs, puissance 500 Watts;
- Balance électronique type Sartorius modèle A2005F1 masse maximale 202 g, précision 0,0001 g;
- Balance Roberval avec tare et masse maximale 25 kgs;
- Tube métallique de longueur 165 mm, de diamètre 50mm avec un bec brûleur de 7 mm;
- Gaz domestique comme combustible;
- Chronomètre;
- Éprouvettes de rônier de section conforme au type d'essai;
- Moules métalliques et malaxeur de laboratoire pour confection d'éprouvettes de béton.

Le mode opératoire des essais mécaniques comprend des:

- Séries d'essais par la méthode d'écrasement jusqu'à la charge de rupture dans le sens parallèle et perpendiculaire aux fibres (compression et traction);
 - Séries d'écrasement des éprouvettes en cubes d'arête 25 mm pour la compression; les éprouvettes de 30x10x70 mm pour la traction; les éprouvettes de 15x30x800 mm, 40x40x900 mm, 20x50x650 mm pour la flexion; puis le calcul des résistances;
 - Séries d'essai tangentiel et radial des éprouvettes en forme de T; l'effort tranchant et la contrainte sont calculés.

Les caractéristiques mécaniques du bois sont difficiles à déterminer en raison de la dispersion importante des résultats, provenant des variations de qualité dans la même essence, pour le même type d'arbre, dans la même pièce.

Le caractère anisotrope du bois rend nécessaire la recherche des caractéristiques pour chaque direction d'effort par rapport à celle des fibres [2].

Il en résulte que les calculs doivent prendre en compte la disposition du fil du bois par rapport aux sollicitations appliquées.

De même, pour la détermination des caractéristiques mécaniques l'humidité a été stabilisée par séchage à l'étuve.

Essais de résistance à la compression. Etant donné la texture du bois de rônier, il a été procédé à deux séries d'essais de résistance à la compression:

- d'une part une série sur des échantillons dans le sens parallèle des fibres de ces derniers,
- d'autre part une autre série sur des échantillons mais dans le sens perpendiculaires aux fibres;
- Les essais de compression sont effectués sur des échantillons cubiques de 25 mm d'arête à l'aide de la presse hydraulique universelle Type UPD-10.

Les contraintes sont déterminées par l'expression suivante:

$$\sigma = \frac{N}{S},$$

avec N = Charge d'écrasement en daN; S = Surface d'écrasement de l'échantillon en cm^2 .

Essais de résistance à la traction. Pour réaliser les essais de traction les échantillons de section 30x10 mm et de longueur 750 mm ont été confectionnés. Les écrasements ont été effectués sur la presse hydraulique universelle Type UPD-10. Cela a permis d'avoir les résistances moyennes.

Les contraintes sont déterminées par l'expression suivante:

$$\sigma_T = \frac{N}{S},$$

où N = Charge d'écrasement en daN; S = Surface d'écrasement de l'échantillon en cm^2 .

Essais de résistance à la flexion. La presse hydraulique universelle Type UPD-10 a permis de déterminer la résistance à la flexion du rônier (cocker). Pour ce faire les échantillons de dimensions suivantes ont été utilisés : 15x30x800 mm ; 40x40x900 mm et 20x50x650 mm.

Essais de résistance au cisaillement. C'est la presse hydraulique universelle Type UPD-10 qui a servi d'équipement d'écrasement des échantillons. Le traitement des résultats s'est appuyé sur les valeurs de contrainte de cisaillement, d'effort tranchant et de la section de cisaillement obtenue à partir des dimensions de l'échantillon.

Essais de comportement au feu. Il est procédé de la manière suivante: l'échantillon est fixé sur un support dans le tube métallique, l'extrémité à brûler sort de 5 mm. Le feu est lancé pendant une durée de 2 mn puis il est arrêté. L'effet de brûlure est observé par appréciation de perte de poids de l'éprouvette grâce à une série de pesées [6].

Essais d'adhérence au béton. Les éprouvettes de béton avec tiges de rônier plantées dans celles-ci sont fixées dans la presse de manière à pouvoir exercer l'effort de traction. Ceci permet de développer les efforts de traction sur l'éprouvette. On mesure les déplacements et on calcule la contrainte d'adhérence.

La traction s'est faite à l'aide de la presse hydraulique universelle du type UPD-10.

Pour réaliser l'essai d'adhérence du Borassus au béton, il a nécessité une tige de rônier de section 30x45 mm encastrée dans le béton d'une profondeur de 220 mm. L'essai a permis de constater que la tige a supporté une charge de 3700 daN. D'autres études pour apprécier l'utilisation du matériau ont été menées assorties de résultats éloquentes [1].

Pour déterminer la contrainte l'expression suivante est utilisée:

$$N \leq \frac{\sigma_b (S_1 + S_2)}{200},$$

où N = Force de traction en daN; σ_b = Contrainte en compression du béton en daN/cm²; S_1 = Section du cocker en cm²; S_2 = Surface latérale noyée dans le béton en cm².

3. RESULTATS ET DISCUSSION. Le récapitulatif des résultats portant sur les valeurs moyennes des essais mécaniques sont indiqués dans le tableau 1.

Ce tableau illustre les résultats obtenus pour les essais de traction, de compression, de flexion et de cisaillement.

Les résultats qu'indique le tableau n°1 permettent d'apprécier les performances mécaniques du rônier.

Du fait de l'anisotropie du rônier la résistance à la compression est évaluée selon le sens des fibres [5]. Il est constaté qu'elle est de 3,5 fois plus importante dans le sens parallèle aux fibres que dans le sens perpendiculaire aux fibres. Dans tous les cas cette valeur dépasse celle correspondant aux exigences normatives du bois d'œuvre pour la construction.

De même, la résistance à la traction parallèle aux fibres, celle à la flexion et au cisaillement sont comprises entre les valeurs extrémales du bois et dépassent de loin les valeurs minimales comme l'indique le tableau 1. En effet, la résistance moyenne en traction est de 10,50MPa. Cet essai a permis de constater que la solidité du rônier était proportionnelle au nombre de fibre par cm².

Une moyenne de résistance à la flexion de valeur 9,14MPa permet de s'assurer de la qualité du « cocker » par rapport à celle du chêne qui n'est que de 6MPa. Cette moyenne est obtenue avec les charges de rupture à l'écrasement.

La résistance moyenne au cisaillement obtenue est de 0,65MPa. Les essais ont permis de constater que les fibres du « cocker » résistent bien au cisaillement, mais que la matière de remplissage enrobant ces fibres se fissurait rapidement, sa constitution étant faible comparativement à celle des fibres.

Les résultats des essais mécaniques permettent d'apprécier les performances du bois du rônier.

De ce point de vue son utilisation comme bois d'œuvre doit être encouragé; puis envisager la vulgarisation de sa culture de grande envergure. Ceci devra permettre de varier le choix dans l'utilisation du bois et par conséquent diminuer la déforestation.

Tableau 1

Résultats des essais mécaniques

Valeurs moyennes	Traction parallèle aux fibres, MPa	Compression MPa		Flexion MPa	Cisaillement MPa
		Sens parallèle aux fibres	Sens perpendiculaire aux fibres		
Valeurs d'essai	10,50	9,25	2,60	9,14	0,65
Valeurs normatives du bois	7,15 à 16,55	3,65 à 5,70	0,27 à 1,47	5,45 à 11, 35	0,5 à 1,66

[Source] Notre étude

La comparaison des résultats obtenus à l'issu des essais par rapport à ceux d'autres essences comme l'indique le tableau 2, montre que le rônier est un bois dur qui mérite d'être compté parmi les produits utilisés dans la construction moderne.

Dans nombre de cas, il peut même rivaliser avec les meilleures essences tropicales compte tenu de la modicité de son prix, de ses résistances mécaniques et de sa résistance aux insectes qui le dispense de toute protection préalable.

Tableau 2

Tableau comparatif des résistances des essences

N° d'ordre	Nature des sollicitations	Résistances en MPa		
		Rônier	Pin	Chêne
1	Traction	10,50	7,5	9,65
2	Compression	9,25	2,45	2,45
3	Flexion	9,14	4,20	6,00
4	Cisaillement	0,65	0,40	0,75

[Source] Notre étude et [1]

NB : Les résistances dont il s'agit concernent les sollicitations parallèles aux fibres

Le tableau 3 indique la variation du poids de l'éprouvette de rônier pendant l'essai de résistance au feu.

Tableau 3

Variation de poids de l'éprouvette de rônier

Poids moyen avant expérimentation en gramme	Poids moyen après expérimentation en gramme	Perte de poids en %
12,63	2,71	78,54

[Source] Notre étude

Pour déterminer le comportement au feu l'essai se fait en fixant l'éprouvette sur un support dans le tube métallique de façon à ce que l'extrémité à brûler de l'échantillon sorte de 5 mm du tube. On allume ce bout qu'on laisse brûler pendant deux (2) minutes. Après on éloigne le feu, puis on observe l'effet de brûlure. La température moyenne enregistrée au bec est de 676 °C. L'humidité de l'éprouvette au moment de l'essai est de 8,17 %. Le traitement des données montrent une perte de poids de l'éprouvette de 78,54 %, qui est supérieur à 20 %.

Ceci permet de dire que le rônier appartient au groupe des matériaux ligneux non résistants au feu. En effet:

- un matériau qui après éloignement du feu cesse de brûler est considéré comme résistant au feu s'il perd moins de 20 % de son poids;
- un matériau qui après éloignement du feu brûle mais si après 5 minutes, le feu s'éteint, il est considéré comme peu résistant au feu;
- un matériau qui après éloignement du feu brûle facilement, est considéré non résistant au feu s'il perd plus de 20 % de son poids.

Les essais d'adhérence au béton ont permis de constater que la contrainte moyenne d'adhérence du béton au coquer est de 0,293 MPa à 7 jours et de 1,75 MPa à 28 jours.

Les normes prévoient 2,8 MPa à 28 jours pour les aciers Haute Adhérence et 1,3 MPa pour les aciers ronds lisses. Cette performance permet d'envisager l'utilisation du coquer comme armature dans le béton; il faudra toutefois définir les sections les plus convenables [6, 7].

La prise en compte des résultats des essais d'adhérence ainsi que la résistance à la traction du rônier qui est de 10,5 MPa permet l'utilisation de ce matériau comme armature dans le béton ordinaire. Ainsi, le béton ordinaire de résistance à la traction de 1,8 MPa, armé de rônier, peut être utilisé dans les constructions économiques où la sollicitation de traction n'excède les 5 MPa en considérant un coefficient de sécurité égal à 2.

Le tableau 4 indique la variation des surcharges admissibles des tiges de rônier de section 13x13cm selon leur nombre et leur hauteur.

Ces résultats montrent que pour une hauteur donnée, la surcharge admissible est proportionnelle au nombre de tiges et inversement proportionnelle à la hauteur. C'est-à-dire plus la tige est haute moins est la valeur de la surcharge, ceci naturellement à cause du flambement. Il serait intéressant de pouvoir établir cette proportionnalité à travers un coefficient.

Tableau 4

Surcharge admissible d'après la hauteur des tiges

Nombre de tiges de rônier de section 13x13 cm	Surcharge admissible en tonnes d'après la hauteur des tiges en mètres		
	2 m	3 m	4 m
1	1,0	0,5	0,2
2	4,0	2,0	0,6
3	10,0	5,5	2,5
4	20,0	10,0	6,0

Source [1]

CONCLUSION. Cette étude a permis de déterminer quelques caractéristiques mécaniques du *Borassus Aethiopum* nécessaires pour les études de conception des ouvrages de génie civil. Ces performances sont conformes aux exigences requises pour les bois d'œuvres utilisés dans le domaine.

L'utilisation de ce matériau dans les constructions devra être accentué et encouragé surtout pour les ouvrages tels que: charpentes, linteaux et poteaux. Pour ce faire, il faudra respecter les normes relatives aux bois d'œuvre. Les objectifs de cette étude ont été atteints. Les aspects mécaniques du matériau sont désormais connus.

Il faut poursuivre les recherches pour mieux apprécier toutes les performances du matériau.

Bibliographie

1. Gbaguidi-aïsse L. G. Etude de la possibilité d'utilisation du rônier comme armature végétale dans les éléments en béton: Cas des poutres / L. G. Gbaguidi-aïsse, V. S. Gbaguidi, M. Gibigaye, T. A. Amadji, Y. D. Agossou, P. Soclo, B. A. Sinsin // *Anales des Sciences Agronomiques*. – 2011. – Vol. 15, № 1.
2. ISO-Normes. ISO-TC218-Bois. – Available at: www.iso.org.
3. Malick Diallo. Le comportement du rônier (*Borassus Aethiopum*) dans les rôneraies paysannes des régions de Fatick et de Thiès. – Sénégal : Université de Laval (Québec), 1987.
4. Marc Bletry. Méthodes de caractérisation mécanique des matériaux / Marc Bletry. – 2006–2007. – P. 2–6.
5. Samah O-D. Matériaux tropicaux. Notes de Cours / O-D Samah. – Ecole Africaine des Métiers d'Architecture et d'Urbanisme, 2009–2010.
6. Samah O-D. Utilisation des matériaux locaux dans la construction des ouvrages du Génie Civil: Le cocker: caractéristiques et utilisation / O-D Samah. – CCL Cacavelli, 1988.
7. Tsybousky C. Emploi du cocker dans la construction économique. Rapport technique / C. Tsybousky, L. Hababou. – PNUD – CCL, 1971.

References

1. Gbaguidi-aïsse L. G., Gbaguidi V. S., Gibigaye M., Amadji T. A., Agossou Y. D., Soclo P., Sinsin B. A. Etude de la possibilité d'utilisation du rônier comme armature végétale dans les éléments en béton: Cas des poutres. *Anales des Sciences Agronomiques*, 2011, vol. 15, no. 1.
2. ISO-Normes. ISO-TC218-Bois. Available at: www.iso.org.
3. Malick Diallo. *Le comportement du rônier (Borassus Aethiopum) dans les rôneraies paysannes des régions de Fatick et de Thiès*. Sénégal, Université de Laval (Québec), 1987.
4. Marc Bletry. *Méthodes de caractérisation mécanique des matériaux*. 2006–2007, pp. 2–6.

5. Samah O-D. *Matériaux tropicaux. Notes de Cours*. Ecole Africaine des Métiers d'Architecture et d'Urbanisme, 2009–2010.

6. Samah O-D. *Utilisation des matériaux locaux dans la construction des ouvrages du Génie Civil: Le cocker: caractéristiques et utilisation*. CCL Cacavelli, 1988.

7. Tsyboulsky C. *Emploi du cocker dans la construction économique. Rapport technique*. PNUD – CCL, 1971.