

Influence des fibres de noix de coco sur les propriétés physiques et mécaniques des blocs en terre comprimée stabilisée

[Influence of coconut fibers on the physical and mechanical properties of stabilized compressed earth blocks]

Agbeme Kossivi Eric, P'Kla Abalo, and Kouto Yaovi Agbeko

Laboratoire de Recherche en Science de l'Ingénieur (LARSI), Université de Lomé, BP 1515, Lomé, Togo

Copyright © 2024 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 present research aims to determine the influence of coconut fibers from coconut palms on the physical and mechanical properties of compressed and cement-stabilized earth blocks. The study focused on the density, capillary absorption, compressive strength and flexural strength of the blocks. The first part of this study is devoted to the determination of the characteristics of the soil and those of coconut fibres. Five fiber contents (0, 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4%) were used and the soil consists of 70% sand and 30% clay silt. Three cement contents were incorporated (2%; 4% and 8%). Two types of specimens are then manufactured by mixing the fibres with the earth-cement matrix: 14x9.5x29.5 cm³ blocks for compression and 4x4x16 cm³ briquettes for bending. The latter are stored away from the sun until maturity. From his studies, it appears that the density of the blocks decreases with increasing fiber content and the opposite is observed with capillary absorption. Overall, the compressive strength decreases with increasing fiber content and increases with cement content. However, the flexural strength increases with the fiber content but within a certain limit: beyond 0.3% fiber, the strength drops.

KEYWORDS: Clay soil, coconut fibres, cement, tensile strength, compressive strength.

RESUME: La présente recherche vise à déterminer l'influence des fibres de noix de coco issus du cocotier sur les propriétés physiques et mécaniques des blocs de terre comprimée et stabilisés au ciment. L'étude s'est focalisée sur la densité, l'absorption capillaire, la résistance à la compression et à la flexion des blocs. La première partie de cette étude est consacrée à la détermination des caractéristiques de la terre et celles des fibres de noix de coco. Cinq teneurs en fibres (0; 0,1; 0,2; 0,3 et 0,4 %) ont été utilisées et la terre est constituée de 70% de sable et 30% de limon argileux. Trois teneurs en ciment ont été incorporées (2%; 4% et 8%). Deux types d'éprouvettes sont ensuite fabriqués en mélangeant les fibres à la matrice terre-ciment: les blocs de dimensions 14x9,5x29,5 cm³ pour la compression et les briquettes 4x4x16 cm³ pour la flexion. Ces derniers sont stockés à l'abri du soleil jusqu'à maturité. De ses études, il ressort que la densité des blocs diminue avec l'augmentation de la teneur en fibre et le contraire est constaté avec l'absorption capillaire. De façon globale, la résistance à la compression décroît avec l'augmentation de la teneur en fibre et croît avec la teneur en ciment. Cependant, la résistance à la flexion augmente avec la teneur en fibres mais dans une certaine limite: au-delà de 0,3% de fibres, la résistance chute.

MOTS-CLEFS: Terre argileuse, fibres de coco, ciment, résistance à la traction, résistance à la compression.

1 INTRODUCTION

La terre a été de tout temps un matériau de construction très accessible. Son utilisation, simple et économique, présente de nombreux avantages qui la rendent particulièrement intéressante pour obtenir des logements écologiques, esthétiques et

de confort. Il s'agit d'un matériau utilisé depuis des milliers d'année dans de nombreux endroits dans le monde. Aujourd'hui, il est encore en usage dans de nombreux pays. Au fil de l'évolution scientifique, des chercheurs ont fait recours à plusieurs adjuvants pour améliorer les qualités physiques et mécaniques des blocs de terre [1], [2], [3]. D'autres études ont montré que, le mélange de la terre à des fibres naturelles permet de réduire la fissuration due au retrait, d'améliorer la durabilité et les propriétés mécaniques mais aussi d'augmenter l'inertie thermique [4], [5], [6]. S'il a été prouvé, dans des études plus récentes et dans certaines limites, que l'ajout de fibres de palmier dattier ou encore les fibres de sisal à la terre améliore la résistance à la compression des blocs [7], [8], [9]. On peut formuler l'hypothèse selon laquelle les fibres végétales ont une influence sur les propriétés mécanique des blocs de terre.

Au Togo, on note sur l'étendue du territoire une forte présence de cocotier (*Cocos nucifera*). Ce dernier est cultivé pour son drupe (noix de coco). Après consommation de son fruit, les résidus (cosses de coco) sont généralement entassés en dépotoirs sauvages ou encore brûlés pour le feu de cuisson ou utilisé pour des fins dérisoires. Dans une approche de recyclage et de valorisation des ressources locales naturelles, les fibres des cosses de coco ont été extraites et utilisées pour armer des blocs de terre, dans le but d'étudier leur influence sur les propriétés physiques et mécaniques de ces blocs.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

La terre utilisée provient du gisement argileux de Noèpé, une carrière située au Nord-ouest de Lomé, la capitale du Togo. L'essai d'identification chimique révèle qu'il s'agit principalement du Silicate d'Alumine SiO_2 (81,0%), Al_2O_3 (8,9%), Fe_2O_3 (2,8%) et les essais de caractérisation révèlent qu'il s'agit d'une terre sablo-argileuse peu plastique et relativement propre.

Tableau 1. Caractéristiques de la terre argileuse naturelle

Teneur en sable	58,99
Teneur en limon	2,62
Teneur en argile	38,39
Masse volumique absolue	2.65
Masse volumique apparente	1.24
Limite de liquidité	60.29
Limite de plasticité	20.13
Indice de plasticité	39.98
Valeur de bleu de méthylène	1,56
Teneur en matière organique	0,27%
Teneur en eau naturel	11%

La terre naturelle étant trop argileuse, cette dernière a subi un amendement par ajout de sable alluvionnaire dont les caractéristiques sont données au tableau 2. La figure 1 présente l'analyse granulométrique de la terre à l'état naturel, celle du sable alluvionnaire et de la terre obtenue après amendement.

Tableau 2. Caractéristiques du sable alluvionnaire

Masse volumique réelle (Kg/m^3)	Masse volumique apparente (Kg/m^3)	Equivalent sable (%)	Module de finesse
2570	1440	96	2,72

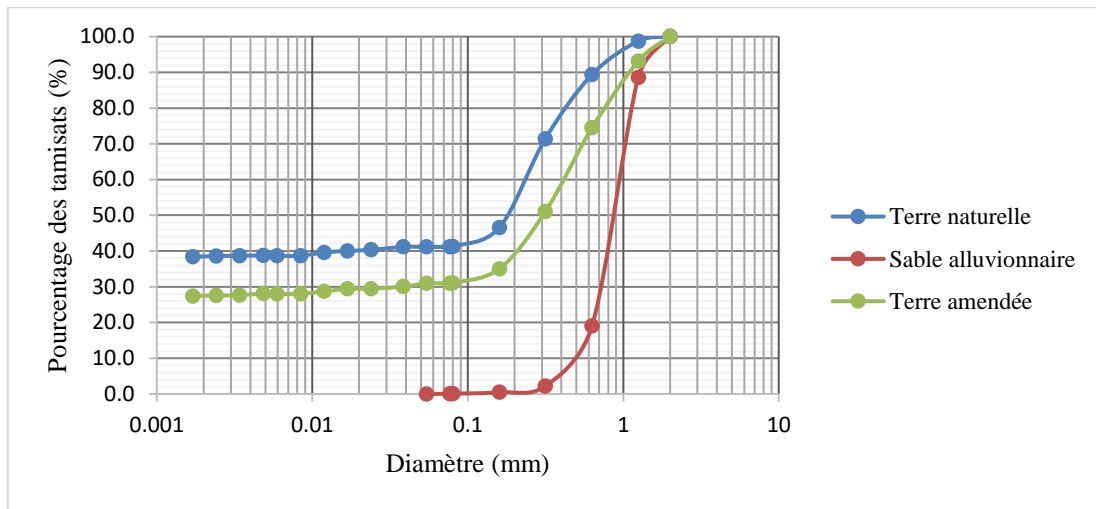


Fig. 1. Analyses granulométriques

La figure 2 et le tableau 3 ci-dessous présentent respectivement les fibres extraites ainsi que leurs caractéristiques.



Fig. 2. Fibres extraites

Tableau 3. Caractéristiques des fibres

Caractéristiques	Valeur
Longueur maximale (cm)	12
Longueur découpée (cm)	0 - 6
Masse volumique (g/cm ³)	1,25
Taux d'absorption d'eau (%)	163
Diamètre (mm)	0 – 0,1
Resistance à la traction (Mpa)	122 - 133

Le ciment utilisé est du portland CPJ 45 de production CIMTOGO, une des cimenteries du Togo. Ce dernier et les fibres sont dosés en pourcentage massique de la terre sèche. Les taux de ciment retenus sont 2%, 4% et 8%. Le taux de fibres varie de 0 à 0,4% à pas de 0,1% (tableau 4).

Tableau 4. Composition des mélanges

Terre amendée (g)	% Fibres	Masse fibres (g)	% de Ciment	Masse de ciment (g)	Masse d'eau (g)
30000	0%	0	2%	600	2430
30000	0,10%	30			2430
30000	0,20%	60	4%	1200	2430
30000	0,30%	90	8%	2400	2430
30000	0,40%	120			2430

Les blocs de compression de dimensions (14x9,5x29,5 cm³) sont fabriqués à l'aide d'une presse Terstaram et ceux de la flexion à l'aide de moules 4x4x16 cm³. Ces derniers sont conservés dans un laboratoire sec et protégé de l'ensoleillement. La température journalière de conservation sur la durée de cure est de 28 à 29°. Les blocs sont pesés tous les jours et la maturité est atteinte lorsque deux pesages successifs sur un intervalle de 24 h fait ressortir une perte de masse inférieure à 0,1% [9].



Fig. 3. Blocs 14x9,5x29,5 cm³



Fig. 4. Briquettes 4x4x16 cm³

Les essais de caractérisation réalisés sur les blocs sont la densité, la mesure de l'absorption capillaire, la résistance à la compression et à la traction par flexion.

DENSITÉ

L'essai consiste à peser chaque échantillon de chaque formulation et à déterminer la masse volumique apparente. M : masse de l'éprouvette et v son volume.

$$\rho = \frac{M}{v} \tag{1}$$

CAPILLARITÉ

L'absorption capillaire est mesurée par le coefficient d'absorption (C_b), donnée par la formule ci-après.

$$C_b = \frac{100(M_1 - M_0)}{s\sqrt{t}} \tag{2}$$

- C_b : coefficient d'absorption;
- M_0 : Masse sèche du bloc;
- M_1 : masse du bloc après l'essai;
- t : durée de l'essai;
- S : surface de la face immergée.

COMPRESSION

La résistance nominale en compression simple est déterminée selon la norme XP P 13-901. Elle est donnée par la formule ci-après.

$$R_c = 10 \frac{F}{S} \tag{3}$$

- R_c : résistance à la compression;
- F : Charge de rupture de l'éprouvette;
- S : Surface moyenne des faces de l'éprouvette.

FLEXION

A la rupture de l’éprouvette, la contrainte de flexion est donnée par la formule ci-dessous.

$$R_f = \frac{3}{2} \left(\frac{L.F}{b.h^2} \right) \tag{4}$$

F: force de rupture,
 L: la longueur,
 l: la largeur,
 h: épaisseur.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

La figure 5 présente les résultats de mesure de la densité

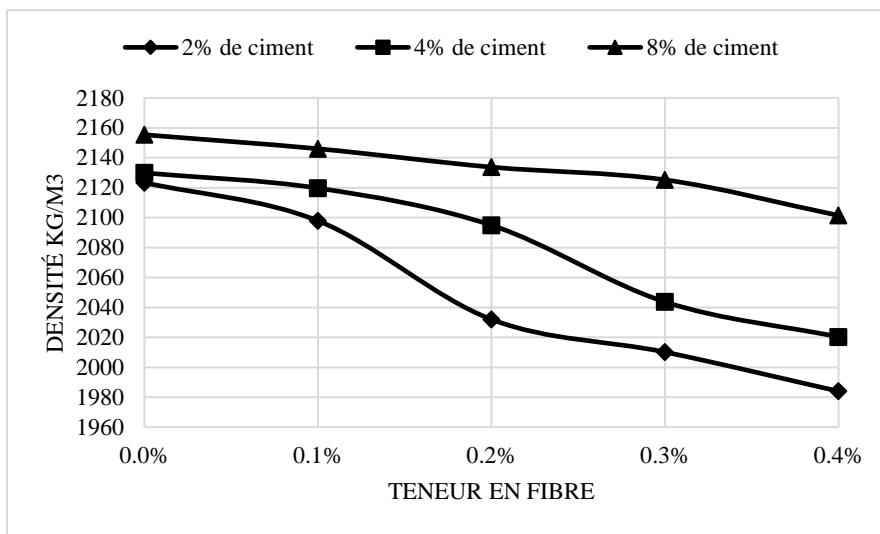


Fig. 5. Densité

L’analyse des résultats révèle que la densité des blocs diminue avec l’augmentation de la teneur en fibre incorporée. Ceci s’explique par la légèreté et la faible densité des fibres. Cependant, la densité croît avec la teneur en ciment. Les blocs à 8% de ciment sont plus denses que ceux contenant moins. En comparaison, ces valeurs sont plus élevées que celle des blocs armés de fibres de bambou (1490 -1560 kg/m³) et celle de la terre battue (1700 kg/m³), elles sont proche de celle du pisé (1990 - 2160 Kg/m³) [10], [11].

La figure 6 présente les résultats de l’absorption d’eau.

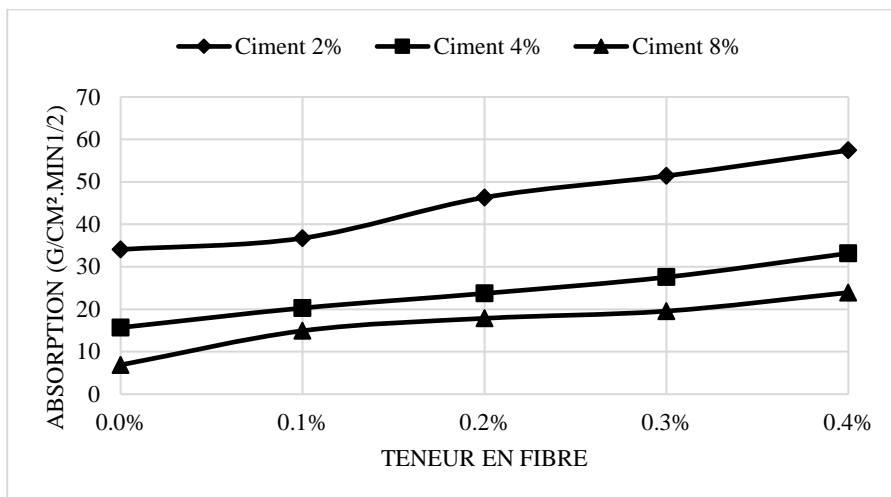


Fig. 6. Absorption capillaire

Il ressort de l’analyse des courbes que l’absorption capillaire des blocs augmente avec la teneur en fibres. Les fibres entraînent une augmentation de la porosité des blocs car ces derniers occupent de plus en plus de place dans la matrice. Le contact fibre-fibre s’intensifie à cet effet créant donc plus de vide et favorisant l’absorption. On constate que l’absorption diminue néanmoins avec le taux de ciment. La cohésion apportée par le ciment a un impact positif sur le réseau poreux des blocs.

Les résultats de mesure de la résistance à la compression sont illustrés sur la figure 7.

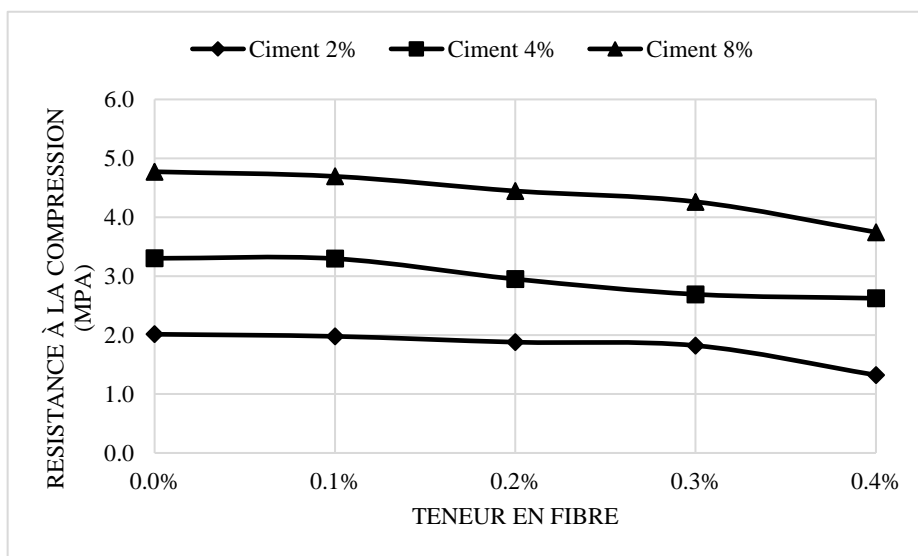


Fig. 7. Résistance à la compression

Les résultats obtenus de l’essais de compression sur les blocs montrent que la résistance décroît avec l’augmentation de la teneur en fibre et croit avec le taux de ciment. Plus la quantité de fibres devient importante, moins les blocs résistent. Ce comportement s’explique par l’intensification du contact fibre-fibre qui est la conséquence de l’augmentation du pourcentage de fibres incorporées. Ceci entraîne une chute progressive de l’adhérence et de la mouillabilité entre les fibres et la matrice argileuse, entraînant une fragilisation des blocs [12].

Les résultats de la résistance à la flexion sont illustrés sur la figure 8.

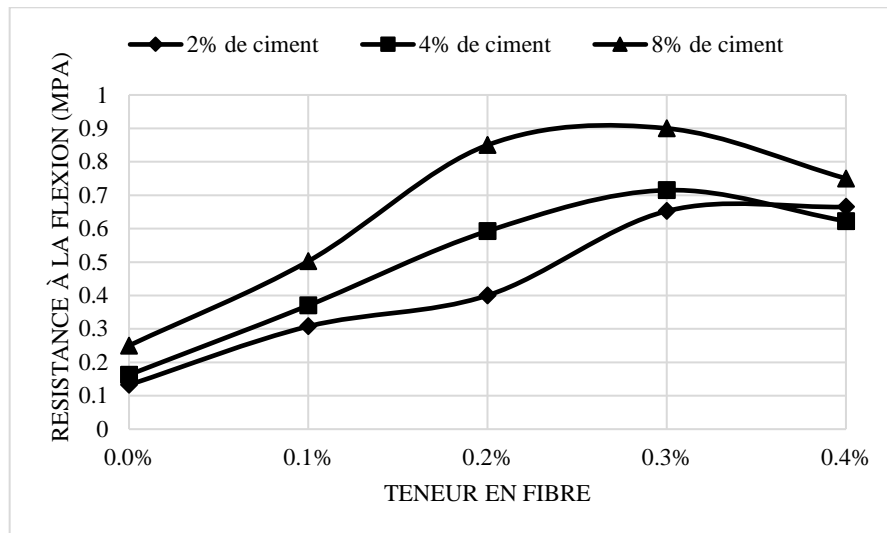


Fig. 8. *Resistance à la flexion*

De l'analyse des résultats obtenus de l'essai de flexion, on constate que la résistance des éprouvettes augmente avec la teneur en fibres. En effet, on remarque de façon globale un pic entre 0,2 et 0,3% de fibres pour les trois courbes. Ce résultat s'explique par la croissance des fibres qui permet aux éprouvettes de résister à la fracture à travers la bonne résistance des fibres vis à vis de la traction. La chute observée à 0,4% de fibres pour les courbes s'explique par la présence élevée des fibres dans la matrice argileuse. En effet, une forte présence de fibres dans le composite entraîne une diminution de la mouillabilité entre la matrice et les fibres et une augmentation du contact entre la matière végétale créant par endroit des nodules qui se traduisent en zones de faiblesse mécanique.

4 CONCLUSION

L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence des fibres extraites de la noix de coco sur le comportement physique et mécanique des blocs de terre comprimée et stabilisée. Des résultats obtenus, il ressort que:

- L'absorption capillaire des blocs augmente avec la teneur en fibres et diminue avec la stabilisation au ciment, témoignant l'effet du ciment sur le réseau poreux des blocs;
- La résistance à la compression décroît avec l'augmentation de la teneur en fibre et croît avec le taux de ciment;
- La résistance à la flexion des éprouvettes augmente avec la teneur en fibres, ceci dans les limites observées. En dehors de ces limites, la résistance chute.

REFERENCES

- [1] H. HOUBEN, V. RIGASSI and P. GARNIER, *Compressed Earth Blocks. Production Equipment*, 2nd ed. Bruxelles, (1996).
- [2] R. M. ROWELL, «Characterization and factors effecting fiber properties»; *Nat. Polym. agrofibers based Compos*, 2000 (2000).
- [3] I. SAADI AND R. BELOUTTAR, « Comportement mécanique des briques de terre crue renforcées par des fibres de palmier dattier et des fibres de paille, in Séminaire International, Innovation & valorisation en génie civil & matériaux de construction», (2009) 1 -5 p.
- [4] R. N. SWAMY, «Vegetable fiber reinforced cement composites-a false dream or a potential reality, in *Vegetable Plants and their Fibers as Building Materials: Proceedings of the Second International RILEM Symposium*» Routledge, London, (1990).
- [5] M. NGOULOU, R. G. ELENGA, L. AHOUE, S. BOUYILA and S. KONDA, «Modeling the Drying Kinetics of Earth Bricks Stabilized with Cassava Flour Gel and Amylopectin»; *Geomaterials*, 09 (2019) 40 -53 p.
- [6] A. MESBAH, J. C. MOREL, P WALKER and K. GHAVAMI, *Development of a Direct Tensile Test for Compacted Earth Blocks Reinforced with Natural Fibers*, *J. Mater. Civ. Eng.*, 16 (2004) 95 -98 p.
- [7] K. V. MAHESHWARI, A. K. DESAI and C. H. SOLANKI, «Performance of fiber reinforced clayey soil, *Electron*». *J. Geotech. Eng.*, 16 (2011) 1067 -1082 p.

- [8] B. TAALLAH, « Effet de la teneur en fibres de palmier dattier et de la contrainte de compactage sur les propriétés des blocs de terre comprimée », (2014), pp.45-51.
- [9] Norme XP P13-901 « Blocs de terre comprimé pour murs et cloisons », Normalisation française; Octobre 2001.
- [10] Dieudonné ABESSOLO et al, « Effets de la longueur et de la teneur des fibres de bambou sur les propriétés physicomécaniques et hygroscopiques des Blocs de Terre Comprimée (BTC) utilisés dans la construction »; 16 (4) (2020) 13 – 22.
- [11] BIU Quoc-Bao, « Stabilité des structures en pisé: Durabilité, caractéristiques mécaniques »; Thèse de Doctorat 2008, INSA de Lyon.
- [12] DJOHORE Ange Christine, « Effet de l'addition de fibres de coco traitées à la potasse sur les propriétés mécaniques des matériaux de construction à base d'argile – ciment », European Scientific Journal December 2018 edition Vol.14, No.36 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.