

" Comportement mécanique des briques en terre comprimée à base de déchets naturels "

"Tatane Mohamed"¹, "Elminor Hassan"², "Ayeb Mohamed"³, "Lacherai Abdellah"⁴, "Feddaoui M'bark"⁵

¹"Université Ibn Zohr, ENSA, Equipe de recherche Matériaux, Mécanique et Génie Civil, Agadir, Maroc, yasan11@yahoo.fr"

²"Université Ibn Zohr, ENSA, Equipe de recherche Matériaux, Mécanique et Génie Civil, Agadir, Maroc, h.elminor@uiz.ac.ma"

³"Laboratoire d'Expertises, d'Etudes et d'Essais (L3E), Marrakech, Maroc, md.ayeb@gmail.com"

⁴"Laboratoire de chimie appliquée et environnement, Ibn Zohr , Agadir, Maroc, alacherai@yahoo.fr"

⁵"Laboratoire Génie de l'Energie, Matériaux et Systèmes, ENSA, Agadir, Maroc, m.feddaoui@uiz.ac.ma"

Résumé :

" Une étude expérimentale a été élaborée sur des briques en terre comprimées (BTC) chargées par des déchets naturels.

Il s'agit d'identifier le comportement mécanique de ce matériau en terre à faible impact environnemental renforcé par de la sciure de bois et de la poudre de la coque d'arganier.

Des essais de compression et de traction ont été réalisés sur des BTC chargées à différentes teneurs: 0, 2, 4 et 6 % et stabilisées par 5% de ciment.

Les résultats ont montré une amélioration des résistances à la traction des briques à base de la sciure de bois à partir d'une teneur de charge de 2%.

Et pour le même pourcentage, les deux types de BTC chargées par de la sciure de bois et de la poudre de la coque d'arganier atteignent une valeur maximale de résistance à la compression. "

1. Introduction

La pression continue sur les ressources naturelles et l'impact des différentes activités humaines sur l'environnement ont conduit à s'orienter vers un développement durable. Dans ce contexte, il est nécessaire que les constructions soient économes en énergie et aient recours à des matériaux à faibles impacts environnementaux.

Deux exemples de matériaux de construction peuvent constituer une solution à la problématique environnementale : les déchets naturels qui ont un grand effet sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre [1], et la terre qui est un matériau de construction naturel par excellence et qui peut être utilisée pratiquement sans dépense d'énergie [2]. Le mariage entre ces deux composants constituera une solution à explorer.

L'objectif de ce travail est d'étudier le comportement mécanique d'un mode de construction en terre qui est la brique en terre comprimée, renforcée par deux types de charges très abondants comme des déchets naturels dans les régions sud marocaines : la sciure de bois et la poudre de la coque d'arganier.

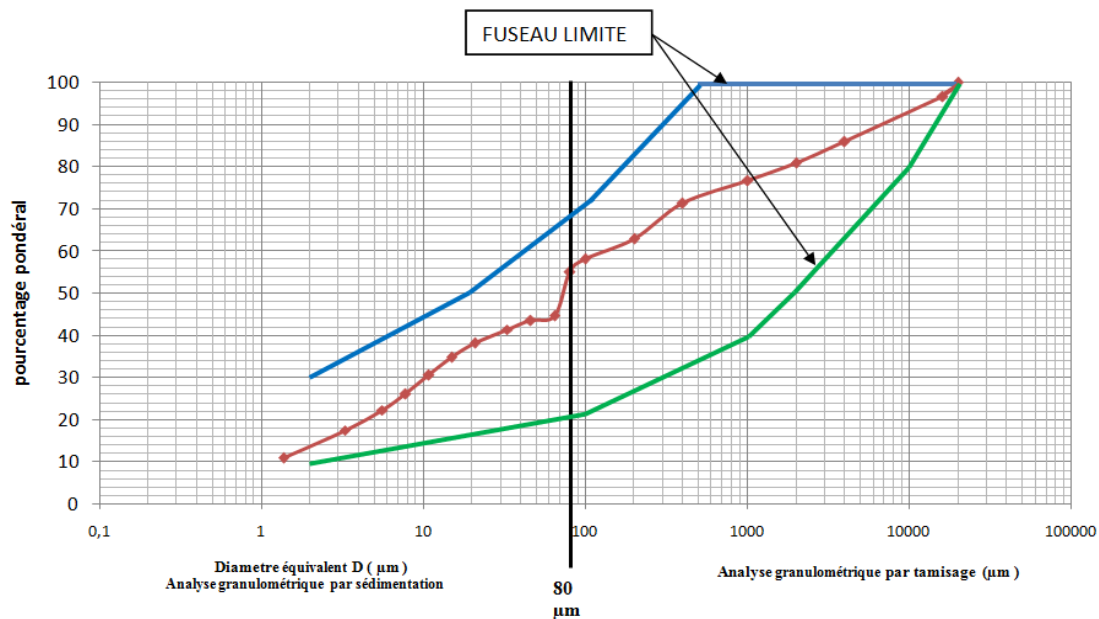
L'étude s'est focalisée sur la réalisation des essais de compression et de traction sur les briques étudiées avec différentes teneurs en charges : 0, 2, 4 et 6 % et une stabilisation en ciment à raison de 5 %.

2. Méthodes et matériels

1. Matériaux utilisés

a. Terre :

La terre utilisée est en provenance de la région d'Agadir. Elle présente des propriétés physiques (Figure 1) conformes à la norme des BTC [3].



b. Poudre de la coque d'arganier

La poudre de la coque d'arganier est obtenue par broyage de la coque d'amande d'arganier qui provient de la région d'Agadir. L'analyse granulométrique de cette poudre a permis de distinguer la répartition granulaire de la fraction supérieure à 0.063 mm (Figure 2).

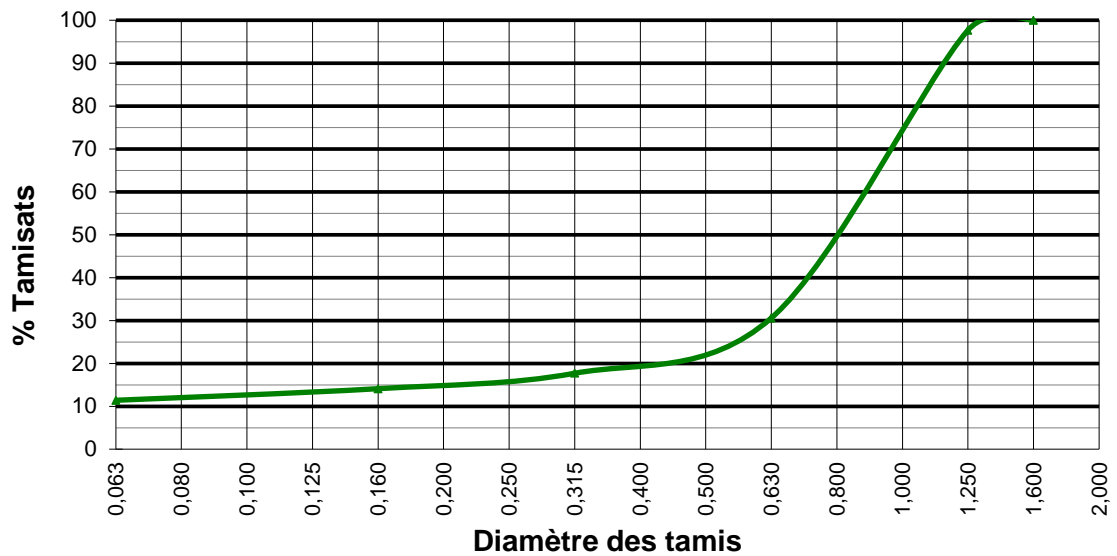


Figure 2. Analyse granulométrique de la poudre de la coque d'arganier

c. Sciure de bois

La sciure de bois utilisée est obtenue à partir des déchets de l'industrie de bois. Son essence est le Pin maritime d'Europe.

Elle présente une granulométrie inférieure à 5mm (Figure 3).

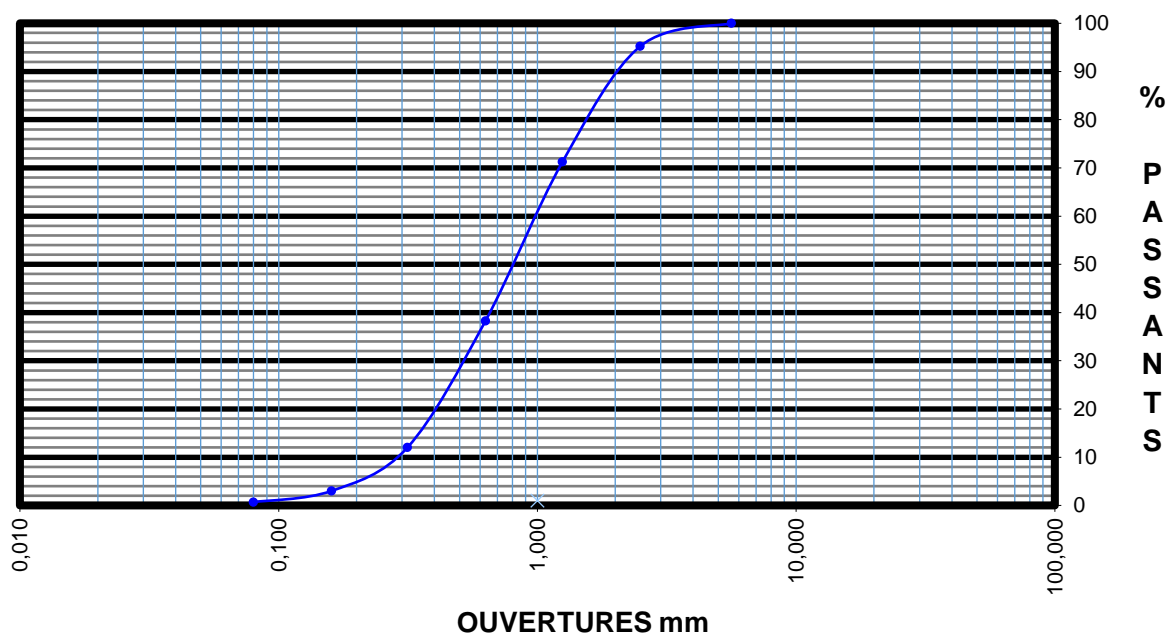


Figure 3. Analyse granulométrique de la sciure de bois

2. Confection des BTC

En vue d'étudier le comportement mécanique des briques étudiées, plusieurs mélanges ont été confectionnés (Tableau 1).

Tableau 1. Compositions des BTC confectionnées

Référence du mélange	Teneur en poudre de la coque d'arganier (%)	Teneur en sciure de bois (%)	Teneur en ciment (%)
Mélange Type 1	0	0	0
Mélange Type 2	2	0	5
Mélange Type 3	4	0	5
Mélange Type 4	6	0	5
Mélange Type 5	0	2	5
Mélange Type 6	0	4	5
Mélange Type 7	0	6	5

La teneur en eau optimale du mélange de référence (Type 1) a été déterminée en traçant la courbe des masses volumiques sèches en fonction de la teneur en eau (Figure 4). La valeur obtenue est égale à : 14 %. Pour les autres mélanges, on a procédé à un réajustement de la teneur en eau selon le cas étudié.

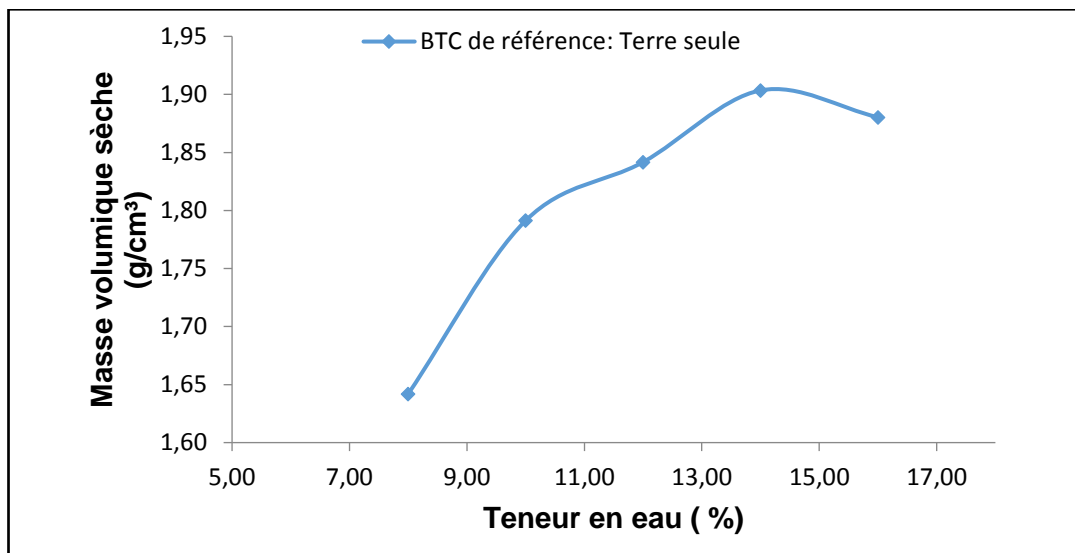


Figure 4. Teneur en eau optimale pour le mélange de référence

3. Essai de compression simple:

Cet essai a été réalisé selon la norme des briques en terre comprimée [3] , et qui consiste à soumettre les deux demi-blocs de l'échantillon étudié collés par un mortier à un essai de compression simple (Figure 5). La valeur de la résistance à la compression est donnée par la formule suivante :

$$R_c = \frac{10 \cdot F}{S} \quad (1)$$

Où :

R_c : Résistance à la compression des blocs en (MPa).

F : Charge maximale supportée par les deux demi-blocs (KN).

S : Surface moyenne des faces d'essai en cm^2 .



Figure 5. Photo de l'essai de compression simple

4. Essais de Traction par fendage :

Cet essai est dérivé de l'essai de traction par fendage (essai brésilien) [4]. Il s'agit de soumettre le bloc à une compression le long de deux baguettes situées de part et d'autre de ses faces, ce qui se traduit par une contrainte de traction suivant une facette verticale passant entre ces deux baguettes (Figure 6).

La résistance à la traction par fendage du bloc est donnée par la formule suivante :

$$R_t = 0.9 * 10 * \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot l \cdot h} \quad (2)$$

Où :

R_t : Résistance à la traction du bloc en Méga Pascal (MPa).

F : Charge maximale supportée par les deux demi- blocs en KN

l : Largeur du bloc en centimètres (cm).

h : Epaisseur du bloc en centimètres (cm).



Figure 6. Photo de l'essai de traction par fendage

3. Résultats et discussions

1. Masses volumiques

La variation des masses volumiques des BTC en fonction de la teneur en sciure de bois et de la poudre de la coque d'arganier est mentionnée dans la Figure 7.

Celle-ci montre que pour les deux types de BTC, l'ajout des charges permet de diminuer les masses volumiques.

On remarque aussi que les BTC chargées par de la sciure de bois présentent un décroissement important des masses volumiques en fonction de la teneur en charges comparées aux BTC chargées par de la poudre de la coque d'arganier. Elles sont passées pour le premier cas de 1921 Kg/M³ à 1534 Kg/M³, et de 1921 Kg/M³ à 1801 Kg/M³ pour le deuxième cas pour des teneurs variant de 0% à 6 % respectives.

Ceci peut être expliqué par la densité de la sciure de bois qui est inférieure à celle de la poudre de la coque de l'arganier.

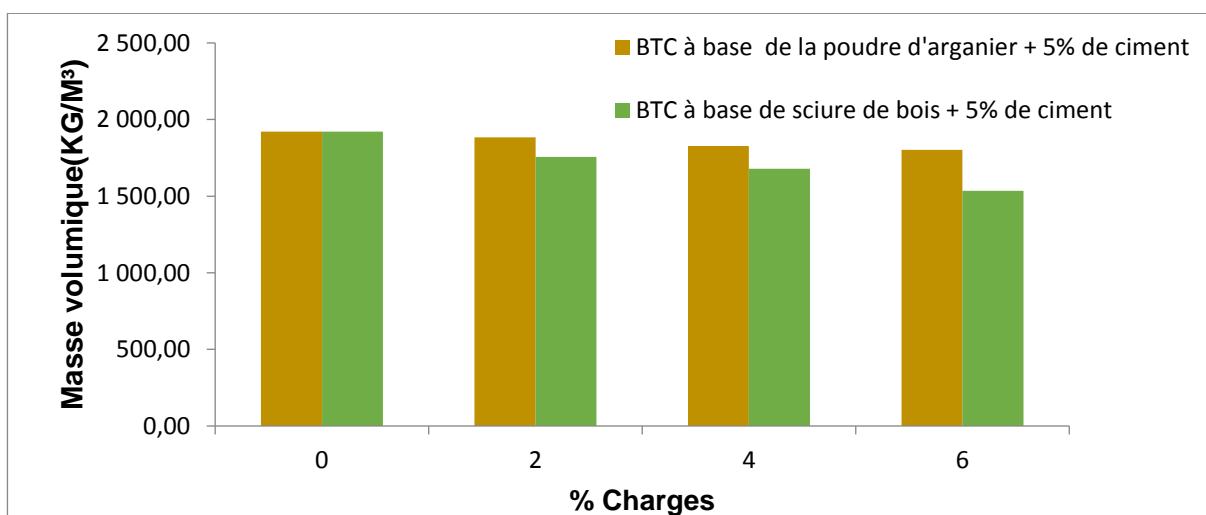


Figure 7. Variation des masses volumiques des BTC en fonction de la teneur en charges

2. Résistances à la traction :

Les deux types de BTC présentent un comportement différent par rapport à la nature de la charge en présence du ciment (Figure 8).

Pour les BTC chargées par de la poudre de la coque d'arganier, on remarque un faible décroissement de la résistance à la traction par ajout de la charge, elle est passée de 0,9 MPA à 0,64 MPA pour des teneurs variant de 0% à 6 %.

Ceci peut être expliqué par la faible adhérence entre la matrice des BTC et la poudre de la coque d'arganier dont les diamètres supérieurs à 0.063 mm représentent plus de 90% et la facilité avec laquelle les fissures peuvent se propager sous des charges de traction [5] .

Pour les BTC chargées par de la sciure de bois, la résistance à la traction décroît légèrement jusqu'à une teneur de bois de 2% puis augmente.

Cela pourra être expliqué par la quantité d'argile qui diminue par ajout de la sciure de bois [6] et qui n'est pas compensée par le squelette granulaire formé entre le ciment et la terre pour des teneurs de sciure de bois inférieures à 2% . Quand celle-ci devient importante ($\geq 2\%$) , il y'a création d'une matrice isotrope entre la structure argileuse et le réseau de fibres [6] . Un autre phénomène qui intervient et aide à l'amélioration de la résistance.

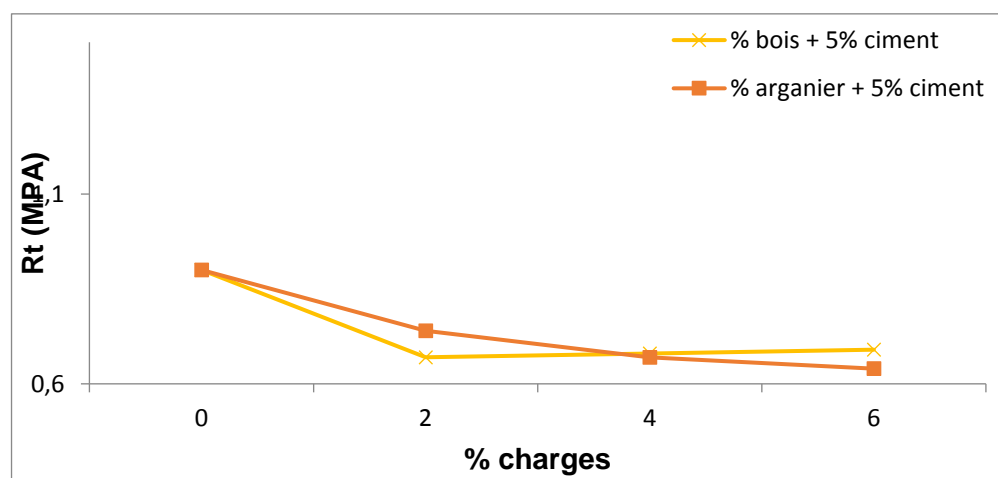


Figure 8. Evolution des résistances à la traction des BTC en fonction de la teneur en charges

3. Résistances à la compression :

La réaction des BTC aux efforts de compression diffère à celle de traction.

Pour les deux types de briques on remarque un optimum de résistance à la compression correspondant à une teneur de charges de 2% (Figure 9).

Pour les briques à base de la poudre de la coque d'arganier, la résistance à la compression optimale atteint 3,12 MPA, et elle est de 2,56 MPA pour celle à base de la sciure de bois.

Pour des valeurs de charges supérieures à 2% on constate un décroissement des résistances tout en restant supérieur au minimum requis qui est de 1 MPA selon Mansour et al. [7].

Cela pourra être expliqué par le fait que 2 % est la quantité optimale des ajouts qui permet une bonne adhérence avec la matrice des briques à une teneur en ciment égale à 5% , et que pour des valeurs supérieures à cet optimum la teneur en argile pouvant lier les granulats naturels devient insuffisantes.

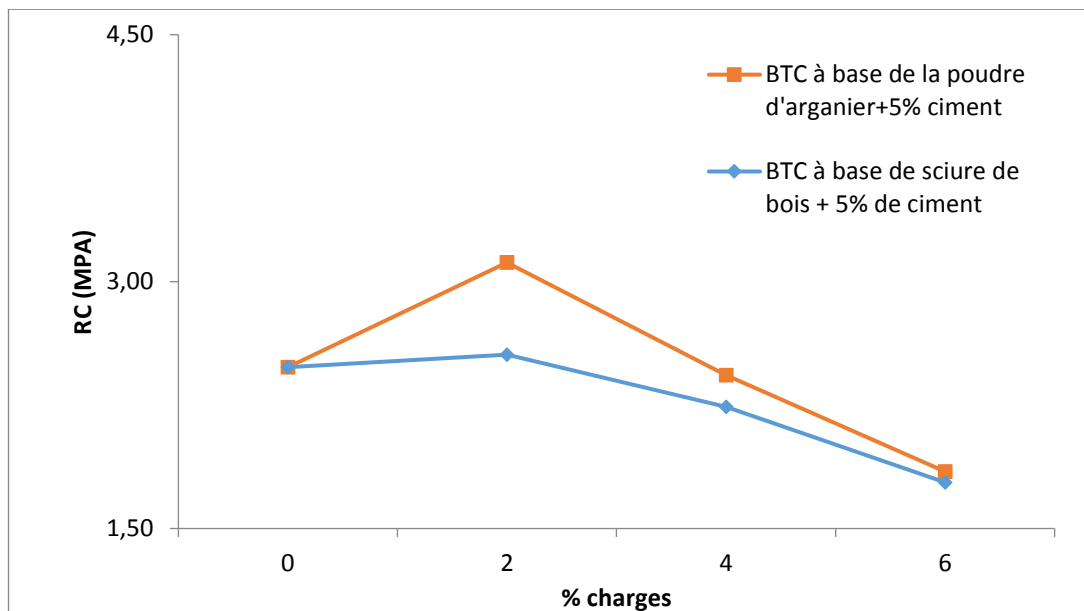


Figure 9. Evolution des résistances à la compression des BTC en fonction de la teneur en charges

4. Conclusions :

Au terme des différents essais réalisés sur les BTC chargées par de la poudre de la coque d'arganier et de la sciure de bois, nous pouvons conclure que :

- Pour les deux types des déchets naturels, les densités des BTC diminuent, ce qui sera d'un grand apport pour les habitats construits par ce type de matériau, car la diminution de la densité améliore l'isolation thermique [8].
- La résistance à la traction des BTC diminue légèrement en fonction de la teneur en poudre de la coque d'arganier, tandis que les BTC à base de la sciure de bois connaissent une augmentation de leur résistance à la traction à partir 2 % de charge ;
- Une amélioration considérable de la résistance à la compression pour moins de 2% de charges a été constatée pour les BTC à base des deux types de déchets naturels.

5. Bibliographie :

- [1] F. Pacheco-Torgal and S. Jalali, "Cementitious building materials reinforced with vegetable fibres: A review," *Constr. Build. Mater.*, vol. 25, no. 2, pp. 575–581, Feb. 2011.
- [2] O. Izemmouren and A. Guettala, "Effet du laitier de haut fourneau sur les propriétés d'ingénierie des briques de terre comprimée à base d'un sol portant de sulfate," in *Conférence Matériaux 2014-Colloque Ecomatériau*, 2014.
- [3] NF XP P13-901: "Blocs de terre comprimée pour murs et cloisons: définitions - Spécifications- Méthodes d'essais - Conditions de réception". AFNOR. p. 35, 2001.
- [4] M. Olivier, A. Mesbah, Z. El Gharbi, J.C. Morel "Mode opératoire pour la réalisation d'essais de résistance sur blocs de terre comprimée." *Mater.struct*, Vol. 30, pp 515-517, November 1997.
- [5] R. Medjo Eko, E. D. Offa, T. Yatchoupou Ngatcha, and L. Seba Minsili, "Potential of salvaged steel fibers for reinforcement of unfired earth blocks," *Constr. Build. Mater.*, vol. 35, pp. 340–346, Oct. 2012.
- [6] S. S. Namango, "Development of Cost-Effective Earthen Building Material for Housing Wall Construction: Investigations into the Properties of Compressed Earth Blocks Stabilized with Sisal Vegetable Fibres, Cassava Powder and Cement Compositions," *Cassava Powder Cem. Compos. Dr. Diss. Brandenbg. Tech. Univ. Cottbus Ger.*, 2006.
- [7] R. Medjo Eko, E. D. Offa, T. Yatchoupou Ngatcha, and L. Seba Minsili, "Potential of salvaged steel fibers for reinforcement of unfired earth blocks," *Constr. Build. Mater.*, vol. 35, pp. 340–346, Oct. 2012.
- [8] H. Binici, O. Aksogan, M. N. Bodur, E. Akca, and S. Kapur, "Thermal isolation and mechanical properties of fibre reinforced mud bricks as wall materials," *Constr. Build. Mater.*, vol. 21, no. 4, pp. 901–906, Apr. 2007.