

# **ANNALES DE L'UNIVERSITE MARIEN NGOUABI**

---

***Sciences et Techniques***

---

**VOL. 18 – N° 2 – ANNEE 2018**

**ISSN : 1815 - 4433**

**[www.annalesumng.org](http://www.annalesumng.org)**

# ANNALES DE L'UNIVERSITE MARIEN NGOUABI SCIENCES ET TECHNIQUES



VOLUME 18, NUMERO 2, ANNEE 2018

www.annalesumng.org

## SOMMAIRE

**Directeur de la publication :**  
IBARA J. R.

**Rédacteur en chef :**  
GOMA-TCHIMBAKALA J.

**Rédacteur en chef adjoint :**  
M'PASSI-MABIALA B.

### Comité de lecture

ABENA A. A. (Brazzaville)  
AFFIAN K. (Abidjan)  
AKE S. (Abidjan)  
BATCHI M. (Brazzaville)  
BOUKA BIONA C. (Brazzaville)  
DIATEWA M. (Brazzaville)  
ENZONGA YOCA S. (Brazzaville)  
HONTINFINDE F. (Cotonou)  
KANGNI K. (Abidjan)  
KOFANE T.C. (Yaoundé)  
MABIALA B. (Brazzaville)  
MASSAMBA F. (Kwazulu Natal)  
MBEMBA F. (Brazzaville)  
MOUSSOUNDA P.S. (Brazzaville)  
N'GOKA V. (Brazzaville)  
NDJAKA J. M. B. (Yaoundé)  
OKASSA E. (Brazzaville)  
ONGOKA P. (Brazzaville)  
OUAMBA J-M. (Brazzaville)  
SAYA A. (Brazzaville)  
TAO J-W. (Toulouse)

### Comité de rédaction

BOUDZOU MOU F. (Brazzaville)  
KISSITA G. (Brazzaville)  
N'ZIKOU M. (Brazzaville)

### Webmaster

ANKY R. D.

### Administration – Rédaction

Université Marien N'GOUABI  
Direction de la Recherche  
B.P. 69, Brazzaville – Congo  
Email : annales@umng.cg  
ISSN : 1815 - 4433

- 1 EFFETS ANTI-INFLAMMATOIRE, ANALGÉSIQUE ET ANTIPYRÉTIQUE DE L'EXTRAIT AQUEUX DES ÉCORCES DE TRONC DE *MARANTHES GLABRA*. (OLIV.) PRANCE (CHRYSOBALACEAE)  
*EPA C. PENEMÉ B.M.L. ETOU OSSIBI A.W., AGBONON A., ATTIBAYEBA, ONGOKA P.R., ABENA A.A.*
- 13 TERRES À BRIQUES DU CONGO : EVALUATION DES PROPRIÉTÉS GÉOTECHNIQUES  
*ELENGA R.G., AHOUE T.L., KIMBATSA TSÉTO F., KINGA MOUNDZÉO, GOMA MANIONGUI J.*
- 21 CARACTÉRISATION CHIMIQUE DES GRAINES DE *PSEUDOSPONDIASMICROCARPA* (A. RICH) ENGL  
*NKOUNKOU LOUMPANGOU C, DOUNIAMA L. G. V., NGAKEGNI-LIMBILI A. C, MPELE S. R., BONAZABA MILANDOU L. J. C., ELOUMA NDINGA A. M., CERNY M., MOUTSABOTE J-M., OUAMBA J-M.*



## **TERRES À BRIQUES DU CONGO: EVALUATION DES PROPRIÉTÉS GÉOTECHNIQUES**

*ELENGA R.G.<sup>1,\*</sup>, AHOUE T.L.<sup>1,2</sup>, KIMBATSA TSÉTO F.<sup>1</sup>, KINGA MOUNDZÉO<sup>1</sup>,  
GOMA MANIONGUI J.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Laboratoire des Matériaux et Energies, Faculté des Sciences et Techniques,  
Université Marien Ngouabi - Brazzaville, Congo*

<sup>2</sup>*Bureau de Contrôle du Bâtiment et Travaux Publics,  
Brazzaville, Congo*

*Email: rgelenga@gmail.com*

### **RESUME**

Les constructions en terre crue, notamment dans les zones rurales sont parmi les moins onéreuses tout en ayant un faible impact écologique. Leur durabilité dépend des propriétés géotechniques du sol utilisé et du respect des règles architecturales de base. Elles sont donc une voie pour réduire le grand déficit en logements viables que connaissent la plupart des pays en développement. A cette fin, les propriétés géotechniques de douze sols utilisés au Congo pour la fabrication artisanale des briques en terre ont été déterminées et confrontées aux normes en la matière. Il en ressort que la teneur en argile des sols est supérieure au maximum autorisé (30%) par la plupart des normes, alors que la teneur en sable est proche du minimum autorisé. Cependant, ces sols ont de bonnes propriétés de moulage et une plasticité appropriée pour la confection des briques en terre. Pour corriger l'excès en argile et limiter le risque de fissuration au séchage, des fibres végétales ou du sable pourraient être incorporés à ces sols.

**Mots-clés:** sol, propriétés géotechniques, adobe, Brique en terre compressée, norme

### **ABSTRACT**

Earthen Constructions, particularly in the rural areas are among the less expensive and have a weak ecological impact. So, they are a mean of reducing the housing shortage that most of developing countries know. However, their durability depends on the geotechnical properties of the soil used and the respect of the architectural basic standards. For this purpose, geotechnical properties of twelve soils used in Congo for the traditional brickmakers have been determined and compared with standards on the subject. The results show that the clay content is above the maximum limit (30 %) allowed by most standards, while the sand content is close to the recommended minimum limit. However, these soils have good moulding properties and an appropriate plasticity for the making of the earthen bricks. To avoid the clay content excess and limiting the crack risk during the bricks drying, plant fibers or sand could be incorporated into these soils.

**Keywords:** soil, geotechnical properties, adobe, compressed earth brick, standard

## INTRODUCTION

Bien que l'accès à un logement décent soit reconnu comme un droit fondamental de l'homme [1; 2] et l'une des premières valeurs dans les cultures africaines [3], acquérir un logement viable est de plus en plus difficile pour la grande majorité de la population, notamment en Afrique sub-saharienne. L'UN-Habitat a estimé à 40 000 logements la demande journalière en logements dans les villes africaines. Les causes du déficit en logements sont multiples : fortes croissances démographique et urbaine [4], cherté des terrains et des matériaux de construction, mécanismes de financement inefficaces...

Dans les zones rurales, le plein-logement est souvent réalisé grâce aux constructions en matériaux locaux (terre, bois) en raison de leur facilité de mise en œuvre et de leur faible coût. Aujourd'hui encore, près de 30 % de la population mondiale et l'essentiel de la population en Afrique subsaharienne vivent dans des maisons au moins en partie en terre [5 ; 6]. Mais ces maisons ont généralement une courte durée de vie et nécessitent de fréquents travaux de réhabilitation [7 ; 8]. C'est pourquoi les maisons en ciment et tôles sont préférées par la population parce qu'elles sont plus durables et sont associées à la modernité et à un statut social élevé [9]. Mais l'image négative des maisons en terre pourrait changer. En effet, aujourd'hui en Occident, la nécessité de préserver les ressources naturelles et de lutter contre le changement climatique a redonné de l'intérêt au matériau terre [10]. Les nouvelles maisons en terre sont construites avec le design actuel et toutes les commodités [11].

Par ailleurs, la pertinence du choix du tout-ciment pour les maisons individuelles de plain-pied est pour le moins discutable. Tout d'abord, en plus d'être plus chère, la maison en ciment offre un confort thermique moindre que son analogue en terre [8 ; 11]. Ensuite, le ciment est une ressource non renouvelable et à forte empreinte écologique [12]. Aussi, serait-il judicieux de réserver son emploi à des ouvrages pour lesquels il n'a pas d'alternative renouvelable et moins polluante. Enfin, la maison en terre, même crue (sans ajout de liant), peut aussi être très durable en climat humide, comme en témoignent certaines maisons en adobes des vieux quartiers de Brazzaville et de l'intérieur du Congo. En effet, si beaucoup d'entre-elles ont été précocement détruites par les pluies et l'insuffisance de la maintenance, quelques-unes en ont survécu et ont aujourd'hui

près de cent ans. Sous d'autres cieux, certaines maisons en terre ont plus de 400 ans [10 ; 11]. Les courtes durées de vie observées souvent résultent du non-respect des règles de construction et/ou d'une utilisation inappropriée du sol. C'est que, d'une part, tous les sols naturels ne sont pas aptes pour la construction en terre et, d'autre part, un sol approprié pour une technique de construction donnée peut ne pas l'être pour une autre. Les critères de sélection portent notamment sur la texture (distribution en taille des grains), la plasticité (teneur et nature de l'argile) et plus rarement sur la compacité [13]. Ces critères dépendent notamment du climat et du type de construction (adobe, brique en terre compressée, torchis, brique cuite, brique stabilisée avec le ciment...). En climat humide comme le nôtre, il est nécessaire que la maison en terre ait un toit large et une fondation étanche (de bonnes bottes et un bon chapeau) pour la protéger des eaux [11], son principal facteur de dégradation [14]. A ces critères techniques traditionnels s'ajoutent aujourd'hui la nécessité de préserver les ressources naturelles. Sur ce point, parmi toutes les formes d'utilisation de la terre en construction, la terre crue reste la plus économique et celle qui peut être indéfiniment réutilisée pour le même objet.

Au Congo, les normes de sélection des terres pour les maisons ne sont pas encore définies et, généralement, ce sont celles utilisées en France qui servent de référence, notamment en ce qui concerne le béton. Mais dans quelques pays d'Afrique, des normes ont été adoptées (Kenya, Afrique Australe, Tunisie...). Dans tous les cas, pour des maisons avec une bonne fondation et un toit large, le facteur climat a moins d'importance. Dans ce cas, des normes mêmes des climats plus secs ou tempérés pourraient s'appliquer en climat humide, au moins du point de vue durabilité.

L'objet de ce travail est d'évaluer les propriétés géotechniques des terres utilisées en construction dans notre pays à la lumière de différentes normes valables dans divers pays [13] et d'indiquer, le cas échéant, la technique appropriée pour les utiliser et/ou les amendements nécessaires pour les y conformer.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

Douze échantillons de sols argileux ont été prélevés de juillet à août dans des carrières du sud du Congo réputées pour leurs briques en terre: Ngouéni (2), Djoumouna (3), Kingoué (2), Nzaou (1), Yengola (1), Mbanza (2). Dans

ces localités, il existe plusieurs carrières. Dans le cas où des différences notoires de couleurs et de texture des sols utilisés étaient constatées, un prélèvement était effectué dans chacune des carrières. Pour chaque carrière, le prélèvement a été effectué sur les différents horizons utilisés par les briquetiers pour déterminer les caractéristiques moyennes du sol utilisé.

Pour chaque sol, la distribution en taille des grains a été déterminée par tamisage et par sédimentation du sol suivant respectivement les normes NF P 94/056 et NF P 94/057. La plasticité a été estimée à travers les limites d'Atterberg (limite de plasticité, limite de liquidité) déterminées conformément à la norme NF P 94/051. La densité sèche qui est un indice de la résistance des briques, et la teneur en eau optimale pour la fabrication des briques ont été déterminés à travers l'essai Proctor modifié conformément à la norme NF P 94/093.

La république du Congo, ne disposant pas de normes nationales en la matière, l'analyse des résultats des essais réalisés s'est appuyée sur les normes du Zimbabwe, d'Afrique Australe, de Nouvelle Zélande et des documents techniques rapportés par Delgado et Guerrero [13].

## RÉSULTATS

### Texture (distribution en taille des grains) des sols

La figure 1 représente la distribution en taille des grains des différents sols et les fuseaux normatifs pour les adobes et les BTC [13]. Elle montre que ces sols ont une teneur en argile supérieure au maximum autorisé aussi bien pour la fabrication d'adobes que de BTC. Les teneurs en sable, en limons et en argile déduites de ces courbes sont rapportées dans le tableau 1. Pour une utilisation en adobe et en BTC, en moyenne les normes recommandent une teneur en argile

entre 10 et 30 % et une teneur en sable d'au moins 30 %. Seule la norme Australienne HB 193 fixe le maximum en argile à 40 % [13]. Ce n'est que par rapport à cette dernière norme que les sols de Yengola, Mbanza et Bilinga ont des teneurs en argile acceptables. Les sols de Djoumouna 2 et 3, Kingoué et Nzaou ont des teneurs en sable en deçà du minimum recommandé. Ces teneurs élevées en argile et faibles en sable sont susceptibles de générer des fissures pendant le séchage (retrait important) et en général ne permettent pas d'avoir des résistances mécaniques élevées (sols mal gradués). Pour corriger ce déséquilibre sans beaucoup élever le coût des briques, on pourrait rajouter à ces sols du sable, des fibres végétales locales contenues dans des déchets industriels telles celles des noix de palme ou de la canne à sucre [7 ; 15-21] ; de la paille finement coupée [22 - 24] ; des plastiques usagés [25] ; de la cendre finement tamisée [26] ou de la chaux à faible teneur (2-5%) [27 ; 28]. Signalons que ces sols ayant une teneur en argile supérieure à 30 %, pour améliorer leurs propriétés mécaniques, la stabilisation au ciment est moins efficace que celle à la chaux [29]. De plus, comme l'ont montré Van Damme et Houben [11], son rapport coût écologique bénéfice mécanique est très élevé. En ce qui concerne la stabilisation avec les fibres végétales, plusieurs études montrent que des teneurs en fibres végétales inférieures à 2 % diminuent le retrait tout en augmentant la résistance mécanique. Au-delà, comme c'est souvent le cas avec le torchis fabriqué artisanalement, le retrait continue à diminuer mais la résistance mécanique aussi diminue. Tout le problème est donc d'ajouter suffisamment les fibres pour réduire le retrait tout en conservant des résistances mécaniques supérieures au minimum requis.

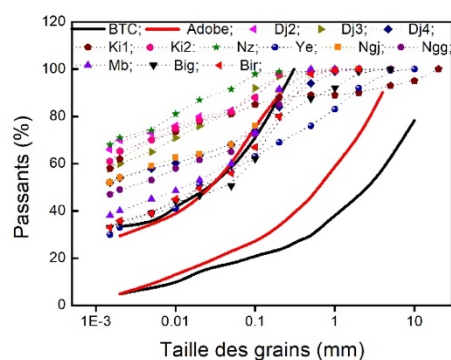


Figure 1: Courbes granulométriques des différents sols avec les fuseaux normatifs des briques en terre compressée (BTC) et en terre crue (adobe).

Pour une utilisation en pisé, les teneurs en argile recommandées sont encore plus faibles (Delgado et al., 2007) [13]. En moyenne, elles

varient de 8 à 20%, ce qui disqualifie encore un peu plus ces sols.

**Tableau 1. Fractions granulométriques des argiles, limons et sables des douze sols étudiés.**

| Sols           | Argile (%) | Limons (%) | Sable (%) |
|----------------|------------|------------|-----------|
| Djournouna 2   | 69,13      | 14,48      | 16,39     |
| Djournouna 3   | 59,91      | 23,27      | 16,82     |
| Djournouna 4   | 53,9       | 15,18      | 30,92     |
| Kingoué 1      | 61,81      | 19,85      | 18,34     |
| Kingoué 2      | 64,54      | 18,59      | 16,87     |
| Nzaou          | 70,54      | 22,11      | 7,35      |
| Yengola        | 32,82      | 24,72      | 42,46     |
| Ngouendi Jaune | 53,92      | 15,71      | 30,37     |
| Ngouendi gris  | 48,87      | 17,65      | 33,48     |
| Mbanza         | 39,85      | 22,71      | 37,44     |
| Bilinga gris   | 34,96      | 18,01      | 47,03     |
| Bilinga rouge  | 35,39      | 22,7       | 41,91     |

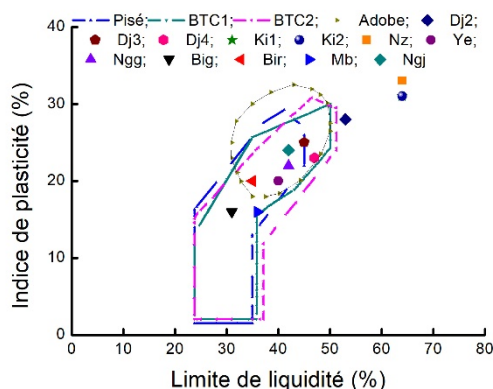
Le tableau 2 rapporte les limites d'Atterberg (mesure de la plasticité), la densité sèche maximale et la teneur en eau optimale des différents sols. Selon Houben et Guillaud [30], les sols appropriés pour la fabrication des adobes ont une limite de liquidité (LL) et un

indice de plasticité (IP) respectivement dans les intervalles 31-50 % et 16-33 %. En revanche pour les BTC, tous les documents normatifs situent la LL et l'IP respectivement dans les intervalles 25-50 % et 2-30 %.

**Tableau 2 : Limites d'Atterberg, teneur en eau optimale et densité maximale sèche des sols.**

| Sols            | LP (%) | LL (%) | IP (%) | W <sub>OPM</sub> (%) | $\gamma_d$ (T/m <sup>3</sup> ) |
|-----------------|--------|--------|--------|----------------------|--------------------------------|
| Djournouna 2    | 25     | 53     | 28     | 20                   | 1,55                           |
| Djournouna 3    | 20     | 45     | 25     | 17                   | 1,66                           |
| Djournouna 4    | 24     | 47     | 23     | 18                   | 1,71                           |
| Kingoué 1       | 33     | 64     | 31     | 18                   | 1,72                           |
| Kingoué 2       | 33     | 64     | 31     | 20                   | 1,55                           |
| Nzaou           | 31     | 64     | 33     | 20                   | 1,55                           |
| Yengola         | 20     | 40     | 20     | 17                   | 1,98                           |
| Ngouéendi jaune | 18     | 42     | 24     | 20                   | 1,67                           |
| Ngouéendi gris  | 20     | 42     | 22     | 18                   | 1,73                           |
| Mbanza          | 20     | 36     | 16     | 14                   | 1,89                           |
| Bilinga gris    | 15     | 31     | 16     | 18                   | 1,99                           |
| Bilinga rouge   | 15     | 35     | 20     | 13                   | 1,89                           |

Hormis les sols de Kingoué, tous les sols utilisés ont une plasticité appropriée pour la confection aussi bien des adobes, des BTC et du pisé (Figure 2).

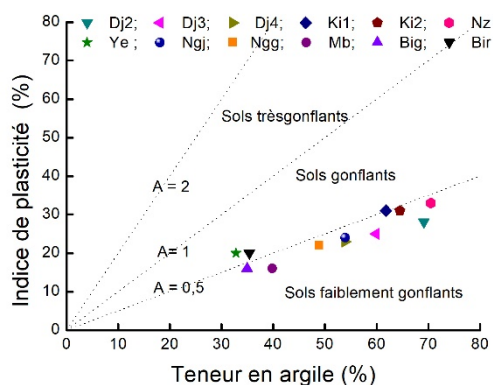


**Figure 2 : Limites d'Atterberg des sols avec les plages recommandées pour adobe, BTC (BTC1) et pisé selon Houben et Guillaud. L'aire BTC2 est conforme à la norme française XP P 13-901 et à celle de l'African Regional Standards Organization (ARSO).**

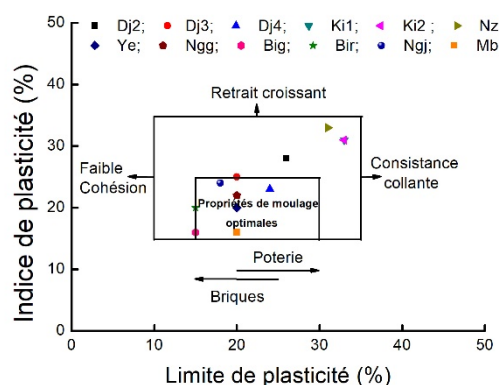
Cependant, le potentiel de gonflement de ces sols (variation des dimensions de la brique due à l'absorption d'eau ou à son évaporation) est proche de la limite supérieure de la plage des sols faiblement gonflants (Figure 3). Les sols de Yengola et Bilinga rouge sont même dans la plage des sols gonflants, bien que leurs teneurs en argile ne soient que de 33 et 35 % respectivement. Ce résultat est en accord avec celui d'une étude précédente qui avait décelé la

présence d'illite dans le sol de Yengola alors que les autres sols ne contenaient que de la kaolinite [25]

Néanmoins, suivant le diagramme de Casagrande, ces sols ont de bonnes propriétés de moulage. Ils pourraient même être utilisés en poterie (Figure 4).



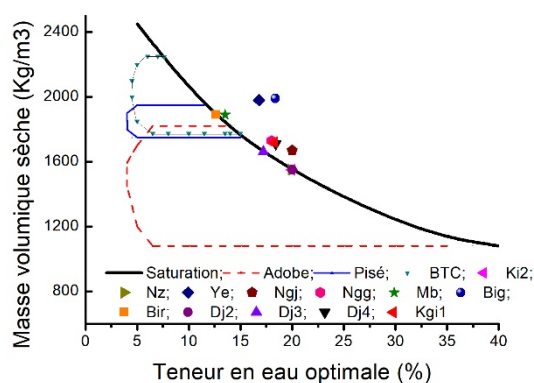
**Figure 3: Potentiel de gonflement des sols étudiés. Les valeurs de A sont les coefficients directeurs des droites délimitant les aires des sols faiblement gonflants, gonflants et très gonflants.**



**Figure 4 : Diagramme de plasticité de Casagrande indiquant les propriétés de moulage des sols en fonction de leurs limites d'Atterberg.**

Même si l'essai Proctor permet avant tout de déterminer la teneur en eau ( $W_{OPM}$ ) permettant d'avoir une densité sèche maximale du matériau ( $\gamma_d$ ), et que la densité sèche maximale n'est pas une indication directe de la résistance mécanique des briques, il demeure que pour un même matériau, moins il y a de pores (défauts), plus il y a d'interactions entre ces différentes particules et en principe plus de cohésion. Houben et Guillaud [30] ont utilisé ces paramètres pour établir des critères de sélection des sols pour les constructions en terre. Ces critères et les résultats de l'essai Proctor pour les différents sols sont rapportés dans la figure 5. On peut y constater que les densités sèches

maximales sont obtenues pour des teneurs en eau au moins égales à la teneur de saturation. Ce résultat est en accord avec les teneurs en argile élevées révélées par l'analyse granulométrique. En effet, plus le sol est argileux, plus il faut d'eau pour le rendre plastique. En revanche, avec ces teneurs élevées en eau, il y a risque d'un retrait important au séchage et donc de fissuration. Cependant, utiliser moins d'eau de gâchage réduira moins la friction entre grains et, à énergie de compaction égale, réduira moins les pores dans les briques, et donc devrait conduire à des résistances mécaniques plus faibles.



**Figure 5 : Densité maximale sèche en fonction de la teneur optimale du sol et les aires recommandées pour les BTC, le pisé et l'adobe selon Houben et Guillaud.**



## CONCLUSION

Les propriétés géotechniques des sols utilisés au Congo pour la fabrication artisanale des briques ont été déterminées et confrontées aux normes en la matière. Les résultats montrent que les courbes granulométriques des sols n'intègrent pas totalement les fuseaux normatifs des adobes et briques en terre compressées. La teneur en argile de ces sols varie de 33 à 69 %, alors que le maximum recommandé par la plupart des normes est de 30%. En revanche, la teneur en sable est proche du minimum recommandé. Ces taux élevés en argile nécessitent des teneurs en eau de gâchage proches de la saturation pour obtenir un bon compactage ce qui accroît le risque de fissuration au séchage et peut en partie expliquer la dégradation prématurée des maisons. Toutefois, selon Houben et Guillaud, ces sols ont une plasticité appropriée pour la confection des briques en terre. De plus, suivant le diagramme de plasticité de Casagrande, ils possèdent de bonnes propriétés de moulage. Pour corriger l'excès en argile de ces sols, des fibres végétales et/ou du sable ou de la chaux peuvent y être incorporés.

## RÉFÉRENCES

- [1] UN-Habitat. 2003. International instruments on housing rights. <http://www.unhabitat.org/>
- [2] UN-Habitat 2009. The right to adequate housing. Fac sheet n° 21/Rev. 1. <http://www.ohchr.org>.
- [3] African Charter on Human and Peoples' Rights. 1981
- [4] UN-Habitat. 2008. The state of african cities: a framework for addressing urban challenges in Africa. United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT).
- [5] Houben H, Guillaud H. 1989. Traité de construction en terre CRATerre. In: L'Encyclopédie de la construction en terre, vol. 1. Paris: Parenthèses, p. 300.
- [6] Guillaud H. 2008. Characterization of earthen materials. In: Avrami E, Guillaud H, Hardy M, editors. Terra literature review – an overview of research in earthen architecture conservation. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, p. 21–31.
- [7] Sharma V., Vinayak H.K., Marwaha B.M. 2015. Enhancing sustainability of rural adobe houses of hills by addition of vernacular fiber reinforcement. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4, p. 348–358
- [8] Samuel D.G.L., Nagendra D.K., S.M.S., Maiya M.P. 2017. Thermal comfort in traditional buildings composed of local and modern construction materials. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6, p. 463–475.
- [9] Hadjri K., Osmani M., Baiche B., Chifunda C. 2007. Attitude towards Earth Building for Zambian Housing Provision, *Proceeding of the Institutions of Civil Engineers: Engineering Sustainability*, 160( ES3), p. 141-149.
- [10] Delgado M.C.J., Guerrero I.C. 2006. Earth building in Spain. *Construction and Building Materials*, 20, p. 679–690.
- [11] Van Damme H., Houben H. 2017. Earth concrete. Stabilization revisited, *Cem. Concr. Res.*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.02.035>
- [12] Worrell E., Price L., Martin N., Hendriks C., Meida L.O. 2001. Carbon dioxide emissions from the global cement industry. *Annual Review of Energy and the Environment*, 26, p. 303-329. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.26.1.303>
- [13] Delgado M.C.J., Guerrero I.C. 2007. The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review. *Construction and Building Materials*, 21, p. 237–251.
- [14] Heathcote K.A. 1995. Durability of earthwall buildings. *Construction and Building materials*, 9, p. 185-189.
- [15] Kumar A., Walia B.S., Mohan J. 2006. Compressive strength of fiber reinforced highly compressible clay. *Construction and Building Materials*, 20, p. 1063–1068.
- [16] Sukru Yetgin S., Cavdar O., Cavdar A. 2008. The effects of the fiber contents on the mechanic properties of the adobes. *Construction and Building Materials*, 22, p. 222–227.

- 
- [17] Ismail S., Yaacob Z. 2011. Properties of Laterite Brick Reinforced with Oil Palm Empty Fruit Bunch Fibres. *Pertanika Journal of science & Technology*, 19, p. 33 – 43.
- [18] Millogo Y., Morel J.C, Aubert J.E., Ghavami K. 2014. Experimental analysis of Pressed Adobe Blocks reinforced with Hibiscus cannabinus fibers. *Construction and Building Materials*, 52, p. 71–78.
- [19] Danso H., Martinson D. B., Ali M., Williams J.B. 2015. Physical, mechanical and durability properties of soil building blocks reinforced with natural fibres. *Construction and Building Materials*, 101, p. 797–809.
- [20] Laborel-Préneron A., Aubert J.E., Magniont C., Tribout C., Bertron A. Plant aggregates and fibers in earth construction materials: A review. *Construction and Building Materials*, 111, p. 719–734.
- [21] Mostafa M., Uddin N. 2016. Experimental analysis of Compressed Earth Block (CEB) with banana fibers resisting flexural and compression forces. *Case Studies in Construction Materials*, 5, p. 53–63.
- [22] Bouhicha M., Aouissi F., Kenai S. 2005. Performance of composite soil reinforced with barley straw. *Cement & Concrete Composites*, 27, p. 617–621.
- [23] Parisi F., Asprone D., Fenu L., Prota A. 2015. Experimental characterization of Italian composite adobe bricks reinforced with straw fibers. *Composite Structures*, 122, p. 300–307.
- [24] Calatan G. , Hegyi A., Dico C., Mircea C. 2016. Determining the optimum addition of vegetable materials in adobe bricks. *Procedia technology*, 22, p. 259-265.
- [25] Elenga R.G., Mabiala B., Ahouet L., Goma Maniongui J., Dirras G.F. 2011. Characterization of clayey soils from Congo and physical properties of their compressed earth blocks reinforced with post-consumer plastic wastes. *Geomaterials*, 1, p. 88-94.
- [26] Lima S.A., Varum H., SalesA., Neto V.F. 2012. Analysis of the mechanical properties of compressed earth block masonry using the sugarcane bagasse ash. *Construction and Building Materials*, 35, p. 829–837.
- [27] Akpokodje E.G. 1985. The stabilization of some arid zone soils with cement and lime. *Quarterly Journal of Engineering Geology London*, 18, p. 173-180.
- [28] Bell, F.G. 1996. Lime stabilization of clay minerals and soils *Engineering Geology*, 42, p. 223-237.
- [29] Bryan A.J. 1988. Criteria for the suitability of soil for cement stabilization. *Building and Environment*, 23, p. 309-319.
- [30] Houben, H., Guillaud, H. 1994. *Earth construction : a comprehensive guide*. London ; Intermediate technology publications.