



The 1st International Conference on Local Resource Exploitation

www.lorexp.org / info@lorexp.org
REF: LOREXP_2021_A1124 Pages: 761-771



Effets de la Résine végétale *Grewia venusta* et de la Paille *Loudetia* sur le Comportement en Compression et Flexion d'une Brique de Terre Crue

Effects of Grewia venusta Plant Resin and Loudetia Straw on the Compression and Bending Behavior of a Mud Brick

Gamal Saidou¹ and Richard Ntenga^{1,*}, Serge Doka Y.

¹ University of Ngaoundéré, P.O. Box 455, Ngaoundéré-Cameroon

* Corresponding Author : rntenga@gmail.com

RÉSUMÉ :

Les constructions en terre crue souffrent d'un déficit en résistance, de fissuration systématique due au retrait et sont sensibles à l'eau. L'objectif principal de ce travail est d'évaluer les effets de *Grewia venusta* et de la paille *Loudetia* sur le comportement mécanique des briques de terres crues 'adobes'. Pour ce faire, des briques adobes à base d'argile renforcée de la résine végétale de *Grewia venusta* (10 % de teneur en masse) et de la paille *Loudetia* à des teneurs en masse de 1 - 3 % par pas de 1 %, ont été produites. Après un temps de prise d'une semaine les briques produites ont été soumises aux essais de compression et de flexion (3 et 4 points). Les résistances optimales ont été observées avec 2 % de paille soit une valeur de 3,03 MPa pour la compression, 1,24-1,51 MPa pour la flexion.

Mots clés : Argile, Paille *Loudetia*, Résine *Grewia venusta*, Adobe, Caractéristiques mécaniques.

ABSTRACT:

Building constructions using clay suffer from a lack of strength, systematic cracking due to shrinkage and are sensitive to water. The main objective of this work was to evaluate the effects of *Grewia venusta* vegetal resin and *Loudetia* straw on the bending and compression mechanical properties of 'adobe' bricks. To this effect, clay-based adobe bricks reinforced with *Grewia venusta* (10 % mass content) vegetal resin and *Loudetia* straw, with mass content of 1 - 3 % were produced and kept at ambient temperature for a week. The bricks were subjected to compression and bending tests (3 and 4 points). The optimal strength values were observed with 2 % straw mass content that yielded 3.03 MPa for compression, 1.24-1.51 MPa for bending.

Keywords: Clay, *Loudetia* straw, *Grewia venusta* Resin, Adobe, Mechanical properties.

1. INTRODUCTION

La terre a été utilisée de manière intensive dans la construction d'habitats depuis des milliers d'années et particulièrement de nos jours dans les pays en développement (Ren et Kagi, 1995). Environ 30 % de la population mondiale vit dans des maisons faites à base d'argile (Degirmenci, 2008). L'argile est un matériau de construction abondamment disponible, peu chère pour les constructions à travers le monde.

Aujourd'hui, le patrimoine architectural en terre dans le monde témoigne de la solidité et de la durabilité des constructions en terre. Cependant, les avantages de la terre comme matériau de construction ont souvent été oubliés en raison du développement de nouveaux matériaux comme le béton et l'acier. Mais face aux problèmes écologiques et économiques, plusieurs programmes et recherches scientifiques ont montré un intérêt pour les constructions en terre. Ces recherches sont presque orientées vers l'amélioration des caractéristiques physicomécaniques et particulièrement la durabilité du matériau terre vis-à-vis de l'eau, qui reste jusqu'à date un inconvénient majeur menaçant les édifices en terre.

La brique « adobe » est l'une des plus largement utilisées dans la construction d'habitats notamment dans les zones rurales en raison de sa facilité de mise en œuvre et de son faible coût. De plus, les propriétés thermiques, acoustiques et de résistance au feu de ces matériaux sont très élevées (Hall et Djerbib, 2004). Avec ces propriétés, aujourd'hui, l'adobe gagne de nouveau en importance dans les pays développés (Ngowi, 2015). L'adobe est aussi un matériau de construction écologique car en étant constituées d'éléments naturels et n'ayant qu'un impact carbone quasi nul pendant sa production et son application. En fin de vie des constructions, l'adobe est recyclable facilement en étant broyé et trempé ou alors retourné à la terre sans effets nocifs sur l'environnement (Degirmenci, 2007 ; Meukam et al., 2004).

Malgré les avantages suscités, il est notoire que les constructions en terre crue souffrent d'un déficit en résistance, de fissuration systématique due au retrait et se heurtent aux problèmes liés à leur sensibilité à l'eau. Au cours de la dernière décennie, un travail considérable a été accompli sur l'amélioration des matériaux en terre, la plupart de ces recherches étant axées sur l'amélioration des propriétés physiques et mécaniques par ajout de liants et de stabilisants (Geuttala et al., 2006 ; Bahar et al., 2004). Dans ce cadre, il est très courant d'utiliser des renforts végétaux pour en améliorer la tenue mécanique (Binici et al., 2005 ; Ghavami et al., 1999). Fibres, ciments, bitume, chaux ou bouse de vache peuvent être utilisés pour stabiliser l'adobe (Ngowi, 2015). En outre, la résine ou la pouzzolane ont également fait l'objet des travaux de recherche (Guettala et al., 2006 ; Degirmenci, N. et Baradan, 2005). L'utilisation des fibres artificielles tels que les plastiques ou le polystyrène comme éléments de renfort des adobes a été testée (Binici et al., 2005). La stabilisation de l'adobe est aussi un fruit de la production et du recyclage des matériaux (Al-Rawas et al., 2004 ; Mroueh et Wahlström, 2002).

Par ailleurs, les constructions ancestrales faisant usage des pailles et résines d'origine végétale se sont révélées durables. Dans ce travail, la paille de *loudetia* et la résine issue de la plante *grewia venusta* seront utilisées. A notre connaissance aucun autre travail scientifique portant sur l'utilisation de ces

matériaux pour la stabilisation mécanique des adobes et permettant de quantifier l’effet de renforcement et l’adhésion de ces constituants, n’a été fait à ce jour. Cette étude adressant cette insuffisance, donnera également une connaissance physicochimique des constituants utilisés ici, pour la mise en œuvre des adobes, et apporte une contribution à la stabilisation mécanique et chimique des briques de terre crues.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

2.1. Matériaux utilisés

L’argile. L’argile utilisé dans cette étude provient de la localité de Mayo-Darlé, région l’Adamaoua, département de Mayo-Banyo (Cameroun).

Les résines *Grewia venusta*. Les résines utilisées proviennent de la localité de Tcholliré, région du Nord, département du Mayo-Rey (Cameroun). L’écorce est collectée en saison pluvieuse c’est-à-dire au mois de Juillet-Août. Les résines naturelles utilisées dans cette étude sont extraites des écorces de *Grewia venusta*. En effet, des écorces taillées ont été trempées dans de l’eau chaude pendant 24h pour en extraire la résine *Grewia venuta* sous forme de solution aqueuse. La composition chimique de l’écorce *Grewia venusta* montrée dans la table 1 a été prise dans la littérature (Nenonene, 1970).

Table 1. Composition chimique de l’écorce de *Grewia venusta* (Nenonene, 1970).

Composants (%)	Ecorce de <i>Grewia venusta</i>
Taux de matière sèche	89,04
Matière minérale	9,55
Lipide	1,14
Matière protéine brute	4,06
Cellulose	50,32
Hémicellulose	21,12
Lignine	3,82

2.1.1. La paille *Loudetia*.

Dans cette étude nous avons utilisés la paille *loudetia*, (figure 1). Les caractéristiques physiques et mécaniques de cette fibre restent indéterminées. A cet effet, la paille *loudetia* a été séchée au soleil pour évacuer l’excès d’humidité puis découpée en longueurs de 5cm et pesée pour atteindre la teneur massique souhaitée.



Figure 1. Paille *loudetia*

2.1.2. Préparation des éprouvettes.

Deux sortes d'éprouvettes ont été préparées. Des éprouvettes parallélépipédiques de dimensions 40x40x160 mm³ pour les essais de flexion et des éprouvettes cubiques 40x40x40 mm³ pour les essais de compression. Plusieurs formulations argile/*grewia-venusta/loudetia* en teneurs massiques ont été retenues pour les briques : 90 % / 10 % / 0 %, 89 % / 10 % / 1 %, 88 % / 10 % / 2 % et 87 % / 10 % / 3 %. Les briques sont ensuite laissées sous hangar à l'air libre pour faciliter leur prise ou consolidation.

2.2. Méthodes

2.2.1. Limite d'Atterberg

La composition granulaire de l'argile est déterminée à travers l'analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P18-560.

2.2.2. Essais de Flexion trois points et 4 points

L'essai de flexion est réalisé sur un appareil de flexion de type CONTROLS fonctionnant avec un système de pression hydraulique. L'unité de mise en charge est composée d'un bâti rigide supportant deux appuis. La portée peut être réglée avec précision en déplaçant les appuis vers l'extérieur ou vers l'intérieur. La mise en charge est réalisée par pression hydraulique qui fait déplacer la partie supérieure vers le bas jusqu'au contact avec le dispositif de chargement situé en partie supérieure de l'éprouvette au centre des appuis (Figures 2-3). La valeur de la charge est lue directement sur l'appareil. Le chargement est appliqué de manière continue avec une vitesse de 0,5 KN/mn jusqu'à la rupture. La résistance à la flexion d'une brique est déterminée selon la norme (NF P 18-407) (Nitchou et al., 2019).

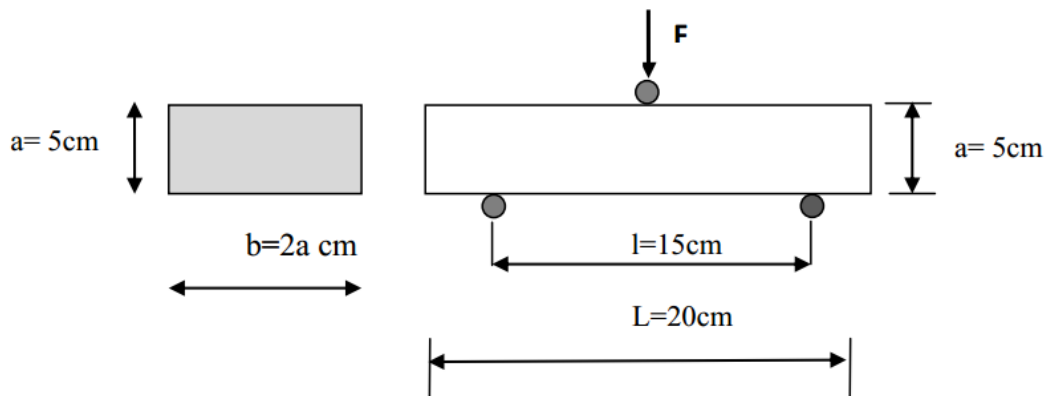


Figure 2. Chargement de l’essai de flexion trois points

La résistance à la flexion sera déterminée par la formule suivante :

$$\sigma_f = \frac{3Fl}{2ba^2} \tag{1}$$

σ_f : la résistance à la flexion en MPa

F : la force appliquée en N

a : le côté de la brique en mm

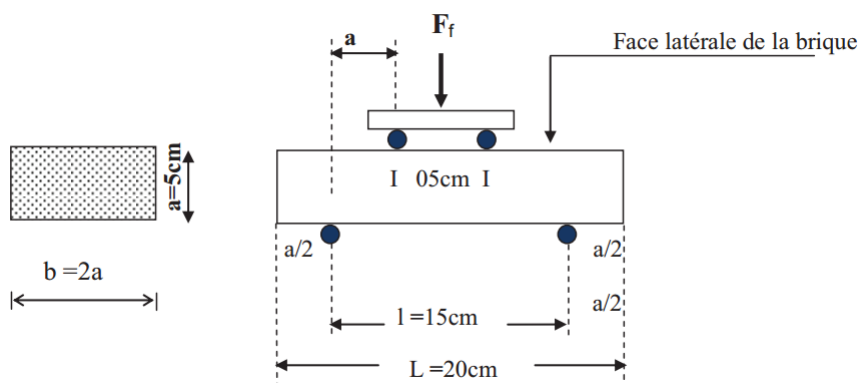


Figure 3. Essai de flexion quatre points sur brique de terre

L’essai de flexion est exécuté suivant **la norme P 18-407**. La résistance à la flexion est donnée par la formule suivante :

$$\sigma_f = \frac{MY}{I} = \frac{3F}{ba} \tag{2}$$

M : moment fléchissant, il est égal à $M = \frac{Fl}{6}$, $l = 3a$, $Y = \frac{a}{2}$, $I = \frac{ba^3}{12}$

σ_f : est la résistance à la flexion en MPa ;

F : est la force appliquée en N ;

b : la largeur de la brique en mm ;

a : est le côté de la brique en mm

2.2.3. Essai de compression

L'essai de compression est réalisé sur un appareil de compression universel de type Oehlgass fonctionnant avec un système de pression hydraulique. L'unité de mise en charge est composée d'un bâti rigide supportant deux plateaux. La mise en charge est réalisée par pression hydraulique qui fait déplacer la partie inférieure vers le haut jusqu'à la rupture. Le spécimen est centré entre deux plateaux métalliques de façon que l'axe vertical du spécimen coïncide avec l'axe des blocs de chargement. La charge est appliquée au spécimen de manière continue avec une vitesse de 5 KN/mn (Nitchou et al., 2018). L'essai de compression est réalisé suivant la norme **NFP 18-406**.

La résistance à la compression est donnée par la relation :

$$\sigma_c = \frac{F_c}{S} \tag{3}$$

σ_c : Résistance à la compression exprimée en MPa.

F_c : Charge maximale supportée par l'éprouvette en N.

S : la section transversale de l'éprouvette mm².

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Analyse granulométrique et Limite d'Atterberg

Les résultats des essais sont présentés sur la figure 4.

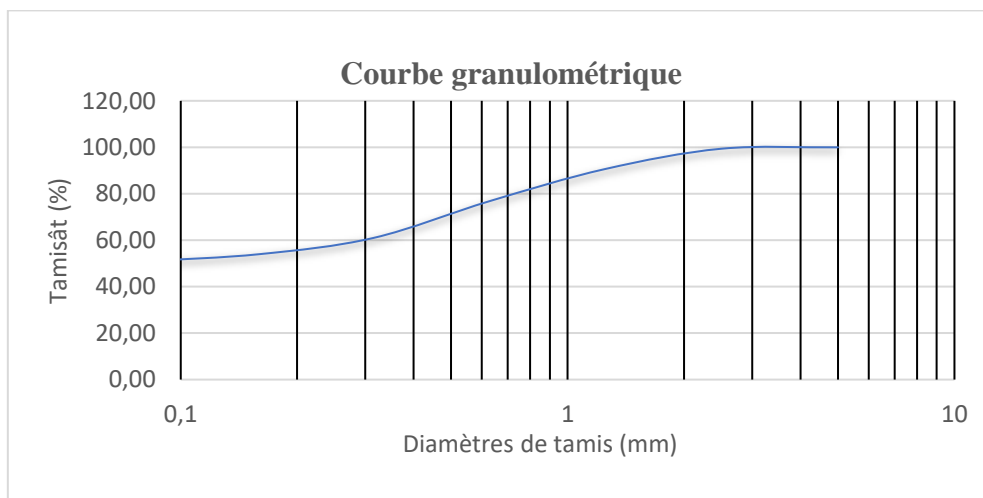


Figure 4. Courbe granulométrique de l'argile utilisé

D'après la courbe granulométrique de la figure 4, nous pouvons faire la classification des particules contenues dans notre matériau (sol). Les résultats de la granulométrie montrent un faible pourcentage de gravier (0,61 %) et les pourcentages élevés de fines particules (argiles + limons 50,54 %) et sables (48,51 %).

La classification des granulats selon la norme NF P18-101 est donnée dans la table 2.

Table 2. Classification des granulats

Particules	Graviers	Sables	Fines (argiles + limons)
Taille tamis (mm)	D > 2	0,08 < D < 2	D < 0,08
% des particules	0,61 %	48,51 %	50,54 %

La table 3 montre aussi quelques caractéristiques physiques du sol étudié (Limite d’Atterberg et densité)

Table 3. Caractéristiques physiques du sol

Limite d’Atterberg			Densité
Limite de liquidité	Limite de plasticité	Indice de plasticité	
27,33 %	15,43 %	11,9 %	2,49

La densité des échantillons est déterminée par la méthode des picnomètres à solides, l’eau étant le liquide d’immersion. Elles sont de 2,44 et 2,51 pour deux mesurés, soit une valeur moyenne de 2,49. Cette valeur indique la prédominance du kaolin dans l’échantillon. La teneur plus élevée en kaolin $\text{Si}_2\text{O}_5\text{Al}_2(\text{OH})_4$ dans l’échantillon s’expliquerait alors par l’altération d’une roche mère plus riche en feldspath. La présence de kaolinite dans l’échantillon de terre influence les propriétés de gonflement et de fissuration de la terre crue. Les cristaux de kaolinite ne peuvent accueillir de molécules d’eau entre leurs feuillets du fait de l’étroitesse de leur espace interfoliaire. Ils ne peuvent donc présenter aucun gonflement intercrystallin lorsqu’ils sont plongés dans l’eau. La quantité d’eau nécessaire pour liquéfier une boue de kaolinite ou d’illite est ainsi beaucoup plus faible que celle nécessaire pour liquéfier une boue d’argile gonflante de type smectite. Au séchage, une boue de kaolinite présente ainsi beaucoup moins de retrait (Andrade, et al., 2011 ; Tardy, 1993).

Nous pouvons classer cette argile d’après Atterberg et Burmister parmi les argiles à plasticité moyenne (IP = 11,9 %). Les résultats de notre sol montrent que ses limites de plasticité sont presque dans les limites les mieux adaptées pour les adobes. La norme recommande que le sol doit présenter un minimum de plasticité assurant une cohésion entre les grains du matériau (Laibi et al., 2018 ; Taalah, 2014 ; Taalah et al., 2014).

3.2. Essais de flexion trois points et quatre points.

Les résultats des essais de flexion trois points et ceux de la flexion quatre sont présentés dans les figures 6 et 7 respectivement.

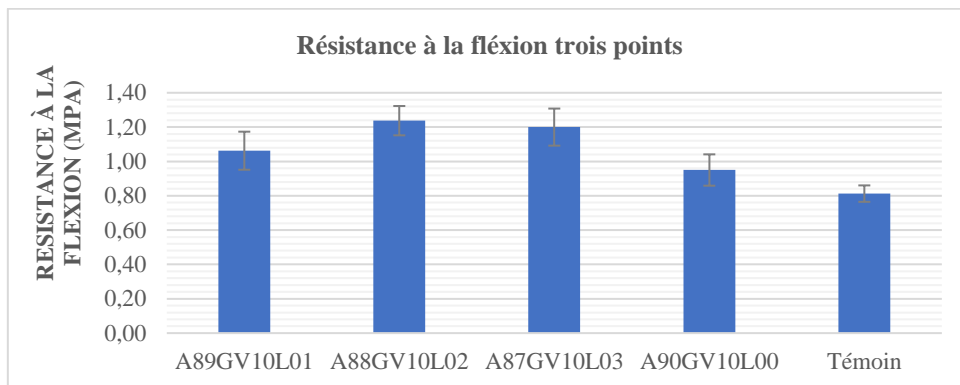


Figure 5. Résistance à la flexion trois points en fonction du pourcentage de fibre

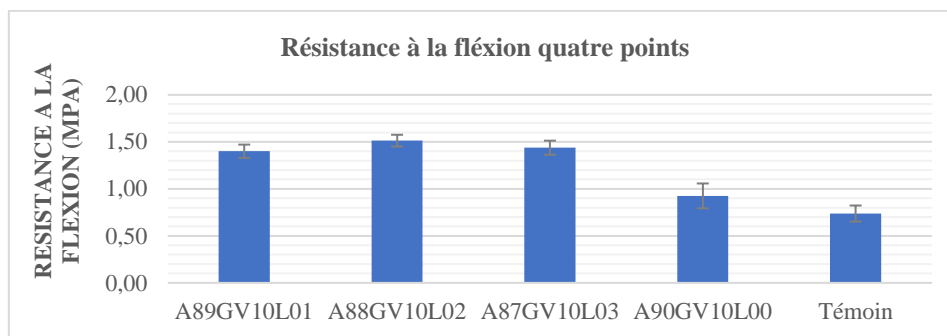


Figure 6. Résistance à la flexion quatre en fonction du pourcentage de fibre

Les figures 5 et 6 présentent la variation de la résistance à la flexion trois points et quatre points respectivement en fonction du pourcentage de fibre. Ces résultats révèlent que l’apport de fibre améliore la résistance à la flexion des briques renforcés. Cette amélioration croît jusqu’à 2 % de fibres puis décroît par la suite. Les résistances optimales sont obtenues pour les briques à 2 % de fibres de *loudetia* soit une valeur de 1,24 MPa pour la flexion trois points et 1,51 MPa pour la flexion quatre points. Ces valeurs maximales sont supérieures aux valeurs témoins (0,81 MPa pour la flexion trois points et 0,74 MPa pour la flexion quatre points) ce qui représente une amélioration d’environ (53,08 %) pour la résistance à la flexion trois points et une amélioration d’environ (104,05 %) pour la résistance à la flexion quatre points. Nous observons également des légères augmentations des résistances à la flexion trois points (0,95 MPa) et quatre points (0,93 MPa) des adobes renforcés uniquement de *Grewia venusta* par rapport à ceux des échantillons témoins (0,81 MPa et 0,74 MPa pour les résistances à la flexion trois points et quatre points respectivement) soit une amélioration d’environ (17,28 %) pour la résistance à la flexion trois points et une amélioration d’environ (25,67 %) pour la résistance à la flexion quatre points. Les valeurs de la résistance à la flexion sont relativement élevées, comparées à ceux des briques renforcées par les fibres de sisal (0,25 MPa par Mesbah et al. (2004), les fibres d’agave (0,61 MPa par Caballero-Caballero et al. (2018) et les fibres de palmier dattier (1,18 MPa par Mekhermeche Abdessalam (2012)). Cette différence de résultat serait liée à la composition biochimique des fibres, à l’ajout de la résine de *grewia venusta* et surtout à différence de la granulométrie du sol. Ainsi, les fibres de *loudetia* contiennent plus de cellulose que les autres fibres donc auront une meilleure résistance à la traction et par conséquent améliorent plus la résistance à la flexion des adobes par rapport à celles des autres fibres. Ce résultat est aussi lié d’une part à la microstructure des adobes et d’autre part à la forte liaison entre les particules argileuses, les pailles et les résines à cause de

leur surface et aussi par la possibilité de formation des liaisons par pont hydrogène entre ces matières premières. Ces ponts se forment entre l'hydrogène et les doublets non liants de l'oxygène provenant de l'argile (kaolinite), des résines et de la paille (la cellulose, les hémicelluloses et la lignine).

3.3. Essais de compression

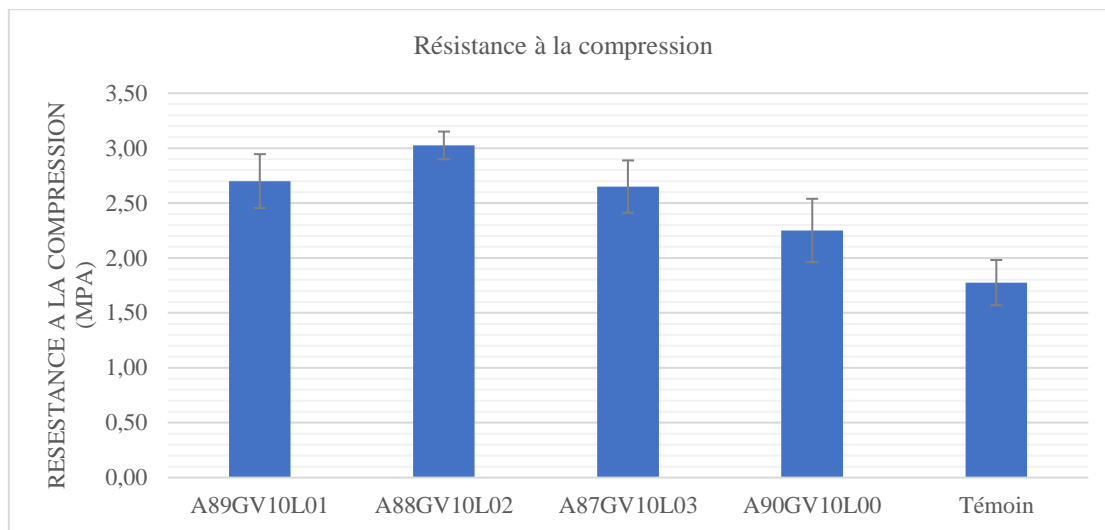


Figure 7. Résistance à la compression en fonction du pourcentage de fibre

L'effet de *grewia venusta* et de la paille de *loudetia* sur la résistance à la compression est représenté sur la figure 8. Sur cette figure nous constatons que la résistance à la compression augmente avec l'ajout de la paille de *loudetia* et de *grewia venusta* jusqu'à 2 % puis diminue pour des teneurs importantes en pailles. Nous observons que pour 1 % de paille, la résistance à la compression est légèrement supérieure (2,70 MPa) à celle du témoin (1,78 MPa) avec une amélioration d'environ (51,68 %). La résistance optimale est obtenue à 2 % de paille (3,03 MPa) soit une amélioration d'environ (70,22 %) par rapport à celle de la brique témoin. Une augmentation de 3 % de paille entraîne une baisse de la résistance à la compression à (2,65 MPa) mais supérieure à celle de la brique témoin avec une amélioration d'environ (48,87 %). Nous observons également que la résistance à la compression des briques mélangées seulement avec du *grewia venusta* sans paille est inférieure à celle mélangée avec la paille et supérieure à l'échantillon témoin. L'amélioration de la résistance à la compression est due à la présence des pailles *loudetia* dans la matrice argileuse empêchant la propagation des fissures grâce à leur bonne adhérence à cette matrice à cause de leurs surfaces. Pour des teneurs faibles en fibres, les briques sont peu poreuses. Ce fait est aussi une preuve supplémentaire de l'augmentation de la résistance mécanique avec l'apport des fibres (Ouedraogo et al., 2017). Pour des fortes teneurs en fibres, la microstructure des adobes devient très hétérogène avec un entassement ou paquetage des fibres par endroit induisant une forte porosité fermée. Dans ce cas, la résistance à la compression devient faible.

4. CONCLUSION

Le travail présenté dans cet article s'inscrit dans une thématique de développement durable et de la lutte contre la pollution à travers l'écoconstruction. Nous nous sommes intéressés dans cet article à l'amélioration des performances des adobes, en exploitant les matériaux locaux : la terre, les pailles et les

résines naturelles qui constituent l'une des richesses végétales encore délaissées de nos jours. Pour améliorer les performances mécaniques de l'adobe, nous avons fait appel aux résines naturelles de *grewia venusta* et à la paille de *loudetia*. Nous avons procédé à la caractérisation géotechnique du sol. Les résultats de l'analyse granulométrique des échantillons, des limites d'Atterberg et de densité révèlent que l'échantillon de notre sol est de plasticité moyenne. De part ces analyses, nous constatons que notre sol est recommandé pour la confection des adobes. Dans le but d'améliorer la résistance mécanique, une étude a été conduite. Les principaux résultats de cette étude expérimentale sont :

- Les résistances mécaniques les plus élevées sont obtenus avec les adobes stabilisés à 10 % de *grewia venusta* et 2 % de fibres.
- Les résistances optimales sont entre autres 3,03 MPa pour la résistance à la compression soit une amélioration d'environ (70,22 %) par rapport à la résistance témoin ; 1,24 MPa pour la flexion trois points avec une amélioration d'environ (53,08 %) par rapport à la résistance témoin et 1,51 MPa pour la flexion quatre points avec une amélioration d'environ (104,05 %) par rapport à celle de la résistance témoin.

5. CONFLIT D'INTÉRÊT

Les auteurs de ce travail ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Al-Rawas A.A., Hago A.W. et Al-Sarmi H., 2005. Effect of lime, cement and Sarooj (artificial pozzolan) on the swelling potential of an expansive soil from Oman. *Building and Environment*, **40**(5), 681–687. doi: 10.1016/j.buildenv.2004.08.028.
- Andrade F.A., Al-Qureshi H.A. et Hotza D., 2011. Measuring the plasticity of clays: A review. *Applied Clay Science*, **51**(1-2), 1–7.
- Bahar R., Benazzoug M. et Kenai S., 2004. Performance of compacted cement-stabilised soil. *Cement and Concrete Composites*, **26**(7), 811-820. doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.01.003
- Binici H., Aksogan O. et Shah T., 2005. Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material. *Construction and Building Materials*, **19**(4), p313-318. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2004.07.013.
- Caballero-Caballero M., Chinas-Castillo F., Montes Bernabé J.L., Alavéz-Ramirez, R. et Silva Rivera, M.E., 2018. Effect on compressive and flexural strength of agave fiber reinforced adobes. *Journal of Natural Fibers*, **15**(4), 575-585, doi: 10.1080/15440478.2017.1349709.
- Degirmenci N., 2008. The using of waste phosphogypsum and natural gypsum in adobe stabilization. *Construction and Building Materials*, **22**(6), 1220–1224. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2007.01.027.
- Degirmenci N. et Baradan B., 2005. Chemical resistance of pozzolanic plaster for earthen walls. *Construction and Building Materials*, **19**(7), 536–542. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2004.12.002.
- Ghavami K. , Toledo Filho R.D. et Barbosa, N.P., 1999. Behaviour of composite soil reinforced with natural fibres. *Cement and Concrete Composites*, **21**(1), 39-48. doi: 10.1016/S0958-9465(98)00033-X.

- Guettala A., Abibsi A. et Houari H., 2006. Durability study of stabilized earth concrete under both laboratory and climatic conditions exposure. *Construction and Building Materials*, **20**(3), 119–127. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2005.02.001.
- Hall M. et Djerbib Y., 2004. Rammed earth sample production: context, recommendations and consistency. *Construction and Building Materials*, **18**(4), 281–286. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2003.11.001.
- Laibi A.B., Poullain P., Leklou N., Gomina M. et Sohounhloùé D.K.C., 2018. Influence of the kenaf fiber length on the mechanical and thermal properties of Compressed Earth Blocks (CEB). *KSCE J Civ Eng*, **22**(2), 785–793. doi: 10.1007/s12205-017-1968-9.
- Mekhermeche A. 2012. Contribution à l'étude des propriétés mécaniques et thermiques des briques en terre en vue de leur utilisation dans la restauration des Ksours sahariennes, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie, Mémoire de Master.
- Mesbah A., Morel, J.-C., Walker P.J. et Ghavami K., 2004. Development of a Direct Tensile Test for Compacted Earth Blocks Reinforced with Natural Fiber. *Journal of Materials in Civil Engineering*. **16**(1), 95–98. doi: 10.1061/(ASCE)0899-156116:1(95).
- Meukam P. Jannot, Y. Noumowe A. et Kofane T. C., 2004. Thermo physical characteristics of economical building materials. *Construction and Building Materials*, **18**(6), 437–443. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2004.03.010.
- Mroueh U.-M. et Wahlström M., 2002. By-products and recycled materials in earth construction in Finland—an assessment of applicability. *Resources, Conservation and Recycling*, **35**(1-2), 117–129. doi: 10.1016/S0921-3449(01)00126-4.
- Nenonene A.Y., Koba K., Sanda K. et Rigal L., 1970. Composition and Binding Properties of Mucilages from Stem Bark of *Grewia venusta* and Calyx of *Bombax costatum*, two Tropical Plants Growing Wild in Togo. *Bangladesh J. Sci. Ind. Res.* **44**(2), 247-253. doi: 10.3329/bjsir.v44i2.3681.
- Ngowi A.B., 2015. Improving the traditional earth construction: a case study of Botswana. Master thesis, University of Gabaronne.
- Nitcheu M., Meukam P., Damfeu J. C. et Njomo D., 2018. Thermomechanical Characterisation of Compressed Clay Bricks Reinforced by Thatch Fibres for the Optimal Use in Building. *Materials Sciences and Applications*, **09**(12), 913–935, doi: 10.4236/msa.2019.912066.
- Ouedraogo M., Dao K., Millogo Y., Seynou M., Aubert J.-E. et Gomina M., 2017. Influence des fibres de kenaf (*Hibiscus altissima*) sur les propriétés physiques et mécaniques des adobes. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim*, **22**, 48–63.
- Ren K.B. et Kagi D.A., 1995. Upgrading the durability of mud bricks by impregnation. *Building and Environment*. **30**(3), 433-440. doi: 10.1016/0360-1323(94)00056-X.
- Taallah B., 2014. Etude du comportement physico-mécanique du bloc de terre comprimée avec fibre, Master recherche, Université Mohamed Khider-Biskra, Algérie.
- Taallah B., Guettala A. et Kriker A., 2014. Effet de la teneur en fibres de palmier dattier et de la contrainte de compactage sur les propriétés des blocs de terre comprimée. *Courrier du Savoir*, **18**, 45–51.
- Tardy Y., 1993. Pétrologie des latérites et des sols tropicaux, *Masson*. Paris.