

Etude thermomécanique d'une éco-brique locale pour la construction

Mouatassim Charai^{1, 2}, Haitham Sghiouri¹, Ahmed Mezhab¹, Mustapha Karkri², Kamal El Hammouti³

¹ Université Mohammed Premier, Laboratoire Mécanique & Energétique, 60000 Oujda, Maroc.

² Université Paris-Est, CERTES, 61 Avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil Cedex, France.

³ Université Mohammed Premier, Laboratoire des Géosciences Appliquées, 60000 Oujda, Maroc.

RESUME Les pratiques traditionnelles de construction consistent le meilleur moyen pour verdir le secteur des bâtiments et promouvoir les logements écologiques à bas prix. Ce papier présente une étude expérimentale d'une briques écologique locale à base de terre renforcée de fibres végétales. L'objectif de cette étude est de montrer l'efficacité des murs en terre renforcés de fibres pour améliorer l'isolation thermique des bâtiments. L'étude s'est focalisée sur l'investigation de l'effet des fibres végétales sur la performance thermique et le comportement mécanique des adobes. Les résultats montrent que l'incorporation des fibres végétale améliore la résistance thermique des briques de terre crue et joue un rôle de renfort pour la matrice argileuse. Les tests thermiques indiquent une réduction de 56 % de la conductivité thermique et de 46% de la diffusivité thermique, ce qui se traduit par une augmentation significative de la résistance thermique des briques. Les résultats obtenus montrent l'efficacité des adobes préparés pour la régulation de température dans les bâtiments et l'amélioration du confort thermique intérieur.

Mots-clefs Construction en terre, conductivité thermique, confort thermique, efficacité énergétique, isolation.

I. INTRODUCTION

Les matériaux locaux biosourcés offrent de plus en plus une solution prometteuse pour la construction durable. Dans la littérature, plusieurs additifs (fibres, sous-produits industriels) sont testés comme remplaceant partiels des matrice conventionnelles (ciment, etc.) pour développer de nouveaux matériaux écologiques de construction [1]. Compte tenu de plusieurs avantages, de sa disponibilité, de sa grande inertie thermique et de son faible impact environnemental, la terre représente une excellente source écologique pour bâtir. Cependant, elle souffre de deux principaux problèmes : sa faible résistance mécanique et sa grande diffusivité thermique. Pour remédier à cela, de nombreuses études ont été menée pour la stabilisation de la terre avec l'addition de fibres naturelles à un dosage maximal de 2%. Dans ce travail, nous avons développé un matériau local bio-sourcé de construction à base de terre avec haut-performance thermique. Différentes mixtures ont été fabriquées pour évaluer l'impact de la teneur en fibres sur les propriétés thermiques et mécaniques des briques de terre crue.

II. MATERIAUX ET METHODES

A. Matières premières

Pour concevoir des briques locales, nous avons utilisé une matrice argileuse de la région du Maroc oriental. Tableau 1 présente la fiche technique de la terre utilisée.

TABLEAU 1. Caractéristiques de la matrice argileuse

Propriété	Densité	Texture	Limite de liquidité	Limite de plasticité	Indice de plasticité	Sable	Argile	Limon
Valeur	2133 Kg/m ³	Terre argileuse	40	21	19	6.5 %	34.5 %	59 %

Des fibres végétales locales de la région sont aussi utilisées comme additives pour l'amélioration des propriétés thermiques de nos briques. Ces fibres naturelles sont des Pennisetum Setaceum qui appartiennent à la famille des Graminées. Les propriétés physicochimiques des fibres sont présentées sur le Tableau 2.

TABLEAU 2. Propriétés physico-chimiques des fibres utilisées

Propriété	Longueur	Cellulose	Hémicellulose	Lignine
Valeur	0.8 - 1.2 m	40.5 %	29.4 %	6.6 %

B. Méthodes

Préparation des échantillons

Les échantillons sont préparés par mélange manuel de la matrice argileuse avec différents pourcentages de fibres (2%, 4%, 6%, 8%) pour évaluer l'effet de la teneur en fibres sur les performances thermomécaniques des briques, comparé à la référence (0% de fibres). Un rapport eau/terre de 0.5 % a été utilisé lors de la préparation. Deux formes différentes d'échantillons sont préparées. Des échantillons parallélépipédiques de dimension 150x150x30 mm³ pour les essais thermiques et d'autres de forme cylindrique de dimension 100x50 mm² pour les essais mécaniques. Tous les échantillons sont laissés dans un four à une température constante de 50°C pour éliminer toute sorte d'humidité. Les échantillons sont ensuite emballés dans des sacs scellés et transportés pour la caractérisation. Tous les tests sont effectués sur des échantillons à l'état sec.

Caractérisation thermophysique

Les propriétés thermophysiques des échantillons développés (conductivité thermique, diffusivité thermique et capacité thermique) sont mesurées simultanément à l'aide du dispositif Hot Disk TPS 2200 (Figure 2.a). La méthode est basée sur la technique dite « Source Plane Transitoire ». Comme indiqué sur la Figure 2.b, la sonde de mesure est placée entre deux échantillons identiques. Une puissance électrique constante est injectée dans la sonde pour chauffer les échantillons. Ensuite, la variation de la température de surface est surveillée par la sonde. Finalement, les propriétés de transport thermique sont déduites par l'interprétation de la réponse thermique des échantillons.



FIGURE 2. Méthode Hot Disk TPS : (a) setup (b) sonde de mesure

Characterisation mécanique

Les tests de compression et de traction mécanique sont réalisés par le biais de l'appareil TESTWELL avec une capacité de 10 KN. Les essais a été effectué à une vitesse constante de 0,01 mm/min jusqu'à la rupture des briques développées.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

A. Propriétés thermophysiques

Le Tableau 3 représente une comparaison entre les propriétés thermophysiques des briques en terre étudiés et les adobes associées avec une teneur de fibre de 8%. Les résultats obtenus indiquent que l'ajout des fibres végétales améliore les propriétés thermiques des briques de terre. La figure 3 représente les gains thermophysiques obtenus. La conductivité thermique et la diffusivité thermique sont diminuées de 56.7 % et de 45.8 % respectivement, tout en améliorant la capacité de stockage thermique de 22%.

TABLEAU 3. Propriétés thermophysiques à sec des brique en terre crue (avec et sans fibres)

Brique en terre crue	Conductivité thermique	Diffusivité thermique	Capacité thermique	Densité
	[W/mK]	[mm ² /s]	[J/KgK]	[Kg/m ³]
Sans fibres (0 wt%)	0.770	0.521	692.8	2133
Avec fibres (8 wt%)	0.333	0.282	887.8	1330

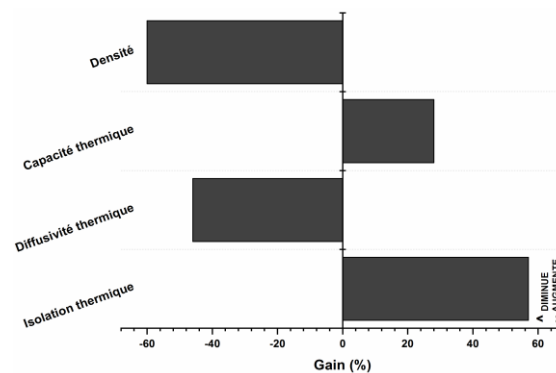


FIGURE 3. Impact des fibres sur les propriétés thermophysiques des briques en terre crue

B. Résistance mécanique

Comme montré sur la Figure 4, deux essais mécaniques sont effectués : la résistance à la compression et à la traction par la traction par fendage [2]. Les éprouvettes après essais sont présentées sur la Figure 5. L'ajout des fibres végétales diminue les propriétés mécaniques des briques de terre. Cependant, plus la teneur en fibres est importante, plus le craquage des briques se fait avec moins de destruction, ce qui peut être traduit par un comportement antisismique intéressant. Des études plus poussées sont nécessaires sur ce point.

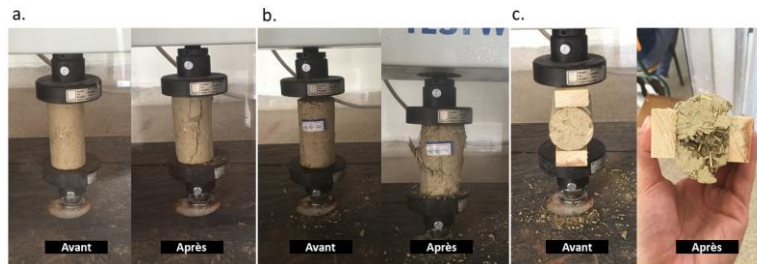


FIGURE 4. Tests mécaniques : (a) brique en terre (b) renforcée de fibre végétale (c) traction

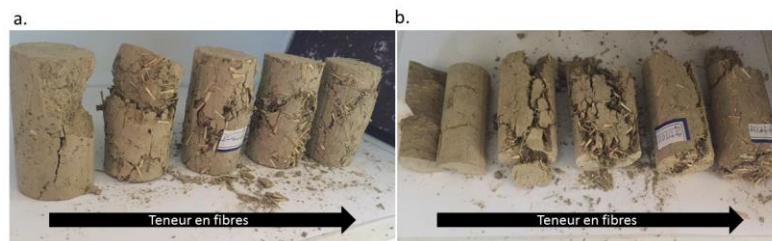


FIGURE 5. Effet de la teneur en fibres sur le comportement mécanique des adobes

III. Conclusion

Ce travail a permis d'élaborer des matériaux écologiques à base de produits locaux, et d'étudier l'impact des fibres végétales (*Pennisetum Setaceum*) sur les caractéristiques thermomécaniques des adobes. Les briques de terre renforcées de fibres montrent une amélioration significative de ces propriétés thermophysiques et mécaniques comparées à la référence. Les conclusions principales tirées de cette investigation sont : L'incorporation des fibres de *Pennisetum Setaceum* dans les matrices argileuses améliore les propriétés de transport thermique de ces matériaux de plus de 30%. Plus la teneur en fibres augmente, plus la résistance mécanique diminue. Cependant, une amélioration de la liaison terre/fibres est observée.

REFERENCES

Pacheco-Torgal, F., Lourenco, P. B., Labrincha, J., Chindaprasirt, P., & Kumar, S. (2014). Eco-efficient masonry bricks and blocks: design, properties and durability. Woodhead Publishing.

Jokhio, G. A., Saad, F. M., Gul, Y., Mohsin, S. M. S., & Ramli, N. I. (2018). Uniaxial compression and tensile splitting tests on adobe with embedded steel wire reinforcement. *Construction and Building Materials*, 176, 383-393.