

## Caractéristiques thermiques d'une argile Kaolinite stabilisée avec la gousse de Néré en vue de l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment dans la zone sahélienne

**B. Kossi IMBGA<sup>1,2,\*</sup>, Brahim SORGHO<sup>3</sup>, Boureima KABORE<sup>1,2</sup>, Vincent SAMBOU<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Recherche en Météorologie et l'Espace (LAREME); UNZ ; BP: 376 Koudougou , RN 14 ;

<sup>2</sup>Laboratoire d'Energie Thermique Renouvelable(LETRE) ; UJKZ ; 10 BP 13495 Ouaga 10, Burkina Faso ;

<sup>3</sup>Laboratoire de Chimie Moléculaire et des Matériaux ; UJKZ ; 03 BP 7021 Ouaga 03, Burkina Faso ;

<sup>4</sup>Laboratoire Eau, Energie, Environnement et Procédés Industriels (LE3PI); UCAD ; BP 5085 Dakar Fann ;  
[kossiimbga@yahoo.fr](mailto:kossiimbga@yahoo.fr)

### INFOS SUR L'ARTICLE

*Historique de l'article:*

Reçu le : 17 Juillet 2022

Reçu en format révisé le : 09 septembre 2023

Accepté le : 30-Novembre 2023

*Mots-Clés : Isolation thermique, Plan Chaud asymétrique, Conductivité thermique, Gousse de néré, Capacité thermique volumique*

*Keywords : Thermal insulation, Asymmetric hot plane, Thermal conductivity, Néré pod, Thermal capacity*

### ABSTRACT

In this work, we characterised a Karpala clay that has the same characteristics as the clays found in sub-Saharan Africa. This characterisation is part of an effort to explain the use of the plant compound in local building materials. The pod of *Parkia Biglobosa* (Néré), a tree found mainly in Africa, was used to stabilise the clay. A level of 4%, 8% and 12% by mass of Néré pod was added to the clay in order to observe its thermal behaviour. The thermal properties of the Nere pod -clay mixture were estimated using the hot plane method available at the Applied Energy Laboratory (A.E.L). We found that the thermal properties of the clay evolve according to the rate of Néré pod in the clay, the effusivity is reduced by 11.3% if we add 4% of Néré pod in the clay. It reduced to 15.74% and 22.40% if we add respectively 8% and 12% of Néré pod in the clay. The same observation is made for the thermal conductivity, which is reduced by 29.73% if 4% of Néré pod is added and by 33.16% and 45.57% if 8 % and 12% of Néré pod is added to the clay respectively.

### RESUME

Dans ce travail, nous avons caractérisé une argile de Karpala qui présente les mêmes caractéristiques que les argiles rencontrées en Afrique subsaharienne. Cette caractérisation s'inscrit dans le cadre d'apporter une explication à l'usage du composé végétal dans les matériaux locaux de construction. La gousse de *Parkia Biglobosa* (Néré) qui est un arbre rencontré surtout en Afrique a été utilisée pour stabiliser l'argile. Un taux de 4%, 8% et 12 % en masse de gousse de Néré a été ajouté à l'argile en vue d'observer son comportement thermique. Les propriétés thermiques du mélange argile gousse de Néré ont été estimées avec la méthode des plans chauds disponible au Laboratoire Energétique Appliquée (L.E.A). Nous avons trouvé que les propriétés thermiques de l'argile évoluent en fonction du taux de gousse de néré dans l'argile, l'effusivité est réduit de 11,3% si on ajoute 4% de gousse de néré dans l'argile et 15,74% et 22,40% si on ajoute respectivement 8% et 12% de gousse de néré dans l'argile. Le même constat est fait au niveau de la conductivité thermique, elle est réduite de 29,73% si on ajoute 4% de gousse de néré et une réduction de 33,16% et 45,57% si on ajoute respectivement 8 et 12% en masse de la gousse de néré dans l'argile.

## Nomenclatures

E: Effusivité thermique ( $J / m^2 K s^{1/2}$ )

$\lambda$  : Conductivité thermique ( $W / m.K$ )

t : Temperature ( $^{\circ}C$ )

Rc : Resistance de Contact ( $K / W$ )

Cs: Capacité thermique surfacique ( $J.m^{-2}.K^{-1}$ )

$\Phi$  : Flux thermique ( $W$ )

$\alpha$  : Diffusivité thermique ( $m^2 / s$ )

L: Transformée de Laplace

$\rho c_s$  : Capacité thermique volumique ( $J / m^3 K$ )

$\theta$  : Transformée de Laplace de la Température ( $^{\circ}C$ )

Rth : Résistance de contact ( $m^2.K / W$ )

e : Epaisseur (m)

### 1. Introduction

L'industrie de la construction est responsable d'environ 9 à 10 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>, principalement en raison de la production de ciment [1]. Dans ce contexte, la tendance est d'encourager l'utilisation de matériaux de construction respectueux de l'environnement qui contribuent à réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments, ce qui est considéré comme le moyen le plus prometteur d'atténuer le changement climatique. La consommation mondiale d'énergie dans les bâtiments représente environ 40% de la consommation totale d'énergie et est responsable de 25% des émissions totales de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) [2]. En Afrique subsaharienne, cette consommation est de l'ordre de 50 à 70% [3]. Cette forte consommation d'énergie est due au fait que le béton reste le principal matériau de construction utilisé, car c'est un matériau conducteur et son utilisation dans les bâtiments conduit toujours à l'utilisation de ventilateurs et de climatiseurs pour le confort thermique. L'analyse du cycle de vie de ce matériau montre qu'il a un impact élevé sur l'énergie grise et l'environnement. Par conséquent, l'utilisation de matériaux alternatifs au béton ayant un faible impact sur l'environnement devient une nécessité. C'est pourquoi les matériaux de construction locaux, en particulier les briques de terre, suscitent de plus en plus d'intérêt, car il s'agit d'un matériau à faible énergie grise et à faible impact sur l'environnement. Plusieurs études ont été menées pour déterminer les propriétés mécaniques, thermiques et chimiques des matériaux de construction locaux parmi lesquels, on peut citer Imbga et al., 2022 [4], qui ont montré que la conductivité thermique de l'argile associée avec la paille du riz, diminue lorsqu'

on augmente le taux de paille de riz dans le mélange. Elle est de 0,32 W/m.K, pour l'argile sans la paille. cette valeur baisse de 56,25% lorsqu'on ajoute 3% de paille dans le mélange. N, Laaroussi et al., 2013 et 2014 [5][6], ont déterminé les propriétés thermiques, à l'aide de la méthode du plan chaud, de l'argile prélevée dans une industrie Sloui au Maroc. La valeur de la conductivité thermique trouvée est de 0,35 W/m.K. Aurélie Michot et al., 2008 [7] ont déterminé la conductivité thermique et la chaleur spécifique de l'argile kaolinique en utilisant la technique de flash laser. La valeur de la conductivité thermique trouvée est de 0,30 W/m.K pour une température inférieure à 1050°C et cette valeur augmente lorsque la température croît. Elle vaut 3,20 W/m.K lorsque la température est de 1400°C. La conductivité thermique du matériau argileux évolue ainsi avec la température. B. Makinta et al., 2013 [8] avait pour objectif d'estimer la conductivité thermique de l'argile prélevée sur le site de BANAGNAABA, à l'aide de la méthode du plan chaud. Ils ont trouvé 1,48 W/m.K. Moro Olivier BOFFOUE et al., 2015 [9] ont utilisé le fluxmètre pour mesurer la conductivité thermique de l'argile comprimée. La valeur trouvée est de 0,91 W/m.K.

A la lumière de la question environnementale et des travaux évoqués ci-dessus, nous nous sommes intéressés aux caractéristiques thermiques des briques élaborées en utilisant de la poudre de gousse de néré comme stabilisant. Cette étude vise à améliorer une pratique traditionnelle d'élaboration des briques.

### 2. Matériels et méthodes expérimentales

#### 2.1 Matériel

L'argile a été prélevée dans la carrière à ciel ouvert du site argileux de Karpala utilisée à la production des briques en banco (Adobes) par les populations. Cette carrière est située à 10 km de Ouagadougou dans la région du Centre. La gousse de néré est issue du *Parkia Biglobosa* (Néré) qui est un grand arbre de 10 à 20 m de haut. Celle utilisée dans l'étude provient de la Casamance au Sénégal.

#### 2.2 Méthodes expérimentales

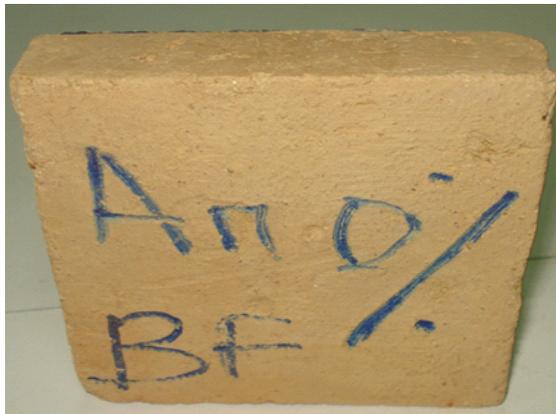
L'argile de Karpala a été caractérisée par plusieurs techniques. La composition chimique par l'analyseur XRF MESA-50 et la composition minéralogique par DRX (Bruker D5000). Le bilan minéralogique a été obtenu en combinant les résultats d'analyses chimiques et de la minéralogie.

Pour la formulation des éprouvettes (briques), l'argile et la gousse ont été broyées respectivement aux granulométries de 4 et 1 mm. Quatre (04) types d'éprouvettes de même taille ont été élaborés. Les différents mélanges ayant servis sont préparés et homogénéisés à sec. La composition des mélanges est enregistrée dans le **tableau 1**. La masse totale du mélange est de 900 g. A chaque mélange, une quantité variée d'eau (masse d'eau  $\leq$  18% de la masse totale du mélange) est ajoutée jusqu'à l'obtention d'un mélange pâteux. Le mélange se fait manuellement pendant 10 min à 15 min afin de brasser au mieux l'ensemble. A la fin du mélange, les pâtes de masse constante (150 g) sont introduites dans

un moule carré mesurant 10 cm x 10 cm x 2,25 cm puis pressées manuellement à la main. Les éprouvettes (**Figure 1**) sont démoulées sur place puis séchées à l'ombre à température ambiante.

**Tableau 1** : composition des différentes formulations

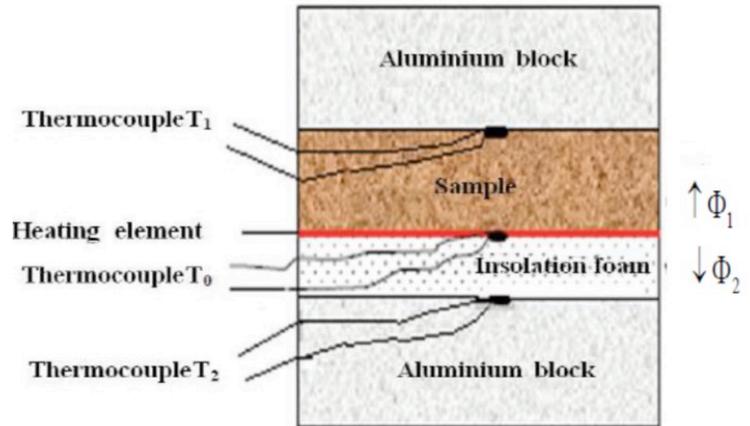
Formulation	Quantité d'argile (g)	Quantité de de gosses Néré (g)	Quantité d'eau ajoutée
Argile	900	0	140
Argile+4% de gosses Néré	864	36	149
Argile +8% de gosses Néré	828	72	153
Argile +12% de gosses Néré	792	108	160



**Figure 1** : éprouvette sans gousse de néré

La conductivité thermique a été mesurée par la méthode du plan chaud asymétrique en régime permanent. Cette méthode est basée sur la mesure de l'évolution de la température au centre de l'élément chauffant placé entre l'échantillon et le polystyrène. La figure 05 indique le dispositif expérimental. L'échantillon de dimension  $100\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 25\text{ mm}$  est inséré entre l'élément chauffant de dimensions  $100 \pm 1\text{ mm} \times 100 \pm 1\text{ mm}$  et d'épaisseur  $0.22 \pm 0.01\text{ mm}$ . L'élément chauffant et l'échantillon ont même surface. L'évolution de la température est enregistrée chaque 0.1s par un thermocouple de type K. Le thermocouple en contact avec la mousse de polystyrène qui est un matériau déformable, sa présence ne devrait pas engendrer l'augmentation de la résistance de contact. Mieux le polystyrène étant un isolant, la résistance de contact est négligeable. Le système est modélisé avec une hypothèse de transfert unidirectionnel (1D) au centre de l'échantillon durant la mesure. Cette hypothèse sera vérifiée à posteriori par une simulation 3D réalisée sur Comsol et par analyse de résidus : différence entre la température donnée par le modèle théorique  $T_{\text{mod}}(t)$  et celle donnée par l'expérience  $T_{\text{exp}}(t)$  (**Figure 2**). Une mousse de polystyrène est placée à la surface inférieure de l'élément

chauffant, ce qui permet à la majorité du flux de passer à travers l'échantillon posée à la face supérieure de l'échantillon. L'ensemble de l'élément chauffant, l'échantillon et la mousse de polystyrène est inséré par deux blocs d'aluminium de dimensions  $100\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ .



**Figure 2** : dispositif expérimental de la méthode du plan chaud asymétriques en régime permanent.

Un premier thermocouple est inséré à la face inférieure du centre de l'élément chauffant, et mesure l'évolution de la température  $T_0$ . Un second thermocouple  $T_1$  est placé à la face supérieure de l'échantillon. Un troisième thermocouple  $T_2$  est placé à la face inférieure du polystyrène située à la face inférieure de l'élément de chauffant. En tenant compte de toutes ses hypothèses on peut écrire :

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 \tag{01}$$

$$\Phi_1 = \frac{\lambda_1}{e_1} (T_0 - T_1) ; \quad \Phi_2 = \frac{\lambda_2}{e_2} (T_0 - T_2) \tag{02}$$

$\Phi_1$  est le flux traversant l'échantillon placé sur la face supérieure de l'élément chauffant.  $\Phi_2$  est le flux de chaleur traversant le polystyrène placé à la face inférieure de l'élément chauffant.  $\Phi$  est le flux total émis par l'élément chauffant.  $\lambda_1$  est la conductivité thermique de l'échantillon que nous voulons déterminer,  $e_1$  est l'épaisseur de l'échantillon.  $\lambda_2$  et  $e_2$  sont respectivement la conductivité thermique et l'épaisseur du polystyrène. L'élément chauffant a une résistance électrique  $R$ , qui lorsqu'elle est traversée par un courant d'intensité ( $I$ ), et une tension ( $U$ ) chauffe la face inférieure de

l'échantillon par effet Joule soit donc

$$\Phi = \frac{U^2}{R.S} \tag{03}$$

En combinant les équation (01), (02) et (03) On peut écrire :

$$\lambda_1 = \frac{e_1}{T_0 - T_1} \left[ \frac{U^2}{R.S} - \frac{\lambda_2}{e_2} (T_0 - T_2) \right] \quad (04)$$

L'équation (04) permet de déterminer la conductivité thermique de l'échantillon lorsque le régime permanent est atteint.

L'effusivité thermique est mesurée par la méthode du plan chaud asymétrique en régime transitoire. Nous avons utilisé le dispositif expérimental suivant (Figure 3). L'élément chauffant a la même surface de base que l'échantillon  $100 \pm 1 \text{ mm} \times 100 \pm 1 \text{ mm}$ . Un thermocouple de type K avec deux sondes de diamètre  $0.005 \text{ mm}$  est placé à la face inférieure de l'élément chauffant. L'ensemble est maintenu entre deux blocs de polystyrènes inséré entre deux blocs d'aluminium de même épaisseur  $40 \text{ mm}$

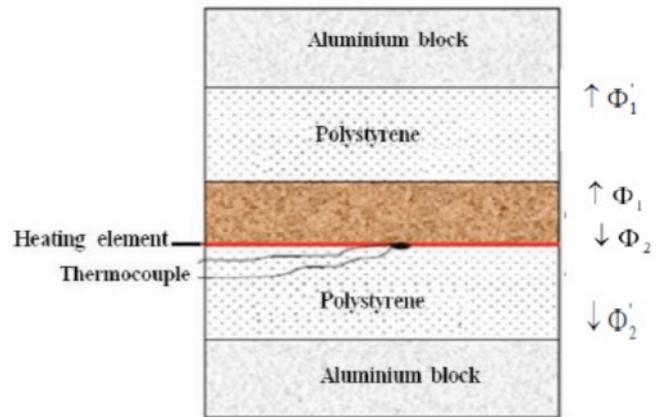


Figure 3 : dispositif du plan chaud asymétrique

Le thermocouple en contact avec la mousse de polystyrène qui est un matériau déformable, sa présence de devrait pas engendrer l'augmentation de la résistance de contact. Mieux le polystyrène étant un isolant, la résistance de contact est négligeable. Le système est modélisé avec une hypothèse de transfert unidirectionnel (1D) au centre de l'échantillon durant la mesure.

En considérant que la quantité de flux qui atteint les blocs d'aluminium à travers les blocs de polystyrène est très faible, ensuite la capacité thermique de l'aluminium est très élevée ce qui permet de supposer que la température des deux faces de l'aluminium soient constantes. En tenant compte de ses hypothèses on peut écrire les équations suivantes :

$$\begin{bmatrix} \theta_1 \\ \Phi_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ C_s p & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & R_{c1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_e & B_e \\ C_e & D_e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_i & B_i \\ C_i & D_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \Phi_1' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \Phi_1' \end{bmatrix} \quad (05)$$

Avec  $C_s = \rho_s c_s e_s$

$$\begin{bmatrix} A_e & B_e \\ C_e & D_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ch(qe) & \frac{sh(qe)}{\lambda q S} \\ \lambda q S sh(qe) & ch(qe) \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} A_i & B_i \\ C_i & D_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ch(q_i e_i) & \frac{sh(q_i e_i)}{\lambda q_i S} \\ \lambda q_i S sh(q_i e_i) & ch(q_i e_i) \end{bmatrix}$$

$$q = \sqrt{\frac{p}{a}} \quad \text{et} \quad q_i = \sqrt{\frac{p}{a_i}}$$

Concernant le polystyrène qui est un isolant on a:

$$\begin{bmatrix} \theta_1 \\ \Phi_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_i & B_i \\ C_i & D_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \Phi_2' \end{bmatrix} \quad (06)$$

Avec

$$\Phi_0 = \Phi_1 + \Phi_2 = \frac{\varphi_0}{p} \quad (07)$$

$\theta$  est la transformée de la Laplace de la Température  $T(t)$  émise par l'élément chauffant,  $\Phi_1$  est la transformée de la densité de flux émise par l'élément

chauffant vers le haut,  $\Phi_2$  est la transformée de Laplace de la densité de flux émise par l'élément chauffant vers le bas.  $\Phi_0$  est la transformée de Laplace de la densité du flux total émise par l'élément chauffant.  $C_s$  est la capacité thermique de élément chauffant par unité de surface.  $R_c$  est la résistance de contact entre l'élément chauffant et l'échantillon.  $\Phi_1'$  est la transformée de Laplace de la densité de flux atteignant la face supérieure de l'échantillon en contact avec l'aluminium,  $\Phi_2'$  est la transformée de Laplace de la densité de flux atteignant la face inférieure du polystyrène en contact avec l'aluminium.  $\lambda_i$  est la conductivité thermique du polystyrène,  $a_i$  et  $a$  sont

respectivement la diffusivité thermique du polystyrène et du matériau.  $e_i$  et  $e$  sont successivement l'épaisseur du polystyrène et du matériau.

En combinant les équation (05),(06) et (07), on peut écrire :

$$\theta(p) = \frac{\Phi_0(p)}{\frac{D}{B} + \frac{D_i}{B_i}} \quad (08)$$

Le principe de la méthode consiste à déterminer les propriétés thermophysiques inconnues telles que l'effusivité thermique, la conductivité thermique  $\lambda$  du matériau, la résistance de contact  $R_c$  qui minimise la somme des erreurs quadratiques moyennes

$$\psi = \sum_{j=0}^N \left[ \Delta T_{\text{exp}(t_j)} - T_{\text{mod}(t_j)} \right]^2 \quad (09)$$

entre la courbe théorique  $T_{c_{\text{mod}(t)}} = T_{c_{\text{mod}}}(0,t)$  et la courbe expérimentale  $\Delta T_{c_{\text{exp}}} = T_{c_{\text{exp}}}(0,t) - T_{c_{\text{exp}}}(e,t)$  dans l' algorithme de Levenberg-Marquardt [10].

### 3. Résultats et discussions

Les résultats (Tableau 2) de l'analyse chimique indique que la silice et l'alumine sont les oxydes majeurs dans l'échantillon. Le rapport massique  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  de l'argile est d'environ 2,82. Cette valeur, supérieure à celle des kaolins purs qui est de 1,18 environ, suggère la présence de silice libre (Quartz) et d'autre minéraux argileux dans l'argile de Karpala. La teneur en oxyde de fer, qui se trouverait sous forme d'oxy-hydroxydes selon la littérature [11], est assez importante et serait responsable de la couleur orange-jaune de l'argile. Les oxydes alcalins ( $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{K}_2\text{O}$ ) peuvent jouer le rôle de fluxant et contribuer aux réactions de grésage qui sont responsable des propriétés finales de la brique (ex. résistance mécanique, porosité, etc.).

Tableau 1 : Composition chimique élémentaire de l'argile de Karpala

Oxydes	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$
% massique	57,2	20,3	6,53	1,12	0,99	1,49	2,91	0,71

L'analyse du diffractogramme des Rayons X (Figure 4) de l'argile de Karpala indique qu'elle est composée de montmorillonite ( $(\text{Al}_{1,67}\text{Mg}_{0,33})$ ,  $\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2\text{Na}_{0,33}$ ), de

quartz ( $\text{SiO}_2$ ), d'albite ( $\text{Si}_3\text{AlO}_8\text{Na}$ ), d'illite ( $(\text{K,H}_3\text{O})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$ ), de kaolinite ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), de goethite ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) et d'orthose ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ).

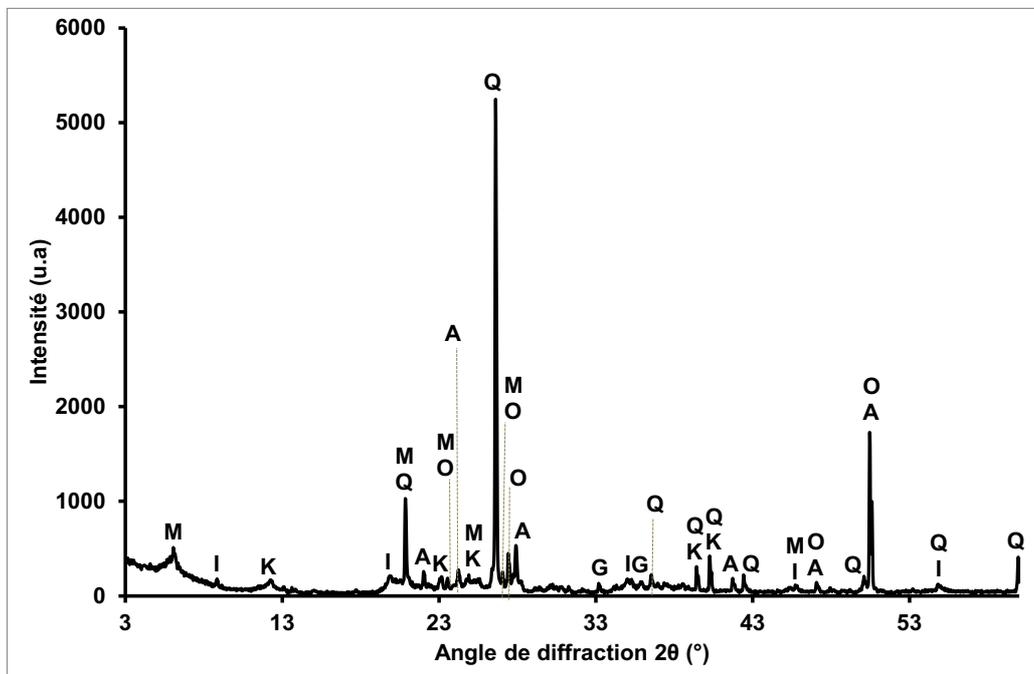


Figure 4 : diffractogramme de l'argile de Karpala.

(K = kaolinite, I = illite, Q = quartz, M = montmorillonite, A = albite, G = goethite et O = orthose)

Le bilan minéralogique (Tableau 3) montre que l'argile est composée en majorité de montmorillonite (26%) suivie d'illite (21%), de quartz (15%) et d'albite (12%). A ces phases majoritaires s'ajoute des phases en quantité moindre à savoir l'orthose (8%), la kaolinite (7%) et la goethite (7%). On en déduit que le quartz est la source de silice libre comme indiqué

précédemment avec le calcul du rapport SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Cette teneur en quartz jouera un rôle de dégraissant dans la formulation des briques crues.

**Tableau 3 :** Composition minéralogique de l'argile de Karpala en % massique

Phases minérales	Albite	Goéthite	Illite	Kaolinite	Montmorillonite	Orthose	Quartz
% massique	12	7	21	7	26	8	15

Les résultats de la caractérisation de l'argile de Karpala, à savoir une importante teneur en minéraux argileux (26% (Montmorillonite) + 21% (Illite) + 7% (Kaolinite) = 54%) et une teneur acceptable de quartz (15%), nous montre que l'argile peut être utilisée dans la formulation des éco-matériaux tels que les briques.

Les caractéristiques de la décoction de gousse de néré effectuées par les IR et HPLC obtenues de la littérature [12], montrent que la décoction des gousses de Néré est riche en tanins, notamment en acide gallique, épicatechine et épigallocatechine gallate. Ces composés chimiques sont susceptibles d'interagir avec les minéraux contenus dans l'argile de Karpala et établir des liaisons chimiques qui pourraient renforcer les propriétés du produit fini obtenu.

Les quatre (04) types d'éprouvettes (**Tableau 1**) ont été caractérisés afin de de déterminer les propriétés thermophysiques en fonction du pourcentage du taux de gousse de néré ajouté.

Les caractéristiques thermiques de l'argile associées à la gousse de Néré (**Tableau 4**) évoluent en fonction de la

quantité de gousse de Néré introduite dans l'argile. La conductivité thermique et l'effusivité thermique diminue avec l'ajout de 4% de gousse de Néré dans l'argile de Karpala. La conductivité thermique est réduite de 30% et l'effusivité thermique est réduite de 11,30%. Ces pourcentages passent respectivement de 33,16% pour la conductivité thermiques et 15,73% pour l'effusivité thermique lorsque la gousse de Néré vaut 8% dans l'argile. La diminution de la conductivité thermique s'explique par le fait que la gousse de néré est une matière organique et son introduction dans la matrice de l'argile crée des micros pores qui contiennent des poches d'air et celui-ci est un isolant thermique. La quantité de pores (poches d'air) augmente avec le taux de gousse de néré contenue dans l'argile.

**Tableau 4 :** Propriétés Thermiques du mélange argile associée à la gousse de Néré.

Matériaux	$E(J / m^2 . K . S^{\frac{1}{2}})$	$\frac{\Delta E}{E}(\%)$	$\lambda(W / m.K)$	$\frac{\Delta \lambda}{\lambda}(\%)$	$\rho c(KJ / m^3)$
Argile	1269,4475	± 0,0183	0,814	± 0,173	1985,9000
Argil+4%Néré	1125,987	± 0,0179	0,572	± 0,165	2104,4790
Argile+8% Néré	1069,6514	± 0,06895	0,544	± 0,1295	2194,7226
Argile+12% Néré	985,1462	± 0,0193	0,443	± 0,143	2225,7300

La **tableau 4** montre que la capacité thermique volumique de l'argile augmente respectivement de 5,9% ; 10,51% et enfin 12,07% lorsqu' on ajoute respectivement un taux de gousse de néré de 4% ; 8% et 12% à l'argile. La diffusivité thermique qui exprime la vitesse de propagation de la chaleur dans les matériaux est déduite par la formule suivante :

$$E = \sqrt{\lambda \rho c} \quad \alpha = \frac{\lambda}{\rho c} \quad (11)$$

Les résultats montrent qu'elle est réduite de 37,22 ; 37,08 et 50,08% lorsqu'on associe respectivement 4, 8 et 12% de gousse de néré à l'argile. Ces résultats obtenus à partir de nos formulations sont satisfaisants et montrent que nos formulations peuvent être utilisées pour l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment.

**Marthe DIATTA [13]** ont déterminé les conductivités thermiques de deux argiles MN et NM1 à l'aide de

l'appareil Hot Disk TPS 2500. Les valeurs des conductivités thermiques estimées sont respectivement 0,46 et 0,72 W/m.K. Les compositions chimiques et minéralogiques des argiles NM et MN1 sont assez proches et sont essentiellement constituées de kaolinite, de quartz, d'illite. La conductivité thermique est de 14% moins que ceux de nos mesures. La conductivité thermique de l'argile Kaolinique a été estimée à la température comprise entre 20 et 25 °C par [15] par la méthode de la plaque chaude gardée, la conductivité thermique estimée est comprise entre 0,17 – 3,20 W/m.K. La valeur trouvée dans notre étude est comprise dans cette intervalle.

#### 4. Conclusion

Nous avons pu caractériser au cours de ce travail l'argile prélevée sur le site de karpala, localité située à l' est de la ville de Ouagadougou, au Burkina Faso. Cette argile est utilisée par des femmes dans la poterie et aussi la

production de brique en banco (adobe). Les études portant sur l'argile de karpala et le néré nous ont permis de voir qu'il y a une possibilité d'améliorer les propriétés thermiques des matériaux élaborés. L'interaction entre l'argile et le néré dans l'élaboration des matériaux s'est avérée intéressante. Les propriétés thermiques évoluent en fonction du taux de gousse de néré dans le mélange. L'ajoute de 12% de la poudre de gousse de Néré dans l'argile réduit la conductivité thermique de l'argile de 45,57%, ce qui confère à cette formulation une bonne propriété d'isolation thermique pour l'enveloppe du bâtiment.

La diffusivité thermique décroît fortement avec l'ajout de gousse de néré dans la l'argile, elle est réduite respectivement de 37,22%;37,08% et enfin 50,08% lorsqu'on associe respectivement le taux de 4%;8% et 12% de gousse de néré dans l'argile. Les propriétés thermiques issues de ces recherches seront utilisées pour évaluer l'efficacité énergétique dans les bâtiments sahéliens à sous le logiciel Energy-plus.

## REFERENCES

- [1] Adriana Bel'Costantini Romero, Franco Matias Francisca Ignacio Giomi : Hygrothermal properties of soil–cement construction materials: Construction and Building Materials. [Volume 313](#), 27 December 2021, 125518  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125518>
- [2] Fezzioui N et Benyamine M. Maison à patio: Réponses aux exigences sociologiques culturelles et thermiques. Conférence internationale : Medina. Tissu urbain à sauvegarder. Tlemcen. 13-14 Mai 2008.  
[https://www.cder.dz/vlib/revue/pdf/v015\\_n3\\_texte\\_4.pdf](https://www.cder.dz/vlib/revue/pdf/v015_n3_texte_4.pdf)
- [3] Ventilation and air conditioning systems. Institute of Energy and the Environment of La Francophonie (IEPF). PRISME Technical Sheet n°2; 2001  
<https://www.moged.ifdd.francophonie.org/index.php/fr/publications/download/3/48/19?method=view>
- [4] B. kossi imbga , séckou bodian , pape m. toure , younouss dieye and vincent sambou : study of the thermochemical and mechanical properties of laterite bricks stabilised with cements. International journal of advanced research (ijar) nt. J. Adv. Res. 10(12), 589-603  
[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4114041](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4114041)
- [5] N. Laaroussi, A. Cherki, M. Garoum, A. Khabbazi, A. Feiz : Thermal conductivity and specific heat of kaolinite: Evolution with thermal treatment, Energy Procedia 42 ( 2013 ) 337 – 346.  
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.11.034>
- [6] N. Laaroussi , G. Lauriat , M. Garoum , A. Cherki , Y. Jannot : Measurement of thermal properties of brick materials based on clay mixtures, Construction and Building Materials 70 (2014) 351–361  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.104>
- [7] Aurelie Michot, David S. Smith , Solange Degot, Christian Gault : Thermal conductivity and specific heat of kaolinite: volution with thermal treatment. Journal of the European Ceramic Society 28 (2008) 2639–2644  
DOI:[10.1016/j.jeurceramsoc.2008.04.007](https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2008.04.007)
- [8] Makinta Boukar, M.B. N' Diaye , Grégoire Sissoko «Thermophysical and Mechanical Properties of clay from Quarry of BangaBana» Department of Physics, Laboratory and semi conductors and Solar Energy.F.S.T UCAD Sénégal. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 8(20);2126-2134, (2013)  
<https://www.maxwellsci.com/jp/mspabstract.php?doi=rjaset.8.1208>
- [9] Moro Olivier BOFFOUE1, Koffi Clément KOUADIO, Conand Honoré KOUAKOU: Influence of cement content on the thermomechanical properties of compressed and stabilized clay blocks,Africa SCIENCE 11(2) (2015) 35 – 43  
<https://www.ajol.info/index.php/afsci/article/view/118469/108002>
- [10] Marquardt D. An Algorithm for least Squares estimation of non-linear parameters. Soc Ind Appl Math. 1963;11: 431-4  
<http://dx.doi.org/10.1137/0111030>  
Brahima Sorgho, Samuel Paré, Boubié Guel, Lamine Zerbo, Karfa Traoré, Ingmar Persson : Etude d'une argile locale du Burkina Faso à des fins de décontamination en Cu<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup> et Cr<sup>3+</sup>, *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.* (2011) 031 ; 49-59.  
<http://www.soachim.org>
- [11] Brahima Sorgho , Philippe Bressollier , Boubie Guel, Lamine Zerbo , Raguilnaba Ouedraogo ; Etude des propriétés mécaniques des géomatériaux argileux associant la decoction de Parkia Biglobosa (Néré) . Comptes Rendus Chimie, C. R. Chimie 19 (2016) 895-901.  
<https://dx.doi.org/10.1016/j.crci.2016.01.016>
- [12] Marthe Tatiana Diatta : Matières premières argileuses du Sénégal : caractéristiques et applications aux produits céramiques de grande diffusion ; Thèse de Doctorat ; universite assane seck de ziguinchor et de l'universite de limoges (2016)
- [13] [ Abakar ALI : Caractéristiques Mécaniques et Thermiques de l'Argile Stabilisée par la Gomme Arabique et Renforcée par la Paille de Riz ; Thèse de Doctorat à l' Université de Lorraine ; 28 juin 2018  
[https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(97\)00011-X](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(97)00011-X)
- [14] Aurelie Michot, David S. Smith , Solange Degot, Christian Gault : Thermal conductivity and specific heat of kaolinite: volution with thermal treatment. Journal of the European Ceramic Society 28 (2008) 2639–2644  
DOI:[10.1016/j.jeurceramsoc.2008.04.007](https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2008.04.007)