

Etude et Caractérisation Thermomécanique Des Matériaux Locaux A Base D'argile -Argile D'Adrar-

A.BADA #1, A.BASSOUD#2, H.KHELAFI #3 A.MOKHTARI *4

Département de Sciences de la Technologie, Génie civil, Université d'Adrar
Université d'Adrar .Algérie

* Département de génie civil, Université des Sciences et de la technologie d'Oran. Algérie

badamalek@yahoo.fr

bas_aek@yahoo.fr

khelafi@yahoo.fr

am_mokhtari@yahoo.fr

Résumé — Le but de ce travail est de revaloriser expérimentalement les matériaux locaux qui ont été depuis longtemps utilisés dans la construction saharienne et qui sont mis à l'écart ces derniers temps. Ces matériaux sont confectionnés à base d'argile, nous les avons stabilisés avec du ciment et/ou de la chaux (5%-8% ciment et 5%-8% chaux). Les propriétés mécaniques de ces mélanges ont été étudiées en mesurant la résistance à la compression d'une première série d'échantillons élaborés au laboratoire. D'autre part, les propriétés thermiques ont été effectuées, sur une deuxième série d'échantillons, en régime permanent grâce à l'utilisation de la méthode de la boîte.

Après différentes tentatives d'essais expérimentaux, nous avons évalué la conductivité thermique ainsi que la résistance mécanique de chaque échantillon. La meilleure conductivité thermique obtenue est 0,1 W/m.K qui correspond au mélange de 18,4% d'argile + 73,6% de sable + 8% de chaux. La résistance mécanique correspondante de ce mélange était de 2,4 MPa à l'âge de 28 jours.

Par contre, la meilleure résistance mécanique est de 15 MPa, à 28 jours, pour un mélange de 18,4% d'argile + 73,6% de sable + 8% de ciment et qui correspond à une conductivité thermique de 1,149 W/m.K.

Enfin, nous avons mis l'accent, dans cette étude, sur la nécessité d'étendre les analyses expérimentales à d'autres types d'argile d'Adrar et à d'autres mélanges afin d'obtenir un meilleur compromis entre les propriétés mécaniques et thermiques des matériaux argileux stabilisés par un liant.

Mots-Clés — Argile ; Ciment ; chaux; Résistance mécanique; Conductivité thermique ; Adrars

I. INTRODUCTION

L'un des soucis majeurs dans les régions aride comme le Sud de l'Algérie (région d'Adrar) est le réchauffement important dans les habitations lié à la grande insolation. Pour remédier à cette situation, il est fait usage abondamment d'appareils de brassage d'air; ce qui engendre une grande consommation d'énergie et par conséquent certaines maladies respiratoires. Vu le coût élevé de l'énergie, il est nécessaire de trouver des méthodes de construction alternatives à travers l'utilisation des matériaux dotés d'une faible conductivité thermique. Les matériaux de construction en terre (brique

d'argile cuite, tuiles, bloc de terre comprimée) sont les plus adaptés.

Le but de ce travail vise à déterminer la résistance à la compression et la conductivité thermique des blocs à base d'argile comprimée et stabilisée au ciment d'une part et à étudier la variation de ces propriétés en fonction de la teneur en ciment d'autre part, ainsi que le pourcentage des additions comme la chaux et le sable. Nous nous sommes fixés dans notre cas d'étude à varier des taux de liants (ciment et chaux) allant de 0 % à 8 %.[1]

II. IDENTIFICATION DU MATERIAU ET DES LIANTS UTILISES

Les échantillons utilisés dans notre travail sont faits à base du matériau mélange de l'argile et le sable seul ou incorporant du ciment et/ou du la chaux [2].

A. L'argile

L'argile utilisée dans cette étude provient de la carrière d'Adrar. Cette carrière est située à 5 km au Nord de la ville d'Adrar (Couleur rouge). Dont les principales caractéristiques chimiques sont données dans le tableau 1[3].

TABLEAU I
ANALYSE CHIMIQUE DE L'ARGILE UTILISEE [3].

Eléments	Argile dispersée%	Argile sableuses %
SiO ₂	62,86	75,24
Na ₂ O	0,58	0,27
K ₂ O	3,52	2,51
Al ₂ O ₃	15,17	10,05
Fe ₂ O ₃	7,24	4,43
CaO	0,99	0,85
MgO	1,65	0,95
Cl	0,309	-
F	0,05	-
PF	5,90	3,82

B. La chaux

La chaux est surtout conseillée pour les sols contenant une fraction argileuse de moins 20 % [1]. L'action de la chaux sur les minéraux argileux se fait surtout par l'intermédiaire des ions Ca⁺⁺ et OH⁻ en solution. Dans cette étude on a utilisé la chaux éteinte produite dans la wilaya de Saida (Algérie).

C. Ciment CPJ - CEM II/B 32,5 R NA 442

Le CPJ - CEM II/B 32,5 est un ciment gris, résultat de la mouture du clinker obtenu par cuisson jusqu'à la fusion partielle (clinkérisation) d'un mélange convenablement dosé et homogénéisé de calcaire et d'argile.

D. Eau de mélange

Après plusieurs essais d'évaluation de la quantité d'eau nécessaire pour obtenir une pâte homogène de mélange, nous avons constaté que la quantité d'eau est égale 25 % de la quantité de composition.

III. TECHNIQUE EXPERIMENTALE

Les échantillons destinés à cette étude, sont réalisés à partir d'une matière première de base composée en proportion massique de 80 % d'argile et de 20 % de sable [10]. L'argile et le sable sont d'abord mélangés à sec pour former la matière première de base. A ce mélange, on ajoute différents pourcentage de ciment et de la chaux de (5% - 8%). A chaque mélange, on ajoute une quantité d'eau de gâchage pour obtenir un mélange homogène et plastique [1].

A. Les propriétés géotechniques

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer les proportions de grains de différentes tailles d'un matériau. Elle s'effectue par tamisage (tamis à maille carrée) pour des grains de diamètre supérieur à 80 µm, et par sédimentométrie pour les grains les plus fins. Les analyses granulométriques par tamisage et par sédimentométrie ont été réalisées selon respectivement les normes NF P94-057 [5] et NF P18-560 [6].

Les limites d'Atterberg sont des caractéristiques géotechniques conventionnelles d'un sol qui marquent les seuils entre le passage d'un sol de l'état liquide à l'état plastique (limite de liquidité « W_l »), et le passage d'un sol de l'état plastique à l'état solide (limite de plasticité « W_p »). L'indice de plasticité (I_p) déterminé par la différence (I_p = W_l - W_p) définit l'étendue du domaine plastique. Il est particulièrement important car il indique l'étendue de la gamme des teneurs en eau entre lesquelles le sol reste plastique [7]. Il permet d'apprécier la quantité et le type d'argiles présentes dans un échantillon. La détermination des limites d'Atterberg a été réalisée selon la norme NF P 94-051 [7].

B. Détermination de la résistance à la compression

L'appareil d'essai est une presse CBR, L'essai est effectué selon la norme française NF P 18-406. Les éprouvettes de

forme cylindrique (6cm x 12cm) sont retirées du lieu de mûrissement peu avant l'essai et coiffées de soufre [8].

Les éprouvettes étudiées sont soumises à une charge croissante jusqu'à la rupture. La résistance en compression à 28 jours est calculée à partir de la formule suivante:

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

R_c: La résistance à la compression en(MPa) ;

F: La force de rupture en (N) ;

S: La surface d'application de l'effort en (mm²)



Photo. 1 Appareil CBR pour l'écrasement

C. Détermination de la conductivité thermique

La technique de mesure que nous avons utilisée pour déterminer la conductivité thermique est la méthode de la plaque chaude et la plaque froide « HN112 ». Elle a été mise au point au Laboratoire d'Etudes Thermiques de Université d'Adrar. Elle est relativement simple et d'une précision comparable aux autres méthodes [9]. Elle utilise des échantillons prismatiques de taille significative (30cm x30 cm x 4 cm) et les mesures se font dans les conditions réelles d'utilisation du matériau.

Le principe de la méthode consiste à maintenir une différence de température entre deux plaques, A et B, planes, parallèles et portées respectivement aux températures constantes T_A et T_B. Un échantillon du matériau à étudier, solide faiblement conducteur et est placé entre les deux plaques. La conductivité thermique est calculée à partir de la formule suivante :

$$\lambda = \frac{e \cdot [k_1 + k_2 \cdot \bar{T} + (k_3 + k_4 \cdot \bar{T}) \cdot HFM + (k_5 + k_6 \cdot \bar{T}) \cdot HFM^2]}{dT} \quad (2)$$

Avec:

λ : La conductivité thermique par (W.m⁻¹.K⁻¹) ;

e : épaisseur de l'échantillon ;

\bar{T} : La moyenne de degré de température de deux plaques ;

HFM : lecteur de début de chaleur par mv ;

dT : La différence température entre les deux plaques(C°) ;

K₁ ; K₂ ; K₃ ; K₄ ; K₅ et K₆ des constants données par le manuel de l'appareille.



Photo. 2 Dispositif expérimental de mesure de la conductivité thermique (HN112)

IV. RESULTATS ET DISCUSSION

A. Caractéristiques géotechniques

Les résultats de la caractéristique géotechnique représentée dans le tableau suivant :

TABLEAU III

CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES DU L'ARGILE

Argile	
Limite de liquidité (%)	77,8
Limite de plasticité (%)	36,44
Indice de plasticité (%)	41,36

B. Les propriétés mécaniques (La résistance à la compression)

Les résultats de ces analyses sont présentés dans la Figure 1. Ces figures montrent que la résistance à la compression varie en fonction du type d'ajout et sa teneur. Pour l'ajout de la chaux, la résistance baisse entre 0 et 8 %. Elle varie de 4,6 MPa à 1,71 MPa en passant par 4,28 MPa pour 5 % de la chaux. C'est à dire que la chaux diminue carrément la résistance mécanique de l'argile.

Pour l'ajout de ciment, la résistance à la compression augmente avec le taux du ciment (de 0 à 8 %). Elle varie de 4,6 MPa à 10,36 MPa en passant par 10,42 MPa pour 5 % de ciment, donc la résistance mécanique croît.

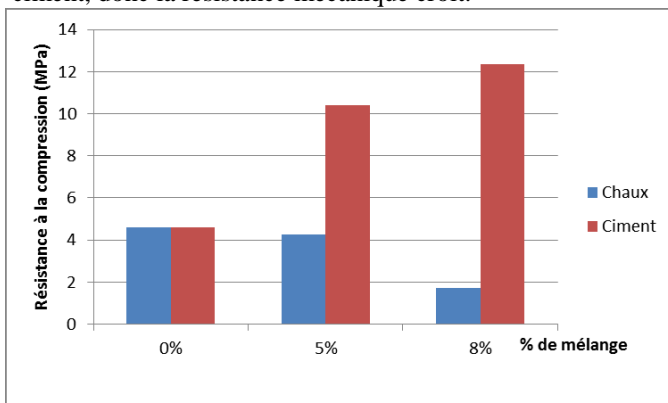


Fig. 1 Influence des ajouts ciment et chaux sur la résistance à la compression du mélange

C. Les propriétés thermiques

La figure 2 montre que la conductivité thermique du mélange diminue dans le cas d'ajout de la chaux, par contre dans le cas d'ajout de ciment la conductivité thermique augmente.

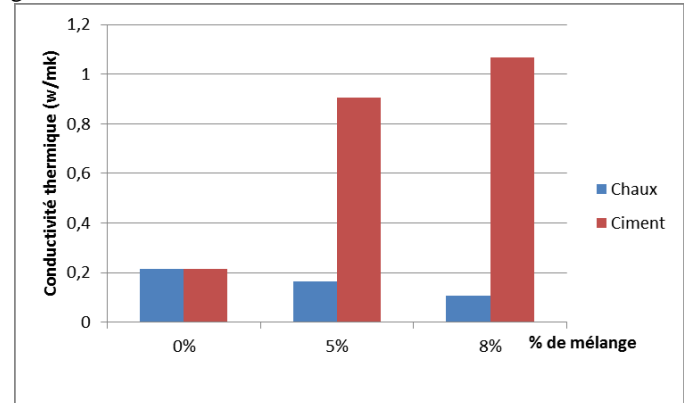


Fig. 2 Influence des ajouts ciment et chaux sur la conductivité thermique du mélange.

On note une baisse de la conductivité thermique avec la chaux (de 0 à 8%). De $0,21 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ pour le mélange sans stabilisant, elle passe à $0,1 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ quand la teneur en chaux est de 8%.

On observe ensuite dans le cas d'ajout de ciment que la conductivité thermique augmente pour des teneurs de ciment variant entre 0% et 8%. Pour ces teneurs en ciment, la conductivité thermique varie de $0,21 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ à $1,06 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ en passant par $0,9 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ pour 5%.

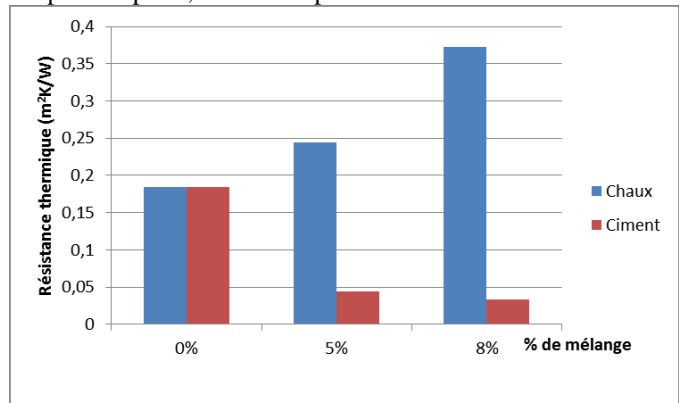


Fig. 3 Résistance thermique en fonction des pourcentages des ajouts (ciment ou la chaux)

D. Couplage des deux caractéristiques thermiques et mécaniques

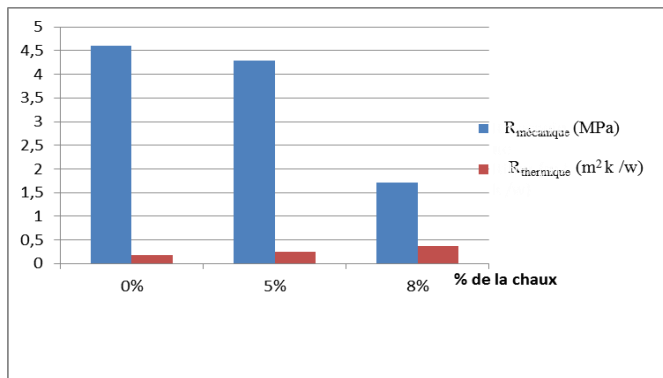


Fig. 4 Comparaison entre la résistance thermique et mécanique pour l'ajout de la chaux

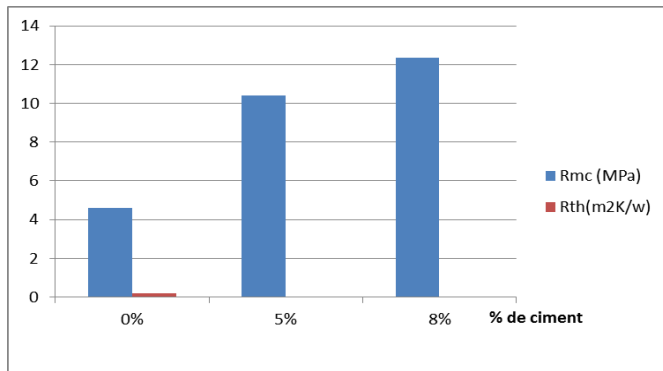


Fig. 5 Comparaison entre la résistance thermique et mécanique pour l'ajout de ciment

Les figures montrent la comparaison entre la résistance thermique et mécanique. L'ajout de chaux, dans notre échantillon, améliore la résistance thermique quel que soit le pourcentage car la conductivité thermique a diminué. Par contre, elle affaiblit la résistance mécanique. Ceci est dû aux propriétés chimiques de la chaux et de l'argile. Ce qui ne permet pas d'obtenir une bonne cohésion. C'est dire que la résistance thermique est proportionnelle au pourcentage de la chaux. Tandis que sa résistance mécanique, elle est inversement proportionnelle à ce pourcentage. Tandis que l'ajout de ciment améliore la résistance mécanique mais réduit sa résistance thermique.

V. CONCLUSIONS

L'objectif principal de cette étude est de contribuer à l'étude de la conductivité thermique et de la résistance à la compression des matériaux constituant les bâtiments dans les zones désertiques. Plus la résistance thermique des bâtiments est élevée et plus il y a réduction de l'échange de chaleur entre le bâtiment et le milieu environnant. Ainsi, les résultats souhaités de la présente étude est de réduire la consommation d'énergie et la réduction de la facture d'électricité, compte tenu de l'objectif à atteindre qui est le maximum de confort thermique. Nous avons étudié plusieurs paramètres dans ce travail et on est arrivé à un ensemble de conclusions et recommandations :

- L'addition de ciment à des matériaux de construction locaux, améliore la résistance mécanique mais influe sur sa résistance thermique.

- L'addition de chaux à des matériaux de construction locaux améliore la résistance thermique mais réduit sensiblement ses propriétés mécaniques.

- Les propriétés mécaniques du matériau ne représentent pas seul un critère de choix, il faut également tenir compte de sa disponibilité et de ses propriétés mécaniques.

- Il est important d'introduire des règlements pour améliorer et développer la performance thermique des bâtiments et des structures, il est essentiel d'arriver à la compréhension et à l'étude des propriétés physiques et thermiques des matériaux et choisir le meilleur matériau qui a une conductivité thermique la plus faible.

Enfin, nous mettons l'accent dans cette étude sur la nécessité d'étendre les analyses expérimentales à d'autres types d'argile d'Adrar et à d'autres mélanges afin d'obtenir un meilleur compromis entre les propriétés mécaniques et thermiques des matériaux argileux stabilisés par un liant.

REFERENCES

- [1] M. Olivier Boffou, K. Clement Kouadio, C. Kouakou, A. Assande, A. Dauscher, B. Lenoir, E. Emeruwa., « Influence de la teneur en ciment sur les propriétés thermomécaniques des blocs d'argile comprimée et stabilisée » Afrique SCIENCE 11(2) (2015) P 35 – 43.
- [2] E. Ouedraogo, O.Coulibaly, A. Ouedraogo, and A. Messan. Caractérisation mécanique et thermophysique des blocs de terre comprimée stabilisée au papier (cellulose) et/ou au ciment. *Journal of materials and engineering structures* 2 (2015) 68–76 .
- [3] Harrat, Mohamed. "Contribution à l'amélioration du procédé de fabrication de la céramique [ressource textuelle, sauf manuscrits] : Etude sur site unité Maghreb céramique de Touggourt," Mémoire Magister : Génie des Procédés : Ouargla, Université de Kasdi Merbah. Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur : Université de Kasdi Merbah Ouargla : 2007.
- [4] Y. Elhamdounia, A.Khabbazia,Ch. Benayada, A. Dadib,O.Idriss Ahmid " Effect of fiber alfa on thermophysical characteristics of a material based on clay"International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES15,Energy Procedia 74 (2015) 718 – 727
- [5] Association Française de Normalisation, Analyse granulométrique des sols, Méthode par sédimentation, NF P94-057, AFNOR, 1992.
- [6] A.S.L. Wouatong, W.H. Tchongouelieu, F. Ngapgue, V. Katte, V.K.K. Beyala, Mineralogical and geotechnical characteristics of the loose weathered trachytes of Fongo-Tongo (West-Cameroon), *Int. J. Appl. Sci. Tech.* 4(7) (2014) 85-96.
- [7] H.B. Zghal, M. Medhioub, T. Mhiri, Caractérisation physicochimique et mécanique de matériaux céramiques obtenus à partir des argiles tunisiennes. *Verres, Céramiques & Composites* 1 (2) (2011) 25-33.
- [8] S. CAYE., "Caractérisations des propriétés mécaniques, acoustiques et thermiques de matériaux locaux de construction au SENEGAL". Thèse de doctorat, université cheikh anta diop de dakar 2001.
- [9] J. Hladik., "Méthodologie des propriétés thermophysiques des matériaux ", Editions Masson. Paris. 1990.
- [10] TIZAOUI Khadidja " Elimination Des Metaux Lourds En Solution Aqueuse Par Des Argiles Algeriennes"; Memoire De Magister, Université abou Bekr Belkaid Tlemcen. 2013.