

## Contribution à l'étude des propriétés thermiques des briques en terre

Abdessalam MEKHERMECHE, Miloud HATIA, Abdelouahed KRIKER\* et Said ABBANI

*Université Kasdi Merbah Ouargla, Laboratoire EVRNZA,*

*Faculté des Sciences et de la Technologie et des Sciences de la Matière, Ouargla 30 000 Algérie*

\* Email : [a\\_kriker@yahoo.fr](mailto:a_kriker@yahoo.fr)

**ملخص:** من مواد البناء المستعملة في الجنوب الجزائري الخرسانة و الملاط الإسمنتي والطوب، ونظرا لسوء خصائص هذه المواد خاصة من جانب الخصائص الحرارية، وان المناطق الصحراوية تتميز بمناخ حار وجاف صيفا وبارد شتاءا. ومن اجل إيجاد آجر الطين وبخصائص حرارية و ميكانيكية جيدة قمنا بالدراسة الحرارية و الميكانيكية على الأجر المنجز بالمخبر وذلك ب إضافة نسب من الرمل من 0 % إلى 40 % ومن الألياف النخيل من 0 % إلى 3 % من وزن الأجر فكانت النتائج انه كلما زادت نسبة الرمل والألياف تحسنت الخصائص الحرارية مقبولة .  
**كلمات دالة:** آجر الطين ، الخرسانة ،الملاط ،المقاومة ،العزل الحراري ، الإسكان ، البناء

**RÉSUMÉ :** Les régions sahariennes de notre pays ont un climat chaud et sec en été et froid et sec en hiver, les matériaux de construction usuellement utilisés dans ces régions sont le béton ou le mortier qui présentent de mauvaises propriétés thermiques. Dans un souci de produire des briques en terre ayant de bonnes propriétés mécaniques et thermiques cette étude est lancée. Le présent rapport est le résultat d'un travail expérimental touchant deux vastes domaines des sciences appliquées la mécanique et la thermique du bâtiment.

L'étude a porté sur les briques de terre (argile) choisi comme matériau de référence au quel nous avons associé de sable des dune ; fibre de palmier dattier. Nous avons fait varier le pourcentage de sable de 0% à 40% et celui de fibre de 0% à 3% en masse aussi. Les résultats ont montré que l'augmentation de % de sable ou de fibre est bénéfique pour l'amélioration des propriétés thermiques.

**MOTS-CLÉS :** Brique en argile, Terre, Résistance thermique ; Isolation thermique ; Chaleur spécifique.

**ABSTRACT:** Saharan regions of our country have a hot, dry summers and cold and dry in winter; building materials commonly used in these regions are concrete or mortar which have poor thermal properties. In one cares to produce clay bricks with good mechanical and thermal properties this study is launched. This report is the result of experimental work involving two broad areas of applied sciences: heat the building. The study focused on the bricks of earth (clay) chosen as reference material to which we associate sand dune; date palm fiber. We did the percentage of sand varies from 0% to 40% and 0% to 3 fiber mass%. The results showed that increasing % sand on fiber is beneficial for improving thermal properties.

**KEYWORDS:** Clay brick earth, cement, concrete, resistance, Thermal insulation, Construction, Housing

### 1. Introduction

Les régions sahariennes de notre pays sont caractérisées par un climat sévère chaud et sec en été et froid et sec en hiver. Dans ces régions on emploie usuellement le béton ou le mortier qui présentent de mauvaise isolation thermique [3-6]

Dans un souci de produire des briques en terre ayant de bonnes propriétés mécaniques et thermique cette étude est lancée.

L'objectif de cette étude est d'examiner par des essais thermiques sur quelques types de briques en terre confectionnées et essayer de proposer quelques recommandations ou innovations pour que ces derniers répondent aux conditions climatiques des ksour sahariens...).

### 2. Caractéristiques des matériaux utilisés et confection des briques

Les briques sont les produits, dont les matières premières sont les argiles, avec ou sans additifs. La forme des briques est généralement parallélépipède rectangle.

Nous allons étudier les caractéristiques des différents matériaux utilisés dans la composition des briques

**2.1. Le sable de dunes**

Le sable des dunes est le résultant d’une érosion et d’une sédimentation des différentes roches suivie d’un transport fluviatile et parfois éolien. La plus grande partie des formations sableuses est constituée de quartz. Il est caractérisé par une granulométrie fin et très serrée. Et pour notre étude nous avons utilisé le sable des dunes de Ain EL Beida (OUARGLA).

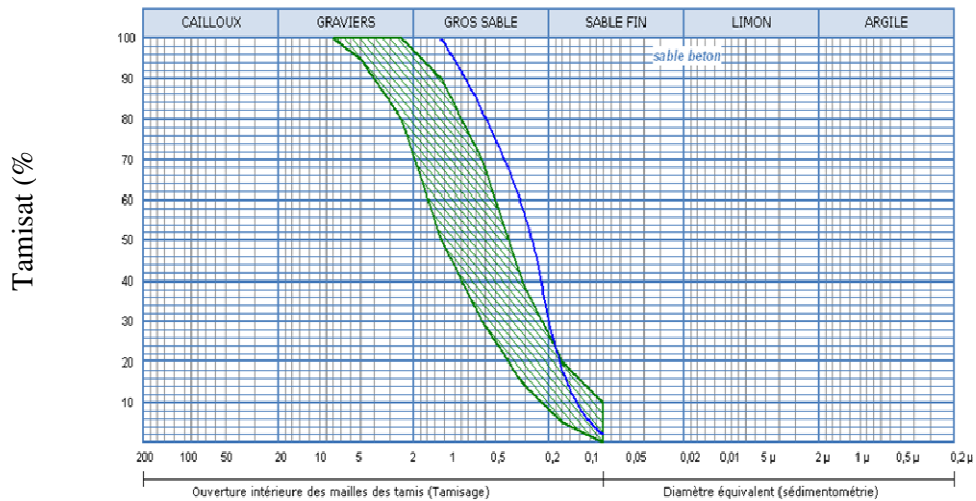
**2.1.1. Masse volumique**

Les résultats des essais de la masse volumique apparente  $\rho_a$  et la masse volumique absolue  $\rho_s$  de sable sont :  $\rho_a=1481.50 \text{ g/m}^3$  et  $\rho_s=2553.28 \text{ g/m}^3$

**2.1.2. Analyse granulométrique**

Cet essai est réalisé suivant la norme NF P18 560 [1] [2]

L’échantillon représentatif doit avoir une masse comprise entre 200D et 600D, où D est la plus grande dimension des granulats les résultats obtenus sont présentés sur la Figure (1).



**Figure 1 : courbe granulométrique de sable de dune utilisé**

**2.1.3. Module de finesse : (norme NF P18 304)**

Le module de finesse d’un sable est égal au 1/100 de la somme des refus cumulés des tamis de 0,16 à 5 mm.

Pour le sable utilisé dans notre étude on a trouvé la valeur suivante :

$$M_F = 1,23$$

C’est un sable très fin.

**2.1.4. Equivalent de sable (ES) :(norme NF P 18 598)**

L’essai est réalisé sur l’éprouvette de la figure 2

$$ES = \frac{h_1}{h_2} \times 100$$

Les résultats obtenus sont les suivants :

Equivalent de sable visuel  $E_{SV} = 97.4$

Equivalent de sable au piston  $E_{SP} = 93.8$

Donc ce sable est très propre et acceptable pour la construction Selon la norme NF P 18 598.

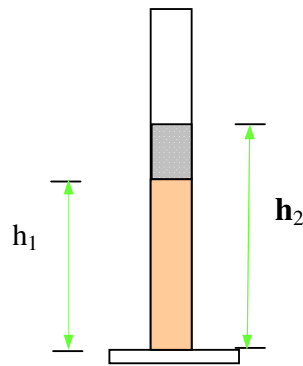


Figure 2 : Essai d'équivalent de sable

## 2.2. L'argile :

L'argile est une roche sédimentaire, composée pour une large part de minéraux spécifiques, silicates en général d'aluminiums plus ou moins hydratés, qui présentent une structure feuilletée qui explique leur plasticité, ou bien une structure fibreuse qui explique leurs qualités d'absorption. Pour notre étude nous avons utilisé l'argile de Touggourt le gisement de beldet Amer.

### 2.2.1. Analyse granulométrique par sédimentation : norme NF P 94-056 / NF P 94-05

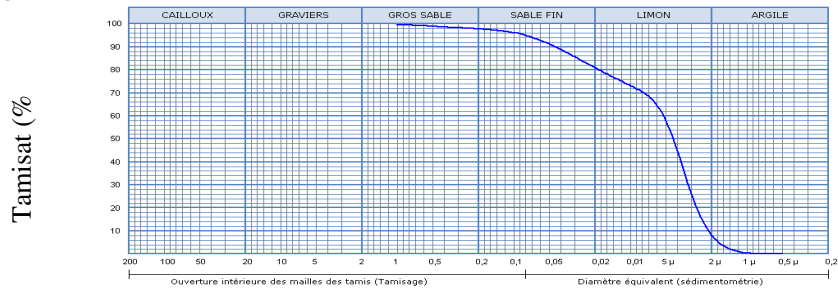


Figure 3 : courbe granulométrique d'argile

Les résultats de l'analyse granulométrique montrent que la terre utilisée est constituée d'environ de : 10 % d'argile, 70 % de limon et 20 % de sable fin.

## 2.3. Eau de gâchage

L'eau utilisée est celle du robinet du laboratoire de génie civil de l'université de Ouargla. L'eau permet à la fluidification de la pâte ; l'analyse chimique de l'eau a été effectuée au niveau de laboratoire de traitement des eaux de l'université de Ouargla et elle a donné la constitution suivante :

Tableau 1 : composition chimique de l'eau

Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH
242	125	31	536	755	14,5	755	124	7,75

Les concentrations sont données en mg/l.

## 2.4. Les fibres :

Les fibres utilisées dans cette étude sont des fibres végétales de palmier dattier (type Dokar).

### 2.4.1. Caractéristiques des fibres de palmier dattier :

Les essais effectués par notre équipe de recherche [7] ont permis de caractériser les fibres de palmier dattier de Ouargla comme suit :

- Masse volumique apparente :  $\rho_a = 512.21 - 1088.81 \text{ Kg/m}^3$  ;
- Masse volumique absolue :  $\rho_s = 1300 - 1450 \text{ Kg/m}^3$  ;
- Charge de rupture à la traction :  $F_t = 85 \text{ N}$  (fibre de diamètre 8 mm) ;
- Déformation à la rupture :  $\epsilon = 0.232$  (fibre de diamètre 8 mm) ;
- Taux d'humidité :  $w = 9.5 - 10.5 \%$  ;
- Taux d'absorption (après 24 H):  $TA = 96.83 - 202.64 \%$  ;
- Diamètre (des fibres utilisées) :  $d = \text{varié entre } 0.2 - 1 \text{ mm}$  ;
- Longueur (des fibres utilisées) :  $L = 1 \text{ cm}$ .

### 2.4.2. Composition chimiques des fibres de palmier dattier :

L'analyse par spectrochimique de la poudre des fibres après calcination à 400 °C a donnée les éléments suivants :

**Tableau 2 : Analyse chimique de la poudre des fibres calcinées à 400 °C [7]**

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PAF
48.04	6.12	2.51	0.05	4.88	14.21	1.81	2.80	0.42	0.45	18.08

Vu le pourcentage élevé de SiO<sub>2</sub> et CaO, nous remarquons que les fibres utilisées contiennent aussi de la silice et de la chaux.

## 3 - Les essais sur les briques de terres : résultats et interprétations

### 3-1 Formulation expérimentale d'argile pour confection de brique :

Nous avons opté pour la recherche de la meilleure composition du mélange. A cet effet plusieurs séries de mélanges Argile /Sable ont été confectionnés avec différentes pourcentage de sable tell que 0%, 10%,20%, 30% et 40%. et mélange Argile /Fibre de palmure 1%, 2% et 3%.

Afin de mettre en évidence l'influence sur les caractéristiques requises de la brique (la résistance mécanique, thermique ...). Une étude des mélanges a été effectuée.

### 3.2. L'influence de la quantité d'eau sur la résistance mécanique :

D'après l'étude bibliographique, la quantité d'eau optimale pour la confection de brique est comprise entre 15 et 30 % de la masse sèche (sable + argile) .dans notre étude, nous avons effectué une série d'essais d'optimisation pour déterminer la quantité d'eau nécessaire pour l'obtention une meilleure résistance mécanique.

Telle que :  $E/A=0.35$

Puis que l'on laisse sécher au laboratoire de génie civil pendant 28 jours

### 3.3. Propriétés thermiques et leur essai

Nous allons effectuer les propriétés thermiques, à savoir la conductivité thermique, même si ces matériaux sont utilisés davantage pour leurs propriétés thermiques que pour leurs propriétés mécaniques, un minimum de résistance mécanique apparaît indispensable.

### 3.4. Mesure de la conductivité thermique : NF EN 993-15 et EN 1745

Le CT-METRE a été élaboré dans le but de permettre d'évaluer avec précision les caractéristiques thermiques d'un certain nombre de matériaux homogènes et isotropes.

Le CT-mètre se compose de deux éléments qui sont l'organe de commande, chargé de générer la puissance de chauffe et d'interpréter la courbe d'élévation de température induite dans le matériau à tester ; et la sonde chargée de transmettre la puissance de chauffe et de recueillir la température induite



Figure 4 : Appareils CT-mètre utilisé [8]

### 3.5. Résultats obtenus et interprétation

L'étape expérimentale de notre travail consiste à confectionner une brique de terre à base de l'argile, puis différents essais thermiques ont été effectués sur les éprouvettes (brique) à savoir :

- Conductivité thermique ;
- Résistance thermique ;
- Chaleur spécifique.

Par la suite les analyses et les interprétations des résultats, nous ont permis de faire un choix adéquat de la brique qui répondra à certaine exigence qui est l'isolation thermique convenable.

Il est noté que tous ces essais sont effectués dans les conditions normales de laboratoire de Génie Civil (Température  $T = 23.5 \pm 3$  °c et HR% =42%).

#### 3.5.1. Résultats thermiques de brique en argile et sable

- **Variation de la conductivité thermique**

La figure 5 montre la variation de la conductivité en fonction du % de sable dans la composition de la brique en terre

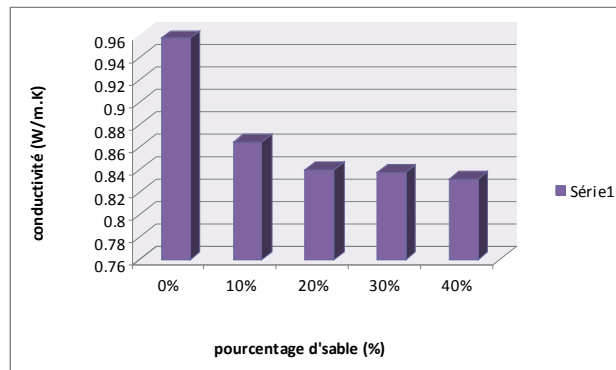


Figure 5 : la conductivité thermique  $\lambda$  en W/m K en fonction du pourcentage de sable

D'après les résultats de la Figure 5 nous pouvons observer que la conductivité thermique est inversement proportionnelle au pourcentage de sable

Nous remarquons une diminution de la conductivité en fonction de l'augmentation du pourcentage de sable dans le mélange.

- **Variation de la résistance thermique**

La figure 6 montre la variation de la résistance thermique en fonction du % de sable dans la composition de la brique en terre

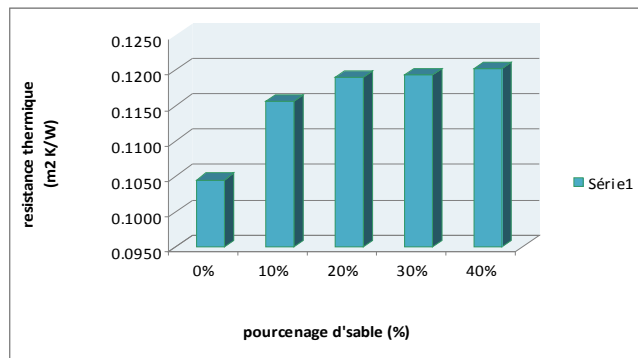


Figure 6 : la résistance thermique Rth en fonction du pourcentage de sable

D'après les résultats de la Figure 6 nous pouvons observer que la résistance thermique va automatiquement augmenter car elle est inversement proportionnelle à la conductivité thermique  $R_{th} = e / \lambda$ .

• **Variation de la chaleur spécifique**

La figure 7 montre la variation de la chaleur spécifique en fonction du % de sable dans la composition de la brique en terre.

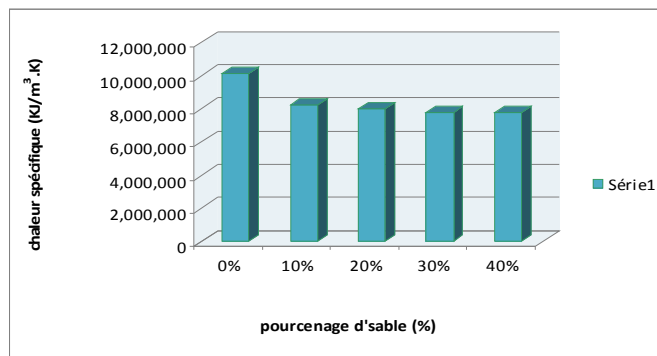


Figure 7 : la chaleur spécifique Cp en KJ/m3K en fonction du pourcentage de sable

D'après les résultats de la Figure 7 nous pouvons observer que :

La chaleur spécifique est inversement proportionnelle à la conductivité

Le tableau 3 résume les résultats thermiques de brique en argile et sable

Tableau 3 : les résultats thermiques de brique en argile et sable

Eprouvette (brique)	0% S	10% S	20% S	30% S	40% S
M ( kg)	1.587±0.012	1.561±0.19	1.544±0.09	1.528±0.17	1.511±0.10
$\lambda$ ( W/m K)	0,957±0.045	0,865±0.038	0,840±0.032	0,838±0.036	0,832±0.034
R th (m²°C/W)	0.1045	0.1156	0.119	0.1193	0.1202
CP ( KJ/m3 K)	10118,075±135	8270,950±109	8041,500±85	7781,150±69	7762,700±71
$\rho$ ( Kg/m3)	1587	1561	1544	1528	1511
C ( kJ/K)	16057.385	12910.953	12416.076	11889.5972	11729.439
E ( J.kg-1.K-1)	3920.066	3341.85193	3229.47424	3156.49845	3123.92283
D ( m²/s )	5.9599 E-05	6.6997 E-05	6.7654 E-05	7.0482 E-05	7.09326 E-05

S : sable de dune ; M : Poids ;  $\lambda$  : Conductivité thermique ; Cp : chaleur spécifique;  $\rho$  : Masse volumique ; C : Capacité thermique ; E : Effisivité et D : Diffusivité

### 3.5.2. les résultats thermiques de brique en argile renforcées par des fibres

- **Variation de la conductivité thermique**

La figure 8 montre la variation de la conductivité en fonction du % de fibre dans le confectionnement de la brique en terre.

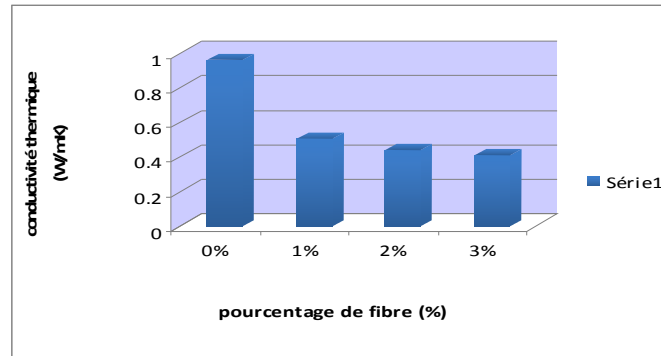


Figure 8 : la conductivité thermique  $\lambda$  en W/m K en fonction du pourcentage de fibre

D'après le résultat de la Figure 8 On peut observer que la conductivité thermique est inversement proportionnelle au pourcentage de fibre. On remarque une diminution de la conductivité en fonction de l'augmentation du pourcentage de fibre. Vu la structure poreuse de ce composite. En effet l'augmentation du pourcentage des fibres fait augmenter la porosité.

- **Variation de la résistance thermique**

La Figure 9 montre la variation de la résistance thermique en fonction du % de fibre dans le confectionnement de la brique en terre.

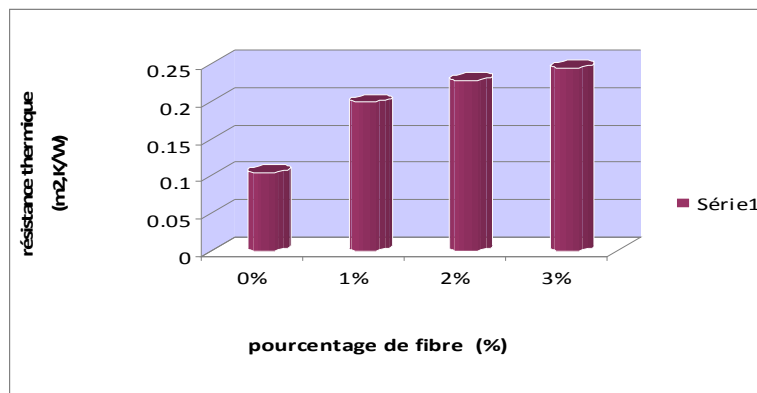


Figure 9 : Résistance thermique  $R_{th}$  en fonction du pourcentage de fibre

D'après les résultats de la Figure 9 nous pouvons observer que la résistance thermique va automatiquement augmenter car elle est inversement proportionnelle à la conductivité thermique  $R_{th} = e / \lambda$ .

- **Variation de la chaleur spécifique**

La figure 10 montre la variation de la chaleur spécifique en fonction du % de fibre dans le confectionnement de la brique en terre.

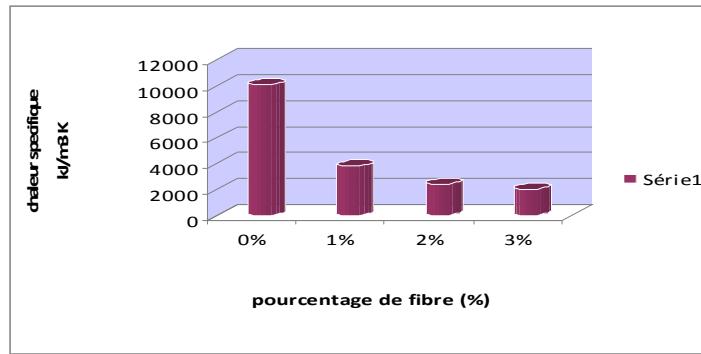


Figure 10 : la chaleur spécifique Cp en KJ/m³K en fonction du pourcentage de fibre

D’après les résultats de la Figure 10 nous pouvons observer que : la chaleur spécifique et inversement proportionnelle à la conductivité.

Le tableau 4 résume les résultats thermiques en fonction du pourcentage de fibre.

Tableau 4 : Résultats thermiques en fonction du pourcentage de fibre

Eprouvette	0% F	1% F	2% F	3% F
M ( kg)	1.587±0,012	1.561±0,179	1.518±0,02	1.489±0,013
λ ( W/m K)	0,957±0.045	0,503±0.021	0,439±0,018	0,408±0,017
R th (m²°C/W)	0,1045	0,1988	0,2277	0,2451
Cp ( KJ/m3 K)	10118,075±135	3795,533±67	2410,666±51	2035,066±52
ρ ( Kg/m3)	1587	1561	1518	1489
C ( kJ/K)	16.057385	5.92482701	3.65939099	3.03021327
E ( J.kg-1.K-1)	3920,066	1726,3221	1267,46702	1195,0122
D ( m²/s)	5,9599 E-05	6,6997 E-05	6,8813 E-05	7,2328 E-05

F : fibre palmier dattier ;M :Poids ; λ : Conductivité thermique ; Cp :chaleur spécifique ; ρ : Masse volumique ; C : Capacité thermique ; E : Effusivité et D : Diffusivité

### 6. Conclusion

Après l’expérimentation nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

En fonction de l’augmentation du pourcentage de sable et en fonction de l’augmentation du pourcentage de fibre il y a :

- Une diminution de la conductivité thermique et ainsi que la chaleur spécifique ;
- Une diminution de la masse et de la masse volumique ;
- Une augmentation de la résistance thermique ;
- Une diminution de la capacité thermique ainsi que l’effusivité thermique ;
- Une diminution de la diffusivité thermique ;
- Il y a une relation inversement proportionnelle entre la conductivité, la chaleur spécifique et la masse volumique. Tant que le pourcentage de sable ou bien la fibre augmente, la conductivité, la chaleur spécifique et la masse volumique diminuent



- Que l'isolation thermique des briques confectionnée où le pourcentage en sable de dune est de 40% est meilleur malgré le composant idéal de point de vu résistance mécanique est de 30% d'après la recherche bibliographique [6].
- L'isolation thermique des briques confectionnée où le pourcentage en fibre est 3% est le meilleur car de la présence de la fibre qui impose la meilleure isolation.

### **Références**

- [1] GORISSE F. ; Essais et contrôle des bétons, Edition Eyrolles, vol.2, Paris, 1978
- [2] DUPAIN R., LANCHON R, SAINT- ARROMMAN J. C ; **Granulats, Sols**, Ciments et Bétons, Edition Casteilla 1995.
- [3] COUASNET Y. ; Propriétés et caractéristiques des matériaux de construction, Edition 2007
- [4] DURIEZ M., JARRAMBID E. ; Nouveau Traite De Matériaux De Construction, Edition DUNOD 1962.
- [5] Recueil de Norme Française ; Bâtiment Maçonneries, Edition AFNOR, 1984.
- [6] DJOUHRI M. ; Confection d'une brique à base de sable de dunes, mémoire de magister Université Ouargla ,2007
- [7] KRIKRE A. ; Caractérisation des fibres de palmier dattier et propriétés des bétons et mortiers renforcés par ces fibres en climat chaud sec, , Thèse de Doctorat d'Etat, ENP,2005
- [8] CT. Mètre ; "Guide d'Utilisation, 2010.