

IV.1. FABRICATION DES BRIQUES :

L'étape expérimentale de notre travail consiste à une confection d'une brique de terre à base d'argile dans laquelle ont été effectués des essais sur des éprouvettes (brique) à savoir :

- Isolation thermique.
- Résistance à la flexion (traction) et à la compression.

Par la suite, les analyses et les interprétations des résultats nous ont permis de faire un choix adéquat de la brique qui répondra à certaines exigences, à savoir, la résistance à la compression et l'isolation thermique convenable.

Il est noté que tous ces essais sont effectués dans les conditions ambiantes de laboratoire de génie civil de l'université d'Ouargla.

**IV.2. FORMULATION DE LA COMPOSITION DES CONSTITUANTS
POUR LA CONFECTION DE LA BRIQUE :**

Cette formulation nous permet de trouver la proportion des différents constituants répondant à des critères techniques et économiques à partir de matériaux donnés.

IV.2.1. Méthodes théorique de formulations :

Les granulats d'une argile jouent le rôle d'ossature en la laissant tremper dans l'eau pendant 24 heures. La pâte produite assure dans un premier temps un rôle rhéologique (cohésion et écoulement), puis un rôle de colle permettant de développer les propriétés mécaniques et la durabilité du matériau durci. Dans ce cas la pâte est constituée d'un mélange d'eau, d'argile et de sable (granulat). Puis nous formulons un mélange ordinaire qui consiste alors à optimiser le squelette granulaire par un choix judicieux de sable, puis à combler la porosité par la pâte afin d'obtenir l'ouvrabilité désirée.

Cette formule sous-entend que le mélange défini par son étendue granulaire est optimisé, c'est à dire que la répartition des grains à l'intérieur de cette étendue granulaire est telle que le mélange présente une porosité minimale.

Et d'après les résultats obtenues par Mr MEKHERMECHE dans son mémoire, la meilleure proportion de pourcentage granulaire du côté résistance mécanique et thermique est celle de 70% argile et 30% sable de dune qui est la composition de référence.

$$R_f \text{ (MPa)} = 0.6$$

$$R_c \text{ (MPa)} = 2,312$$

$$\lambda \text{ (W/m K)} = 0,838$$

L'objectif est d'améliorer ses résultats en y incorporant des fibres telles que la paille et le polystyrène afin de réduire les déperditions de chaleur.

IV.2.2. Formulation expérimentale d'argile pour confection de la brique :

La première étape consiste à découper les fibres de pailles sur une longueur de 1cm et à quantifier la proportion demandée. Le produit obtenu sera sécher au soleil pour évacuer l'excès d'eau absorbé par les pailles. Lors de la confection de la brique ou du mélange, plusieurs séries de mélanges « argile-sable-paille » ont été confectionnés avec différents pourcentages de paille 1%, 2% et 3% de la masse volumique.

La deuxième étape consiste à hacher le polystyrène en billes (imperméable à l'eau) de 1 mm, alors la quantité d'eau sera celle du mélange « argile + sable de dune ».

Plusieurs séries de mélanges « argile-sable-polystyrène » ont été confectionnés avec différents pourcentages de polystyrène 1%, 2% et 3% de la masse du mélange.

La troisième étape consiste à réunir la fibre de paille avec celle du polystyrène (pour une meilleure résistance thermique) et que chacun prend la moitié du pourcentage 1%, 2% et 3% de la masse du mélange.

IV.2.2.1 Influence de la quantité d'eau sur la résistance mécanique :

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

La valeur optimale obtenue est $E/A=0.35$ et nous laissons sécher au laboratoire de génie civil pendant 28 jours.

IV.2.2.2. Différentes compositions utilisées :

Nous avons préparé pour notre travail trois compositions **A, B, C** :

- **Composition A :** **A1** : Argile 69% + 30% sable +1% paille.
 A2 : Argile 68% +30% sable+2% paille.
 A3 : Argile 67% +30% sable +3% paille.
- **Composition B :** **B1** : Argile 69% +30% sable +1% polystyrène.
 B2 : Argile 68% +30% sable +2% polystyrène.
 B3 : Argile 67% +30% sable +3% polystyrène.
- **Composition C :** **C1** : Argile 69% +30% sable +1% (paille + polystyrène).
 C2 : Argile 68% +30% sable +2% (paille + polystyrène).
 C3 : Argile 67% +30% sable +3% (paille + polystyrène).

Un total de 54 briques ont été confectionnés en éprouvettes de dimensions (240×110×50 mm) selon la Norme DIN 106 [12,61].

IV.2.2.3. Etapes de confection d'une éprouvette :

- Le pesage des quantités nécessaires des différents matériaux : le sable, l'argile, la fibre (paille, polystyrène) et l'eau.
- Le malaxage est exécuté manuellement comme suit : nous posons l'argile sec avec du sable/fibre avec une quantité d'eau (1/3 de quantité globale d'eau). Puis nous versons l'eau d'une façon progressive et nous malaxons le mélange durant 30 à 180 secondes jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène et bien mouillée (Voir photos Annexe).
- Préparation des moules : Après le nettoyage et le graissage à l'aide d'une huile, les moules sont prêts pour utilisation (Voir photos Annexe).
- Coulage des éprouvettes : Cette opération est exécutée en trois couches successives compactées manuellement à l'aide d'une plaque métallique d'épaisseur de 1 cm (Voir photos Annexe).
- Une opération de finition est exécutée sur le parement supérieur des éprouvettes pour obtenir des surfaces lisses.
- Après démoulage, les éprouvettes sont conservées à l'air libre au sein du laboratoire et que nous laissons sécher pendant environ 28 jours (Voir photos Annexe).

IV.3. RÉSULTATS DES MESURES DE PROPRIÉTÉS THERMIQUES

SELON LA COMPOSITION A :

IV.3.1. Résultats thermiques de la brique :

Les résultats du mélange utilisé (argile + sable de dune + pailles) selon la composition A sont regroupés dans tableau suivant :

Eprouvette	Pourcentage en fibre		
	1% F	2% F	3% F
M (kg)	1,489	1,540	1,689
λ (W/m °K)	0,440	0,482	0,502
Rth (m ² °K /W)	0,227	0,205	0,199
Cp (kJ/m ³ °K)	3996,3	4147,3	4559,4
ρ (kg/m ³)	1489	1540	1689
C (kJ/K)	5950,49	6386,84	7700,83
E (J/kg °K)	1618,09	1754,55	1966,17
D (m ² /s)	7,39E-08	6,39E-08	6,52E-08

Tableau IV.1 : Résultats thermiques selon la composition A

F : Fibre de paille ; M : Poids ; λ : Conductivité thermique ; Cp : Chaleur spécifique ;

Rth : Résistance thermique ; ρ : Masse volumique ; C : Capacité thermique ;

E : Effusivité ; D : Diffusivité

IV.3.2. Variation de la conductivité thermique en fonction du pourcentage de fibre de paille :

La figure IV-1 montre la variation de la conductivité thermique en fonction du pourcentage de la fibre qui entre dans la confection de la brique en terre :

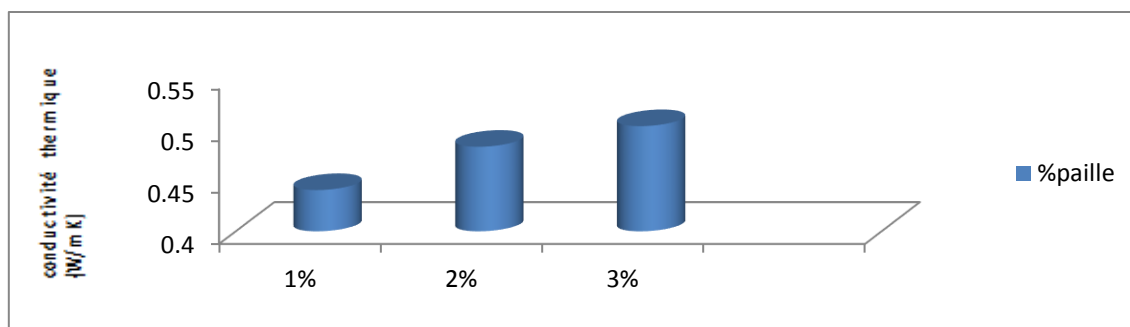


Figure IV.1 : Conductivité thermique λ en fonction du pourcentage de fibre

D'après les résultats obtenus de la conductivité thermique de la composition A (la figure IV.1), nous constatons que la conductivité est proportionnelle à l'augmentation de fibres de paille.

Une conductivité thermique faible nous permet d'avoir un matériau isolant.

La meilleure proportion est celle de 1% de paille et cela est dû précisément à la forme tubulaire d'une tige de paille. Elle favorise la stagnation des eaux dans le cœur de la tige et les parois lisses de la paille n'aident pas trop le processus d'évaporation.

Tant que le taux de paille augmente, la conductivité thermique augmente aussi et la résistance thermique diminue. Nous aurons un mauvais résultat.

IV.3.3. Variation de la résistance thermique en fonction du pourcentage de fibre :

La figure IV.2 montre la variation de la résistance thermique en fonction du pourcentage de la fibre de paille :

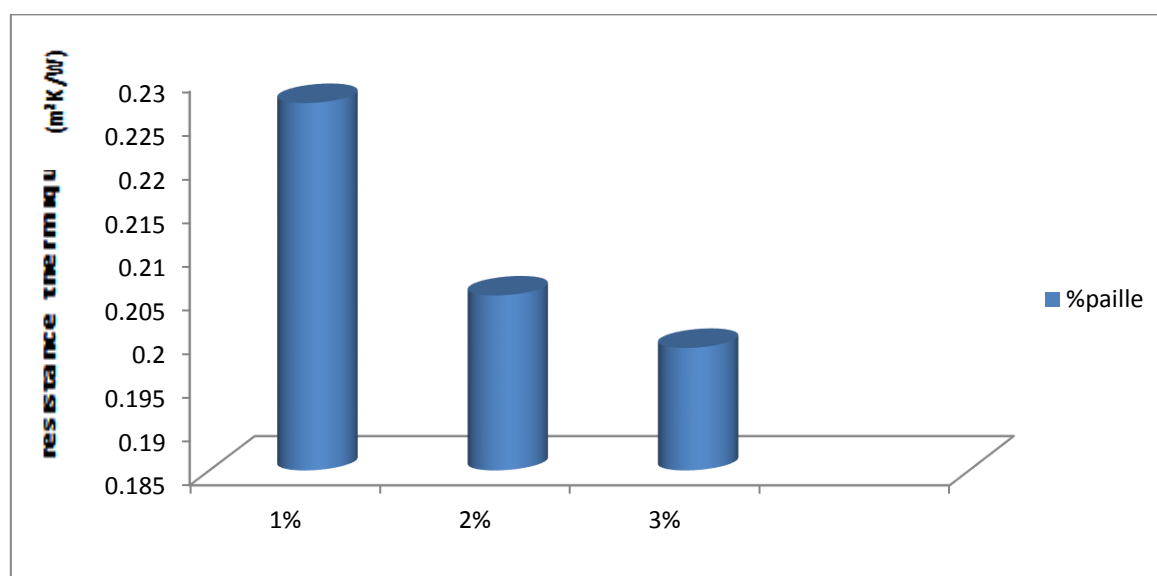


Figure IV.2 : Résistance thermique R_{th} en fonction du pourcentage de fibre

D'après les résultats de la figure IV.2, nous déduisons que la résistance thermique est inversement proportionnelle au taux de pourcentage de la paille.

IV.3.4. Variation de la chaleur spécifique en fonction du pourcentage de fibre :

La figure IV.3 montre la variation de la chaleur spécifique en fonction du pourcentage de la fibre de paille :

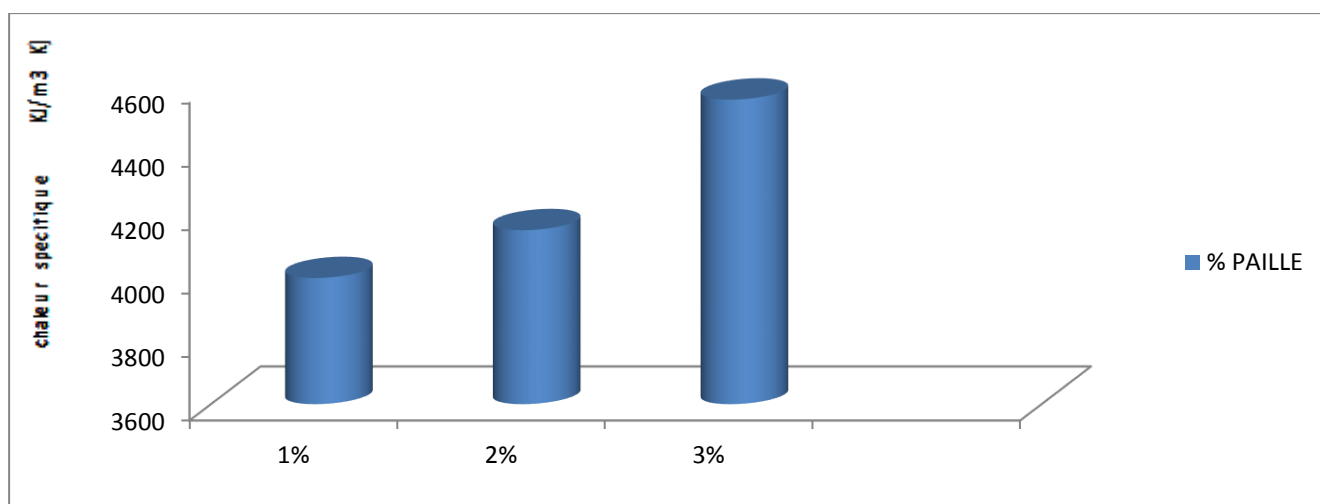


Figure IV.3 : Chaleur spécifique C_p en fonction du pourcentage de fibre

D'après les résultats de la figure IV.3, nous remarquons que la chaleur spécifique varie de façon proportionnelle au pourcentage des fibres, mais la diminution est très remarquable dans la matrice de 1% par rapport à celle de 3%.

IV.3.5. Variation de la conductivité thermique en fonction du la masse volumique

La figure IV.4 montre la variation du la conductivité thermique en fonction de la masse volumique :

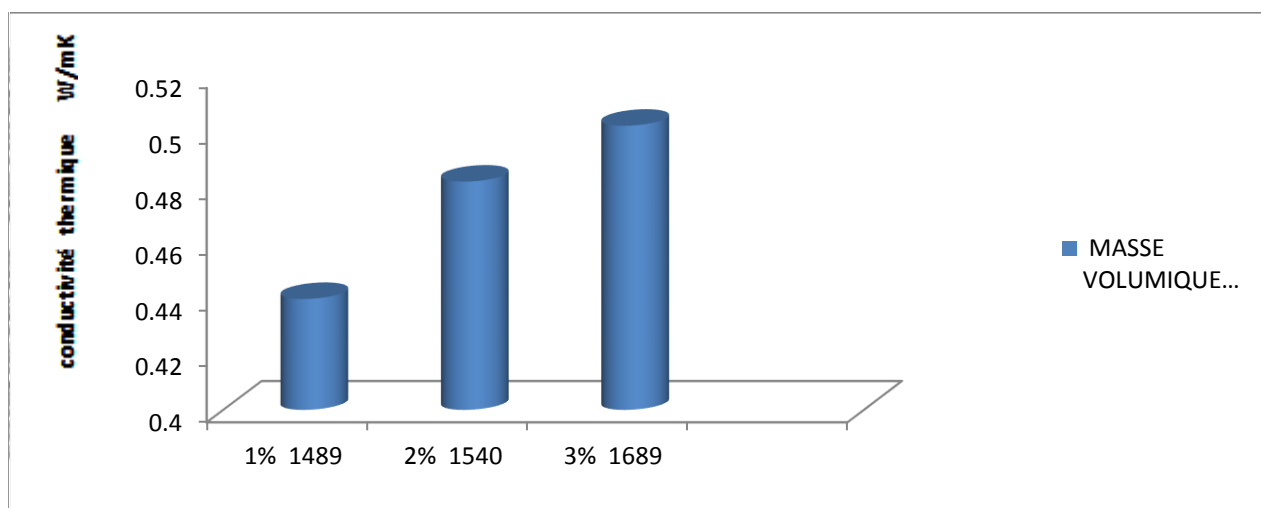


Figure IV.4 : Conductivité thermique λ en fonction de la masse volumique

D'après le résultat de la figure IV.4, nous pouvons constater que la masse volumique des briques de composition **A** est proportionnelle au pourcentage des fibres de paille contrairement à la théorie préconisant une diminution.

Cela est dû à l'eau emprisonnée dans le cœur de la tige de paille (constatation visuelle). Cette quantité d'eau recouvre les vides dans la paille et donne un processus d'évaporation lent dans la paille. L'eau joue un rôle néfaste ce qui nous conduit à dire que, tant que la masse volumique est faible pour ce genre de brique tant que la conductivité thermique est faible. Alors, la résistance thermique est élevée.

IV.3.6. Variation de la capacité thermique en fonction du pourcentage de fibre :

La figure IV.5 montre la variation de la capacité thermique en fonction du pourcentage de fibres :

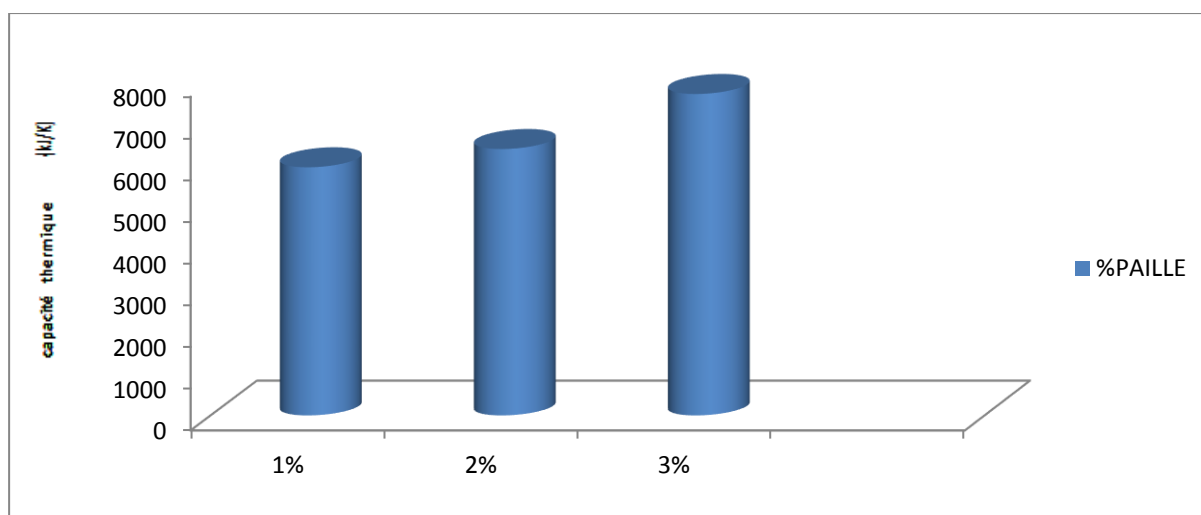


Figure IV.5 : Capacité thermique en fonction de pourcentage de fibre

Nous constatons une augmentation de la capacité thermique en fonction de l'augmentation du pourcentage de fibre. La capacité thermique varie d'une façon proportionnelle avec le pourcentage de fibre et la masse volumique. Celle de 1% représente toujours la quantité d'énergie la plus faible en lui apportant pour augmenter sa température de 1°K.

IV.3.7. Variation de l'effusivité et la diffusivité en fonction du pourcentage de fibre :

Les figures IV.6 et IV.7 montrent la variation de l'effusivité et la diffusivité thermique en fonction du pourcentage de fibre :

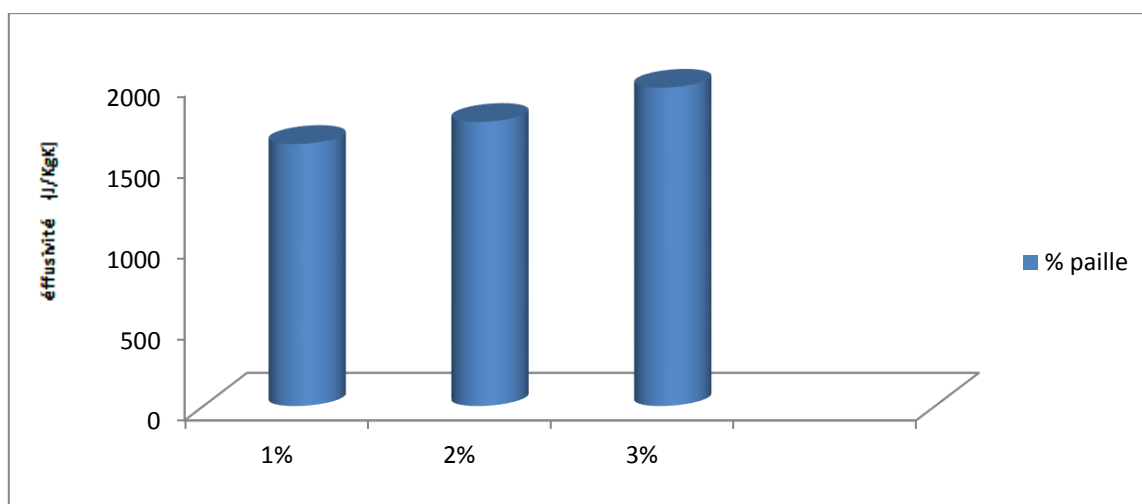


Figure IV.6 : Effusivité thermique en fonction du pourcentage de fibre

Nous constatons une augmentation de l'effusivité thermique en fonction de l'augmentation du pourcentage de fibre de paille. Comme nous avons dit précédemment que l'effusivité est la capacité à échanger de l'énergie avec l'environnement. Plus l'effusivité est élevée, plus le matériau absorbe l'énergie sans se réchauffer. Le contraire est vrai, plus elle est faible, plus vite le matériau se réchauffe, ce qui donnera la capacité de stocker de la chaleur pour un échange de transfert thermique.

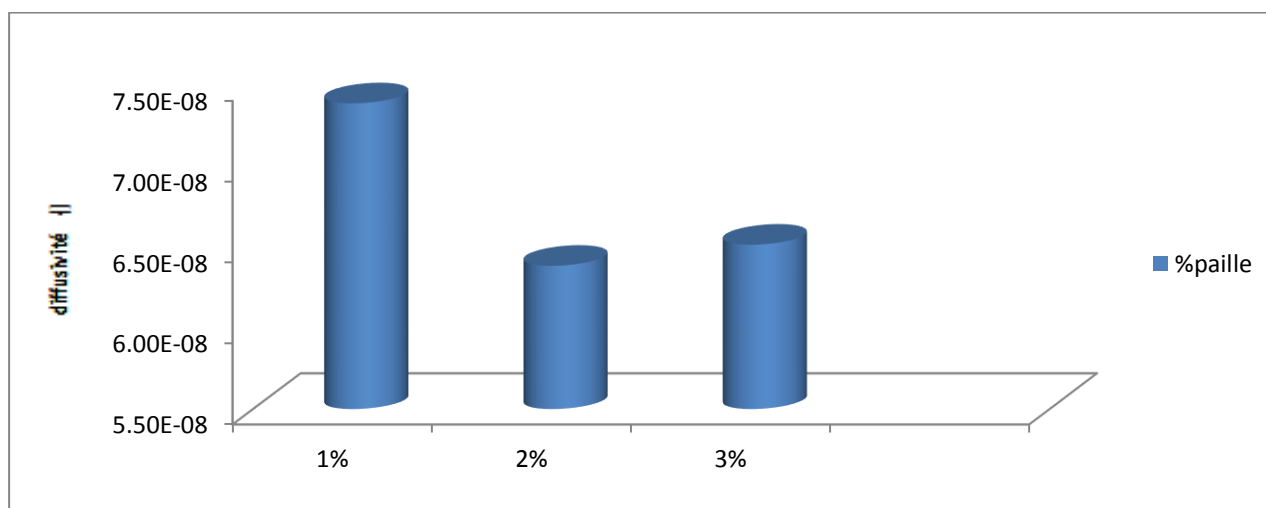


Figure IV.7 : Diffusivité en fonction du pourcentage de fibre

D'après la figure IV.7, la diffusivité thermique décrit la rapidité d'un déplacement des calories à travers la masse d'un matériau, nous remarquons nettement que le matériau qui se réchauffe plus est celui qui a une diffusivité plus grande.

IV.3.8. Variation des résistances à la flexion et à la compression selon la composition A :

Brique	Résistance à la flexion R_f (MPa)	Résistance à la compression R_c (MPa)
1% de paille	0,534	5,5
2% de paille	0,786	5,7
3% de paille	0,486	5,4

Tableau IV.2 : Variation des résistances de flexion et de compression en fonction du pourcentage des fibres

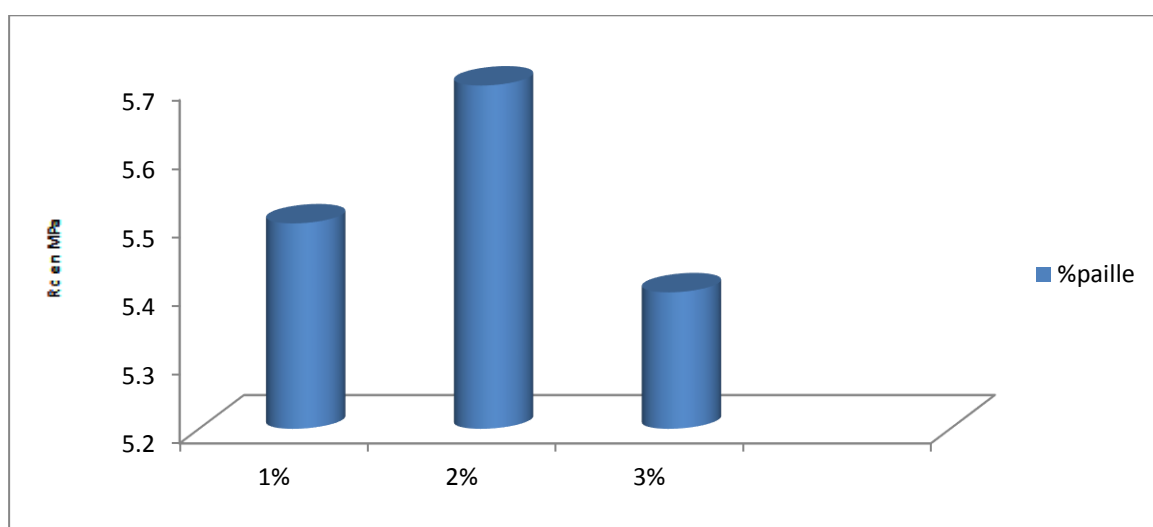


Figure IV.8 : Résistance à compression en fonction du pourcentage de fibre

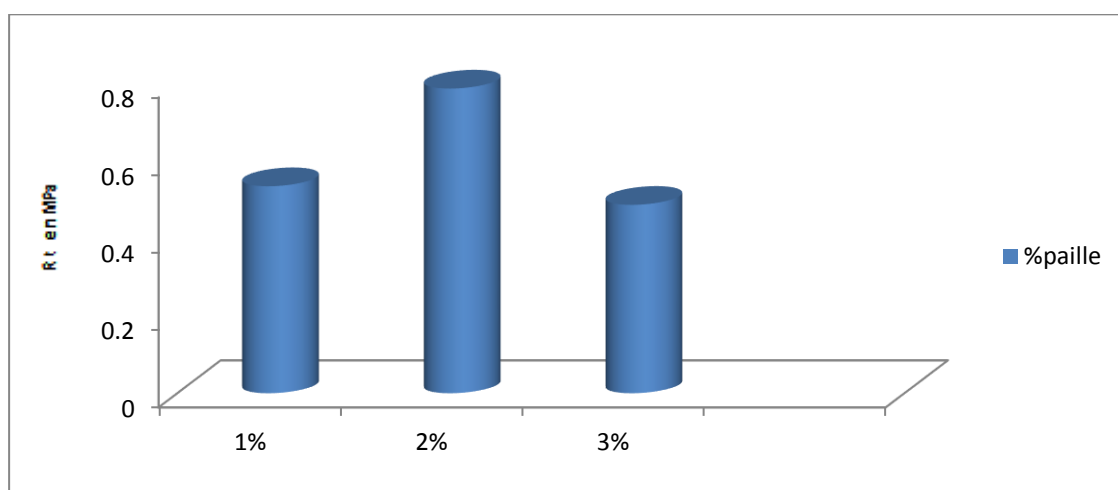


Figure IV.9 : Résistance à la flexion en fonction du pourcentage de fibre

Les figures IV.8 et IV.9 représentent la variation de la résistance à la flexion et à la compression en fonction du pourcentage de fibre à 28 jours. Nous remarquons que l'augmentation de fibre n'améliore pas vraiment les performances mécaniques. Celle de 2% paille détient les meilleures performances mécaniques. Nous avons obtenu, pour 2% de fibre, une résistance à la compression de $R_c = 5,7$ MPa et à la flexion $R_f = 0,786$ MPa. Ces essais sont effectués sur une plage de six valeurs pour chaque pourcentage ou nous avons pris la valeur moyenne.

CONCLUSION 1 :

D'après les résultats obtenus de la composition A, nous déduisons :

Les meilleures performances thermiques (conductivité, résistance thermique, chaleur spécifique, capacité thermique, l'effusivité thermique et la diffusivité thermique) sont celles obtenues avec 1% paille (A1) en générale, d'où la conductivité thermique a diminué d'environ 49% par rapport à la composition de référence (argile + sable).

Les meilleures performances mécaniques sont celles obtenues avec 2% paille (A2) en générale, d'où la résistance à la compression a augmenté d'environ 250%, de même pour la résistance à la flexion d'environ 33%, par rapport à la composition de référence (argile + sable).

IV.4. RESULTATS DES MESURES DE PROPRIETES THERMIQUES SELON LA COMPOSITION B :

IV.4.1. Les résultats thermiques de brique :

Les résultats du mélange utilisé (argile + sable de dune + polystyrène) selon la composition B sont regroupés dans tableau suivant :

Eprouvette	Pourcentage polystyrène		
	1% P	2% P	3% P
M (kg)	1,565	1,516	1,485
λ (W/m °K)	0,477	0,571	0,572
R th (m²°K /W)	0,210	0,176	0,175
Cp (kJ/m³ °K)	4 450,60	4 952,20	4 960,90
ρ (kg/m³)	1 565,00	1 516,00	1 485,00

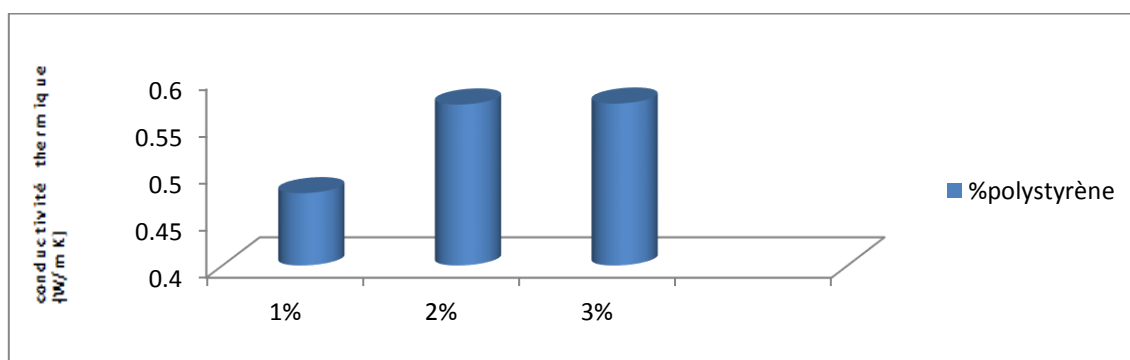
C(kJ/°K)	6 965,19	7 507,54	7 366,99
E (J/kg.°K)	1 822,74	2 070,64	2 052,78
D (m²/s)	6,84E-08	7,61E-08	7,76E-08

Tableau IV.3 : Résultats thermiques selon la composition B

P : Polystyrène ; M : Poids ; λ : Conductivité thermique ; Cp : Chaleur spécifique ;
 Rth : Résistance thermique ; ρ : Masse volumique ; C : Capacité thermique ;
 E : Effusivité ; D : Diffusivité.

IV.4.2. Variation de la conductivité thermique en fonction du pourcentage de polystyrène :

La figure IV.10 montre la variation de la conductivité thermique en fonction du pourcentage de polystyrène qui entre dans la confection de la brique en terre :

**Figure IV.10 :** Conductivité thermique λ en fonction du pourcentage de polystyrène

Nous constatons sur la figure IV.10 que la conductivité thermique est proportionnelle au pourcentage du polystyrène. Nous remarquons presque une stabilisation de cette conductivité pour les pourcentages 2% et 3% respectivement pour les valeurs de la conductivité thermique $\lambda=0,571$ et $\lambda=0,572$.

Il est donc inutile d'ajouter d'autres essais pour des pourcentages plus élevés que 3%. Nous préconisons de faire des essais sur des pourcentages de polystyrène inférieurs à 1%. La conductivité thermique est faible tant que le matériau est isolant, ce qui nous donne la meilleure proportion de 1% de polystyrène.

IV.4.3. Variation de la résistance thermique en fonction du pourcentage de polystyrène :

La figure IV.11 montre la variation de la résistance thermique en fonction du pourcentage de polystyrène :

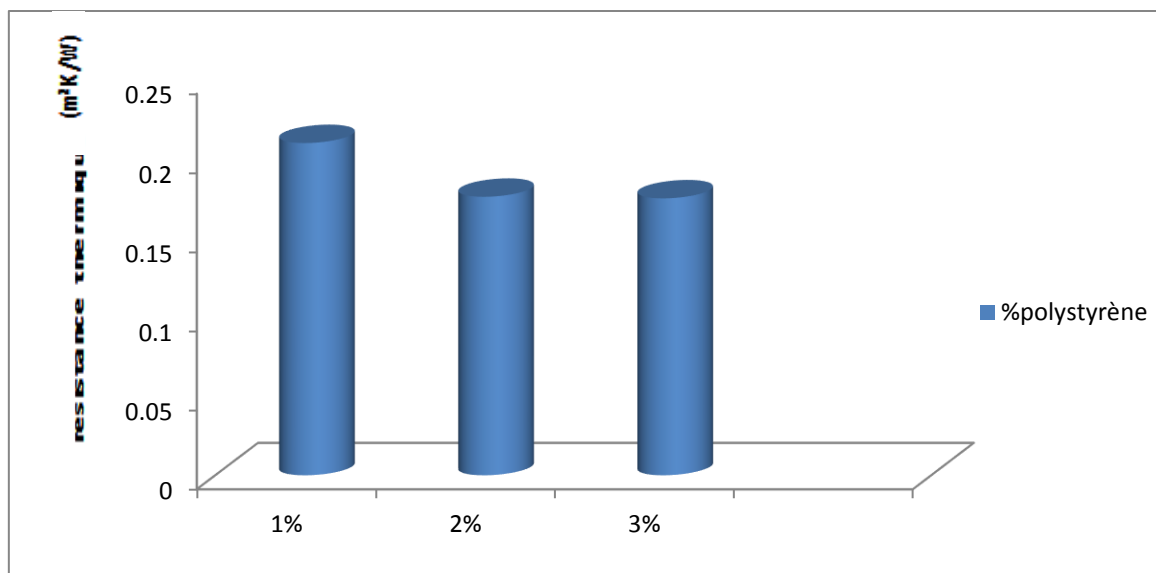


Figure IV.11 : Résistance thermique R_{th} en fonction du pourcentage de polystyrène

D'après les résultats de la figure IV.11, nous déduisons que la résistance thermique est inversement proportionnellement au taux de pourcentage de polystyrène. Elle se stabilise presque pour les valeurs de 2% et 3% et nous pouvons s'y référer au paragraphe précédent (IV.4.2.).

IV.4.4. Variation de la chaleur spécifique en fonction du pourcentage de polystyrène

La figure IV.12 montre la variation de la chaleur spécifique en fonction du pourcentage de polystyrène :

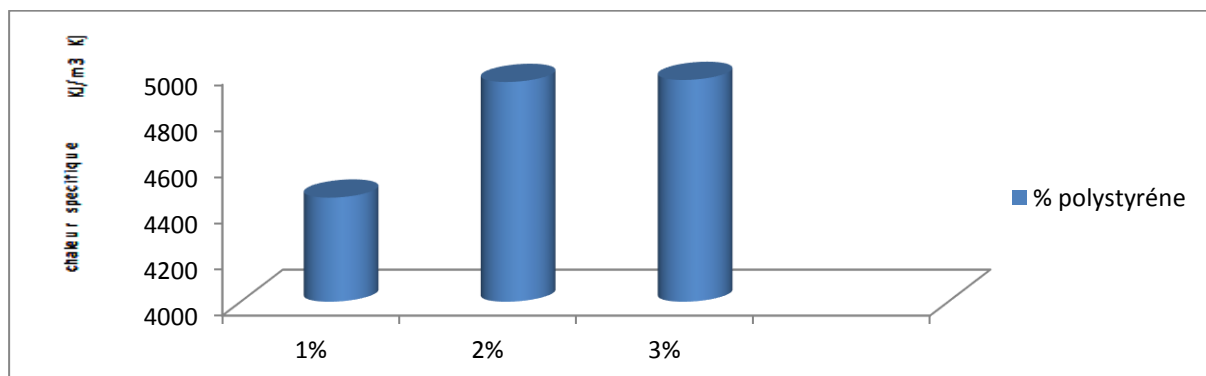


Figure IV.12 : La chaleur spécifique C_p en fonction du pourcentage de polystyrène

D'après les résultats de la figure IV.12, nous remarquons que la chaleur spécifique varie d'une façon proportionnelle avec l'augmentation des fibres. Elle se stabilise presque pour les valeurs de 2% et 3% où la même quantité de chaleur qu'il faut appliquer à 1kg de matière pour augmenter sa température de 1°K.

IV.4.5. Variation la conductivité thermique en fonction du la masse volumique

La figure IV.13 montre la variation de la conductivité thermique en fonction de la masse volumique :

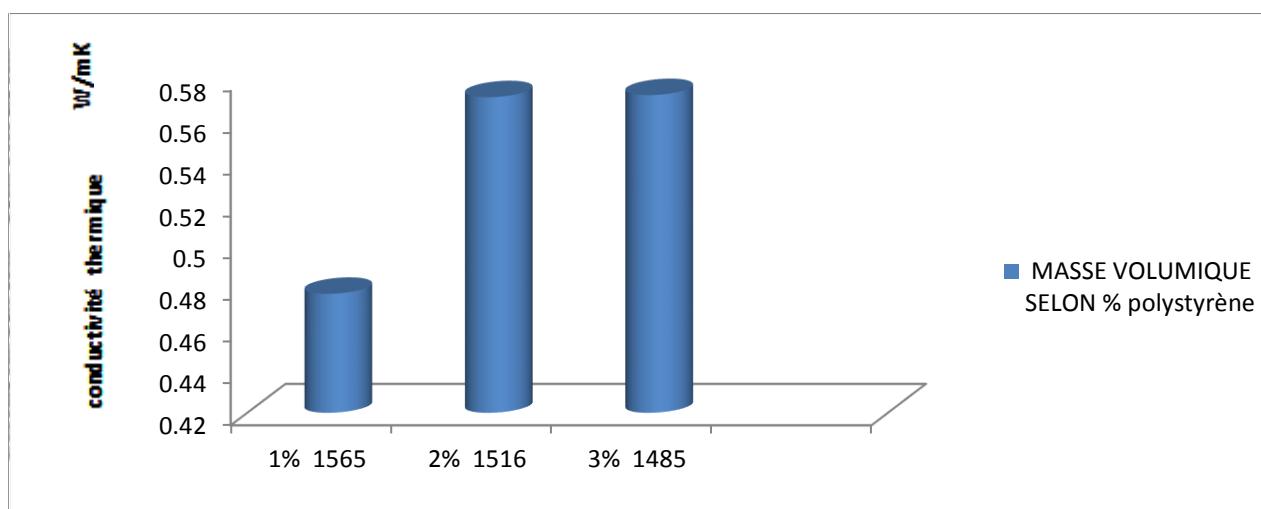


Figure IV.13 : Conductivité thermique λ en fonction de la masse volumique pour les différents pourcentages de polystyrène.

D'après les résultats de la figure IV.13 et le tableau IV.3, nous pouvons constater que la masse volumique des briques de composition B diminue avec l'augmentation du pourcentage des fibres. Cette logique est vraie tant que les billes du polystyrène sont imperméables à l'eau, contrairement aux fibres de pailles. Nous pouvons dire que la masse volumique est grande pour ce genre de brique tant que la conductivité thermique est faible (meilleure performance), ce qui nous donne une résistance thermique élevée (contrairement aux fibres de pailles).

IV.4.6. Variation de la capacité thermique en fonction du pourcentage de polystyrène

La figure IV.14 montre la variation de la capacité thermique en fonction du pourcentage de polystyrène :

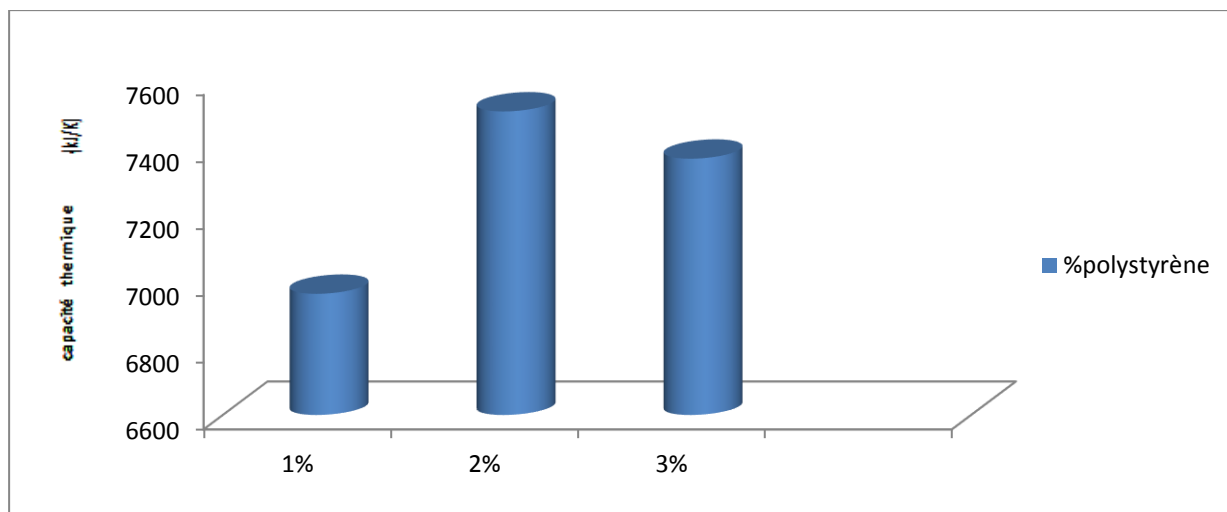


Figure IV.14 : Capacité thermique en fonction de pourcentage de polystyrène

D'après la figure IV.14, nous remarquons que la capacité thermique est proportionnelle au pourcentage de polystyrène jusqu'à la valeur de 2%. A partir de cette valeur, elle se stabilise. La capacité thermique varie d'une façon proportionnelle au pourcentage de fibre puisqu'elle varie proportionnellement avec la masse volumique. Nous le constatons bien dans les pourcentages de 2% et de 3% à condition qu'ils aient la même conductivité thermique contrairement à celui de 1% où la masse volumique est élevée et la conductivité thermique est faible (contrairement aux fibres de pailles). Cette dernière représente toujours la quantité d'énergie la plus faible à appliquer pour augmenter la température de 1°K.

IV.4.7. Variation de l'effusivité et la diffusivité en fonction du pourcentage du polystyrène :

La figure IV.15 et IV.16 montrent la variation de l'effusivité et la diffusivité thermiques en fonction du pourcentage de polystyrène :

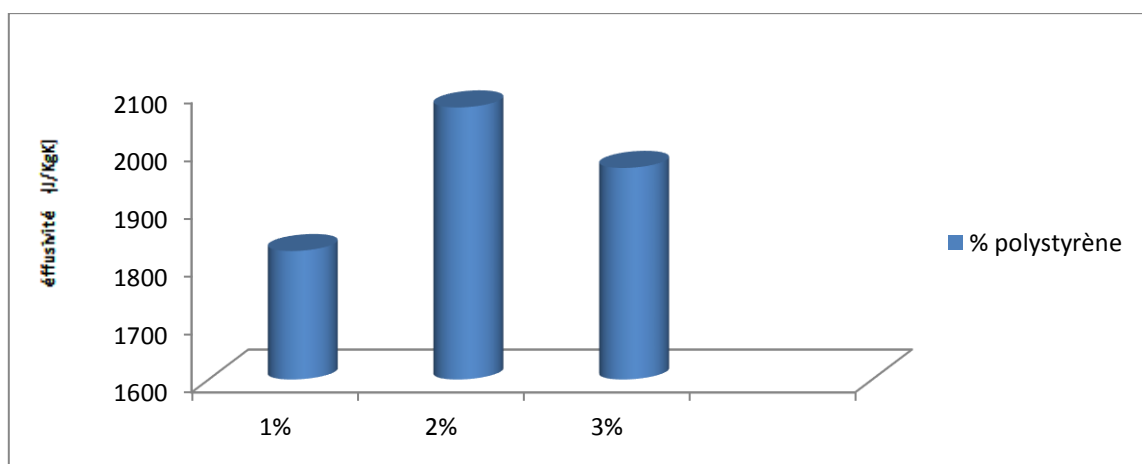


Figure IV.15 : Effusivité thermique en fonction du pourcentage de polystyrène

Nous constatons une variation de l'effusivité thermique en fonction de l'augmentation du pourcentage de fibre de paille. Elle est faible pour un pourcentage de 1%. Plus l'effusivité est élevée, plus le matériau absorbe l'énergie sans se réchauffer. Le contraire est vrai, plus elle est faible, plus vite le matériau se réchauffe, ce qui donnera la capacité de stocker de la chaleur pour un échange de transfert thermique.

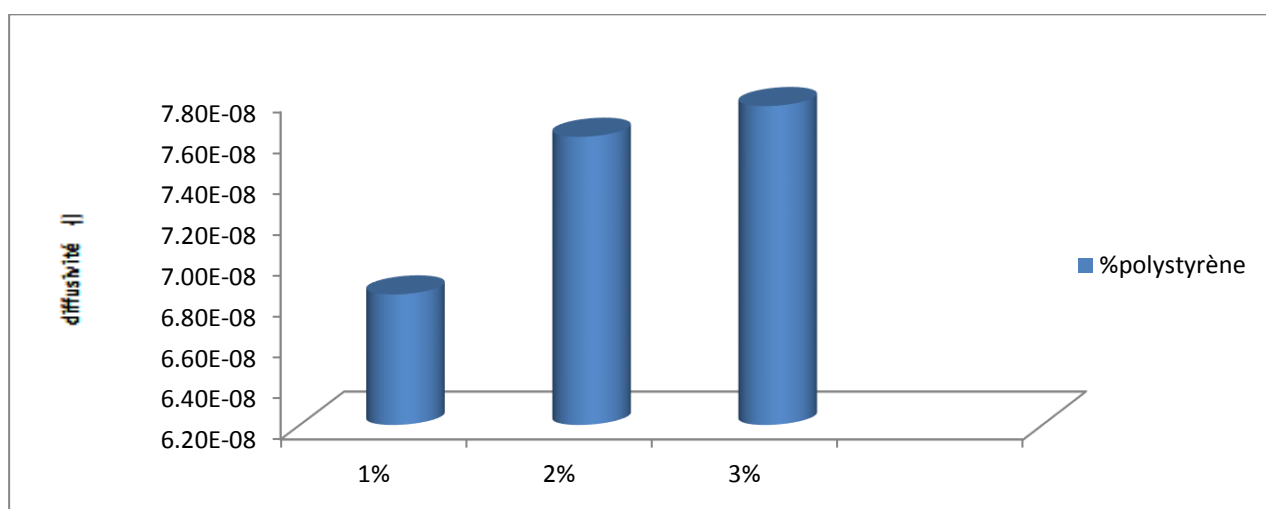


Figure IV.16 : Diffusivité thermique en fonction du pourcentage de polystyrène

D'après la figure IV.16, la diffusivité thermique décrit la rapidité d'un déplacement des calories à travers la masse d'un matériau et en référence au paragraphe précédent et au paragraphe (IV.4.6). Nous remarquons nettement que le matériau qui se réchauffe plus et celui qui a une diffusivité plus grande donnée par le pourcentage de 3%.

La conductivité thermique est rattrapé par la masse volumique ce qui est l'opposé totale des résultats obtenus de la composition A.

IV.4.8. Variation des résistances à la flexion et à la compression :

Brique	Rf (MPa)	Rc (MPa)
1% polystyrène	0,70	5,4
2% polystyrène	0,80	5,9
3% polystyrène	1,19	6,3

Tableau IV4 : Résistances à la flexion et à la compression en fonction du pourcentage des fibres

La figure IV.17 et IV.18 montrent la variation des résistances à la compression et à la flexion en fonction du pourcentage de polystyrène :

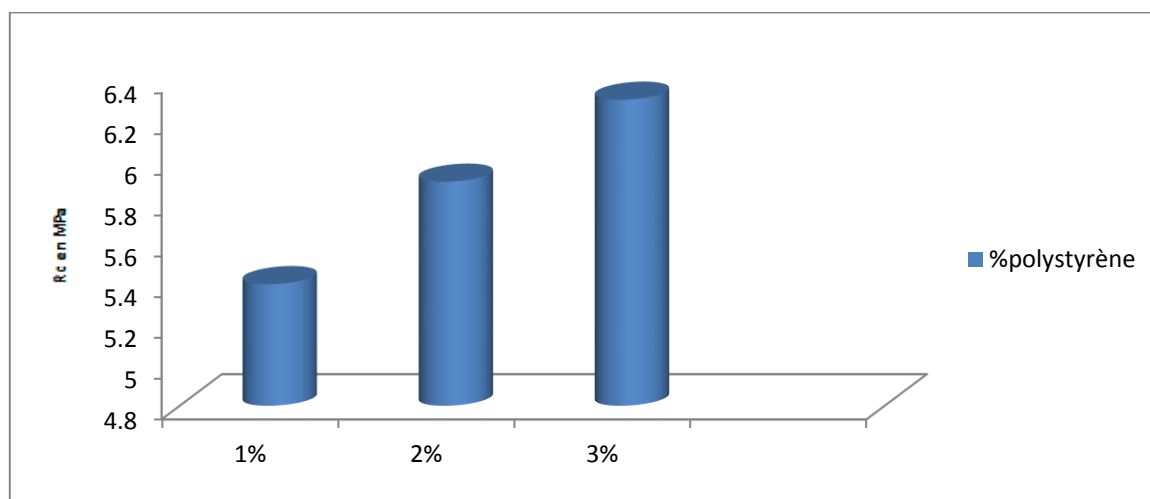


Figure IV.17 : Résistance à la compression par rapport au pourcentage de fibre

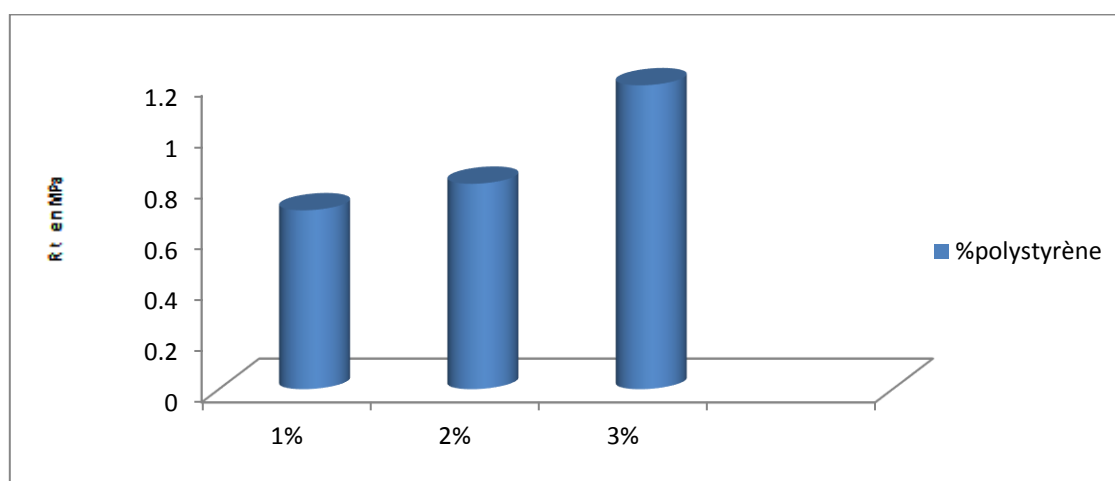


Figure IV.18 : Résistance à la flexion par rapport au pourcentage de fibre

Les figures IV.17 et IV-18 représentent la variation des résistances à la compression et à la flexion en fonction du pourcentage de fibre à 28 jours. Nous remarquons que l'augmentation du polystyrène améliore les performances mécaniques (ce qui est le contraire de la composition A). Les performances mécaniques sont meilleures pour la valeur de 3% de polystyrène respectivement la résistance à la compression $R_c = 6,2\text{MPa}$ et la résistance à la flexion $R_t = 1,19\text{MPa}$. Ces valeurs nous donnent une bonne brique conçue avec des matières naturelles (argile + sable) ou issue de matière de récupération telle que le polystyrène.

Nous pouvons traduire ces résultats par la forte cohésion des billes de polystyrène avec l'argile. Elle joue le rôle d'un agrégat où le noyau de la brique sera renforcé et que le processus d'évaporations ne fait qu'améliorer la cohésion.

Ces essais sont effectués sur une plage de six valeurs pour chaque pourcentage ou nous avons pris la valeur moyenne.

CONCLUSION 2 :

D'après les résultats obtenus de la composition **B**, nous déduisons :

Le comportement thermique de la brique de polystyrène **B** est opposé à celui de la brique de paille **A**. Cette constatation est valide dans l'analyse des résultats des paragraphes précédents.

Les meilleures performances thermiques (conductivité, résistance thermique, chaleur spécifique, capacité thermique, l'effusivité thermique) sont celles données par le pourcentage de 1% de polystyrène (cas de la brique B1) en générale. Pour le cas particulier de la brique B3 (diffusivité), la conductivité thermique a diminué d'environ 47% par apport à la composition de référence (argile + sable).

Les meilleures performances mécaniques sont celles données par le pourcentage de 3% de polystyrène (cas de la brique B3) en générale. La résistance à la compression a augmenté d'environ 275% de même pour la résistance à la flexion d'environ 200% par apport à la composition de référence (argile + sable) ce qui est remarquable.

IV.5. RESULTATS DES MESURES DE PROPRIETES THERMIQUES SELON LA COMPOSITION C :

IV.5.1. Résultats thermiques de la brique (argile + sable de dune + pailles + polystyrène) selon la composition C sont regroupé dans ce tableau :

Les résultats du mélange utilisé (argile + sable de dune + pailles + polystyrène) selon la composition C sont regroupés dans tableau suivant :

Eprouvette	Pourcentage en fibre		
	1% (F+P)	2%(F+P)	3%(F+P)
M (kg)	1,454	1,502	1,553
λ (W/m °K)	0,458	0,430	0,459
Rth (m²°K /W)	0,218	0,232	0,217
Cp (kJ/m³ K)	4159,7	3905,4	4168,8
ρ (kg/m³)	1454,00	1502	1553
C (kJ/°K)	6048,20	5865,91	6474,15
E (J/kg.°K)	1664,35	1588,19	1723,84
D (m²/s)	7,57E-08	7,33E-08	7,08E-08

Tableau IV.5 : Résultats thermiques selon la composition C

F : Fibre de paille ; P : Polystyrène ; M : Poids ; λ : Conductivité thermique ;

Cp : Chaleur spécifique ; Rth : Résistance thermique ; ρ : Masse volumique ;

C : Capacité thermique ; E : Effusivité thermique ; D : Diffusivité

IV.5.2. Variation de la conductivité thermique en fonction du pourcentage de fibre (paille + polystyrène (F+P)) selon la composition C :

La figure IV.19 montre la variation du la conductivité thermique en fonction du pourcentage de fibres (F+P) qui entre dans la confection de la brique en terre :

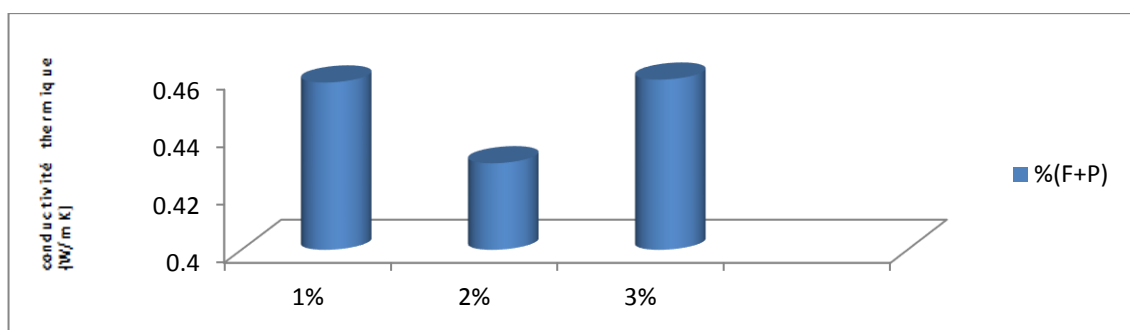


Figure IV.19 : Conductivité thermique λ en fonction du pourcentage de (F+P)

D'après les résultats obtenus de la conductivité thermique de composition C selon la figure (IV.19), nous avons constaté que le deuxième pourcentage est celui qui a donné un résultat satisfaisant (conductivité thermique faible) d'où l'isolation thermique est bonne. Nous pouvons expliquer ces résultats par les comportements différents des deux matières comme nous avons dit précédemment ce qui implique une forte correction dans le deuxième pourcentage.

IV.5.3. Variation de la résistance thermique en fonction du pourcentage de (F+P) :

La figure IV.20 montre la variation de la résistance thermique en fonction du pourcentage de fibre (F+P) :

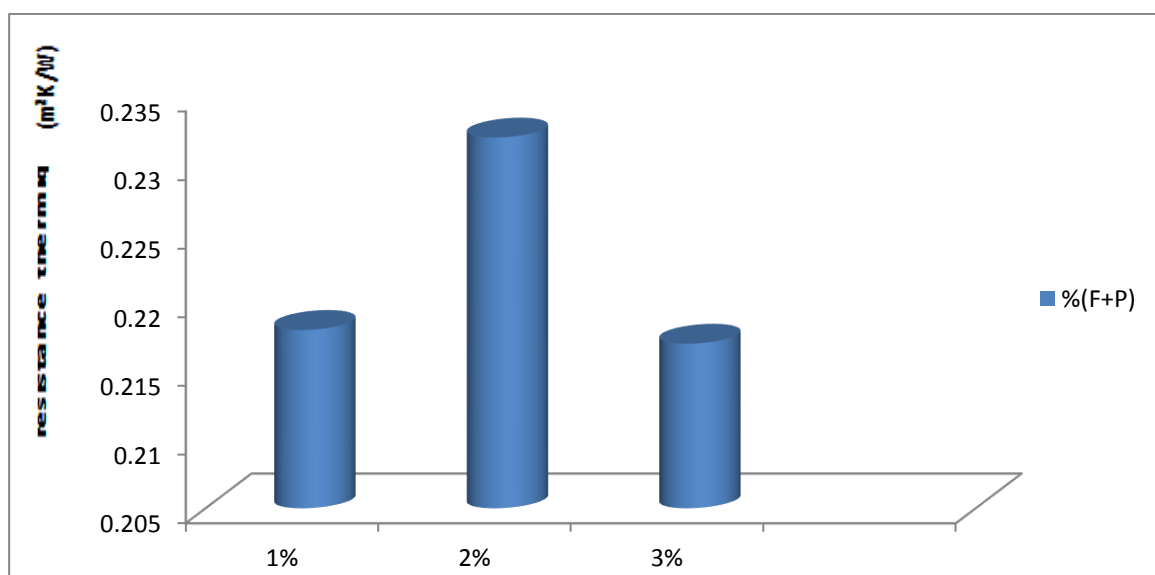


Figure IV.20 : Résistance thermique R_{th} en fonction du pourcentage de (F+P)

D'après les résultats de la figure (IV.20), nous déduisons que la résistance thermique diminue dans le premier et le dernier pourcentage tant que la conductivité thermique est élevée et le contraire est juste pour le deuxième pourcentage.

IV.5.4. Variation de la chaleur spécifique en fonction du pourcentage de (F+P) :

La figure IV.21 montre la variation de la chaleur spécifique en fonction du pourcentage de fibre (F+P) :

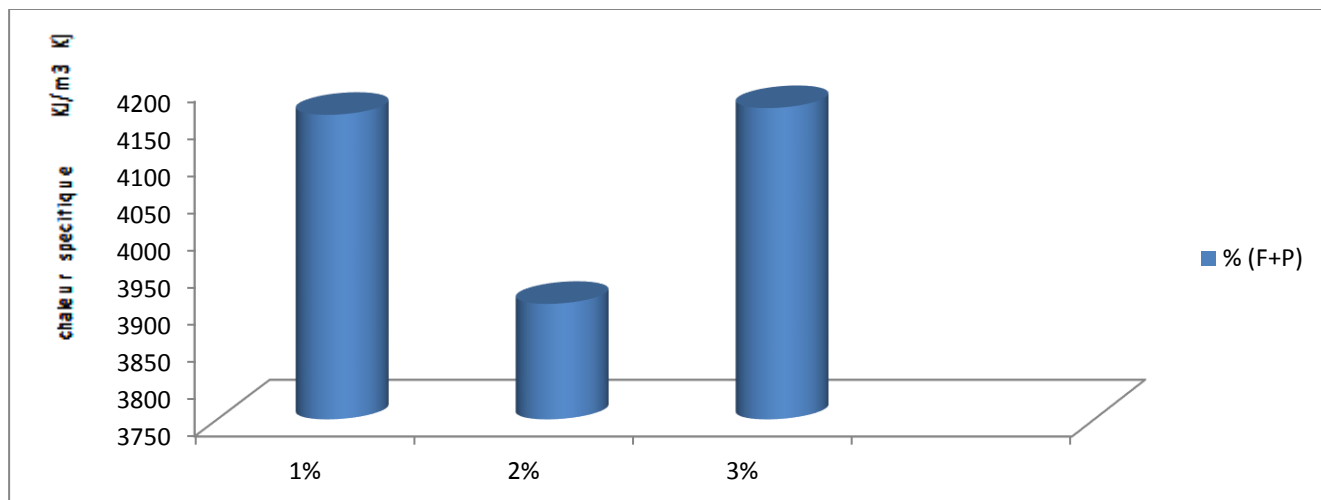


Figure IV. 21 : Chaleur spécifique C_p en fonction du pourcentage de (F+P)

D'après les résultats de la figure IV.21, nous remarquons que la chaleur spécifique se stabilise dans les pourcentages de 1% et de 3% tandis que la conductivité thermique est la même. Concernant le deuxième pourcentage, la chaleur spécifique est meilleure tandis que la conductivité thermique est faible.

IV.5.5. Variation la conductivité thermique en fonction de la masse volumique :

La figure IV.22 montre la variation de la conductivité thermique en fonction de la masse volumique :

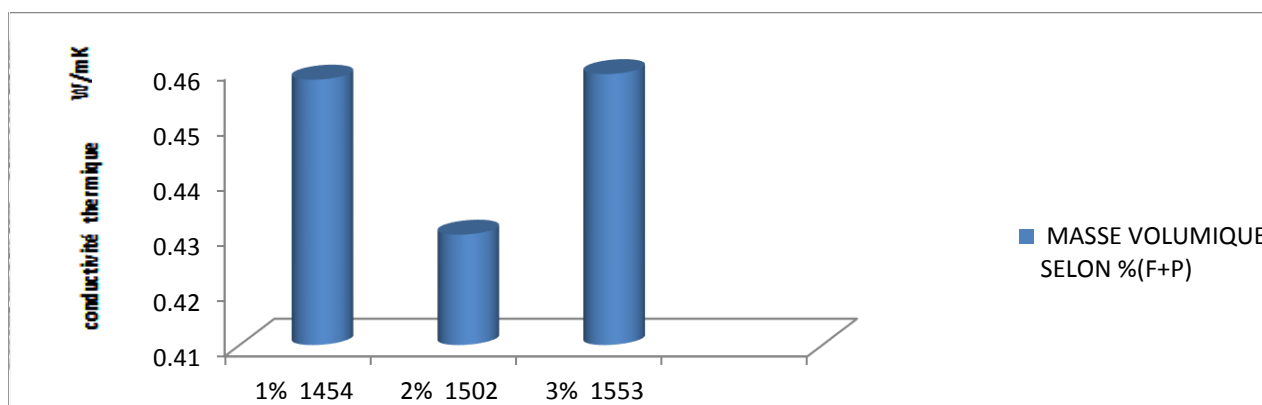


Figure IV.22 : Conductivité thermique λ en fonction de la masse volumique pour les différents pourcentages de (F+P).

D'après le résultat de la figure (IV.22) et le tableau (IV-5), nous pouvons constater que la masse volumique des briques de composition C est proportionnelle aux pourcentages des fibres (F+P). Cela est dû à l'eau emprisonnée dans la tige de la paille essentiellement et à la différence de la masse volumique de la paille et du polystyrène.

De ce fait, nous ne pouvons pas réguler ses deux matériaux sauf si nous augmentons le pourcentage de l'un par apport à l'autre. La conductivité thermique s'est avérée la meilleure dans le pourcentage et la masse volumique medium.

IV.5.6. Variation de la capacité thermique en fonction du pourcentage de (F+P).

La figure IV.23 montre la variation de la capacité thermique en fonction du pourcentage de (F+P) :

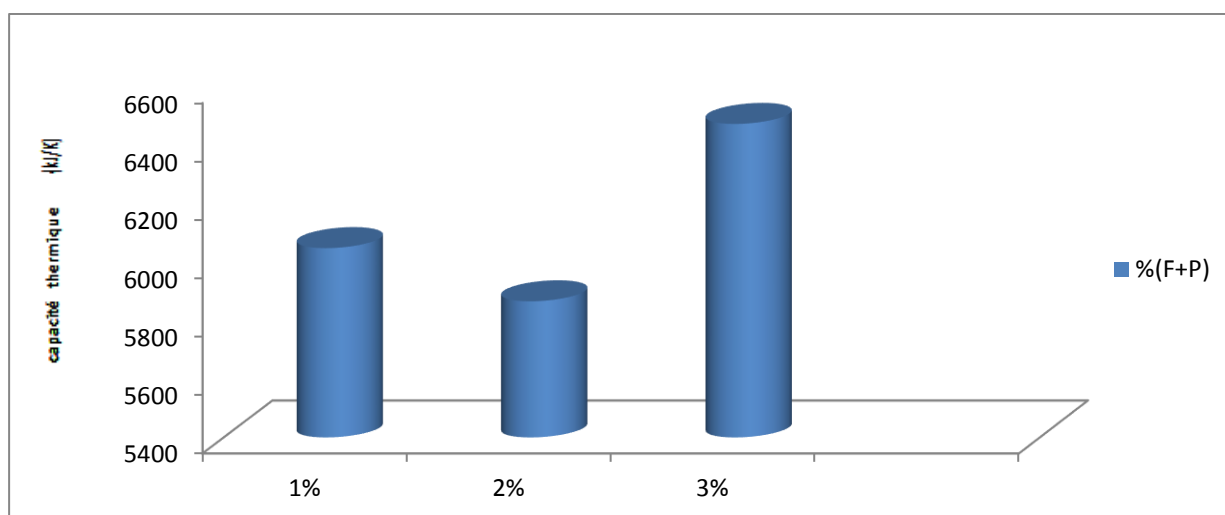


Figure IV.23 : Capacité thermique en fonction du pourcentage de (F+P)

Nous constatons une variation quelconque de la capacité thermique en fonction de l'augmentation du pourcentage de fibre. La capacité thermique varie d'une façon quelconque avec la masse volumique contrairement aux compositions A et B. Celle de 2% représente la quantité d'énergie la plus faible à lui apporter pour augmenter sa température de 1°K.

IV.5.7. Variation de l'effusivité et la diffusivité en fonction du pourcentage de (F+P):

Les figures IV.24 et IV.25 montrent la variation de l'effusivité et la diffusivité thermiques en fonction du pourcentage de (F+P) :

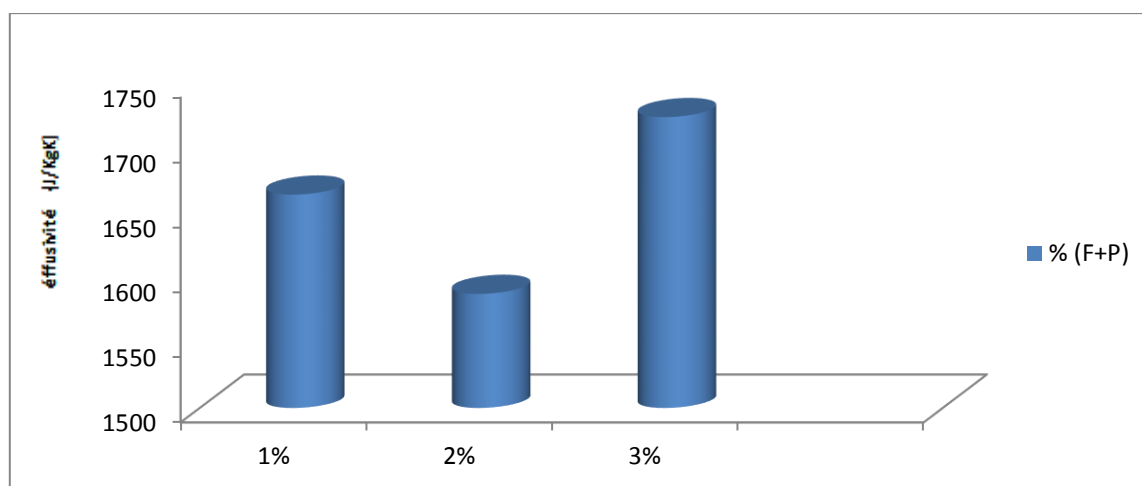


Figure IV.24 : Effusivité thermique en fonction du pourcentage de (F+P)

Nous constatons une variation de l'effusivité thermique en fonction du pourcentage (F+P) et celle de 2% nous donne un meilleur résultat. Plus l'effusivité est élevée, plus le matériau absorbe l'énergie sans se réchauffer. Et le contraire est vrai, plus elle est faible, plus vite le matériau se réchauffe ce qui nous permet de stocker la chaleur pour un transfert thermique.

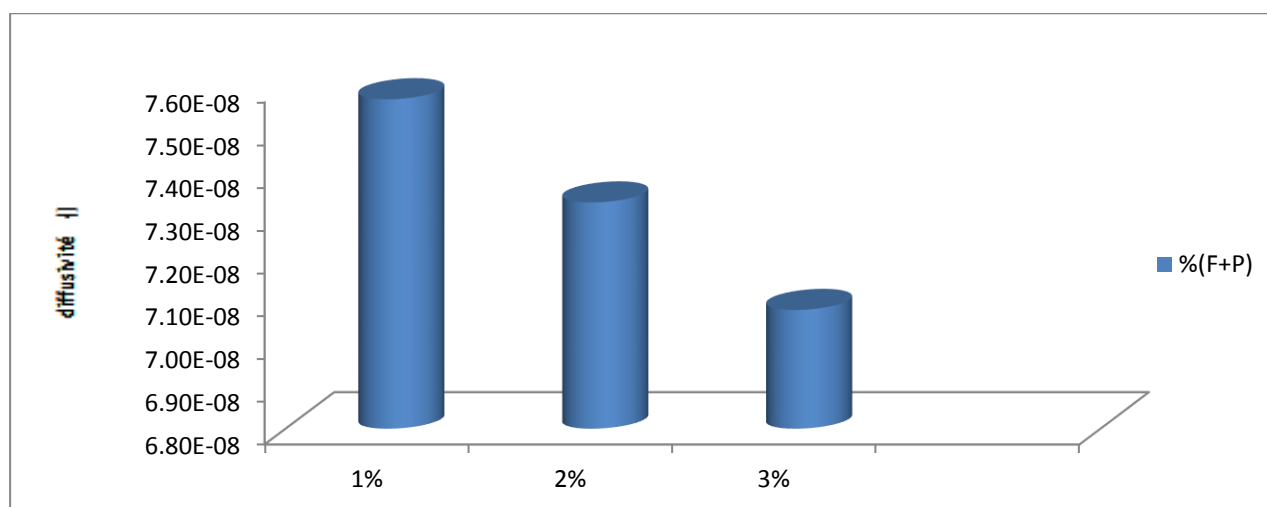


Figure IV.25 : Diffusivité thermique en fonction du pourcentage de (F+P)

La figure (IV.25) représente la diffusivité thermique qui décrit la rapidité d'un déplacement des calories à travers la masse d'un matériau. Nous remarquons nettement que le matériau qui se réchauffe plus est celui qui a une diffusivité plus grande. Celle de 1%, la conductivité thermique est rattrapé par la masse volumique ce qui est comparable aux résultats de la brique B3.

IV.5.8. Variation des résistances à la flexion et à la compression selon la composition C :

Les figures IV.26 et IV.27 montrent la variation des résistances à la compression et à la flexion :

Brique	Rf (MPa)	Rc (MPa)
1% (F+P)	0,495	4,5
2% (F+P)	0,360	4,3
3% (F+P)	0,330	4,2

Tableau IV.6 : Résistances à la flexion et à la compression en fonction du pourcentage des (F+P).

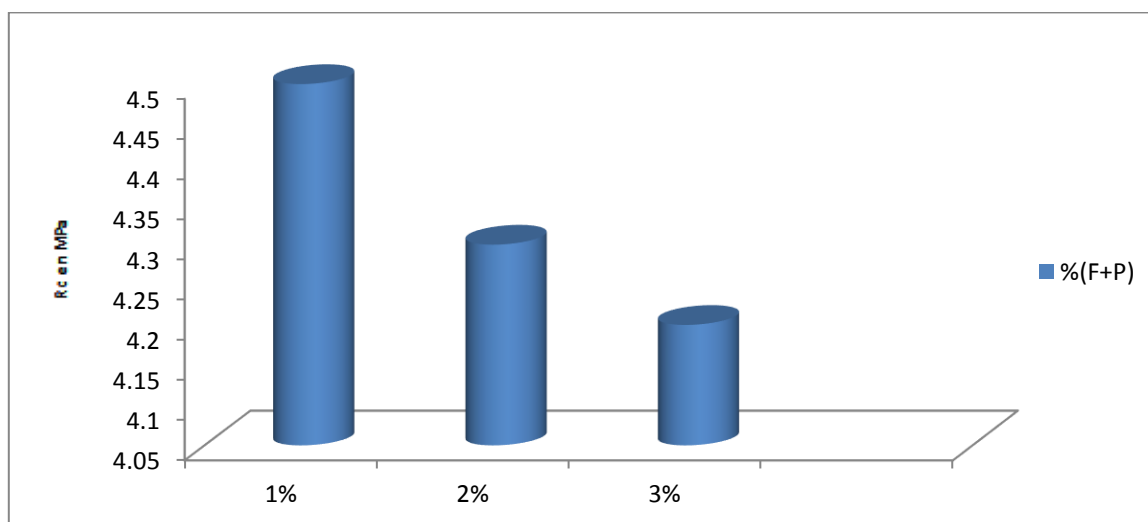


Figure IV-26. : Résistance à la compression en fonction du pourcentage de (F+P)

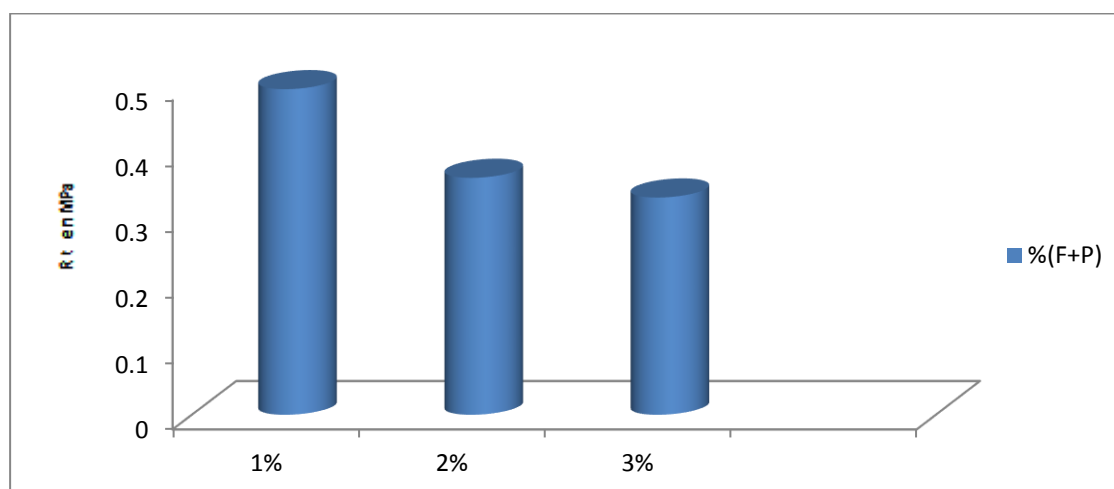


Figure IV-27. : Résistance à la flexion en fonction du pourcentage de (F+P)

Les figures (IV.26) et (IV.27) représentent la variation de la résistance à la flexion et à la compression, en fonction du pourcentage de fibre à 28 jours selon la composition C. Nous remarquons que l'augmentation de fibre n'améliore pas vraiment les performances mécaniques. Celle de 1% (F+P) détient les meilleures performances mécaniques.

A titre d'exemple avec 1% de fibre, nous avons obtenu une résistance de $R_c = 4,5$ MPa et $R_t = 0,495$ MPa. Ces essais sont effectués sur une plage de six valeurs pour chaque pourcentage ou nous avons pris la valeur moyenne.

CONCLUSION 3 :

D'après les résultats obtenus de la composition C, nous déduisons :

Le comportement thermique est différent à celui des briques A et B. Celle de la brique C2, ces résultats sont à corriger.

Les meilleures performances thermiques (conductivité, résistance thermique, chaleur spécifique, capacité thermique, l'effusivité) sont celles de 2% (F+P) (C2) en générale, et en particulier, la conductivité thermique de la brique C3 (diffusivité) a diminué d'environ 50% par rapport à la composition de référence (argile + sable).

Les meilleures performances mécaniques sont celles de 1% (F+P) (C1) en générale. La résistance à la compression a augmenté d'environ 100% mais la résistance à la flexion a diminué de 17% par rapport à la composition de référence (argile + sable) ce qui n'est pas le meilleur résultat par rapport à la composition B.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE :

D'après les résultats obtenus des compositions A, B et C, nous pouvons déduire :

La combinaison des deux matières différentes telle que le polystyrène et la paille dont le comportement est totalement opposé nous a donné une excellente performance thermique (composition C (C2)).

Les meilleures performances thermiques (conductivité, résistance thermique, chaleur spécifique, capacité thermique, l'effusivité) sont celles de 2% (F+P) (C2) en générale. La conductivité thermique a diminué d'environ 50% par apport à la composition de référence (argile + sable).

Les meilleures performances mécaniques sont celles de 3% polystyrène (B3) en générale. La résistance à la compression a augmenté d'environ 275% de même pour la résistance à la flexion d'environ 200% par apport à la composition de référence (argile + sable) c qui nous permet de déterminer le meilleur résultat des trois compositions.

Recommandation

D'après les résultats obtenus par cette recherche, et en vue d'une future utilisation rationnelle et efficaces de ces matériaux, nous recommandons les axes suivants pour compléter cette recherche :

- Etudier l'influence de la température de cuisson sur les propriétés thermo -mécaniques des briques.
- Faire des traitements spéciaux pour la paille avec des solutions qui diminueront l'absorption de l'eau.
- Changer la disposition de fibres utilisées dans le mélange, et essayer d'autre proportion pour le polystyrène et de paille (inferieur a 1%) et d' autre comprise entre 1 et 2 %
- l'utilisation des moyens industriels dans la confection des briques, permettant l'obtention des briques ayants des caractéristiques physiques et mécaniques meilleures.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] L. ALVISET, Matériaux de Terre Cuite "Techniques de l'Ingénieur" 1994.
- [2] [www. hmf.enseeiht.fr](http://www.hmf.enseeiht.fr).
- [3] M. DJOUHRI, Mémoire de magister Génie Civil « confection d'une brique à base de sable de dunes», Université Kasdi Merbah Ouargla 2007.
- [4] GIOVANNI PIERS ,la brique fabrication et traductions constructives Edition EYROLLES](édition EYROLLES) 2005.
- [5] Collection Mémento Technique, tuiles et brique de terre cuite, Edition moniteur paris 1998.
- [6] R. DELEBECQUE, Éléments de Construction "Bâtiment", Edition Delagrave 1990.
- [7] www.bricoman.fr.
- [8] N. ARABI, Mémoire de Magister "Etude des Brique Silico-calcaire à Base de Laitier Granule, Université De Annaba 1988.
- [9] M VENUAT, Produits Silico–calcaire "Techniques de l'Ingénieur"1994.
- [10] Réunion D'ingénieurs, Matériaux de Construction, Edition Ayrolle 1979.
- [11] CRATerre, Centre International pour la Construction en Terre, H. GUILAUD, Ecole d'Architecte de Grenoble, Encyclopédie de Bâtiment Tome 2 Edition Wake 1997.
- [12] CRATerre, H .HOUBEN, H et VERNEY, P.E. Bloc de Terre Comprimée : choix De
- [13] RHONE A , « Le pisé » [www .ageden.org](http://www.ageden.org) ,Edition Décembre2010
- [14] CRATerre, P. DOAT, .et AL, Construire en Terre, Edition Alternative Paris, 1983
- [15] Magazine « La Maison écologique »
- [16] MOHAMED FILALI, Conductivité thermique apparente des milieux granulaires, , L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE.
- [17] www.p-a-hilton.co.uk.
- [18] www.isover.be.
- [19] Site : www.arcelormittal.com/arval .
- [20] Mémoire technique des bâtiments ,ministère de l'équipement française.
- [21] AZZOUZ Hocine, Etude des bétons à base des sables de dune univ de Biskra.
- [22] RABHI Mohammed Abdeljabar, (2012) : ‘‘Rapport de Stage : Description des essais de laboratoire’, UKM, Ouargla
- [23] Dr. GHOMARI Fouad, « science des matériaux de construction », Université Aaboubekr Belkaid

- [24] M. ELALOUANI et M. Hadj Said ,Mémoire de master Génie Civil « Etude de la propriété rhéologique du béton de sable du dune », Université Kasdi Merbah Ouargla 2011.
- [25] Horta O S., 1979 – Les encroûtements calcaires et les encroûtements gypseux en Géotechnique routière – Service des publications du laboratoire de M.D.S., Base SONATRACH, Blida, Algérie.
- [26] ROBERT PERRIN ,JEAN-PIERRE SCHARFF, chimie industrielle , Masson , paris 1993.
- [27] CNERIB Document technique réglementaire (D.T.R.C3-2); Algérie ,1993
- [28] CHOUDINJ ; MORICE .C et KECHICH N., " Ambiance Thermique " Université de la méditer année ; 2003/2004
- [29] CAYE S.," Caractérisation des propriétés Mécaniques, acoustiques et thermiques de matériaux locaux de construction au Sénégal" Thèse de DOCTORAT D'ETAT
- [30] S. TAMBA, L. M VOUMBO, A. WEREME, S. GAYE, G. SISSOKO, DURABILITE DES BETONS LEGERS A BASE DE COPEAUX DE BOIS ,journal des sciences, N° 4 (2007).
- [31] BEN KOUIDRI SABRINA mémoire fin d'étude master ,confection d'une brique a base de sable de dune , 2015 .
- [32] DUPAIN. R, LANCHON. R, J. C. SAINT ARROMAN « granulats, sols, ciments et bétons – caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire », Edition CASTEILLA – 25, rue rouge-75005 Paris 1995.
- [33] YVES J., « Théorie et pratique de la métrologie thermique » Ecole des mines Nancy, Edition 2008.
- [34] GORISSE F "Essais et contrôle des béton" , Edition Eyrolles, vol.2, Paris ; 1978 .
- [35] ALAIN L., «Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques » édition Le Moniteur ,2005.
- [36]Fiche Thermique « Isolation thermique », Mairie de Paris ,Edition Novembre2009.
- [37] SAINT G., « Introduction à la thermique de bâtiment », Edition 2012.
- [38]FRANÇOISE F., « Les propriétés thermiques des matériaux et les références métrologiques »Laboratoire national métrologie et d'essais Paris, Décembre 2010.
- [39] MEDJELEKH D., « Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment »mémoire de magister université Mentouri de Constantine , 2006.
- [40] MFOURA., « Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie » thèse de doctorat, université Mentouri Constantine, 2008.

- [41] ALAIN M. et ARLETTE Z., « Habitat traditionnel dans le monde éléments pour une approche » Etablissement humains et environnement socio-culturel UNESCO Aout1983.
- [42] M'SELLEM H. et ALKAMA D., « Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique - Cas des lieux de travail dans les milieux arides à climat chaud et sec », Revue des Energies Renouvelables, 2009.
- [43] BENTCHIKOU M. « Contribution A L'étude Et A L'élaboration De Matériaux Composites Pour L'isolation Thermique Cas de béton de fibres de papiers recyclés » thèse de doctorat Ecole Nationale Polytechnique Alger, Mai 2008.
- [44] Certu A. « Le confort thermique » mémento technique du bâtiment , Juillet 2003.
- [45] L'office National De Météorologie « Les données climatique de Ouargla de l'année 2002 jusqu'à l'année 2011 ».
- [46] Direction De L'énergie Et Des Mines De La Wilaya De Ouargla « Donnée sur l'énergie électrique de la ville de Ouargla de l'année 2010 jusqu'à l'année 2012 ».
- [47] Algérien des Energies Renouvelables, « La conception bioclimatique des bâtiments » <http://portail.cder.dz/spip.php.article3212>, avril 2013.
- [48] ALLEMAND A., « Une maison guyanaise des années 1970 restructurée en maison bioclimatique ». Mémoire formation H.Q.E, Ecole d'architecture de Lyon, 2008.
- [49] La daïra de TOUGGOURT <http://fr.getamap.net/>, 2013.
- [50] DUPAIN R. « Granulas, sols, ciments et bétons » Caractéristique des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire, Edition1995.
- [51] CHERAIT Y., « Elément de matériaux de construction et essais », Edition 2006.
- [52] KEBAILI N., « Analyse du gonflement de l'argile en relation avec ses limites de résistance Application aux argiles de Hassi Messaoud et d'In Aménas » mémoire magister , Université de Ouargla , 2006.
- [53] KRIKER 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.
- [54] http://oci.cstb.fr/simulation/choix_proc.asp
- [55] FILALI M., « Conductivité thermique apparente des milieux granulaires soumis à des contraintes mécaniques : modélisation et mesures » thèse de doctorat , école doctorale TOULOUSE , Février 2006.
- [56] MICHEL J., « Guide pratique de l'isolation thermique des bâtiments », Edition Eyrolles ,1977.
- [57] RIGACCI A « La mesure de conductivité thermique » Ecole de mine PARIS centre énergétique.
- [58] CT Mètre « Guide d'utilisation » 2010.

Confection des éprouvettes annexe Photo A1



Annexe

Confection des éprouvettes annexe Photo A1



Photos (A2)



Photos (A3)



Annexe

Photos (A3)



Photos (A4)

