

# Étude expérimentale des propriétés thermophysiques d'un composite à base de fibre naturelle

M. EL MARHOUNE<sup>1</sup>, A. LACHHEB<sup>1</sup>, R. SAADANI<sup>1</sup>, MY. R. KABIRI<sup>2</sup>  
M. BENYASSI<sup>1</sup>, O. OUSSOUADDI<sup>1</sup>, M. RAHMOUNE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Etude des Matériaux Avancés et Applications, FS-EST Meknès, Université Moulay Ismail, BP 11201, Avenue Zitoune, Meknès, Maroc.

<sup>2</sup>Département Matériaux et Procédés, ENSAM, Meknès, Université Moulay Ismail, BP.15290, Meknès, Maroc.

## Résumé

L'alfa (*Stipa Tenacissima*), plante qui pousse dans des régions sèches, a une grande importance écologique parce que sa culture ne nécessite ni de quantités d'eau énormes, ni d'insecticides et de pesticides [1]. La plante est une graminée et est un membre de la famille des herbes. C'est une plante permanente qui ne disparaît pas pendant l'hiver et qui pousse indépendamment formant des nappes. Grâce à la faible consommation d'eau, l'alfa est endémique dans la région méditerranéenne d'ouest, une région plutôt sèche. L'exploitation de cette plante est un sujet approprié. C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail. En effet une étude expérimentale a été menée pour déterminer l'effet d'ajouter des fibres d'alfa considéré comme additif sur les propriétés thermiques du plâtre pris comme matrice. Les échantillons ainsi préparés sont soumis à une opération de séchage afin de s'assurer de l'absence d'humidité à l'intérieur des pores. A cet effet la méthode de perte de poids est utilisée. Les résultats obtenus montrent qu'une augmentation du pourcentage d'alfa engendre une diminution significative de la conductivité thermique du composite.

**Mots clefs :** *alfa, plâtre, perte de poids, conductivité thermique.*

## 1. Introduction

Depuis des années, de nouveaux matériaux composites ont émergé dans le paysage industriel. Les contraintes environnementales et les nouvelles réglementations sur le recyclage des matériaux composites ont poussé les industriels à développer de nouveaux matériaux issus de ressources renouvelables [2].

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet des fibres d'alfa sur les caractéristiques thermiques du plâtre considéré comme matrice. Pour cette raison, une étude expérimentale a été menée afin de déterminer la variation de la conductivité thermique du nouveau matériau composite, en fonction des différents pourcentages de l'additif (1.3% et 5%). Les propriétés thermophysiques ont été déterminées à l'aide de la méthode des boîtes conçue par le Laboratoire d'Etudes Thermiques et Solaires de l'Université Claude Bernard de Lyon.

## 2. Préparation des échantillons

La préparation des échantillons est réalisée à température ambiante selon le protocole suivant :

- On mélange le plâtre et les additifs à l'état sec ;
- On verse en une fois le mélange dans la quantité d'eau nécessaire au gâchage ;
- On malaxe le tout (produits sec + eau de gâchage) pendant 2 minutes ;
- Le mélange est coulé par la suite dans des moules aux dimensions choisies ;
- Les fibres d'alfa sont ensuite étalées sur la première couche.
- La dernière couche est remplie par le reste du plâtre.
- Les échantillons sont ensuite laissés sécher.

L'échantillon est considéré sec lorsque sa masse se stabilise.

Epaisseur (cm)	Plâtre (%)	Fibre d'alfa (%)	E/P	Formulation
4	98.7	1.3	0.7	ECH1:FA:1.3
4	98.7	1.3	0.7	ECH2:FA:1.3
4	95	5	0.7	ECH3:FA: 5
4	95	5	0.7	ECH4:FA: 5

Tableau 1 : Composition et dimensions des échantillons.

## 3. Méthodes et Mesures

### 3.1 Cinétique de séchage

Les masses humides des échantillons sont mesurées au moyen d'une balance électronique à affichage numérique, de précision de  $\pm 0,001$  g. Cette méthode de mesure permet de suivre la diminution du poids du matériau au cours du séchage.

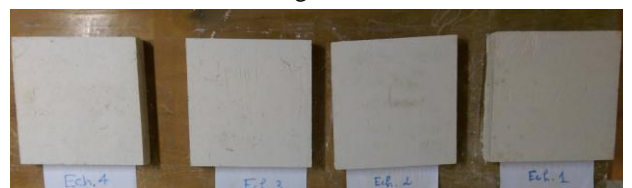


Figure 1 : Echantillons préparés.

Les échantillons (figure 1) sont pesés jusqu'à ce qu'ils atteignent leur déshydratation maximale. L'expérience de séchage est arrêtée lorsque trois mesures successives de la masse de l'échantillon affichent une différence n'excédant pas 2g.

On effectue une double pesée avant et après un passage d'une durée suffisante de séchage. La figure 2 illustre la perte de poids des quatre échantillons.

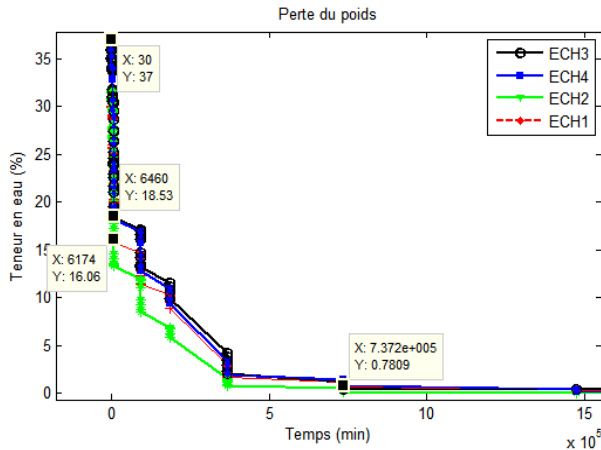


Figure 2 : Cinétique de séchage.

### 3.2 Méthode des boîtes

La méthode des boîtes est une méthode de régime permanent : il s'agit de réaliser un écoulement de chaleur unidirectionnel à travers un échantillon de matériau à tester, en effectuant les mesures après obtention du régime permanent (Figure 3).

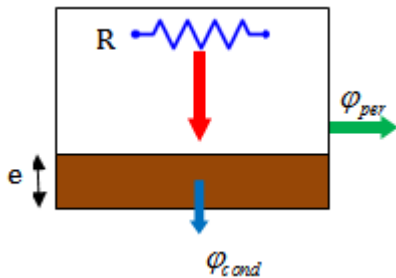


Figure 3 : Schéma de principe de la méthode des boîtes.

En régime permanent, obtenu deux ou trois heures après le début de l'expérience, on a :

$$\varphi_{res} = \varphi_{per} + \varphi_{cond}$$

Avec :

$$\varphi_{res} = \frac{V^2}{R} \quad \text{Puissance émise par la résistance.}$$

$$\varphi_{per} = c(T_B - T_a) \quad \text{Pertes latérales.}$$

$$\varphi_{cond} = \frac{\lambda_e S}{e}(T_C - T_F) \quad \text{Flux par conduction.}$$

On en déduit la conductivité thermique de l'échantillon  $\lambda_e$  :

$$\lambda_e = \frac{e}{S(T_C - T_F)} \left[ \frac{V^2}{R} - c(T_B - T_a) \right]$$

Avec:

- $e$ : L'épaisseur de l'échantillon.
- $S$ : La surface de la face de l'échantillon.
- $c$ : La constante des pertes latérales.
- $V$ : La tension aux bornes de la résistance.
- $R$ : La valeur de la résistance chauffante.
- $T_c, T_f, T_b, T_a$  sont respectivement les températures de la face supérieure, la face inférieure, la boîte et celle de la salle.

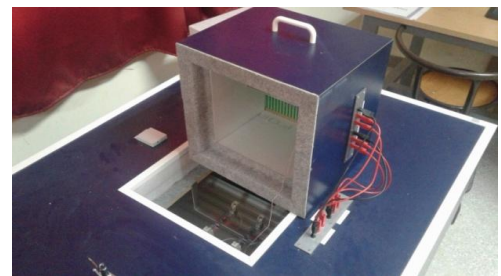


Figure 4 : Cellule de mesure EI700.

### 3.3 Etalonnage de la cellule de mesure

Cette opération consiste à regrouper les différentes sondes de surface autour de la sonde d'ambiance de la salle puis les coiffer avec la boîte. Après un temps de stabilisation des températures (environ 3 heures), on relève les valeurs indiquées par chaque thermosonde. Les écarts entre les températures mesurées et la température moyenne sont pris en considération dans le calcul de la conductivité thermique.

## 4. Résultats

### 4.1 Conductivité thermique

Avant de procéder à la mesure de la conductivité thermique, nous avons étalonné les différentes sondes de la cellule EI700, évalué la constante de déperdition thermique de la boîte B1. On réalise les conditions de l'essai illustré sur le tableau 2 puis une fois le régime permanent est établi, on relève les gradients de température de part et d'autre de l'échantillon (figure 5). Le tableau 3 présente les conditions d'essai pour la mesure de la conductivité thermique.

Tension (V)	Résistance (Ω)	E (mm)	S (mm <sup>2</sup> )
50	1737,8	40	70225

Tableau 2 : Conditions d'essai.

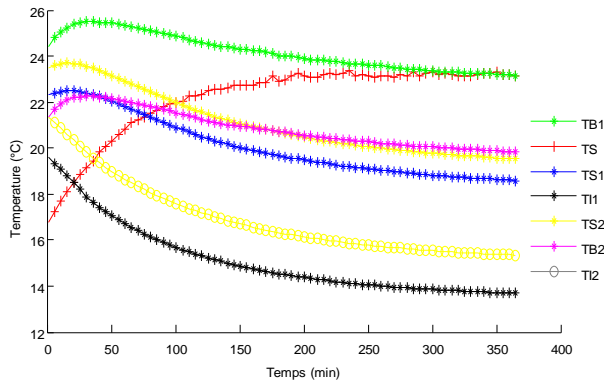


Figure 5: Evolution des températures indiquées par les capteurs.

Le tableau 3 dresse les résultats de mesure de la conductivité thermique des quatre échantillons de différent dosage (0%, 1,3%, 5%, de fibre d'alfa).

	Echantillon	Conductivité thermique mesurée (W/m.K)	Conductivité thermique littérature (W/m.K)
0 %	1	0,501 ± 0,002	0,4 - 0,57
	2	0,503 ± 0,005	
	3	0,492 ± 0,007	
1.3 %	1	0,277 ± 0,002	
	2	0,276 ± 0,005	
	3	0,277 ± 0,007	
5 %	1	0,227 ± 0,002	
	2	0,227 ± 0,005	
	3	0,228 ± 0,007	

Tableau 3 : Valeurs de la conductivité thermique

Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 6, on constate que plus on augmente le pourcentage des fibres d'alfa plus la conductivité du matériau diminue. Dans ce cas, les valeurs de la conductivité thermique diminuent de 0,501 à 0,227 W/m.K en augmentant le pourcentage d'alfa de 0% à 5%.

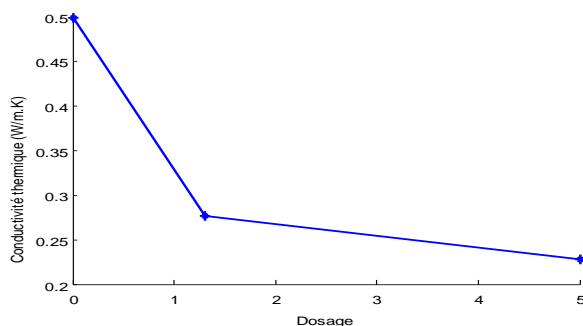


Figure 6 : Evolution de la conductivité thermique.

## 4.2 Diffusivité thermique

On applique un flux thermique sur la face chaude ; on peut réguler la puissance émise et la durée du flash, Puis

on relève sur le thermogramme l'élévation de température et on repère les temps pour lesquels on a : 1/3, 1/2, 2/3, 5/6 de la valeur maximale. On applique alors les trois formules [3] suivantes et on prend la moyenne pour la valeur de la diffusivité  $a$  :

$$a_1 = \frac{e^2}{t_{5/6}^2} [1,15 t_{5/6} - 1,25 t_{2/3}]$$

$$a_2 = \frac{e^2}{t_{5/6}^2} [0,76 t_{5/6} - 0,926 t_{1/2}]$$

$$a_3 = \frac{e^2}{t_{5/6}^2} [0,618 t_{5/6} - 0,862 t_{1/3}]$$

Diffusivité (m <sup>2</sup> /s)	ECH1:FA:1.3	ECH1:FA:5
$a_1$	4,05202.10 <sup>-7</sup>	3,05202.10 <sup>-7</sup>
$a_2$	3,7443110 <sup>-7</sup>	3,4246.10 <sup>-7</sup>
$a_3$	3,6971510 <sup>-7</sup>	3,2527.10 <sup>-7</sup>
$a$	3,83.10 <sup>-7</sup>	3,243.10 <sup>-7</sup>

Tableau 4 : Diffusivité thermique des échantillons

La diffusivité thermique diminue en fonction de la croissance des pourcentages de fibres. Par conséquent plus le composite contient des fibres d'alfa, moins il permet la transmission de la chaleur, ce résultat est important dans l'isolation thermique ; un matériau isolant doit non seulement avoir une faible conductivité thermique mais doit également permettre de retarder la transmission de la chaleur.

## 5. Conclusion

Cette étude a identifié l'effet d'ajouter différents pourcentages des fibres d'alfa sur la conductivité et la diffusivité thermique du plâtre. Les résultats prouvent que ce matériau a des caractéristiques thermiques intéressantes et génère une économie d'énergie en raison de sa bonne capacité d'isolation thermique.

## Références

- [1] Akchiche O., Messaoud Boureggha K., Esparto Grass (Stipa Tenacissima L.), raw material of papermaking. First Part, *Chimija rastitel''nogo syr''ja*, 4, 2007, 25-30.
- [2] N. EL HAJJ, R.M. Dheilly, Z. Aboura, M.L. Benzeggagh and M. Queneudec, Manufacturing process of 100% vegetable composites: Effect of the flax tow grading and the addition of biological matrix. *JNC 16*, Jun 2009, Toulouse, France. AMAC, 2009, p 10.
- [3] Y Jannot, Félix V, Degiovanni A., A method of the hot plate centered for the measure of the thermal ownership of the slim insulating materials, *Meas Sci Technol* 2010; 21(3).