Caractérisation mécanique et thermique d'un biomatériau à base de terre et des fibres végétales.

Hajar Ennassih[1], Rachid Bouferra[1], Amine Zoubir[1], Lahcen Essaleh[1], Said Elhassri[1]
[1] *Laboratoire de la matière condensée et nanostructure de Marrakech.*

RESUME : L'objectif de cette étude est la valorisation des matériaux naturels renouvelables locaux destinés à être utilisés en tant que matériaux de construction. L'effet d'incorporation des fibres de la plante d'Alfa dans la matrice pisé a été étudié. On note que le broyage donne une meilleure caractéristique mécanique. L'ajout de fibres d'Alfa dans la matrice pisé augmente d'une manière importante la résistance à la compression et confère au matériau une ductilité plus grande que celui non fibré. Cette augmentation de la résistance à la compression est amplifiée pour une fraction de 1,5%. Les résultats obtenus montrent également une diminution de conductivité thermique pour une augmentation des proportions de fibres, ce qui améliore leur utilisation dans l'isolation thermique.
Mots-clefs : Pisé, Alfa, mécanique, conductivité thermique.

I. INTRODUCTION

Dans une démarche du développent durable, nous proposons dans le cadre de ce travail scientifique d'étudier des matériaux à base de terre (Pisé) en utilisant des nouveaux végétaux d'une plante appelée « Alfa ». Elle se trouve en quantité abondante dans tous les pays du Maghreb, voire même au sud de l'Espagne. Elle est utilisée principalement dans l'industrie papetière, mais récemment des travaux de recherches ont montré la possibilité d'utiliser les fibres de cette plante dans le domaine des matériaux composites à usage médical et dans la fabrication des non-tissés dans le domaine du textile technique [1]. La disponibilité de cette matière première et son faible coût, nous a encouragés à utiliser ces fibres dans le renforcement du matériau de construction (pisé), qui est un sujet d'actualité dans nos jours.

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet des fibres d'alfa sur les caractéristiques mécaniques et thermiques du pisé considéré comme matrice. Pour cette raison, une étude expérimentale a été menée afin de déterminer la variation de la résistance mécanique et de la conductivité thermique du nouveau matériau composite, en fonction des différents pourcentages de l'additif (0,5% à 2,5%).

II. Matériaux utilisés

Le Pisé

La terre non cuite en pisé a été extraite de la région de Marrakech située dans le sud du Maroc. Le test des limites de l'Atterberg et l'analyse granulométrique ont été effectués pour déterminer les propriétés géotechniques et physiques du matériau de terre. La distribution granulométrique a été déterminée par un essai de tamisage selon la norme NF P 94-056. Le tableau 1 montre la répartition granulométrique utilisée pour la terre (pisé). Les limites d'Atterberg ont été déterminées par une méthode standard selon la norme NF P94-051. Les valeurs des limites de liquidité et plasticité sont respectivement de 30 et 15 %. On en déduit donc que l'indice de plasticité est de 15 %. Notre matériau appartient à la famille des terres modérément plastiques.

Tableau 1: Distribution de taille des grains des matériaux

Taille des grains	>20 mm	20 mm-5mm	5 mm-80 µm	80 µm-2 µm	< 2 µm
Percentages passant par volume (%)	7.1	17.1	39.5	20.5	15.8

Tableau 2: Propriétés physiques du pisé.

Densité massique apparente (Kg/m³)	1550	Densité maximale sèche (g/cm³)	
Densité volumique absolue (Kg/m³)	1830	Blue de méthylène(g)	1,36
Conductivité thermique (W.m⁻¹.k⁻¹)	0,35	Carbonate de calcuim($CaCo_3$) (%)	13,18

La composition chimique du matériau est déterminée par la technique de spectrométrie à fluorescence X dispersive de longueur d'onde S4BRUCKER (tableau 3).

Tableau 3: Composition chimique du matériau

Total silica**SiO2**	Oxide of titane **TiO2**	Alumina **Al2O3**	Oxide of iron**Fe2O3**	Oxide of manganese**MnO**	Magnesia**MgO**	Lime**CaO**	Oxide of sodium **Na2O**	Potash**K2O**
46.227	0.729	11.253	5.112	0.099	2.795	3.162	0.481	2.571

Alfa

La fibre d'Alfa utilisée dans cette étude provient de la région d'Oujda (nord ouest du Maroc). En éliminant la poussière, l'Alfa est séché au laboratoire dans une étuve sous une température de 60°C et durant sept jours jusqu'à stabilisation de la masse. Ensuite, l'Alfa est broyée en utilisant un broyeur à végétaux afin d'obtenir des petites particules dont la longueur varie entre 1 et 30mm.

Tableau 4 : Propriètes physiques d'Alfa [5]

Densité massique apparente (Kg/m³)	99,4	Densité maximale sèche (g/cm³)	1,51
Densité volumique absolue (Kg/m³)	1309,5	Diamètre (µm)	5-95
Conductivité thermique (W.m⁻¹.k⁻¹)	0,042	Coefficient d'absorption (%)	56

III. Résultats et discussions :

Des essais expérimentaux ont été réalisés sur le mélange pisé –Alfa afin d'étudier l'influence des plusieurs paramètres notamment le broyage, teneur en fibre sur la résistance mécanique à la compression, la conductivité thermique. Les essais de compression ont été réalisés sur des échantillons cylindriques de dimension : 20 mm de diamètre et 40 mm de hauteur. Des grains du Pisé de diamètres maximums de Dmax = 125 µm et de Dmax = 3,15mm correspondant respectivement aux états broyé et non broyé ont été utilisés. Le matériau est ensuite mélangé à différents pourcentages de fibres d'Alfa allant de 0,5% à 2,5%. Le mélange est obtenu par malaxage afin d'obtenir une bonne homogénéité. Le remplissage de chaque échantillon est obtenu par compactage à l'aide d'une presse manuelle et sous la même pression de compactage qui est de l'ordre de 30 Mpa.

Effet du broyage sur la résistance à la compression

Les résultats présentés dans la figure 4 montrent l'influence du broyage du pisé sur la résistance à la compression pour déférents teneurs en Alfa (0% et 2%). On note que le pisé broyé (Dmax = 125 µm) a une meilleure caractéristique mécanique par rapport au pisé non broyé (Dmax = 3,15mm). On note que le broyage du matéraiu augment d'une manière significative la résistance à compression. En effet, la résistance à la compression du pisé broyé est de 6,12 MPa ; alors que pour le pisé non broyé est de 3,5 MPa. Cette augmentation est de l'ordre de 43%. De plus, la résistance à compression du pisé broyé renforcé par de 2% en fibre d'Alfa augmente d'une manière importante par rapport à celle du pisé non broyé renforcé avec le même pourcentage en fibre d'Alfa. Cette augmentation est équivalente à 38%. Ceci peut s'expliquer par la présence des fines issues du broyage qui rend le diamètre des grains plus petit en réduisant la proportion des vides et multipliant les contacts entre les grains du sol ce qui entraine une meilleure résistance.

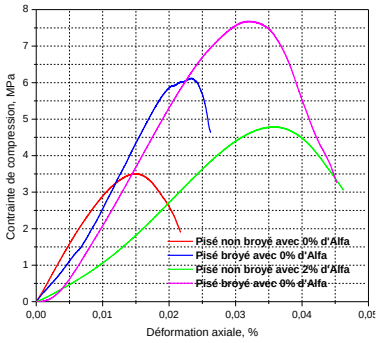

FIGURE 4 : Effet du broyage sur la résistance à la compression du matériau pisé.

Effet de l'incorporation des fibres dans la matrice pisé.

La Figure 5 présente les courbes contrainte - déformation du pisé ayant un diamètre du grain maximum Dmax = 125µm pour deux différentes fractions d'Alfa 0% et 1,5 % d'Alfa. Ces courbes montrent que l'incorporation des fibres confère au matériau une ductilité plus grande que celui non fibré. Le pisé renforcé par 1,5% d'Alfa atteint une résistance maximum pour 0,0375 % de déformation alors qu'elle est de 0,024 % dans le cas non fibré. Cela peut être dû aux liens entre les fibres et le sol qui nécessite une quantité d'énergie plus grande pour la rupture.

La figure 6 montre la variation de la résistance à la compression du pisé (Dmax = 125 µm) renforcé par différents pourcentages en fibres d'Alfa variant de 0% à 2,5%. Á travers ces résultats, on constate que l'ajout de fibres d'Alfa dans la matrice pisé augmente d'une manière importante la résistance à la compression du composite sauf dans le cas où la teneur en fibre est de 0,5%, on observe une légère diminution de la résistance à la compression. La plus grande valeur a été obtenue avec l'incorporation de 1,5% en fibres, elle est de l'ordre de 8.38 MPa, par contre la résistance à la compression du pisé non renforcé est de l'ordre de 6,12 MPa. Cette augmentation est de l'ordre est de 27%. Au-delà de cette teneur 1,5% en fibres d'Alfa, la résistance à la compression commence à diminuer. En outre, que l'augmentation de la résistance à la compression peut s'expliquer par l'effet positif des fibres sur la terre qui empêchent la propagation des fissures grâce à une bonne adhérence entre la matrice et la fibre. En revanche, la réduction de la résistance à la compression constatée pour des échantillons contenant plus de 1,5% de fibres est attribuée à la faible adhérence entre la fibre et la matrice. Par conséquent, il peut avoir un faible transfert des efforts de la matrice aux fibres pendant le chargement, et un glissement des fibres par rapport à la matrice. Ces résultats sont en accord avec ceux de Bouhicha et al. [2] et Sallehan et Yaacob [3].

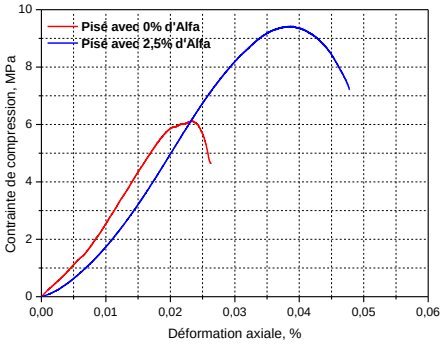

FIGURE 5 : Effet de l'incorporation des fibres dans la matrice pisé

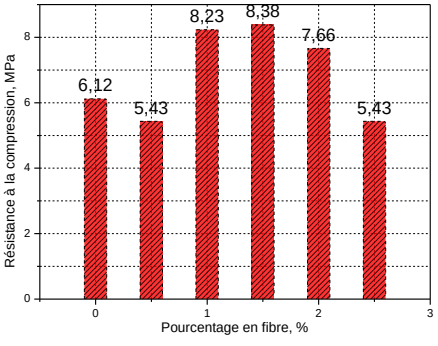

FIGURE 6 : Résistance à la compression du pisé renforcé par différents pourcentages en fibres d'Alfa.

Conductivité thermique

On constate que l'ajout de fibres d'Alfa dans la matrice pisée réduit la conductivité thermique du composite. Cette réduction est attendue car les fibres d'Alfa ont une conductivité thermique inférieure à celle de la matrice du pisé. D'autre part, la structure poreuse de la fibre augmente la porosité du composite qui diminue la conductivité thermique. En effet, la conductivité thermique est de 0,35 W.m-1.K-1 pour le pisé, alors que la conductivité thermique n'est que de 0,13 W.m-1.K-1 pour le pisé renforcé par 2,5% d'Alfa. Cette diminution est de l'ordre de 63%. En outre, le fait que les fibres sont incrustées dans le composite, elles produisent de l'air et porosité dans la matrice et réduit la densité. Ainsi, le premier d'avantage d'utiliser des fibres naturelles est la légèreté du composite. Cet effet a déjà été noté par les travaux de Khedari et al. [4], Millogo et al. [5]. En fait, à partir des résultats obtenus, nous pouvons supposer clairement que l'ajout de fibres d'Alfa pourrait améliorer considérablement l'isolation thermique des composites. Ils ont conclu que l'ajout de fibres naturelles améliore les caractéristiques d'isolation du composite. L'analyse des résultats de la figure 7 permet de constater que quelle que soit la masse utilisée en fraction de fibre, les meilleures performances thermiques sont obtenues avec le composite préparé.

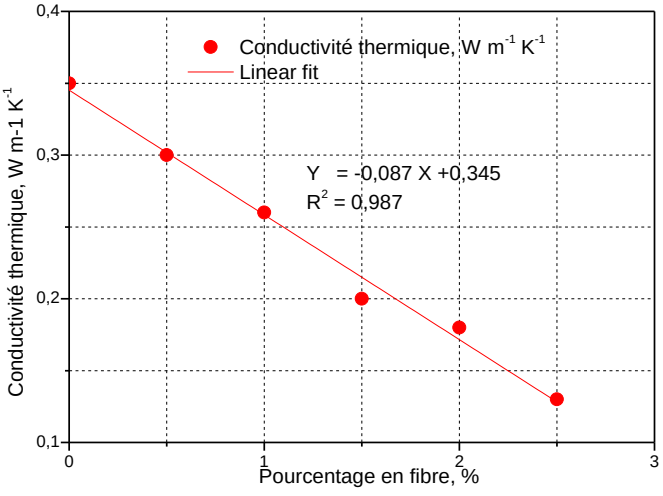

FIGURE 7 : Conductivité thermique du pisé renforcé par des fibres d'Alfa

VI Conclusion

Cette étude a identifié l'effet d'ajouter différents pourcentages des fibres d'Alfa sur la résistance mécanique et la conductivité thermique du pisé. Les résultats prouvent que cette bio-composite matériau (pisé-Alfa) a des caractéristiques mécaniques et thermiques intéressantes et génère une économie d'énergie en raison de sa bonne capacité d'isolation thermique.

REFERENCES

[1] NADJI H., BROCHIER SALON M.C., BRUZZESE C., BENABOURA A., BELGACEM M.N., « Chemical composition and pulp properties of Alfa (Stipa Tenacissima)», Cellulose Chemistry and Technology, vol. 40, 2011, p. 45-52.

[2] M.Bouhicha , F. Aouissi, S. Kenai, "Performance of composite soil reinforced with barley Straw". Cem Concr Compos, 27(5):617–21, 2005.

[3] I. Salehan , Z. Yaacob,"Properties of laterite brick reinforced with oil palm empty fruit bunch fibers". Pertanika J Sci Technol;19(1):33–43, 2011.

[4] J.Khedari, P. Watsanasathaporn , J. Hirunlabh, "Development of fibre-based soilcement block with low thermal conductivity". Cem Concr Compos; 27(1):111–116, 2005.

[5] Y. Millogo, JC. Morel, JE. Aubert, K. Ghavami«Experimental analysis of pressed adobe blocks reinforced with Hibiscus cannabinus fibers Constr Build Mater»; 52, 71–78, 2014.