

Contribution à l'étude de la durabilité de mortier de plâtre à base de sable de dunes renforcé par des fibres de palmier dattier

Mokhtar Rachedi, Abdelouahed Kriker et Abdessamed Mokhtari*

Laboratoire Exploitation et Valorisation des Ressources Naturelles en Zones Arides
Université Kasdi Merbah Ouargla, B.P. 511, Route de Ghardaïa, 30000 Ouargla, Algeria

(reçu le 10 Juin 2017 - accepté le 30 Juin 2017)

Résumé - *L'objectif principal de cette étude, c'est la valorisation des matériaux locaux (plâtre, sable de dunes et les fibres de palmier dattier) pour la région du sud algérien. Élargir le domaine de l'utilisation de ces matériaux dans la construction. Nous notons que malgré l'existence énorme de gypse, mais son utilisation est limité à certains travaux secondaires tels que les enduits et les éléments de décor. Le sable des dunes et les fibres de palmier, utilisés dans le domaine de la construction sont très rares. Au cours de cette étude, il a été ajouté le sable de dunes et les fibres de palmier au plâtre, afin de trouver un mortier ayant des propriétés physiques et mécaniques qui permettent son utilisation dans la construction.*

Abstract - *The aim of this study is the use of local materials (plaster, sand dunes and date palm fiber) for the region of southern Algeria. By expand areas of the use of these materials in the field of construction. Despite the large amount of gypsum, its use is limited to some secondary operations like coatings and decorative elements. The sand dunes and palm fiber, its use in the construction are very limited. In this study, the sand dunes and palm fiber was added to plaster, to find the mortar that has physical and mechanical properties that allow its use in construction.*

Keywords: Plaster - Sand dunes - Date palm fibers - Strength.

1. INTRODUCTION

L'Algérie, surtout le sud, est riche en matériaux naturels, qui peuvent être utilisés directement dans le domaine de la construction. Il faudrait bien étudier leurs propriétés afin d'étendre leur utilisation. Parmi ces matériaux, qui peuvent être exploités, et que nous allons étudier, le plâtre, sable de dune, et les fibres du palmier dattier. L'utilisation des fibres végétales dans le renforcement des matériaux de construction pour améliorer certaines propriétés, c'est la technologie la plus utilisée actuellement, à cause de ces résultats et pour élargir l'utilisation des éco-matériaux. L'Algérie dispose de sources illimitées de fibres végétales (palmier, alfa abaca, chanvre, coton ...), mais leur utilisation dans le domaine de la construction est presque inexistante.

L'incorporation des fibres de palmier dattier dans le mortier de plâtre, est réalisée afin d'améliorer la résistance à la traction et de diminuer sa fragilité. L'hypothèse importante que les fibres permettent l'arrêt du mécanisme de fissuration, en retardant le départ de la fissure et en la contrôlant une fois qu'elle apparaît. Dans notre étude, nous allons examiner l'effet de l'ajout de fibres de palmiers dattier aux propriétés physiques et mécaniques du mortier de plâtre, où nous étudions l'impact du taux et de longueur des fibres de palmier dattier sur les caractéristiques de mortier de plâtre, à court et à long terme.

2. MATERIAUX UTILISES

Les matériaux utilisés, sont ceux disponibles au niveau local:

*mokedi@hotmail.fr

2.1 Sable de dunes utilisé

Dans notre étude, on a utilisé le sable de dunes de Guerrara (Ghardaïa). Les propriétés physiques de sable de dunes utilisé sont représentées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1: Les propriétés physiques de sable de dunes

Masse volumique apparente ρ_a (kg/m ³)	Masse volumique absolue ρ_s (kg/m ³)	Modules de finesse M_F	Equivalent de sable visuel E_{SV} (%)	Equivalent de sable au piston E_{SP} (%)
1489	2563	1.19	93.6	91.8

2.2 Eau de gâchage

L'eau de gâchage utilisée est l'eau potable du réseau public de la ville de Ghardaïa.

2.3 Chaux

On a utilisé la chaux aérienne comme retardateur de prise du plâtre, car elle diminue la solubilité de ce dernier et permet d'augmenter son temps d'emploi. En plus elle n'affecte pas ses propriétés mécaniques.

Une analyse chimique de la chaux utilisé a été effectuée en utilisant la méthode de diffractométrie par rayons X au Laboratoire de Physique à l'université de Laghouat. Les résultats de cette technique sont présentés sur le diffractogramme ci-dessous [1].

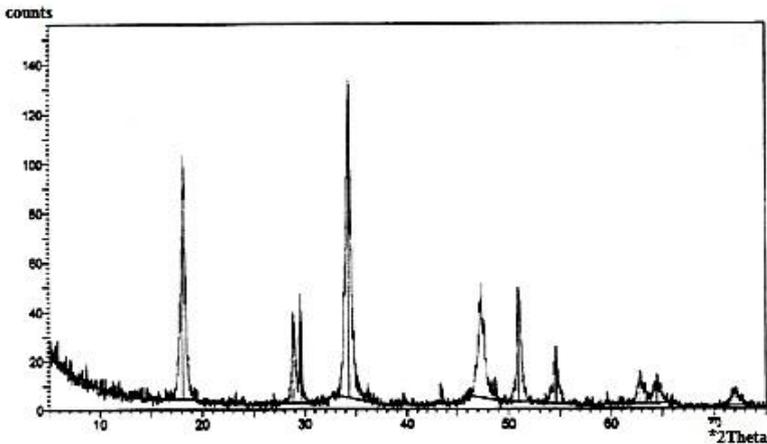


Fig. 1: Diffractogramme de la poudre de la chaux par les rayons X

2.4 Fibres

Les fibres utilisées sont des fibres végétales de DOKAR du palmier dattier de la région de OUARGLA . L'analyse spectrochimique de la poudre des fibres après calcination à 400 °C a donnée les éléments suivants [2].

Tableau 2: Analyse chimique de la poudre des fibres calcinées à 400 °C

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

Les fibres utilisées possédant les caractéristiques suivantes [3]:

Tableau 3: Propriétés physiques et mécaniques des fibres utilisées

Masse volumique apparente	$\rho_a = 512.21 - 1088.88 \text{ kg/m}^3$
Masse volumique absolue	$\rho_s = 1300 - 1450 \text{ kg/m}^3$
Résistance à la traction (MPa)	L = 100 mm L = 60 mm L = 20 mm 170 ± 40 240 ± 30 290 ± 20
Déformation à la rupture	d = 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 (fibres utilisées)	d = varié entre 0.2 - 1 mm

2.5 Plâtre

Le plâtre utilisé est un produit local prélevé de la carrière d'**Oasis** à Ghardaïa. Il est disponible dans le marché. L'analyse chimique est résumée dans le **Tableau 4**.

Tableau 4: Analyse chimique du plâtre

Constituants	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₂	Na ₂ O	KO	Cl
Pourcentage (%)	0,70	0,10	0,08	32,15	0,53	44,95	0,09	0,03	0,002

On peut résumer certaines propriétés essentielles dans le **Tableau 5**, pour identifier le plâtre.

Tableau 5: Propriétés essentielles du plâtre

Masse volumique apparente	840 - 915 kg/m ³	
Masse volumique absolue	1100 - 1300 kg/m ³	
Refus de tamis 800 µm	2.60 %	
Refus de tamis 200 µm	14.20 %	
Finesse suivant la méthode Blaine	1500 - 8000 cm ² /g	
Temps de prise (E/P = 0.6)	Début de prise	7 min
	Fin de prise	15 min
Résistance à la traction (E/P = 0.6) (MPa)	1 heure	3.48
	24 heures	3.73
	7 jours	3.99
Résistance à la compression (E/P = 0.6) (MPa)	1 heure	8.51
	24 heures	9.27
	7 jours	10.11

3. FORMULATION DE MORTIER DE PLATRE AVEC FIBRE

Pour la détermination de la composition de mortier de plâtre renforcé par fibres de palmier dattier, nous avons utilisé la même composition que celle du mortier classique. Alors on prend la composition suivante:

- On prend le rapport $E / (P+S) = 0.6$;
- Le rapport de SP est fixé à la valeur 0.5;
- On ajoute 6% de la chaux aérienne comme retardateur de prise;
- Après la préparation des fibres de palmier dattier, on respecte les recommandations de Kriker [2]. Pour cela, les fibres utilisées sont traitées avec de l'eau, puis séchées à l'air libre.

Le malaxage s'effectue de la façon suivante:

- On mélange tout d'abord le sable et les fibres à sec;
- On ajoute le plâtre, tout en le mélangeant bien avec le sable et les fibres;
- On ajoute l'eau de gâchage et la chaux en malaxant bien le mélange.

3.1 Confections des éprouvettes et conditions de conservation

Après le malaxage, on remplit les moules à raison de deux couches et vibrer le mortier à l'aide d'une tige pour assurer une bonne distribution et une orientation correcte des fibres, et enfin araser et lisser la surface du mortier. Les éprouvettes sont confectionnées, et sont placées à l'air libre au laboratoire. Après 24 heures, ces dernières sont démoulées et placées à l'air libre à une température de $(25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C})$ jusqu' au moment de l'essai, cette procédure est faite pour toutes les compositions et pour tous les essais.

Les éprouvettes utilisées sont $(4 \times 4 \times 16) \text{ cm}^3$ pour les essais suivants:

- Détermination la densité;
- Absorption de l'eau;
- Résistance à la flexion;
- Résistance à la compression.

3.2 Composition de mortier de plâtre renforcé par fibres de palmier dattier

Pour obtenir une bonne composition de mortier de plâtre renforcé par fibres de palmiers dattier, nous suivons les étapes suivantes:

- Tout d'abord, nous utilisons la même composition de pate de base de mortier de plâtre, qui nous avons obtenue dans l'étape précédemment.
- En ce qui concerne les fibres nous avons essayé de déterminer,
 - Tout d'abord, la fraction massique optimale des fibres à introduire dans le mortier de plâtre en utilisant les fibres du palmier dattier d'une longueur constante $L = 10 \text{ mm}$ et en augmentant le dosage de fibre de 0 % à 2 % avec un pas de 0.5 % en masse.
 - Et ensuite, la longueur optimale pour la fraction optimale que nous avons trouvé précédemment pour chaque longueur, 10 mm, 20mm, 30 mm, et 40 mm.

Pendant tous les essais, que nous avons effectués, il faut garder bien la maniabilité de la pâte en cours de prise. Car l'ajout de fibres végétales à une matrice minérale conduit à une diminution de sa maniabilité. Tous les éprouvettes sont conservées à l'air ambiant du laboratoire jusqu'à l'âge de 14 jours.

4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 Variation des propriétés physiques et mécaniques du mortier de plâtre renforcé par des fibres de longueur de 10 mm avec des différents pourcentages

Les résultats de la variation des propriétés physiques et mécaniques du mortier de plâtre renforcé par différentes dosage de fibre sont les suivants

4.1.1 Densité

D'après la figure 2, on remarque que la densité décroît légèrement avec l'augmentation du dosage en fibres. Ce qui peut être expliqué par l'augmentation du volume de vide créé par l'incorporation des fibres d'où l'obtention d'un mortier de plâtre moins dense. Ce résultat est en accord avec les recherches de Djoudi [1].

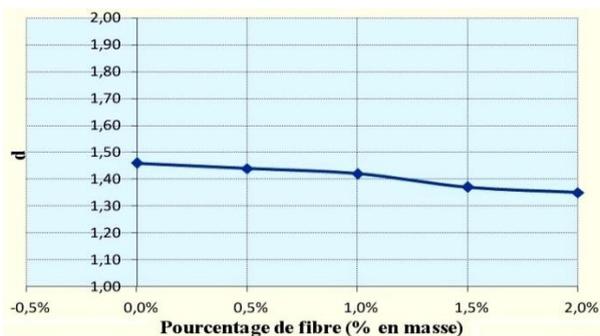


Fig. 2: Variation de la densité de mortier de plâtre en fonction du pourcentage en masse de fibres

4.1.2 Absorption d'eau

La figure 3 illustre l'évolution de l'absorption d'eau pour un mortier de plâtre renforcé par des fibres de palmier dattier. Il est nettement et visible que l'absorption de l'eau augmente en fonction de l'augmentation du pourcentage des fibres végétale, cela est due au volume de vide élevé créé par l'ajout des fibres et par la nature des fibres elles mêmes.

Ces résultats correspondent aux résultats obtenus par Djoudi [1] dans ses recherches sur le béton de plâtre renforcé par fibres de palmier dattier. Il a été constaté que l'incorporation des fibres augmente l'absorption d'eau de béton de plâtre.



Fig. 3: Variation de l'absorption de l'eau de mortier de plâtre en fonction du pourcentage en masse de fibres

4.1.3 Résistance à la compression

D'après la figure 4, on peut remarquer qu'entre 0% et 1% une légère augmentation de la résistance à la compression, puis au pourcentage 1.5 % une augmentation aigue dans la résistance à la compression et après ce pourcentage, on constate une chute dans la résistance à la compression.

L'augmentation dans la résistance à la compression de mortier de plâtre renforcé par des fibres de palmier dattier, par rapport au le mortier non fibré, peut être expliqué que les fibres dans ce pourcentage jouent un rôle d'agrégats gros dans le béton ordinaire, et la chute qui apparaît après cette augmentation, on peut juger que l'ajout de la fibre perturbe le squelette minéral de mortier en créant de vides à l'intérieur de la pâte et en augmentant sa porosité, d'où une résistance minimale. Ces constatations sont en accord avec la plupart des recherches effectuées, tel que Kriker [2], dans ses recherches sur le béton renforcé par fibres de palmier dattier.

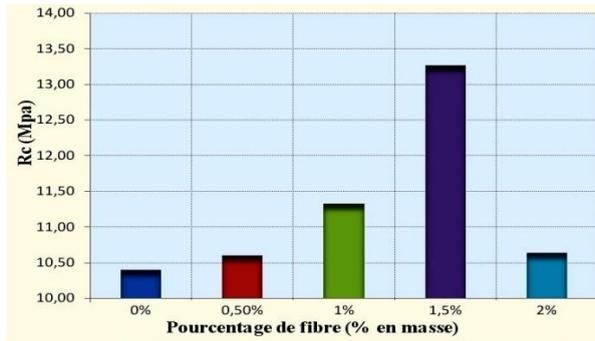


Fig. 4: Variation de la résistance à la compression de mortier de plâtre en fonction du pourcentage en masse de fibres

4.1.4 Résistance à la flexion

La figure 5 montre, que la résistance à la flexion croît avec l'augmentation du dosage en fibres, elle atteint une valeur maximale pour le pourcentage de 1.5% de fibres.

Au-delà de ce pourcentage, elle chute et cela est dû à la mauvaise répartition des fibres dans la pâte à cause d'un excès de fibres. C'est la même interprétation révélée par [4] dans ses recherches sur le plâtre renforcé par les fibres de sisal. On peut aussi dire qu'il y a possibilité de voir le phénomène de glissement des fibres entre eux au cours de cet essai.

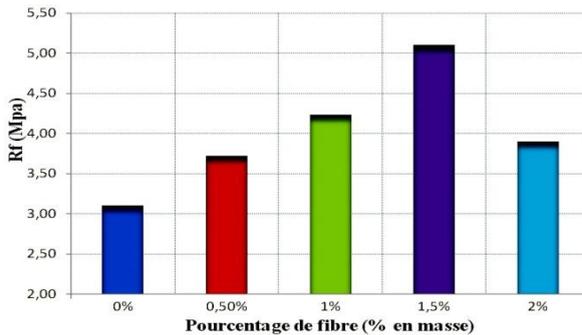


Fig. 5: Variation de la résistance à la flexion de mortier de plâtre en fonction du pourcentage en masse de fibres

4.1.5 Récapitulation

Après un examen rapide sur les courbes précédentes, nous constatons que le pourcentage de 1.5% donne les meilleurs résultats de point de vue de résistance à la compression et à la flexion, ainsi que l'absorption d'eau et sur la densité.

Et ce qui concerne la maniabilité du mortier de plâtre, ce pourcentage donne une bonne maniabilité et une mise en œuvre facile.

4.2 Variation des propriétés physiques et mécaniques du mortier de plâtre renforcé par différentes longueurs des fibres pour un pourcentage de 1.5% de fibres

Les résultats de la variation des propriétés physiques et mécaniques du mortier de plâtre renforcé par différentes longueurs des fibres sont les suivants.

4.2.1 Densité

La figure 6 montre, que la densité décroît rapidement avec l'augmentation de la longueur de fibres, cela est due au fait que l'incorporation des fibres dans la pâte entraîne des vides à l'intérieur de la pâte et le pourcentage des vides est d'autant important pour de longueurs importantes de fibres. La plupart, des recherches sur des littératures révèlent cette observation.

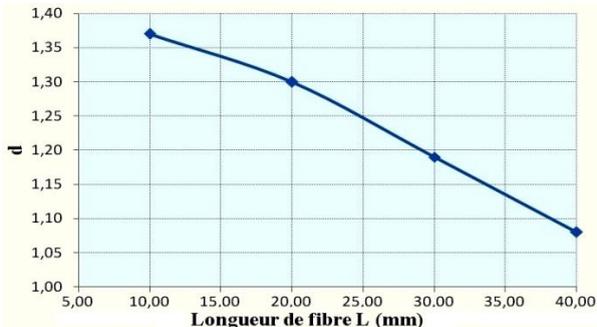


Fig. 6: Variation de la densité de mortier de plâtre en fonction de différentes longueurs de fibres

4.2.2 Absorption d'eau

D'après la figure 7, on remarque que l'absorption d'eau de mortier croît avec l'augmentation des longueurs des fibres. Elle est importante pour de grandes longueurs. Cela est due au volume élevé de vide, créé par l'ajout des fibres, d'où une absorption d'eau maximale.

D'après [5], le pourcentage d'absorption d'eau après 24 heures d'immersion est de l'ordre de 6.59 % pour le béton ordinaire, et accroît pour les bétons de fibres en fonction du dosage et de longueur allant de 6.64 à 6.76 % pour le béton contenant de 0.5 à 1% de fibres courtes, et de 6.70 à 6.86 % pour le béton contenant de 0.5 à 1% de fibres longues.

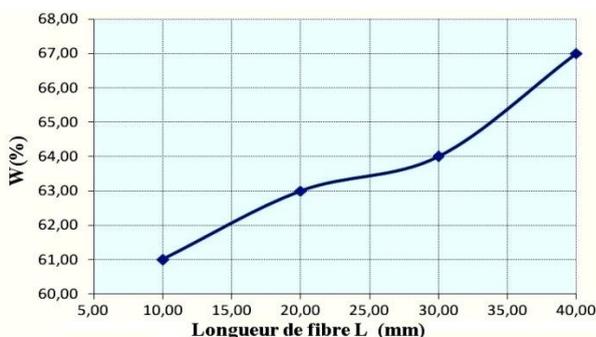


Fig. 7: Variation de l'absorption d'eau de mortier de plâtre en fonction de différentes longueurs de fibres

4.2.3 Résistance à la compression

On remarque, d'après la figure 8, que l'augmentation de la longueur de la fibre renforçant ne développe pas d'une manière remarquable la résistance à la compression de mortier, et cela a été constaté dans les résultats obtenus. Pour le cas du mortier à étudier, il y a une légère amélioration dans la résistance à la compression à partir des

fibres de longueur de 10 mm, et elle atteint un maximum pour les fibres de longueur de 20 mm, suivi par une diminution lente pour les fibres de longueurs 30 mm et 40 mm. Ces constatations sont dues à l'influence de longueur des fibres sur la maniabilité dans leurs enchevêtrements.

Les différents chercheurs sont d'accord pour dire que les fibres n'apportent pas d'amélioration appréciable en compression. Dans certains cas, on a une légère augmentation, et dans d'autres cas une légère diminution. Cette diminution peut être causée par une mauvaise compacité due à un excès de fibres, ou à une mauvaise composition. Par exemple, Djoudi [1] a trouvé que l'incorporation des fibres de palmier dattier dans le béton de plâtre apporte une légère amélioration, lorsque le pourcentage de fibres est faible et une diminution pour les pourcentages supérieurs.

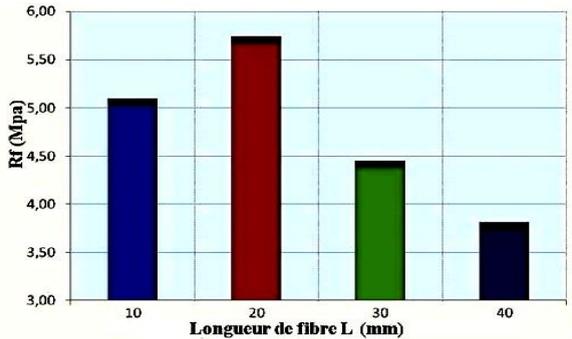


Fig. 8: Variation de la résistance à la compression de mortier de plâtre en fonction de différentes longueurs de fibres

4.2.4 Résistance à la flexion

La figure 9 montre l'influence de la longueur des fibres sur la résistance à la flexion de mortier fibré. Tout d'abord, on remarque clairement que la résistance à la flexion augmente considérablement avec toutes les longueurs des fibres.

Une nette amélioration pour les fibres de longueurs de 10 mm et la résistance atteint le maximum pour les longueurs de 20 mm. Suivi par une diminution dans la résistance pour les longueurs 30 mm et 40 mm, ce qui peut être traduit toujours par la perte de maniabilité, due à un excès de fibres et à une mauvaise répartition des fibres dans la pâte augmentant la porosité et par conséquent une diminution de la résistance à la flexion.

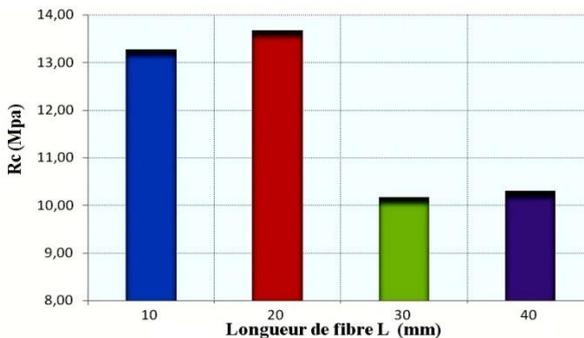


Fig. 9: Variation de la résistance à la flexion de mortier de plâtre en fonction de différentes longueurs de fibres

Par simulation, nous constatons que le mortier de plâtre a les mêmes propriétés que le mortier de ciment. Cela apparaît dans les recherches sur le mortier de ciment renforcé par des copeaux de bois. Il a été constaté, pour un mortier à 2 % ayant une résistance à la flexion, que les 3/10 du mortier témoin, c'est-à-dire trois fois plus.

4.2.5 Récapitulation

Les fibres de longueur 20 mm donnent des résultats très satisfaisants sur la résistance à la compression et sur la flexion. Ces fibres donnent également des résultats acceptables sur la densité et sur l'absorption de l'eau. Quant à la maniabilité, les mortiers renforcés par les fibres de longueur de 20 mm présentent ainsi une bonne maniabilité et facilite la mise en œuvre.

5. CONCLUSION

Après tous ces essais que nous avons effectué, nous pouvons dire que nous avons atteint une composition optimale pour un mortier de plâtre renforcé par fibres de palmier dattier, répondant aux différentes caractéristiques mécaniques et physiques et les exigences nécessaires pour un matériau de construction, tel que, la maniabilité, la résistance à la compression et à la flexion, l'absorption d'eau et la densité.

La composition du mortier de plâtre renforcé par fibre, sur laquelle les essais de durabilité ont été effectués, sera la suivante:

- On prend le rapport $E / (P+S) = 0.6$;
- Le rapport de SP est fixé à la valeur 0.5;
- On ajoute 6% de chaux aérienne comme retardateur de prise;
- Pour les fibres: on prend des fibres de palmier dattier de longueur $L = 20$ mm et un pourcentage de masse égal à 1.5 %.

Le mortier de plâtre à base de sable de dunes renforcé par des fibres de palmier dattier semble avoir un grand avenir dans certains domaines. Les avantages techniques et économiques de ce matériau laissent prévoir un développement important dans le futur.

REFERENCES

- [1] A. Djoudi, '*Caractérisation Structurale et Rhéologique des Bétons de Plâtre et leurs Renforcements par des Fibres Végétales du Palmier Dattier*', Mémoire de Magister, Université de Laghouat, 2001.
- [2] A. Kriker, '*Caractérisation des Fibres de Palmier Dattier et Propriétés des Bétons et Mortiers Renforcés par ces Fibres en Climat Chaud et Sec*', Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, 2005.
- [3] A. Mokhtari, '*Influence des Ajouts de Fines Minérales sur les Performances Mécaniques des Bétons Renforcés de Fibres Végétales de Palmier Dattier*', Mémoire de Magister, Université de Ouargla, 2006.
- [4] F. Hernandez-Olivares, I. Oteiza and L. de Villanueva, '*Experimental Analysis of Toughness and Modulus of Rupture Increase of Sisal Short Fibre Reinforced Hemihydrated Gypsum*', Composite Structures, Vol. 22, N°3, pp. 123 - 137, 1992.
- [5] L. Guermiti, '*Contribution à l'Amélioration de Certaines Caractéristiques du Béton de Structure à base de Sable de Dune Corrigé et Renforcé par des Fibres Métalliques*', Mémoire de Magister, Université de Ouargla, 2013.