

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de génie civil et hydraulique

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de  
Master, Filière: Génie Civil

Spécialité : Structures

**Thème**

C:.....

R:.....

***L'influence des fibres hybrides sur la résistance de béton de sable  
de dunes à haute température***

**Présenté par :**

- ❖ MEFLAH Khadidija
- ❖ LESSOUED Hibat-Allah

Soutenu publiquement devant le jury composé de :

AKCHICHE Hamida	M.C.B	Université d'Ouargla	Présidente
ELABADI M <sup>ed</sup> Salem	M.A.A	Université d'Ouargla	Examineur
MEZIANI Nedjma	M.A.A	Université d'Ouargla	Promotrice
BELFERRAG Allaoua	M.C.B	Université d'Ouargla	Co-promoteur

**Année Universitaire: 2020 / 2021**

# Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mme **Meziani Nedjma** et **Mr. Belferrag Allaoua** on les remercie pour la qualité de ses encadrement exceptionnel, pour ses patience, ses rigueur et ses disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nous remercie tous les membres du jury Mme **Akchiche Hamida** et **Mr. ELABADI Med Salem** d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos remerciement s'adresse également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académique et professionnelles.

## Résumé

Ce travail vise à étudier les caractéristiques mécaniques des bétons de sable de dunes renforcés des fibres hybrides (polypropylène FP + métallique FM) soumis à haute température. Pour cela, différentes compositions de béton de sable ont été soumises à un cycle de chauffage-refroidissement avec une vitesse de 1°C/min. Les fibres polypropylènes utilisées ont des longueurs de 12 mm et 3 cm pour les métalliques.

Les meilleurs résultats sont obtenus par le béton de sable avec 0.1% FP+0,89% FM

**Mots clés :** Fibres Hybrides, Haute température, Sable de dune, Béton de sable.

## ملخص

الهدف من الدراسة هو دراسة الخصائص الميكانيكية للخرسانة الرملية المعززة بالألياف الهجينة ( البوليبروبيلان + المعدنية ) والتي تم تعريضها لدرجات حرارة عالية لهذا خضعت تركيبات الخرسانة الرملية المختلفة لدورة تسخين – تبريد بسرعة 1 درجة مئوية / الدقيقة الألياف لها أطوال 12 مم بالنسبة لألياف البوليبروبيلان و 3 سم بالنسبة للألياف المعدنية وقد تم الحصول على أفضل النتائج عن طريق الخرسانة الرملية المشكلة من 0.1% ألياف البوليبروبيلان و 0.89% من الألياف المعدنية  
الكلمات المفتاحية : ألياف هجينة , حرارة عالية, رمل الكثبان. خرسانة رملية.

## Abstract

The aim of this work is to study the mechanical properties of dune sand concretes reinforced with hybrid fibers (polypropylene+ metal) and subjected to high temperature. For this, different sand concrete compositions were subjected to a heating-cooling cycle at a rate of 1°C/min. The polypropylene fibers used have lengths of 12 mm, and the metals fibers used have length 3 cm

The best results are obtained by the sand concretes with 0.10% PF + 0.89% MF

**Key words:** Dune sand, Sand concrete, hybrid fiber, High temperature.

# SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
CHAPITRE I :RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE.....	
I.1.Introduction .....	4
I.2. Historique du béton de sable .....	4
I.3. Propriétés des bétons de sable .....	5
I.3.1. Résistance .....	5
I.3.2. Maniabilité .....	5
I.3.3. Ségrégation .....	6
I.3.4. Durabilité des bétons de sable .....	6
I.4.Les composants du béton de sable .....	7
I.4.1. Les sable .....	7
I.4.2. Les ciments .....	7
I.4.3. L'eau .....	7
I.4.4. Les adjuvants .....	7
I.4.5. Autres ajouts .....	8
I.5. Résistance à haute température du béton avec et sans fibres .....	9
I.5.1. Résistance à la compression .....	9
I.5.2. Résistance à la traction .....	9
I.6. L'effet de la température sur des fibres à l'intérieur de la matrice cimentaire .....	10
I.7.Conclusion.....	11
CHAPITRE II :CARACTERISATION DES MATERIAUX ET PROCEDURES D'ESSAIS ...	
II.1.Introduction .....	13
II.2.Caractéristiques des matériaux .....	13
II.2.1. Sable .....	13
II.2.2.Ciment .....	19

II.2.3.Eau de gâchage.....	20
II.2.4.Les fibres .....	20
II.3.1.Formulation du béton de sable témoin .....	22
II.3.2.Formulation des bétons renforcés .....	22
II.3.3.Composition des bétons utilisés .....	23
II.4.Conclusion .....	24
<b>CHAPITRE III :RESULTATS ET DISCUSSIONS .....</b>	
III.1.Introduction .....	26
III.2. Caractérisation du comportement des bétons à haute température.....	26
III.2.1.Résistance mécanique .....	26
III.3.Dispositif de chauffage .....	26
III.4.Disposition dans le four .....	27
III.5.Résistances mécaniques .....	27
III.5.1.Essais de flexionNFP 18-406.....	27
III.5.2.Essai de compression (NFP18-406) .....	28
III.6. Résultat de la résistance mécanique.....	29
III.6.1. Résultat de la résistance à la compression .....	29
III.6.1.1. comparaison selon la température.....	29
III.6.1.1.1.Béton sans fibres.....	29
III.6.1.1.2.Béton avec fibres .....	30
III.6.1.2. Comparaison selon le pourcentage de fibres.....	35
III.6.2. Résultat de la résistance à la traction par flexiont .....	37
III.6.2.1. Comparaison selon le température.....	37
III.6.2.1.1.Béton sans fibres.....	37
III.6.2.1.2. béton avec fibres.....	38
III.6.3.Perte en masse.....	45
III.7.Conclusion .....	46

CONCLUSION GENERALE .....	48
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	50
ANNEXES .....	52

## Liste de photos

### CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Photo I: Phare de Port-Said .....5

### CHAPITRE II : CARACTERISTIQUE DES MATERIEAU

Photo II.1:Essai de Masse volumique absolu.....14

Photo II.2: Essai de Masse volumique apparente.....15

Photo II.3: Essai équivalent de sable .....16

Photo II.4: Essai d'analyse granulométrique.....17

Photo II.5: La géométrie de fibres métalliques utilisées.....20

Photo II.6: La géométrie de fibres polypropylène utilisé.....21

Photo II.7: Le plastifiant utilisé.....22

### CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Photo III.1: Dispositifs de chauffage.....26

Photo III.2: Disposition des éprouvettes dans le four.....27

Photo III.3: Essai de résistance à la flexion (3 point) ..... 27

Photo III.4 : Essai de résistance à la compression.....28

## Liste de figures

### CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Figure I.1: Evaluation des résistance résiduelles relatives à la compression et résistances résiduelles relatives à la traction en fonction du cycle de chauffage.....	10
Figure I.2: Illustration du renfort par des fibres .....	10
Figure I.3:(a) Evaluation de la conductivité thermique (b) les températures à la surface et au centre d'éprouvette .....	11

### CHAPITRE II : CARACTERISTIQUE DES MATERIEAU

Figure II.1: Courbe granulométrique (100% SD).....	19
--	----

### CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Figure III.1: Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 point).....	28
Figure III.2: Dispositif de rupture en compression.....	29
Figure III.3: Résistance à la compression du béton témoin B en fonction de la température.....	29
Figure III.4 : Résistance à la compression de BF1 en fonction de la température .....	30
Figure III.5: Résistance à la compression de BF2 en fonction de la température.....	31
Figure III.6: Résistance à la compression de BF3 en fonction de la température.....	31
Figure III.7: Résistance à la compression de BF4 en fonction de température .....	32
Figure III.8: Résistance à la compression de BF5 en fonction de température.....	33
Figure III.9: Résistance à la compression de BF6 en fonction de température.....	33
Figure III.10: Résistance à la compression de BF7 en fonction de température.....	34
Figure III.11: Résistance à la compression de BF8 en fonction de température.....	34
Figure III.12: Résistance à la compression de béton avec et sans fibres dans 28°C .....	35
Figure III.13: Résistance à la compression de béton avec et sans fibres dans 150°C.....	35
Figure III.14: Résistance à la compression de béton avec et sans fibres dans 300°C .....	36
Figure III.15: Résistance à la compression de béton avec et sans fibres dans 600°C .....	36
Figure III.16: Résistance à la compression de béton avec et sans fibres dans 800°C. ....	37
Figure III.17: Résistance à la flexion du béton sans fibres .....	37
Figure III.18: Résistance à la flexion de BF1 en fonction de température .....	38
Figure III.19: Résistance à la flexion du béton fibré BF2.....	39
Figure III.20: Résistance à la flexion du béton fibré BF3 .....	39
Figure III.21: Résistance à la flexion du béton fibré BF4 .....	40
Figure III.22: Résistance à la flexion du béton fibré BF5 .....	40



Figure III.23: Résistance à la flexion du béton fibré BF6 .....	41
Figure III.24: Résistance à la flexion du béton fibré BF7 .....	41
Figure III.25: Résistance à la flexion du béton fibré BF8.....	42
Figure III.26: Résistance à la compression de béton avec et sans fibres dans 28°C .....	43
Figure III.27: Résistance à la compression de béton avec et sans fibres dans 150°C .....	43
Figure III.28: Résistance à la compression de béton avec et sans fibres dans 300°C .....	44
Figure III.29: Résistance à la compression de béton avec et sans fibres dans 600°C .....	44
Figure III.30: Résistance à la compression de béton avec et sans fibres dans 800°C .....	45
Figure III.31: Perte en masse des bétons avec et sans fibres en fonction des températures....	45

## Liste des tableaux

### CHAPITRE II : CARACTERISTIQUE DES MATERIEAU

Tableau II.1: Pourcentage d'équivalent de sable .....	26
Tableau II.2: Module et dimensions nominales des tamis .....	27
Tableau II.3: Résultats d'analyse granulométrique du sable de dunes (100% SD) .....	28
Tableau II.4: L'analyse chimique du ciment [Annexe A] .....	19
Tableau II.5:Caractéristique physique et mécaniques de ciment utilisé [Annexe A] .....	30
Tableau II.6: Caractéristique physique et mécanique des fibres .....	31
Tableau II.7: Caractéristique des fibres de polypropylène [Annexe B] .....	31
Tableau II.8: Caractéristique de MEDAFLUID 40 [Annexe C] .....	32
Tableau II.9:Composition du B (100% SD) .....	33

**INTRODUCTION  
GÉNÉRALE**

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Il est connu que le béton possède une bonne résistance à la compression cependant, il possède une résistance à la traction faible, c'est pour cette raison que l'ajout de fibres pour l'amélioration de la résistance à la traction est inévitable.

La recherche et l'expérience acquise ont permis l'introduction des fibres dans le domaine de la construction, et qui rend la possibilité de produire des éléments mince plus légers, plus résistants et moins sujets à la fissuration, par la simple addition d'une quantité de fibres. Dans ce même contexte les fibres de polypropylène améliorant la cohésion du béton frais et limitent la propagation de fissures due au retrait plastique, par contre les fibres métalliques apportent un caractère ductile, améliorent le comportement post fissuration et la capacité portante résiduelle.

L'utilisation du sable de dunes dans la confection du béton plus particulièrement dans les régions sahariennes où ce matériau fait défaut, a pour but à la fois économique et environnemental. Cependant, le sable de dunes présente une anomalie via sa granulométrie très fine (valeur du module de finesse se trouvant en dehors de la plage recommandée par la norme).

Dans ce travail nous proposons l'ajout des fibres hybrides (polypropylène FP + métallique FM) afin, d'étudier l'influence de ce type de fibres sur le béton de sable de dunes sous l'effet de haute température (20 °C - 150 °C - 300 °C - 600 °C - 800 °C).

Plusieurs études de recherche ont été réalisées ces dernières années sur l'analyse, la compréhension et la modélisation de l'endommagement thermique du béton. Ces travaux, de recherche ont permis d'améliorer la compréhension de l'évolution des propriétés physico-chimiques et microstructurales de la pâte de ciment. Cependant, moins d'études se sont intéressées à l'étude de l'influence de la nature des granulats sur le comportement du béton porté à haute température.

L'objectif de cette étude consiste, dans un premier lieu, à étudier l'effet des hautes températures sur les propriétés physiques des différents bétons utilisés avec 100% sable de dune. En second lieu, il consiste à comparer les comportements des différents bétons confectionnés avec les fibres hybrides.

Cette étude comprend trois principaux chapitres:

Le premier chapitre est une analyse bibliographique des travaux de recherche sur le comportement du béton à haute température. Et une présentation des différents types de sable, des fibres, leurs Caractéristiques mécaniques et mécanisme du renforcement, ainsi que les propriétés mécaniques du béton de fibres.

Nous avons abordé dans le deuxième chapitre la caractérisation des matériaux utilisés et les procédures d'essai effectué sur les bétons préparés.

Dans le dernier chapitre nous avons présenté les résultats et la discussion sur l'ensemble des résultats obtenus.

Enfin, Une conclusion générale permet de faire une synthèse des principaux résultats obtenus sur l'influence de la température sur l'évolution des propriétés mécaniques des bétons confectionnés par différents formules.

**CHAPITRE I :**  
**RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **I.1.Introduction :**

Lorsque les bétons sont soumis à des températures élevées, comme dans une situation d'incendie, ces bétons denses manifestent parfois un comportement sensible, qui se traduit par une altération de la microstructure et un détachement de petits ou gros fragments de béton. Le procédé de remédiations le plus connu est l'addition de fibres de polypropylène afin d'améliorer la stabilité thermique du béton et des fibres métalliques pour augmenter les performances mécaniques résiduelles.

Un béton de sable est composé de sable, de fines d'ajout, de ciment et d'eau. On peut ajouter à cette composition de base d'autres ajouts spécifiques: gravillon, fibres, adjuvants... pour répondre à certains usages particuliers.

Dans ce chapitre, on va présenter le béton de sable et sa composition et on expose les études effectuées sur le comportement mécanique de béton à haute température avec et sans fibres.

## **I.2. Historique du béton de sable :**

Le béton de sable est un matériau utilisé bien antérieurement au béton traditionnel. Selon POIEVIN, ce matériau trouve ses origines dans les années 1850-1875 sous l'appellation de "béton aggloméré". Il était alors constitué de sable, ciment, chaux et eau.

COIGNET qui est à l'origine de ce matériau construisit pour sa famille en 1851 à saint Denis (Nord de Paris, France) une maison 60m de long et 7m de hauteur, du type R+2, avec mur de soutènement. Cet ouvrage fût entièrement édifié en béton aggloméré, des fondations jusqu'au toit.

POITEVIN rapporte encore qu'entre 1869 et 1872 un aqueduc de 40km fut partiellement construit en béton aggloméré afin de relier Fontaine bleu à Orléans(France). Le mélange était constitué de 4 parts de sable de Fontaine bleu, d'une part de liant (2/3 chaux, 1/3 ciments) et de 0.5 part d'eau (en poids), ce qui correspond approximativement à un dosage en liant de 400kg/m<sup>3</sup>, plus proche de celui des bétons de sable que des mortiers. Mis en service en 1869, le phare de Port-Saïd (Egypte) de 52m de hauteur fut également construit en béton aggloméré composé de sable d'une plage avoisinante et de chaux importé de France Figure (1).

COIGNET exporte sa technique jusqu'aux USA, où son entreprise "New York and long Island Coignet stone compagnie" construit en 1871-72 en blocs de béton aggloméré le pont de Brooklyn à New York. Vers la fin du XIX<sup>ème</sup> et au début du XX<sup>ème</sup> siècle, marquant la période de l'apparition du béton utilisant des granulats de gros calibres ainsi que l'utilisation de ciment à la place de la chaux qui a engendré une augmentation de résistance (allant jusqu'à 20MPa) furent facilement obtenus. A compter de là, le béton aggloméré ancêtre du béton de sable a cédé la place au béton connu jusqu'à nos jours.

La continuité dans le temps de ces ouvrages et qui sont en service jusqu'à nos jours est un témoignage des performances de ce matériau. [1]



Photo I: Phare de Port-Said [1]

### **I.3. Propriétés des bétons de sable**

#### **I.3.1. Résistance:**

La résistance en compression est généralement considérée comme la propriété la plus importante du béton. Elle est fonction de plusieurs paramètres tels que le rapport E/C.

Plusieurs travaux réalisés sur le béton de sable ont montré qu'on peut atteindre pour ce matériau des résistances comparables à celles du béton traditionnel utilisé dans le secteur du bâtiment. Ces résistances varient généralement de 20 à 40MPa. Elles peuvent être améliorées par l'ajout de fines de différentes natures.[2]

#### **I.3.2. Maniabilité :**

Le béton de sable est un béton fin d'où il nécessite davantage d'eau que les bétons classiques, le rapport E/C se situe généralement entre 0.6 et 0.7.



Ce rapport relativement élevé garantit une bonne maniabilité du mélange ce qui constitue un avantage en faveur du béton de sable par rapport au béton traditionnel. En effet, son excellente maniabilité améliore sensiblement la phase du coulage [2]

### **I.3.3. Ségrégation**

Les bétons de sable sont caractérisés par une faible étendue granulométrique et donc une plus grande homogénéité. A ces deux caractéristiques s'ajoute son excellente maniabilité ce qui lui garantit un comportement vis-à-vis de la ségrégation meilleur que celui des bétons traditionnels.[2]

### **I.3.4. Durabilité des bétons de sable**

La durabilité d'un béton est liée à ses capacités d'échange avec le milieu extérieur. Tous les milieux extérieurs sont considérés comme agressifs pour les bétons avec des degrés d'agressivité plus ou moins importants.

L'estimation de la durabilité s'effectue au moyen de plusieurs essais selon l'environnement du matériau tels que :

- Perméabilité à l'air et à l'eau
- Gel-dégel
- Carbonatation

#### **Pénétration des ions chlorure**

Les bétons de sable se caractérisent par une porosité plus importante que les bétons traditionnels, mais les vides sont plus petits ce qui contribue à leur donner un bon comportement vis-à-vis des essais de durabilité.

La perméabilité à l'eau est du même ordre de grandeur que celle des bétons traditionnels alors que celle à l'air est inférieure ou comparable aux bétons classiques.

La tenue au gel des bétons de sables est excellente et elle est même meilleure que celle des bétons classiques avec des formulations équivalentes ce qui peut être expliqué par la microstructure particulière des bétons de sable.

Le comportement en carbonatation est aussi satisfaisant voir même excellent. [2]

Quant à leur comportement vis-à-vis de la pénétration des ions chlore, il peut être considéré comme comparable à celui des bétons traditionnels: la teneur en ions chlorures ne dépassant pas 0,4% de la masse du ciment.

#### **I.4. Les composants du béton de sable**

Les composants de base d'un béton de sable fibré sont sables, le ciment et l'eau plus les additifs qui peuvent être rajoutés dans le but de modifier les propriétés telles que la maniabilité et la résistance.[3]

##### **I.4.1. Les sable**

Les sables sont tous les granulats 0/D conformes aux définitions des normes NF P18-101 et NF P 18-301, ils peuvent être d'origines diverses : sable naturel (alluvionnaire ou de dune saharienne), sable de carrière issu de concassage...

Le seul critère d'usage d'un sable pour réaliser un béton de sable est sa propreté qui est définie par son équivalent de sable. [3]

##### **I.4.2. Les ciments**

Le ciment utilisé pour la confection d'un béton de sable est conforme à la norme NF P 15-301. Le choix du ciment est fait à partir de sa classe de résistance, de l'agressivité du milieu et surtout de l'usage auquel il est destiné.[3]

##### **I.4.3. L'eau**

L'eau de confection des bétons de sable doit être conforme à la norme habituelle relative au béton traditionnel (NF P 18-303), sa quantité dépend de la maniabilité désirée et de l'utilisation éventuelle d'adjuvants.[3]

##### **I.4.4. Les adjuvants**

Les adjuvants (éventuels) utilisés sont les mêmes que ceux utilisés pour les bétons traditionnels. La particularité du béton de sable favorise l'usage de plastifiants ou de super plastifiants : ils améliorent la maniabilité, améliorent en général la résistance suite à la diminution de la teneur en eau. [3]

On peut citer quelques ajouts : les poudres fines, les fibres, les colorants et les polymères.

## **I.4.5. Autres ajouts**

### **I.4.5.1. Les fibres**

Elles sont surtout utilisées dans le but de réduire le retrait au premier Age : dosage et nature sont des paramètres très importants pour assurer l'efficacité de cet ajout.

On utilise dans la plupart des cas des fibres organiques (polypropylène) pour contrecarrer les effets du retrait de prise et éviter la fissuration qui en résulte. Si l'on veut améliorer la ductilité, on pourra utiliser des fibres d'acier ou des fibres de fonte amorphe. [3]

### **I.4.5.2. Types de fibres**

On utilisés dans la construction deux type de fibre :

- Les fibres métalliques (acier, fonte)
- Les fibres organiques (polypropylènes, polyesters, polyamides et polystyrènes)

#### **I.4.5.2.1. Les fibres métalliques**

Les fibres métalliques caractérisées par un module d'élasticité élevé, par conséquent, offre au béton une meilleure résistance à la traction, au choc et améliore sa ductilité en augmentant son pouvoir de résister aux déformations dues à la rupture, de même donne une ténacité appréciable, leurs formes et leurs dimensions améliorent leur ancrage et leur adhérence (fibres, copeaux, fibres, refilées, ondulées, déformées aux extrémités, en tête declou).[1]

#### **I.4.5.2.2. Les fibres polypropylènes**

Les fibres se présentent le plus souvent en faisceaux qui, une fois dans le malaxeur, se séparent et se répartissent dans la masse du béton.

Les fibres polypropylènes améliorent la résistance aux chocs, à l'écaillage et limitent-les risques de fissuration dus au retrait dans les premiers âges du béton. Par ailleurs leur ajout ne diminue pas la maniabilité du béton mais au contraire aurait tendance à l'améliorer.

Ces fibres sont fréquemment utilisées dans le bâtiment, en particulier dans réalisation des panneaux décoratifs, revêtement de façades, de tuyaux et pieux [3]

#### **I.4.5.3. Le rôle des fibres**

Au début, les chercheurs ont essayé, par l'addition de fibres, d'augmenter les caractéristiques mécaniques du béton comme la résistance à la compression et la résistance à la flexion, mais

Le résultat obtenu était limité. Il a été constaté que le rôle principal des fibres dans un matériau cimentaire peut-être apprécié sous deux volets :

- Le contrôle de la propagation d'une fissure dans un matériau en état de service en réduisant l'ouverture des fissures.
- La transformation du comportement fragile d'un matériau en un comportement ductile qui accroît la sécurité lors des états de chargement ultimes.[5]

### **I.5. Résistance à haute température du béton avec et sans fibres**

Le béton est caractérisé par les résistances mécaniques, la résistance à la traction et la résistance à la compression, qui permet de présenter un aperçu du comportement mécanique du béton à température ambiante sous sollicitation de compression et de traction.[3]

#### **I.5.1. Résistance à la compression**

Les performances mécaniques résiduelles des deux bétons sont comparables. En ce qui concerne la résistance à la compression relative (Figure 3 a), nous pouvons distinguer globalement deux zones de comportement du béton. Dans la première zone qui varie de la température ambiante à 300°C, nous constatons une baisse ou une faible augmentation de résistance résiduelle. Dans la seconde zone, de 300°C à 900°C, nous remarquons une baisse progressive de la résistance résiduelle à la compression pour les deux types de béton. Ces résultats s'inscrivent dans la continuité des études de plusieurs auteurs : [HAG 04], [PLI 10]. L'augmentation de la résistance résiduelle à la compression entre la température ambiante et 300°C peut être due, premièrement, à la réhydratation des CSH lors de la migration et la condensation de l'eau vers les zones plus froides de l'éprouvette et, deuxièmement, à une formation de liaisons de siloxane (Si-O-Si), qui contribuent au retrait de la pâte et à l'augmentation de la résistance. [4]

#### **I.5.2. Résistance à la traction**

La résistance résiduelle à la traction des bétons avec ou sans fibres diminue progressivement avec la montée en température (Figure 3 b). De 750°C à 900°C, la perte de résistance résiduelle à la traction est remarquable. Par ailleurs, l'intersection des courbes a lieu à 900°C. Nous supposons que cela est dû à la perte de propriétés mécaniques des FS. Les mécanismes de rupture des éprouvettes pendant l'essai de la traction sont différents à 300°C et 900°C. Au

Cours de l'essai sur les bétons CPPS 0.75-60 à 300°C, nous observons que le béton a un comportement ductile, tandis qu'à 900°C le béton est plutôt fragile. Cette perte de ductilité

à 900°C peut être expliquée par l'oxydation ou la corrosion des FS à des températures élevées. Ezziane [EZZ 12] a remarqué le début de phénomène d'oxydation des FS à 500°C. Après 700°C, le phénomène de corrosion devient plus important. L'épaisseur des couches d'oxyde est alors d'environ 30 µm tandis qu'elle est d'environ 75µm à 800°C.

Il est intéressant de noter qu'à la température 900°C, l'amélioration des performances mécaniques résiduelles du béton CPPS 0.75-60 par rapport à celle des bétons Cerf était quasiment nulle. [4]

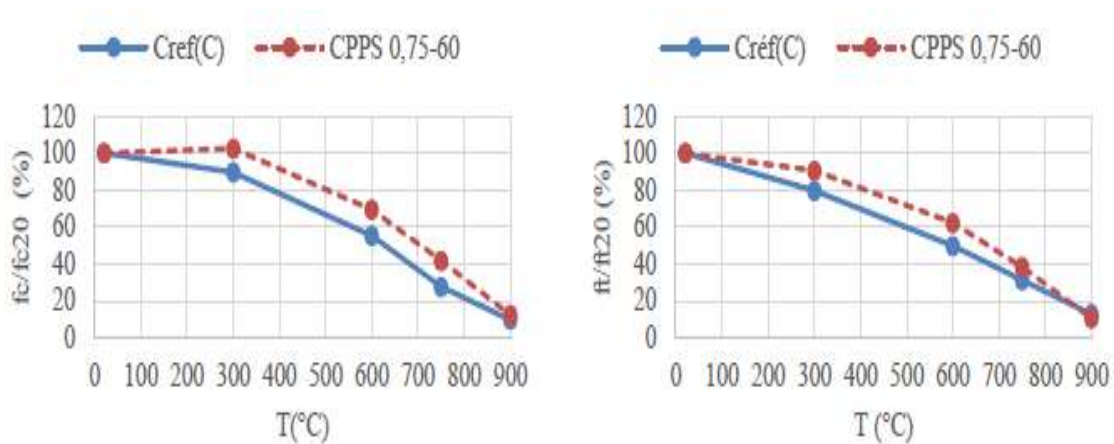


Figure I.1: Evaluation des résistances résiduelles relatives à la compression et résistances résiduelles relatives à la traction en fonction du cycle de chauffage [4]

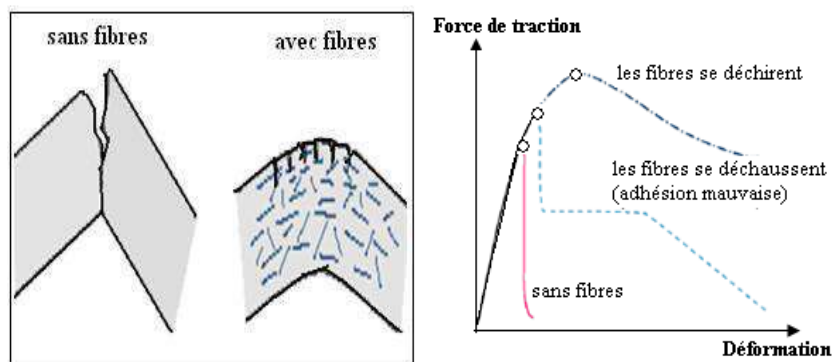


Figure I. 2: Illustration du renfort par des fibres (Haddadu N, 2015) [6]

### I.6. L'effet de la température sur des fibres à l'intérieur de la matrice cimentaire

D'après l'étude de comportement des bétons à haute température effectué Nonna [4]. Les valeurs de conductivité thermique des bétons fibrés sont plus élevées que celles du béton de référence à température ambiante.

a Figure I.3 présente la différence de température entre la surface et le centre des éprouvettes cylindriques, il est remarquable de présence trois pics sur la courbe de différence de température à cause des changements physiques et chimiques dans le béton sous l'effet de température, 1ère pic apparait entre 600 – 650°C ( $T_{surf}$ ) et est lié à la de hydroxylation de la Portlandite. 2ème pic est apparu à 300 et 350°C ( $T_{surf}$ ) à cause de la consommation de la chaleur latente. 3ème pic débute à 800°C et pourrait s'expliquer par la décarbonatation des granulats calcaires. [3]

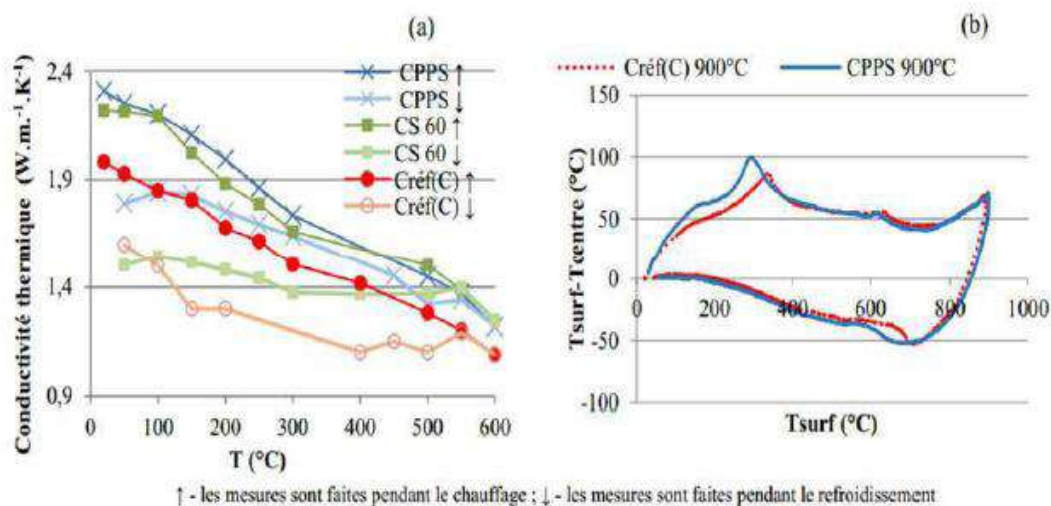


Figure I.3 :(a) Evaluation de la conductivité thermique (b) les températures à la surface et au centre d'éprouvette [4]

## I.7.Conclusion

Nous avons présenté dans cette étude bibliographique l'intérêt de sable de dune dans la formulation de béton. Malgré l'insuffisance des résultats de différentes recherches, nous pouvons dire que les bétons de sable pourront remplacer les bétons classiques dans certaines applications. Nous pouvons conclure ce que le béton de sable est composé de ciment, sable, d'eau et quelques ajouts, et les caractéristiques géométriques des fibres ont différentes selon leur types et leur dimensionnement. On peut dire aussi que l'utilisation de béton de sable et béton par fibres métalliques dans le domaine de la construction est très ancienne est très connus, pour cela on va proposer d'étudier un béton de sable renforcé par des fibres hybrides.

## **CHAPITRE II :**

# **CARACTERISATION DES MATERIAUX ET PROCEDURES D'ESSAIS**

## **II.1. Introduction**

Dans ce chapitre nous allons présenter les caractéristiques des différents constituants utilisés dans la formulation et la fabrication du béton de sable de dune.

Les résistances mécaniques des bétons en générale et des bétons de sable en particulier nécessitent des précautions particulières à savoir : le choix et la sélection des constituants ainsi que leurs utilisations pour pouvoir obtenir les résultats recherchés en matière de résistance.

Les composants de base d'un béton de sable fibré sont l'eau, le ciment et les sables plus les fibres (métalliques ; polypropylène...) qui peuvent être rajoutés dans le but de modifier les propriétés telles que la résistance, ces matériaux répondant à des avis techniques pour une utilisation dans le béton par l'application de quelques essais tels que: équivalent de sable ; masse volumique (apparent / absolu) ; analyse granulométrie.

## **II.2. Caractéristiques des matériaux**

### **II.2.1. Sable**

Dans cette étude nous avons utilisé un sable de dune (SD) de provenant de la région de Ain El Beida (Wilaya d'Ouargla).

#### **II.2.1.1. Masse volumique absolue**

Cet essai est régi par la norme NF P 18-555; elle est définie comme : est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre des grains

- La masse spécifique est la masse de granulats secs ( $M_s$ ) rapportée au volume absolu (uniquement volume de solides  $Y_s$ )
- La mesure du volume des solides ne tient pas compte des pores fermés contenus par les granulats.[5]

#### **But de l'essai**

Cet essai a pour but de permettre de connaître la masse d'une fraction granulaire lorsque par exemple on élabore une composition de bétons. Ce paramètre permet de déterminer la masse ou le volume des différentes classes granulaires malaxées pour l'obtention d'un béton dont les caractéristiques sont imposées. Dans ce travail nous avons utilisé la méthode de l'éprouvette graduée, elle est simple, rapide et utilise un matériel courant du laboratoire. [5]



### Mode opératoire

1. Remplir une éprouvette graduée avec un volume  $V_1$  d'eau.
2. Peser un échantillon sec  $M$  de sable (environ 100 g) et l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air.
3. Lire le nouveau volume  $V_2$ .

La masse volumique absolue est donnée par :  $\rho_s = \frac{M}{V_2 - V_1}$

La Masse volumique absolue de notre sable de dune est  $\rho_s = 2662 \text{ kg/m}^3$



Photo II.1: Essai de Masse volumique absolu

### II.2.1.2. Masse volumique apparente

Cet essai est régi par la norme NFP 18-554, elle est définie comme :

- La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules.
- La masse volumique apparente d'un matériau pourra avoir une valeur différente suivant qu'elle sera déterminée à partir d'un matériau compacté ou non compacté
- La masse volumique apparente sèche  $P_{dest}$  est la masse de granulats secs ( $M_s$ ) occupant un volume apparent (volume des solides:  $V_s$  + volume des vides  $V_v$ ) [5]

### Mode opératoire

1. Déterminer le volume du récipient =  $V$
2. Noter la masse du récipient propre et vide =  $M_0$
3. Placer le récipient dans le bac en plastique
4. Verser les granulats secs, par couches successives et sans tassement : utiliser les mains comme entonnoir naturel
5. Araser à l'aide de la règle métallique par un mouvement horizontal de va et vient

## 2 | Caractérisation des matériaux et procédures d'essais

6. Noter la masse du récipient rempli=  $M_1$
7. Vider les granulats dans un autre bac en plastique
8. Renouveler l'opération au moins deux (2) fois avec un autre échantillon du même type.

La masse volumique apparente est donnée par:  $\frac{M_1 - M_0}{V}$

La masse volumique apparente de notre sable est :  $\rho_s = 1505.54 \text{ kg/m}^3$



Photo II.2: Essai de Masse volumique apparente

### II.2.1.3. Equivalent de sable

Il est défini par la norme NFP 18-598; cet essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propreté d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5 mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent [NF P 18-560].

#### But de l'essai [5]

Cet essai a pour but de mesurer la propreté des sables entrant dans la composition des bétons. L'essai consiste à séparer les floccules fins contenues dans le sable. Une procédure normalisée permet de déterminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté de celui-ci.

#### Principe de l'essai

L'essai est effectué sur la fraction 0/2 mm du sable à étudier. On lave l'échantillon, selon un processus normalisé, et on laisse reposer le tout. Au bout de 20 minutes, on mesure les éléments suivants :

- Hauteur H1 : sable propre + éléments fins.
- Hauteur H2 : sable propre seulement.

On en déduit l'équivalent de sable qui, par convention dit équivalent de sable permettant de déterminer le degré de propreté du sable :  $S = \frac{H_1}{H_2} \times 100$

Selon que la hauteur H2 est mesurée visuellement ou à l'aide d'un piston, on détermine ESV (équivalent de sable visuel) ou ESp (équivalent de sable au piston) [5]

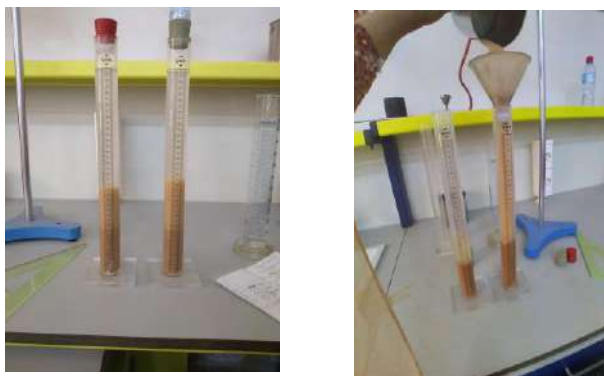


Photo II.3: Essai équivalent de sable

Tableau II.1: Pourcentage d'équivalent de sable

Nature de sable	ES (%)	Observation
Sable de dune	97.52	Sable très propre : L'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

#### II.2.1.4. Analyse granulométrique:

Les courbes granulométriques des différents granulats peuvent être déterminées par l'essai de l'analyse granulométrique (NF P 18-560)

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis (voire la figure 9), emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis.



Photo II.4: Essai d'analyse granulométrique

### But de l'essai

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant les échantillons. Elle s'applique à tous les granulats de dimension nominale inférieure ou égale à 63 mm, à l'exclusion des fillers [5], à noter qu'il faut éviter la confusion entre la granulométrie qui s'intéresse à la détermination de la dimension des grains et la granularité qui concerne la distribution dimensionnelle des grains d'un granulat.

### Principe de l'essai

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtés les un sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et les classements des grains s'obtiennent par vibration de la colonne de tamis.

Afin d'éviter toute ambiguïté, un tamis et une passoire équivalent désigné par un même numéro de module et une dimension nominale normalisée des tamis.

Tableau II.2: Module et dimensions nominales des tamis [2]

Modules	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Tamis	0,08	0,100	0,125	0,160	0,200	0,250	0,315	0,40	0,50	0,63	0,80
Modules	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Tamis	1,00	1,25	1,60	2,00	2,50	3,15	4,00	5,00	6,30	8,00	10,00
Modules	42	43	44	45	46	47	48	49	50		
Tamis	12,50	16,00	20,00	25,00	31,50	40,00	50,00	63,00	80,00		

### Dimension des tamis utilisés

Pour les sables, on utilisera en général les tamis de modules 20, 23, 26, 39, 32, 35, 38.

Pour les matériaux plus grossiers, tous les tamis au-delà du module 38 seront utilisés.

### Préparation de l'échantillon

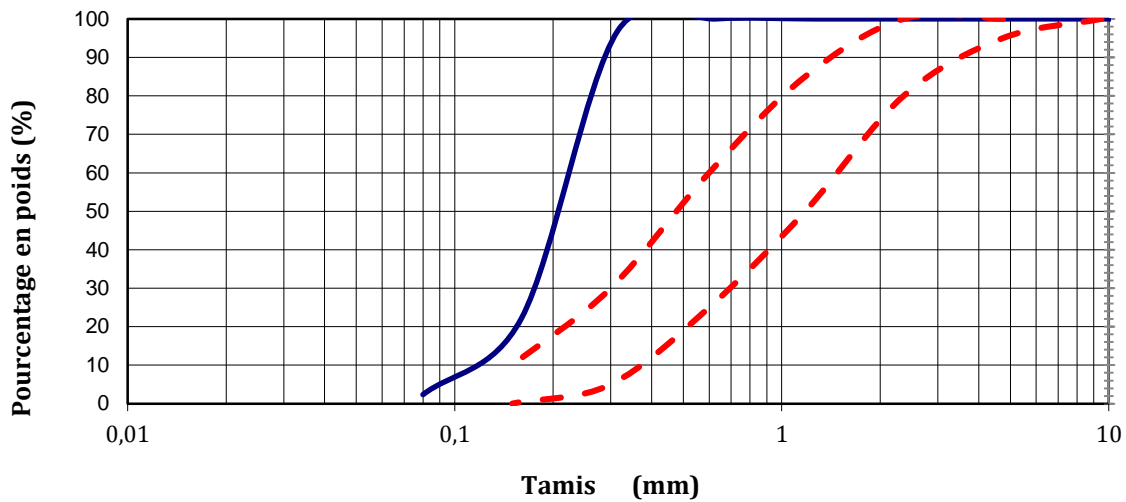
La quantité à utiliser doit répondre à différents impératifs qui sont contradictoires:

- Il faut une quantité assez grande pour que l'échantillon soit représentatif.
- Il faut une quantité assez faible pour que la durée de l'essai soit acceptable et que les tamis ne soient pas saturés et donc inopérants.

Dans la pratique, la masse à utiliser sera telle que :  $M \leq 0,2 D_{\max}$  avec M, masse de l'échantillon en Kg et Dmax diamètre du plus gros granulat exprimé en mm.

Tableau II.3: Résultats d'analyse granulométrique du sable de dunes (100% SD)

Tamis (mm)	Refus cumulés (g)	Refus cumulés (%)	Tamisât cumulés (%)
5	0	0	100
2.5	0	0	100
1.25	0	0	100
0.63	0	0	100
0.315	31.4	3.14	96.86
0.16	778.3	77.83	22.17
0.08	976.3	97.63	2.37
fond	998.4	99.84	0.16



**Figure II.1: Courbe granulométrique (100% SD)**

### Module de finesse

Les sables sont caractérisés par le module de finesse, ce module est égal au 1/100e de la somme des refus cumulés exprimés en pourcentages sur les tamis de série suivant (0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5 mm) [07].

$$Mf = \sum Rc / 100 \dots \dots \dots (2.4).$$

Où :Rc : refus cumulé en (%).

Le module de finesse de notre sable est 0.81, c.-à-d. c'est un sable très fin.

### II.2.2.Ciment

Le ciment utilisé est un ciment CPJ CEM II /BL 42.5N disponible sur le marché fabriqué par la cimenterie (ELMATIN).

#### II.2.2.1.Caractéristiques chimiques

L'analyse chimique du ciment utilisé a révélé l'existence des éléments qui sont présentés en pourcentage massique dans le tableau suivant :

Tableau II.4: L'analyse chimique du ciment (Annexe A)

MgO	SO3	CL	C3S	C3A
1.7	2.50	0.02	62	7.5

#### II.2.2.2.Caractéristiques mécaniques

Le tableau suivant résume certaines caractéristiques mécaniques de ciment utilisé

Tableau II.5:Caractéristique physique et mécaniques de ciment utilisé (Annexe A)

Propriétés physiques et mécaniques	CPIJ-CEM II /B-L
Début de prise heure/min	2.45
Fin de prise heure/min	3.50
Rc28 (MPa)	$\geq 42.5$
Rt28 (MPa)	4.3

### II.2.3.Eau de gâchage

L'eau utilisée pour la confection du béton est celle du robinet du laboratoire de génie civil de l'université d'Ouargla

### II.2.4.Les fibres

#### II.2.4.1.Fibres métalliques

Les fibres utilisées dans cette étude expérimentale sont des fibres métalliques disponibles sur le marché à différentes dimensions, conçu spécialement pour l'amélioration des propriétés du béton et de mortier tel que la résistance.



Photo II.5: La géométrie de fibres métalliques utilisées

Les Caractéristiques physiques et mécaniques des fibres utilisées sont résumées dans le tableau suivant

Tableau II.6: Caractéristique physique et mécanique des fibres

Fibres	Diamètre (mm)	Long (mm)	Masse volumique absolue (kg/m <sup>3</sup> )	Résistance à la traction (MPa)
Ondulées	1	30	7850	800-1100

#### II.2.4.2. Les fibres polypropylène

Ces fibres se caractérisent par leur faible densité. Elles sont particulièrement souples et insensibles chimiquement mais peu résistantes à la chaleur (température de fusion 160 °c)



Photo II.6: La géométrie de fibres polypropylène utilisé

Les caractéristiques physiques et mécaniques de ces fibres sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau II.7: Caractéristique des fibres de polypropylène (Annexe B)

Masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )	Point de fusion (°C)	Long (mm)	Allongement à la rupture (%)	Section de la fibre (µm)	Module d'élasticité (GPa)
0.9	150	12	50	30	3

#### II.2.5. Les Adjuvants :

Le plastifiant que nous avons utilisé est appelé MEDAFLUID 40 et un plastifiant réducteur d'eau, il est compatible avec tous les types de ciment.



Tableau II.8: Caractéristique de MEDAFLUID 40 [Annexe C]

Couleur	Aspect	PH	Teneur en chlore	Extrait sec	Densité
Marron	Liquide	8-9	< 1 g /l	40%	1.19



Photo II.7: Le plastifiant utilisé

### **II.3. Formulation des bétons de sable renforcés de fibres**

Après avoir choisi les constituants utilisés dans la composition des bétons de fibres, et après détermination des propriétés, on procède à la détermination des dosages de chaque composé, et cela dans le but d'avoir une maniabilité acceptable par rapport à la consistance du béton souhaitée [5].

#### **II.3.1. Formulation du béton de sable témoin**

Pour la composition du béton de sable, nous avons utilisé un dosage en ciment et sable correspondant à celui d'un mortier normalisé c'est-à-dire une part de ciment et trois part de sable. Concernant le dosage en eau nous avons utilisé l'essai de maniabilité pour la détermination de la quantité d'eau correspondant à un béton plastique [5].

#### **II.3.2. Formulation des bétons renforcés**

Concernant la formulation du béton de sable renforcé de fibres, nous avons gardé le rapport E/C de la composition de la matrice du béton de sable sans fibres. En se basant sur l'essai de maniabilité au laboratoire on trouve pratiquement les mêmes résultats du rapport E/C pour les bétons sans fibres et ceux avec fibres.

### II.3.3.Composition des bétons utilisés

Les compositions des échantillons utilisés dans l'étude pour un mètre cube de béton sont :

- Composition du B (100% SD)
- Les fibres polypropylène FP=12mm
- Les fibres métalliques FM=3 cm
- BF1:B+F1 (0.10% FP+0.51% FM)
- BF2:B+F2 (0.10% FP+0.89% FM)
- BF3:B+F3 (0.15% FP+0.51% FM)
- BF4: B+F4 (0.15% FP+0.89% FM)
- BF5: B+F5 (0% FP+0.51% FM)
- BF6: B+F6 (0% FP+0.89% FM)

Tableau II.9:Composition du B (100% SD)

Bétons	E/C	Ciment (g)	Sable (g)	Fibres (g)		Plast (g)	Eau (l)
			SD	FP	FM		
B	0.58	438.4	1315.3	0	0	0	254.3
BF1	0.58	438.4	1299.9	0.95	37.9	4.2	254.3
BF2	0.58	438.4	1290.3	0.95	66.3	4.2	254.3
BF3	0.58	438.4	1299.9	1.42	37.9	4.2	254.3
BF4	0.58	438.4	1289	1.42	66.3	4.2	254.3
BF5	0.58	438.4	1302.44	0	37.9	0	254.3
BF6	0.58	438.4	1293.8	0	66.3	0	254.3
BF7	0.58	438.4	1312.8	0.95	0	4.2	254.3
BF8	0.58	438.4	1311.5	1.42	0	4.2	254.3

### II.4.Préparation et forme de l'échantillon

Après une série d'essais nous avons opté pour une formulation finale du béton de sable renforcé de fibres métalliques, pour préparer des éprouvettes (4x4x16) cm, le malaxage a été fait à la main de la manière suivante :

- Au premier lieu on procède au mélange du sable ;
- Puis on ajoute du ciment et on mélange l'ensemble sable-ciment ;
- Enfin on ajoute les fibres métalliques et on mélange l'ensemble (sable + ciment+ fibres métalliques+ fibres polypropylènes).

- En dernier lieu on ajoute l'eau d'une manière progressive pendant le malaxage de la matrice (sable+ fibre métalliques+ ciment+ eau) .

Enfin, on procède au remplissage des moules en deux couches suivi d'une vibration en utilisant une table de vibration standard. Après 24 h on procède au démoulage les éprouvettes où ces dernières seront mises dans l'eau pour une conservation durant 14 jours, ce mode de conservation offre au béton une bonne consistance et lui procure une bonne résistance à la compression et à la traction [7].

### **II.5.Conclusion :**

Le travail présenté dans ce chapitre traite les caractéristiques des matériaux utilisés dans la formulation de notre mélange, les conclusions qu'on peut tirer de cette caractérisation sont :

- Le sable de dunes (SD) de la région Ain El Beida (Wilaya d'Ouargla), est caractérisé par une granulométrie serrée situé hors du fuseau recommandé de sable.
- Pour la formulation du béton de sable renforcé de fibres, nous avons gardé le rapport E/C de la composition de la matrice du béton de sable sans fibres.

**CHAPITRE III :**

**RESULTATS ET DISCUSSIONS**

## II.1.Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats expérimentaux des tests réalisés sur les bétons de sable avec et sans fibres aux différents températures.

Nous avons abordé l'analyse des propriétés physiques et mécanique des bétons de sable de dunes avec et sans fibres soumis à des hautes températures (cycles de chauffage refroidissement). Ensuite, nous avons entamé le volet concernant l'analyse des résultats et discussions de l'ensemble des bétons réalisés et Nous avons étudié les caractéristiques mécaniques (résistance à la compression et la résistance à la traction) des bétons.

## III.2.Caractérisation du comportement des bétons à haute température

L'exposition des bétons à des températures élevées entraine des transformations physico-chimiques et microstructurales qui vont alors conduire aux changements des propriétés physiques et mécaniques. Dans les paragraphes suivants, nous allons présenter l'évolution de certaines propriétés physiques et mécaniques de différentes formulations du béton sous l'effet de la température. [3]

### III.2.1.Résistance mécanique

Dans la formulation du béton de sable renforcé de fibres hybrides : Le rapport E/C est la même pour les bétons sans et avec fibres.

## III.3.Dispositif de chauffage

Dans les cycles de chauffage, nous utilisons un four électrique programmable dont les dimensions utiles sont de 250 x 250 x 355 mm. Il permet le chauffage de douze éprouvettes prismatiques 4x4x16 cm en même temps.



PhotoIII.1: Dispositifs de chauffage

### III.4. Disposition dans le four

Pour réaliser un essai de chauffage, nous disposons dans le four 12 éprouvette; elles sont disposées au milieu du four de façon à avoir une exposition à la chaleur homogène.



Photo III.2: Disposition des éprouvettes dans le four

### III.5. Résistances mécaniques

#### III.5.1. Essais de flexion NFP 18-406

##### Principe de l'essai

Les deux essais de flexion les plus utilisés sont L'essai de flexion trois points ou flexion simple, caractérisé par un moment fléchissant variable le long de l'éprouvette et un cisaillement constant, et L'essai de flexion quatre points ou flexion pure avec un moment constant dans les sections entre appuis et un cisaillement nul. [11]



Photo III.3: Essai de résistance à la flexion (3 point)

Pour effectuer nos essais de flexion, on a procédé à l'essai sur des éprouvettes prismatiques de dimensions (4x 4 x 16 cm<sup>3</sup>) mûries à l'eau, conformément à la norme (NFP 18-406). La résistance à la flexion  $f_{t28}$  obtenue à 28 jours provient de la moyenne des résultats sur trois échantillons. L'appareil utilisé est une presse hydraulique de flexion dont la capacité maximale.

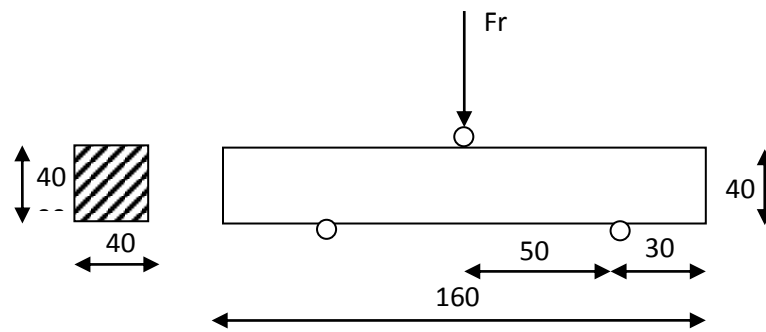


Figure III.1: Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion ( 3 point)

$$R_f = \frac{1.5 F_f l}{b^3} [\text{MPa}]$$

Où : $R_f$  : Résistance à la flexion en (MPa) ;

$F_f$  : Charge de rupture en N.

### III.5.2.Essai de compression (NFP18-406) :

Cet essai permet de déterminer la Résistance à la compression du béton de l'éprouvette.

#### Principe de l'essai :

- L'éprouvette cubique est soumise à une charge croissante jusqu'à la rupture.
- La résistance à la compression est le rapport entre la charge de rupture et la section transversale de l'éprouvette.



PhotoIII.4 : Essai de résistance à la compression

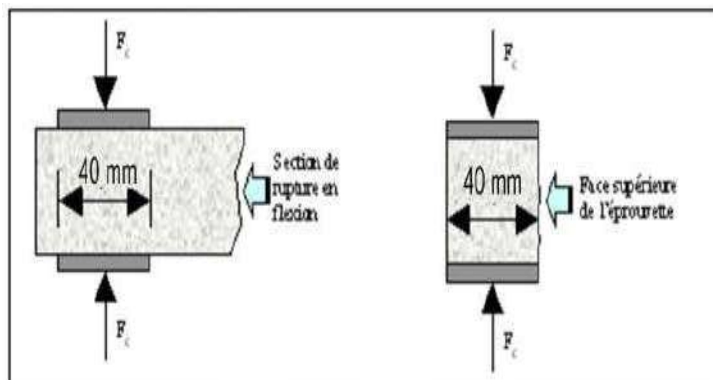
La caractérisation du comportement en compression est effectuée conformément à la norme (NFP 18-406), sur des éprouvettes cubiques de dimensions (4x4x16cm<sup>3</sup>) respectivement, mûries à l'eau. Les résultats de la résistance à la compression  $f_{cj}$  obtenus à 28 jours représentent la moyenne de trois échantillons. La machine utilisée pour l'écrasement uni axial des cubes est une presse hydraulique dont la capacité maximale.

$$R_c = \frac{F_c}{b^2}$$

$R_c$ : Résistance à la compression en (MPa) ;

$F_c$  : Charge de rupture en (N)

$b$  : Côte de l'éprouvette est égale à 40mm



.Figure III.2: Dispositif de rupture en compression

### III.6. Résultat de la résistance mécanique

#### III.6.1. Résultat de la résistance à la compression

## CONCLUSION GENERALE



## Conclusion générale

Les bétons de sable ont un gros intérêt vu de la rareté des granulats de ce fait, la valorisation des ressources naturelles et artificielles disponibles devient plus que nécessaire. Les bétons de sable de dunes présentent plusieurs anomalies du fait de sa composition, en particulier le sable de dunes ayant une granulométrie fin et manométrique, engendrant des chutes dans les résistances mécaniques, de ce fait, il est envisagé de les renforcer par des fibres. Cette étude met en évidence le rôle et l'influence du dosage en fibres hybrides (polypropylènes et métalliques) soumis à haute température sur les caractéristiques mécaniques des bétons de sable durci.

Cinq paliers de température ont été choisis (28 ; 150, 300, 600 et 800°C) afin de pouvoir délimiter les seuils de température tolérable pour les bétons de sable avec et sans fibres.

Après une étude expérimentale nous avons conclu ce qui suit :

- La température de 28°C donne la meilleure résistance à la flexion dans tous les mélanges de bétons de sables
- Dans l'essai de traction par flexion sur les échantillons de béton de sable renforcé de fibres hybrides, on remarque que la résistance n'améliore pas avec l'augmentation de la température.
- Les pertes en masse sont généralement plus grandes pour les bétons de fibres comparativement aux bétons sans fibre.

# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

### Références bibliographiques

- 01- Belferrag A. (2006). Valorisation des fibres métalliques issues des déchets pneumatiques dans les bétons de sable de dunes, Thèse de Magister, Université d'Ouargla.
- 02- Jaballah A, Slaoui, S. (2014) Valorisation du béton de sable dans les structures de béton, Ecole Nationale d'ingénieurs de Tunis
- 03- Farourou M, Sebaa A. (2018). Etude du béton de sable de dunes renforcé par des fibres soumis à haute température, mémoire mastère, Université d'Ouargla.
- 04- Nonna, Yermak, (2015). Comportement à hautes températures des bétons additionnés de fibres. Rencontres Universitaires de Génie Civil, Bayonne, France
- 05- Saouli O, Hamdi O. (2019) .Influence des fibres hybrides sur les caractéristiques de béton de sable de dunes, mémoire mastère, Université d'Ouargla.
- 06- Bantata A. (2004). Etude expérimentale d'un béton avec sable de dune de la région d'Ouargla (Ain El Beida), mémoire de magister, université d'Ouargla.
- 07- Ahmed, Oughba Mohamed Abderrahmane NAFE, 2013. Etude des caractéristiques mécaniques du béton de sable de dunes sous l'effet d'adjuvant, mémoire mastère, Université Ouargla.
- 08- HACHEMI S.(2015). Etude du Comportement du béton soumis à haute température : Influence du type de béton et de la nature des constituants, thèse de doctorat, université de Biskra.
- 09- Mécanique d'un mortier à sable des dunes, Mémoire de master, Université de Ouargla. Norme française, Essai de flexion, NF P 18-407, Décembre 1981
- 10- Haddadou.N.2015. Elaboration et caractérisation de béton autoplaçant fibré avec ajout de poudre de marbre Thèse de Doctorat UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES,2015.
- 11- B. REDJEL, S.Benmedakhene. La pratique des essais destructifs : L'essai de flexion, Université de Annaba

## **Annexes**

Annexe

Appareille de vibration



Dispositif d'essai traction par flexion



Appareille de la compression



Le moulage des éprouvant



Dispositif d'essai de compression



Les éprouvettes après l'écrasement



Les éprouvettes dans l'eau 28 jours



(Annexe A)

Fiche produit ciment (matine).

Ciment pour béton exigeant

CEM II/A 42,5 R NA 442



متين  
Matine

ALGÉRIE



**Ciment pour béton exigeant**

CPJ - CEM II/B 42.5 N

*Matine* Ciment gris pour bétons de haute-performance destiné à la construction des Ouvrages d'Art, infrastructure et superstructure pour bâtiments

**Matine**

CPJ - CEM II/B 42.5 N.

*Matine* est certifié, conforme à la norme Algérienne (NA 442) et Européenne (EN 197-1)

**AVANTAGES PRODUIT**



- Une résistance initiale élevée pour vos ouvrages nécessitant un décoffrage rapide
- Favorise la maniabilité du béton et le maintien de sa rhéologie
- Une Classe Vraie qui offre une haute performance au béton.
- Meilleure durabilité du béton.



### APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- Construction des Ouvrages d'Art, infrastructure et superstructure pour bâtiments
- Préfabrication légère
- Béton de haute performance



### FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment 	Sable (sec) 	Gravillons (sec) 	Eau (litres) 	
Dosage pour béton c25/30	X 1 	+ X7 	+ X5 	+ X4 	+ 25 L

Remarque: un bidon = 10 Litres

### CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

#### • Analyses chimiques

	Valeur
Perte au feu (%) (NA5042)	10.0±2
Teneur en sulfates (SO3) (%)	2.5±0.5
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1.7±0.5
Teneur en Chlorures(NA5042) (%)	0.02-0.05

#### • Temps de prise à 20° (NA 230)

	Valeur
Début de prise (min)	150±30
Fin de prise (min)	230±50

#### • Composition minéralogique du Clinker (Bogue)

	Valeur
C3S (%)	60±3
C3A (%)	7.5±1

#### • Résistance à la compression

	Valeur
2 jours (MPa)	≥ 10.0
28 jours (MPa)	≥ 42.5

#### • Propriétés physiques

	Valeur
Consistance Normale (%)	26.5±2.0
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm <sup>2</sup> /g) (NA231)	3 700 - 5 200
Retrait à 28 jours (µm/m)	< 1 000
Expansion (mm)	≤ 3.0

### CONSIGNES DE SÉCURITÉ

1- **PROTÉGEZ VOTRE PEAU** : Portez les équipements adaptés dans vos chantiers: casques, lunettes, gants, genouillères, chaussures et vêtements de sécurité.

2- **MANUTENTION** : levez le sac en pliant les genoux et en gardant le dos droit.



LAFARGE ALGÉRIE

Centre commercial Bab Ezzouar, Tour n°02, Etages 05 & 06, Bab Ezzouar Alger, Algérie

Tél: + 213 (0) 21 98 54 54

Fax: + 213 (0) 23 92 42 94

www.lafargealgerie.com

**LAFARGE**  
لافارج

## (Annexe B)

# FICHE TECHNIQUE

## Fibre polypropylène



### DESCRIPTION

Fibre de polypropylène vierge mono-filament pour le contrôle de la fissuration du béton dans la phase plastique et comme renfort secondaire du béton.

Cette fibre Polypropylène à haute ténacité et à grande stabilité dimensionnelle, est conçue spécifiquement pour une utilisation dans le béton et mortier car résistant aux alcalis, absolument pas corrodable, résistante à l'abrasion, aux produits chimiques, aux moisissures, aux micro-organismes et aux hautes températures.

Les FIBERTEK PP 6-12-18mm sont destinés à être incorporés dans la matrice de ciment (béton, mortier, etc.) pour constituer un matériau homogène en mesure de contrer le retrait plastique.

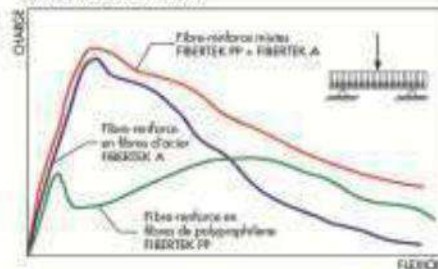
Pour obtenir une résistance plus élevée à la traction que celle correspondant aux bétons sans fibres et donc plus de ressources pour faire face aux contraintes induites par le retrait ; laissez le béton se développer, avec le même degré de maturation. A l'état durci, donc après maturation, la présence des fibres FIBERTEK PP contribue à améliorer les propriétés du béton. Ils augmentent en particulier la ténacité, c'est à dire la résistance résiduelle post-fissuration, ressource importante pour contrer la propagation des fissures, en particulier dans le régime dynamique. Cette contribution, cependant, ne permet pas un redressement structural en termes d'augmentation de la ductilité apparente.

Les FIBERTEK PP fournissent, cependant, une contribution importante dans le domaine structural lorsqu'elle est combinée avec des fibres métalliques (Fig. 1).

Les FIBERTEK PP Améliorent la performance des fibres d'acier dans l'immédiat post-fissuration et l'absorption de l'énergie résiduelle pour

les grandes déformations, donc augmentent la ductilité globale du composite.

### COMPORTEMENT DE LA FLEXION APRES SOLICITATION



Mergage CE pour non-structural usage selon EN 14669-2.



### PROPRIETE

FIBERTEK PP 6, 12 et 18 mm, étant mono-filament ils se dispersent facilement dans la matrice dans toutes les directions de manière à avoir une répartition homogène de la fibre dans la pâte et une matrice renforcée qui permet de contrôler son retrait plastique, ce qui augmente la compacité et limite les microfissurations.

FIBERTEK PP 6 millimètres, est pour le béton, un élément de protection passif contre l'incendie.

FIBERTEK PP 6, 12 et 18 millimètres :

- Éliminent la formation de macro-fissures et réduit la microfissure.
- Réduisent le retrait plastique hydraulique lors de la prise du béton.

Page 10



**Groupe A - Bône :**  
B.P. 203, Zone Industrielle de Sid-Sel-Azib  
Tél. : + 212 (0) 48 78 34 63  
Fax : + 212 (0) 48 70 34 62  
E-mail : info@teknachem.com  
www.teknachem.com

**Antenne d'Alger :**  
Rue de la Soummam 121P 06 ZI Oued Sear Alger  
Tél./Fax : + 212 (0) 23 82 06 62  
**Antenne de Sétif :**  
Zone d'Activité Artisanale 6<sup>ème</sup> Tranche - Sétif  
Tél. : + 212 (0) 24 92 82 10 - Fax : + 212 (0) 24 92 82 80

Les informations contenues dans la présente fiche technique bien que représentant le stade le plus avancé de la connaissance, ne dispensent pas l'utilisateur de procéder des tests préliminaires sous ses propres conditions d'emploi ou à faire appel à l'assistance technique de la société. Par conséquent la **TEKNA ALGER SA**, décline toute responsabilité pour l'emploi inapproprié du produit.







- Améliorent l'élasticité et la résistance à la traction....
- Augmentent la résistance aux chocs et à l'abrasion.
- Résistent à l'agent acide et basique.
- Ne se détériorent pas.
- Excellente qualité de dispersion.
- Haute efficacité et économie (dosage entre 0,9 et 1 kg par mètre cube de béton).

#### CARACTERISTIQUE

Etat physique : .....Fibres  
 Matériau : .....Polypropylène vierge  
 Couleur : .....Blanc naturel  
 Densité : .....0,8 à 1,00 g/cm<sup>3</sup>  
 Dimension : .....6 mm  
 Longueur : .....6/12/18 mm nominale  
 Section : .....Circulaire  
 Epaisseur : .....32 microns  
 Poids spécifique : .....0,91 g / cm<sup>3</sup>  
 Point de fusion : .....160° C

##### Résistance à la traction :

- 6 mm : .....400 N/mm<sup>2</sup>
- 12 mm : .....450 N/mm<sup>2</sup>
- 18 mm : .....450 N/mm<sup>2</sup>

##### Allong. à la rupture :

- 6 mm : .....20 %
- 12 mm : .....40 %
- 18 mm : .....40 %

Module d'Young : .....3700 MPa

##### Epaisseur nominale :

- 6 mm : .....18 µm
- 12 mm : .....32 µm
- 18 mm : .....32 µm

Résistance aux alcalis : .....haute

Résistance à l'acide : .....haute

Résistance aux sels : .....haute

#### PROPRIETES ET EFFETS

- Améliore la thixotropie des mélanges.
- Réduit la fissuration.
- Réduit le retrait.
- Améliore les résistances en flexion.
- Améliore la thixotropie du mortier ou béton.

#### DOMAINES D'APPLICATION

- Micro béton et mortier projetés ou manuels.
- Application en épaisseur pour mortier en ciment ou en plâtre en une seule passe.
- Chapes légères.
- Mortier auto nivelant.
- Plats formes.

#### MODE D'EMPLOI

- ① Mélanger les agrégats, l'eau et le ciment.
- ② Ajouter graduellement les fibres dans la bétonnière, toujours en mouvement pour obtenir une dispersion plus uniforme. Continuer de mélanger pour au moins 5 minutes, après l'ajout des fibres.
- ③ Ajouter un super plastifiant de notre gamme sans arrêter le malaxage jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène.

#### APPLICATIONS

Contrôle de la fissuration de retrait pour le béton et le mortier. FIBERTEK PP 6, 12 et 18 mm sont indiqués pour :

- Pavage.
- Sols industriels en particulier et tous les sols en béton en général.



**Siège & Usine :**  
 B.P. 303 Zone Industrielle de Sid-El-Abble  
 Tél : + 213 (0) 48 70 34 63  
 Fax : + 213 (0) 48 70 34 62  
 Email : info@teknachem.com  
 www.teknachem.com

**Agence d'Algier :**  
 Rue de la Soummam lot N° 06 Z.I. Oued Ssair Alger  
 Tél/Fax : + 213 (0) 22 92 85 62  
**Agence de Sétif :**  
 Zone d'Activité Artisanale 6<sup>ème</sup> Tranche - Sétif  
 Tél : + 213 (0) 36 93 90 18 - Fax : + 213 (0) 36 93 98 60

Les informations contenues dans la présente fiche technique, bien que représentatives et le stade le plus avancé de la connaissance, ne dispensent pas l'utilisateur de procéder à des tests pilotes dans des conditions réelles d'emploi ou à faire appel à l'assistance technique de la société. Par conséquent **TEKNA CHEM ALGERIE SAS** décline toute responsabilité pour l'emploi inapproprié du produit.



## (Annexe C)

## FICHE TECHNIQUE

## NOTICE TECHNIQUE

2 1 2 3

**MEDAFUID 40**Conforme à la norme EN 934-2 : TAB 1 ET  
TAB 2 ET TAB 10. NA 774

Plastifiant / réducteur d'eau

**DESCRIPTION**

Le **MEDAFUID 40** est un plastifiant réducteur d'eau. Il est compatible avec tous les types de ciment.

**DOMAINES D'APPLICATION**

Le **MEDAFUID 40** est recommandé pour la confection des bétons suivants :

- Béton prêt à l'emploi
- Béton pompé sans forme de ségrégation
- Béton de masse
- Fabrication de dalles et pré-dalles
- Bétons BCR
- Bétons extrudés

**PROPRIÉTÉS :**

Grâce à ses propriétés physico-chimiques, le **MEDAFUID 40** permet :

Sur béton frais :

- Diminuer le rapport E/C
- Augmenter le slump
- Faciliter la mise en œuvre du béton
- Éviter la ségrégation

Sur béton durci :

- Augmenter les résistances mécaniques
- Augmenter la compacité
- Augmenter l'imperméabilité
- Augmenter la durabilité
- Éviter la formation de nids d'abeilles

Résistances mécaniques en compression  
(béton dosé à 350 kg/m<sup>3</sup>, E/C=0.42, Aff=11cm)

Désignation	Rc (MPa)	
Jours	7J	28J
Témoin	22,5	28,0
<b>MEDAFUID 40 (1,5%)</b>	28,5	36,30

**CARACTÉRISTIQUES**

- Aspect ..... Liquide
- Couleur ..... Marron
- pH ..... 8 / 9
- Densité ..... 1,19 ± 0,01
- Teneur en chlore ..... < 0,1 g/l
- Extrait sec ..... 40 %

**MODE D'EMPLOI**

Le **MEDAFUID 40** peut être ajouté dans la bétonnière ou dans les camions malaxeurs :

a) Dans la bétonnière il s'ajoute dans la deuxième partie de l'eau de gâchage et doit être suivi d'un malaxage d'environ 2 minutes.

b) Dans le camion malaxeur, le **MEDAFUID 40** est introduit dans la toupie à l'arrêt et malaxé à grande vitesse pendant environ 1 minute par mètre cube de béton.

Ne pas ajouter le **MEDAFUID 40** sur le béton sec.

**DOSAGE**

Plage de dosage recommandée :

0,8 à 2,0% du poids de ciment. Soit 0,67 L à 1,68 L d'adjuvant pour 100 kg de ciment.

Des dosages supérieurs à 1,5% du poids de ciment (soit 1,2 l d'adjuvant par 100kg de ciment) permettent d'obtenir un retard de début de prise du ciment.

Le dosage optimal doit être déterminé sur chantier en fonction du type de béton et des effets recherchés.

**CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE**

Le **MEDAFUID 40** est conditionné en bidons de 12 et 24 kg, fûts de 265 kg, cubitenaire de 1200 kg.


La température dans l'entrepôt de stockage doit être comprise entre 5°C et 35°C.

Si le produit a gelé, le dégeler à 20°C et le remuer

Les renseignements donnés dans cette notice sont basés sur notre connaissance et notre expérience à ce jour. Il est recommandé de procéder à des essais de convenance pour déterminer la fourchette d'utilisation tenant compte des conditions réelles de chantier.



## (Annexe D)

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et populaire MINISTERE DES RESSOURCES EN EAU EP. ALGERIENNE DES EAUX d'unité Ouargla						
وزارة الموارد المائية الجزائرية للمياه وحدة مديرية ورقلة						
						
<b>FICHE D'ANALYSES</b>						
N° REF : 253 /2017 LIEU DE PRELEVEMENT: FORAGE MEKHADEMA N°01 Date de prélèvement : 19/02/2017 prélèvement effectué par : préleveur ADE						
Date d'analyse : 19/02/2017 Analyse effectuée Par : Laboratoire Central						
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	CON.	N.A	MINERALISATION GLOBALE		CON.	N.A
PH	/	6,5 – 8,5	Calcium Ca <sup>2+</sup>	mg/l	240,48	200
Potentiel redox Eh	Mv	/	Magnésium Mg <sup>2+</sup>	mg/l	162,81	150
Conductivité à 25°C	µs/cm	4600	Sodium Na <sup>+</sup>	mg/l	400	200
Température	°C	/	Potassium K <sup>+</sup>	mg/l	23	20
Turbidité	NTU	0,172	Chlorures Cl <sup>-</sup>	mg/l	998,03	500
T.D.S	mg/l	/	Sulfate SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	720	400
Salinité	‰	2300	Bicarbonate HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	184,92	/
Oxygène dissous	mg/l	2,3	Carbonate CO <sub>3</sub>	mg/l	/	/
CO <sub>2</sub> libre	mg/l	/	Silicate SiO <sub>2</sub>	mg/l	/	/
Résidu sec à 105°C	mg/l	3076	Dureté Totale (TH)	mg/CaCO <sub>3</sub>	1270	500
MES à 105°C	mg/l	/	Dureté Permanente	mg/CaCO <sub>3</sub>	/	/
			Titre alcalin	mg/CaCO <sub>3</sub>	/	/
			Titre alcalin complet	mg/CaCO <sub>3</sub>	151,57	/
PARAMETRES DE POLLUTION	CON.	N.A	PARAMETRES INDESIRABLES		CON.	N.A
Aminonium NH <sub>4</sub>	mg/l	0,087	Fer total	mg/l	/	0,3
Nitrite NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	00	Fer Fe <sup>2+</sup>	mg/l	00	0,3
Nitrate NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	/	Fer Fe <sup>3+</sup>	mg/l	/	0,3
Orthophosphate PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	00	Manganèse Mn <sup>2+</sup>	mg/l	/	0,3
Mat. Oxyd. M. Acide	mg/l	/	Aluminium AL <sup>3+</sup>	mg/l	/	0,5
			Fluore F <sup>-</sup>	mg/l	/	/
ANALYSES FINES		N.A	PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES		/	N.A
DBO <sub>5</sub>	mg/l	/	Germes totaux			
DCO	mg/l	/	A 37°C	UFC/ml	/	0
Plomb Pb	mg/l	/	A 22°C	UFC/ml	/	0
Nickel Ni	mg/l	/	Coliformes totaux	ge/100ml	00	0
Cadmium Cd	mg/l	/	Echerichen-coli	ge/100ml	00	0
Cobalt Co	mg/l	/	Streptocoques fécaux	ge/100ml	00	0
Chrome Cr	mg/l	/	Clostridium sulf-red	ge/100ml	/	0
Cuivre Cu	mg/l	/	Chlore résiduel libre	mg/l	brute	0
<b>OBSERVATION :</b>						

## Résumé

Ce travail vise à étudier les caractéristiques mécaniques des bétons de sable de dunes renforcés des fibres hybrides (polypropylène FP + métallique FM) soumis à haute température. Pour cela, différentes compositions de béton de sable ont été soumises à un cycle de chauffage-refroidissement avec une vitesse de 1°C/min. Les fibres polypropylènes utilisées ont des longueurs de 12 mm et 3 cm pour les métalliques.

Les meilleurs résultats sont obtenus par le béton de sable avec 0.1% FP+0,89% FM

**Mots clés :** Fibres Hybrides, Haute température, Sable de dune, Béton de sable.

## ملخص

الهدف من الدراسة هو دراسة الخصائص الميكانيكية للخرسانة الرملية المعززة بالألياف الهجينة ( البوليبروبيلان + المعدنية ) والتي تم تعريضها لدرجات حرارة عالية لهذا خضعت تركيبات الخرسانة الرملية المختلفة لدورة تسخين – تبريد بسرعة 1 درجة مئوية / الدقيقة الألياف لها أطوال 12 مم بالنسبة لألياف البوليبروبيلان و 3 سم بالنسبة للألياف المعدنية وقد تم الحصول على أفضل النتائج عن طريق الخرسانة الرملية المشكلة من 0.1% ألياف البوليبروبيلان و 0.89% من الألياف المعدنية

الكلمات المفتاحية : ألياف هجينة , حرارة عالية, رمل الكثبان. خرسانة رملية.

## Abstract

The aim of this work is to study the mechanical properties of dune sand concretes reinforced with hybrid fibers (polypropylene+ metal) and subjected to high temperature. For this, different sand concrete compositions were subjected to a heating-cooling cycle at a rate of 1°C/min. The polypropylene fibers used have lengths of 12 mm, and the metals fibers used have length 3 cm

The best results are obtained by the sand concretes with 0.10% PF + 0.89% MF

**Key words:** Dune sand, Sand concrete, hybrid fiber, High temperature.