

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université KASDI Merbah de Ouargla**



**Faculté des Sciences Appliquées**

**Département d'Hydraulique et de Génie Civil**

## **Mémoire**

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité: Génie Civil

Option : E.C.B.R

## ***Thème***

**Etude des caractéristiques mécaniques de béton de sable de dune renforcé par de fibres issues de déchets industriels**

**Présenté par :**

*Kemassi Wassila*

*Boualati Aicha*

**Soutenu publiquement devant le Jury composé de :**

MOKHTARI Abdessamed	M.C.B	Université d'Ouargla	Examineur
DJOHRI Mohammed	M.C.B	Université d'Ouargla	Président
MEZIANI Nedjma	M.A.A	Université d'Ouargla	Promotrice
BELFERRAG Allaoua	M.C.B	Université d'Ouargla	Co-Promoteur

**Année Universitaire : 2017/2018**







## SOMMAIRE

liste des figures.....	I
liste des photos.....	II
liste des tableaux.....	III
Introduction générale.....	02
<b>CHAPITRE I : RECHERCHER BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
I.1. Introduction .....	05
I.2. Béton de sable .....	05
I.3. Béton de sable de dune .....	05
I.3.1. Historique .....	05
I.3.2. Constitution du béton de sable.....	06
I.3.2.1.Ciment.....	06
I.3.2.2.L'eau .....	06
I.3.2.3.Sable .....	06
I.3.2.4.Adjuvants.....	07
I.3.2.5.Les ajouts.....	07
I.4.Les béton des fibres.....	07
I.5. Déchets industriels .....	08
I.5.1.Définition.....	08
I.5.2.Les types des déchets.....	09
I.5.3.Valorisations des déchets dans aux travaux de génie civil.....	09
I.6.Conclusion.....	12
<b>CHAPITRE II : MATERIAUX ET MATERIELS</b>	
II.1. Introduction.....	15
II.2. Etude de la composition de béton.....	15
II.2.1.1. Analyse granulométrique.....	16
II.2.1.2. Module de finesse.....	19
II.2.1.3. Masse volumique absolue.....	19
II.2.1.4. Masse volumique apparente .....	20
II.2.1.5. Equivalent de sable .....	21
II. 2. 2. Ciment.....	23
II.2.2.1. Caractéristiques chimiques.....	23
II.2.2.2. Caractéristiques mécaniques.....	24
II.2.3. Eau de gâchage.....	24
II.2.4. Les fibres utilisées.....	24
II.2.5. Les adjuvants.....	26
II. 3. Composition et formulation des bétons de sable .....	26
II.3.1. Essais de maniabilité.....	26
II.3.2 Formulation de béton de sable avec et sans fibres.....	28

---

II.4. Confection et conservation des éprouvettes.....	29
II.5.Conclusion.....	30
<b>CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSIONS</b>	
III.1. Introduction.....	33
III.2. Résistances mécaniques.....	33
III.2. 1.Résistance à la Traction.....	33
III.2.1.1.Résultats de la résistance a la flexion de béton de sable.....	35
III.2.2.Résistances à la compression.....	39
III.2.2.1.Résultats de la résistance a la compression de béton de sable .....	41
III.3.5.Conclusion.....	48
Références bibliographiques.....	50
Annexe.....	52

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure I.1</b>	Les types de déchets solides.	09
<b>Figure II.1</b>	Courbe granulométrique de sable de dune	17
<b>Figure II. 2</b>	Courbe granulométrique du sable alluvionnaire	18
<b>Figure II. 3</b>	Courbe granulométrique du mélange <b>50 % SA</b> et <b>50% SD</b>	18
<b>Fig. III.1</b>	Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 points).	34
<b>Fig.III.2</b>	Resistance a la flexion du béton B1,B1F1 et B1F2 fibre en fonction de l'âge	36
<b>Fig.III.3</b>	Resistance a la flexion du béton B2,B2F1 et B2F2 fibre en fonction de l'âge	37
<b>Fig.III.4</b>	Resistance a la flexion du béton sons fibre en fonction de l'âge	38
<b>Fig.III.5</b>	Resistance a la flexion du béton sons fibre en fonction de l'âge	39
<b>Fig.III.6</b>	Resistance a la flexion du béton sons et avec fibre en fonction de l'âge	40
<b>Fig.III.7</b>	Resistance a la compression du béton sons fibre en fonction de l'âge	41
<b>Fig.III.8</b>	Resistance a la compression du béton sons et avec fibre en fonction de l'âge	42
<b>Fig.III.9</b>	Resistance a la compression du béton sons et avec fibre en fonction de l'âge	43
<b>Fig.III.10</b>	Resistance a la compression du béton sons et avec fibre en fonction de l'âge	45

---

**LISTE DES PHOTOS**

<b>Photo. I.1</b>	Déchets banals.	10
<b>Photo. I.2</b>	Déchets inertes.	11
<b>Photo .I.3</b>	déchets dangereux.	11
<b>Photo. II.1</b>	Sable de dune.	16
<b>Photos .II.2</b>	Essai Analyse granulométrique.	17
<b>Photo II.3</b>	Essai de la masse volumique absolue.	20
<b>Photo II.4</b>	Essai de la masse volumique apparente	21
<b>Photo II.5</b>	Essai d'équivalent de sable.	22
<b>Photo II.6</b>	La géométrie de fibres usées.	25
<b>Photo II.7</b>	Appareil Maniabilimètre.	27
<b>Photo II.8</b>	Moule utilisé.	29
<b>Photo II.9</b>	Table vibrante.	29
<b>Photo II.10</b>	Arasement.	30
<b>Photos .III.1</b>	Essai de résistance à la flexion (3 points).	34
<b>Photo .III.3</b>	Essai de résistance à la compression.	40



**Liste des Tableaux**

<b>Tableau I.1</b>	Les principales caractéristiques physiques et mécaniques des fibres les plus utilisées	08
<b>Tableau II.1</b>	Module de finesse de différents échantillons.	19
<b>Tableau II.2</b>	Résultats de la masse volumique absolue.	20
<b>Tableau II.3.</b>	Résultat de la masse volumique apparente.	21
<b>Tableau II.4</b>	Nature et qualité du sable selon les valeurs d'équivalent de sable	23
<b>Tableau II.5</b>	Pourcentage d'équivalent de sable.	23
<b>Tableau II.6</b>	L'analyse chimique du ciment	24
<b>Tableau II.7</b>	Caractéristiques physiques et mécaniques de ciment utilisé.	24
<b>Tableau II.8</b>	composition chimique de l'eau.	24
<b>Tableau II.9</b>	Classe de consistance des bétons [N.F, 1994]	27
<b>Tableau II.10</b>	Composition du béton sans fibre.	28
<b>Tableau II.11</b>	Composition du béton avec fibre.	28



---

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le béton est le matériau le plus utilisé dans tous les domaines de la construction et du bâtiment, malgré sa complexité. Il contient habituellement un mélange de ciment, d'eau et des granulats, mais il est considéré comme homogène. Non seulement, il peut être moulé dans les formes les plus diverses (coupole, voûte et des éléments avec des formes compliquées), mais aussi une excellente résistance à la compression et une grande rigidité.

En Algérie, la plupart des bétons courants sont actuellement fabriqués avec des granulats siliceux alluvionnaires. Face à une demande fort croissante, les ressources potentielles en alluvions, bien qu'importantes, sont épuisables et les gisements sont soumis à des contraintes environnementales de plus en plus rigides faisant croître leur coût d'exploitation déjà élevé.

Le béton et le mortier sont les matériaux les plus utilisés dans la construction mais, ils résistent mal à la traction et à la fissuration. Les conditions d'environnement chauds et secs, tel que la région saharienne de notre pays, dessèchent ces matériaux hydrauliques ce qui induit à des retraits importants et des fissures dans les structures. Le renforcement des bétons par des fibres peut offrir des solutions techniques pour l'amélioration des performances mécaniques.

L'Algérie est parmi les pays du tiers monde qui dispose d'énorme gisement en matériaux tel que le sable de dunes du Sahara, ainsi qu'une grande variété de fibres (métalliques, végétales, polypropylène, ...), qui sont peu, voir même non valoriser dans le domaine de la construction. 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 minces, plus légers, plus résistants et moins sujets à la fissuration par la simple addition d'une quantité de fibres.

Le but de ce travail est d'évaluer expérimentalement l'influence de fibres issues de déchets industriels précisément les canettes de boisson qui sont disponible en grande quantité sur les caractéristiques mécaniques des bétons à base des sables de dune.

C'est dans ce cadre que nous allons entreprendre ce travail expérimental dont l'objectif principal est de contribuer d'une part, à la valorisation des matériaux locaux (sable des dunes) et les déchets industriel dans la formulation d'un béton, et d'autre part dans l'étude de renforcement de ce béton par les fibres issues. Tous ça, dans le but d'obtenir un béton à la fois résistant et économique, sans oublier la protection de l'environnement.

Pour l'obtention de ces objectifs notre travail est composé de trois chapitres :

- Le premier chapitre est 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.
- Dans le deuxième chapitre on traitera les différentes caractéristiques physiques des matériaux utilisés pour la confection de notre béton, et on présente la formulation et préparation du mélange, ainsi que les différents essais à l'état frais et durci du béton étudié.
- le troisième chapitre est consacré à l'analyse et la discussion de l'ensemble des résultats obtenus.

Enfin, une conclusion générale qui reprendra les principaux résultats dégagés de cette étude, suivi de recommandations pour d'éventuelle développement de ce présent travail.



---

## **CHAPITRE I : Recherche Bibliographique**

# Chapitre I : Recherche Bibliographique

## I.1. Introduction

Le béton est constitué de composants de caractéristiques morphologie, mécaniques et physico-chimiques très divers : ciment, granulats, eau et le plus souvent d'adjuvants et d'ajout. Chacun de ces constituants joue un rôle différent dans le comportement des matériaux, notamment à l'état frais.

Le béton de fibres métalliques, bien connu de nos jours, Si l'incorporation des fibres métalliques dans la matrice de béton, très fragile en traction, améliore le comportement mécanique du béton de fibres (notamment en traction par flexion, en post-fissuration), à l'inverse, à l'état frais, un ajout important de fibres diminue l'ouvrabilité de ce matériau.

## 1.2. Béton de Sable

Le béton de sable est un béton fin constitué par un mélange de sable, de ciment, d'addition et d'eau. Outre ces composants de base, le béton de sable comporte habituellement un ou plusieurs adjuvants.

Cependant le béton de sable se distingue d'un béton traditionnel par un fort dosage en sable, l'absence ou le faible dosage en gravillons, et l'incorporation d'additions.

Il se distingue également du mortier par sa composition; le mortier est en général fortement dosé en ciment et ne comporte pas systématiquement d'addition. Mieux les bétons de sables sont essentiellement destinés aux usages du béton traditionnel.[1]

## I.3. Béton de sable de dune :

### I.3.1. Historique

La technique des bétons de sable était tombée en sommeil vers les années 1920 aussi bien en Europe Occidentale qu'en ex URSS pour redevenir d'actualité pendant la deuxième guerre mondiale grâce au comportement de certaines pistes réalisées par l'Allemagne. A travers les différents secteurs (routes, autoroutes, aérodromes, bâtiments et composants du génie civil, ouvrages d'art), les soviétiques ont développé une méthodologie de formulation et surtout de mise en œuvre dans la préfabrication et la projection, Plusieurs ouvrages ont

été réalisés à partir de ce matériau et constituent les premières applications de cette technique rapport-sable crête (1987-1991).

En 1954, le professeur REHBINDER et son équipe ont réalisées en Russie les premières expérimentations en laboratoire, l'idée de son travail est basée sur le broyage du mélange composé de ciment et du sable, et d'un agent de mouture sur actif. Un adjuvant réducteur est ajouté lors de malaxage. Les travaux donnent un béton de porosité aussi faible que possible, constitué de capillaires très fins et d'homogénéité maximale après mise en place.

En 1991, MIRONVOK et STERYNE présentent une étude sur des bétons de sable compact à l'aide de l'équipement à vibro-choc pour la fabrication de structures.

En France 1980, des travaux d'expérimentation ont été menés par GUINEZ.R, GLUAIS.G, DELUDE.P. Le but de ces recherches c'est de donner au maçon et entreprises du bâtiment un matériau hydraulique, à base de sable ayant des performances mécaniques modestes, d'autre part, des caractéristiques rhéologiques bien adaptées à une grande facilité de mise en œuvre, sans vibration avec un retrait limité.

En Algérie en 1997, Une étude est faite par M.BENMALEK.ML sur le béton de sable de dune. Cette étude a montré qu'en exploitant les caractéristiques physico-chimiques, ce type de sable pourrait bien constituer le squelette d'un béton pour peu que sa formulation soit judicieusement étudiée.[2]

### **I.3.2. Constitution du béton de sable**

#### **I.3.2.1. Ciment**

Le ciment est un liant hydrologique, c'est-à-dire capable de faire prise dans l'eau . Il se présente sous l'aspect d'une poudre très fines qui mélangée avec de l'eau, forme une pate faisant prise et durcissant progressivement dans le temps. Ce durcissement est du à l'hydratation de certains composé minéraux, notamment des silicates et des aluminates de calcium.[1]

#### **I.3.2.2. L'eau**

L'eau utilisée est conforme à la norme NFP18-303. La proportion élevée d'éléments fins nécessite un volume de mouillage plus important, élevant le rapport E/C au dessus de celui des bétons ordinaires; l'incorporation de plastifiant réducteur d'eau et la sélection de fillers adéquats peuvent réduire la quantité d'eau dans des proportions non négligeables.

#### **I.3.2.3. Sable**

On définit les sables comme étant la fraction des granulats pierreux dont les grains ont des dimensions comprises entre  $80 \mu\text{m}$  et  $05\text{mm}$ ; il s'agit d'une définition globale, dont les

bornes varient d'une classification à une autre. Ce sont aussi les matériaux dont le diamètre maximal est inférieur à 6,3mm et dont le passant à 80microns n'excède pas 30%.

Les sables peuvent être classés selon leurs provenances comme sable de rivière, sable de mer, sable de carrière, sable artificiel et sable de dune.

#### **I.3.2.4.Adjuvant**

Les adjuvants sont des produits chimiques incorporés au béton frais en faible quantité. Ils améliorent les propriétés des bétons et des mortiers auxquels ils sont ajoutés.

Les principaux adjuvants sont : les plastifiants, les entraîneurs d'air, les modificateurs de prise les hydrofuges.

#### **I.3.2.5. Les ajouts**

##### **a) les fillers**

On trouve les fillers ou fines sous diverses formes minérales, artificielles ou naturelles. Ils sont destinés pour le remplissage des vides des sables, dans le but d'augmenter la compacité par création d'une étendue granulaire continue. Ce qui est favorable sur le plan technique par l'augmentation de la résistance à la traction et économique par la diminution des dosages en ciment.

##### **b) Les fibres**

Les fibres sont utilisées comme renfort au sein d'une matrice afin de contribuer à l'amélioration de la résistance à la traction et pour diminuer le phénomène du retrait au jeune âge.

#### **I.4. Les bétons de fibres**

Un béton fibré est un béton dans lequel sont incorporées des fibres. À la différence des armatures traditionnelles, les fibres sont réparties dans la masse du béton, elles permettent de constituer un matériau qui présente un comportement plus homogène.

Les fibres, selon leur nature ont un comportement contrainte-déformation très différent. Elles peuvent sous certaines conditions et pour certaines applications ou procédés, remplacer les armatures traditionnelles passives.

Les bétons fibrés font l'objet de méthodes spécifiques de dimensionnement pour des applications structurelles (dalles, dallages industriels, voussoirs, pieux, etc.).

On distingue trois grandes familles de fibres.



- Les fibres organiques :(Polypropylène, polyamide, acrylique,...)
- Les fibres minérales : (verre, wollastonite , basalte, mica...)
- Les fibres métalliques :(acier, déchets, inox, fonte...)

Chaque type de fibre présente des caractéristiques et des propriétés qui lui sont propres: dimensions (diamètre, longueur, etc.), formes (lisses, crantée, ondulées, bi ondulées, à crochet, munies de cônes aux extrémités, etc.), résistances mécaniques (résistance à la traction).

Les fibres métalliques présentent une très bonne compatibilité avec le béton, certaines fibres sont inoxydables ou traitées contre la corrosion, en vue de certains usages particuliers.[1]

**Tableau I.1:Les principales caractéristiques physiques et mécaniques des fibres les plus utilisées[3]**

Fibres	Diamètre ( $\mu$ m)	Long (mm)	densité	Rt (Mpa)	E10 <sup>3</sup> (Mpa)	Allongement à la rupture %	Coeff. De Dilatation ( $\mu$ / m)	R <sub>feu</sub> Temp. Max °C
Acier	5-500	20-80	7,8	1000 - 3000	200	3-4	11	1500
Fonte (ruban)	36 x2600 desection	50-60	7,8	2500	140	1	-	1500
Carbone	5-9	Variable	1,7 – 2	2000 - 3000	250-400	0,5-1,5	-	400 -1500

## I.5. Déchets industriels

### I.5.1. Définition :

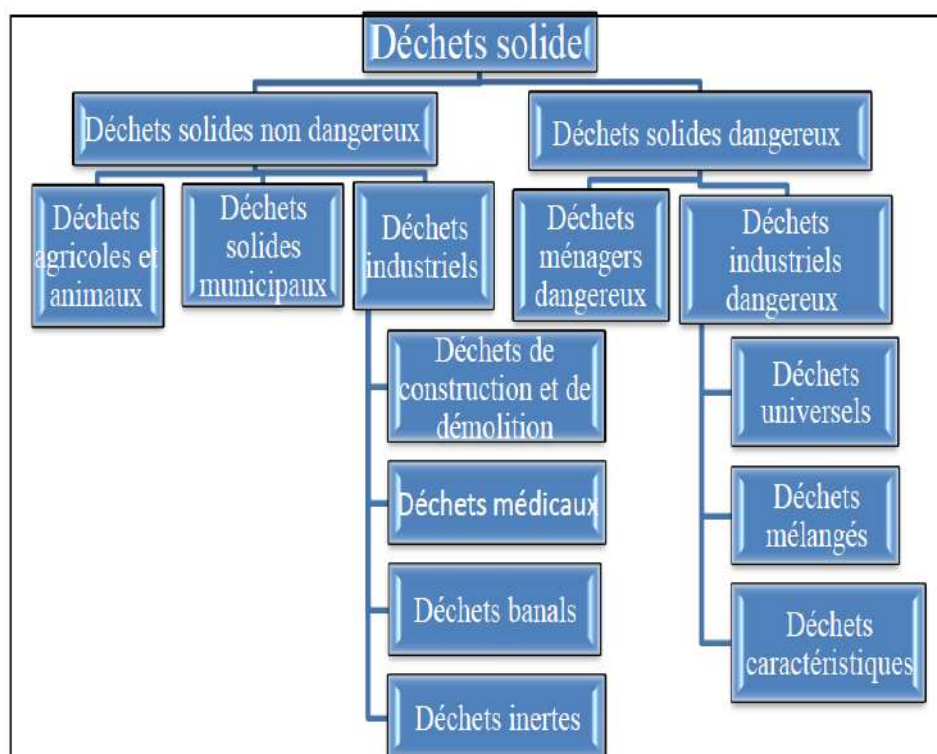
La préservation du patrimoine écologique représente un enjeu capital au niveau international. Dans ce contexte, maîtriser les risques croissant de pollution sur divers aspects (sols, nappes phréatiques,...), et leurs effets sur l'environnement, est devenu une nécessité.[4]

Au sens de la loi, est considéré comme déchet :«tout résidu de processus de protection, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon».

On peut classer les déchets selon quatre grandes catégories représentant l'essentiel de la production et rendant compte de leur diversité : les déchets organiques, les déchets inertes, les déchets banals, les déchets spéciaux.

### I.5.2. Les types de déchets

L'adjectif solide, d'autre part, mentionne ce qui est massif ou ferme. Un corps solide conserve son volume (ou sa taille) et sa forme constants grâce à la grande cohésion des molécules. De cette façon, il se distingue des autres états d'agrégation de la matière, tels que l'état liquide ou l'état gazeux.[5]



Figure(I.1). Les types de déchets solides.[5]

### I.5.3. Valorisations des déchets dans le génie civil

La valorisation c'est le réemploi, le recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir de déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie. Chaque procédé de valorisation permet de réaliser des économies de matières premières et contribue de façon directe au respect et à la sauvegarde de l'environnement.[6]

On parle de trois types de valorisation :

- la valorisation matière qui se décline en recyclage, utilisation de déchets comme substituts de matière, réemploi.
- la valorisation organique.
- la valorisation énergétique.

#### a. Catégories principales de déchets aux travaux de génie civil

Dans le cadre de travaux de génie civil, on distingue trois catégories principales de déchets : les déchets inertes, les déchets banals et les déchets dangereux.

##### -Déchet banal

Ensemble des déchets non inertes et non dangereux générés par les entreprises, industriels, commerçants, artisans et prestataires de services ; ferrailles, métaux non ferreux, papiers-cartons, verre, textiles, bois et plastiques,....etc.[7]



**Photo (I.1).Déchets banals.**

##### -Déchet inertes

Les déchets inertes ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune réaction physique ou chimique. Enfin, ils ne détériorent pas d'autres matières en contact de manière préjudiciable à l'environnement ou à la santé humaine.

Les déchets inertes sont principalement des déchets minéraux produits par l'activité de construction (BTP, industrie de fabrication de produits de construction) : béton, tuiles et briques, agrégat d'enrobés, déblais et vitrage....etc.



**Photo (I.2). Déchets inertes.**

### **-Déchets dangereux**

Les déchets dangereux sont une des catégories de déchets définies par la législation propre à chaque pays, qui s'oppose à la catégorie des déchets non dangereux. Ils se caractérisent par leur dangerosité pour l'environnement ou la santé à travers leurs effets directs ou indirects à court, moyen ou long terme.



**Photo (I.3) .déchets dangereux.**

### **b. Le traitement des déchets avec valorisation**

La valorisation matière, appelée communément recyclage, consiste à réintroduire de façon directe un déchet dans un cycle de production dont il est issu en remplacement total ou partiel d'une matière première vierge.

Les déchets ménagers recyclables sont donc récupérés, triés matériau par matériau puis renvoyés vers leurs filières de production d'origine ou destinés à des applications générant des produits spécifiques.

On peut également parler de valorisation matière pour les matériaux récupérés à l'issue de l'incinération des déchets: les mâchefers, les ferrailles et l'aluminium.

Les premières recherches effectuées dans les années 1960, 1970 et 1980 sur l'étude de la réaction de silice alcaline de l'agrégat de verre ont conclusions définitive.

Parallèlement à ces progrès scientifiques, les modifications apportées à la législation environnementale encouragent positivement les granulats secondaires dans le béton et les déchets de verre sont disponibles en plus grandes quantités en tant que conteneur, en fin de vie.[5]

En 2006, BELFERRAG A. [2] présente une recherche sur la valorisation des déchets pneumatiques dans la formulation du béton de sable de dunes dans le domaine de la construction. [4]

En 2015, KEBAILI N. présente une étude sur la modification du bitume de classe 35/50 par des poudrettes broyées, dans le sens de recyclage des sachets fabrique par Polyéthylène à Haute Densité PEHD.[8]

En 2015, des travaux d'expérimentation ont été menés par SNISNA Z.et BENTEBBA Med T., sur l'étude des caractéristiques des granulats à base de déchets de brique argileux et les propriétés des enrobées à base de ces granulats.[9]

En 2017, BOULIFA M. et DABABI A. présentent une étude de l'effet de poudre de verre en différentes pourcentage (0 à 25%) avec le ciment pour la confection des mortiers, où l'ajout de poudre de verre est donné des résultats acceptable par rapport le témoin, surtout la composition contenant de 15 % de poudre de verre, ils conclurent que le verre amélioré la maniabilité et la résistance mécanique même la vitesse de son est augmente.[5]

## **I.6.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 qui 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 déchets industriels



---

## **CHAPITRE II : Matériaux et Matériels**

# CHAPITRE II : MATERIAUX ET MATERIELS

## II.1. Introduction

Le béton est constitué surtout de ciment et d'eau, de granulats (sable, gravier). Le béton présente une bonne résistance à la compression et une faible résistance à la traction, de ce fait, les chercheurs dans le monde ont toujours cherché à améliorer ces caractéristiques à la fois mécaniques et rhéologiques, par divers ajouts (minéraux, fibres,...).

Les propriétés mécaniques des bétons de fibres dépendent de plusieurs facteurs comme les conditions de mise en œuvre, l'orientation et la distribution des fibres dans le béton. Grâce aux propriétés des fibres (la géométrie, la nature, les caractéristiques mécaniques, la forme et l'élanement), nous pouvons utiliser les fibres comme un renfort dans le béton, mais sans oublier le facteur économique, qui joue un rôle important.

Dans ce chapitre, nous présenterons les différentes caractéristiques physicomécaniques des matériaux utilisés et les différents matériels utilisés pour la confection de notre béton, on présente aussi la formulation et la préparation du mélange, ainsi que les différents essais appliqués sur le béton étudié à l'état frais et durci. [1]

## II.2. Etude de la composition de béton

Afin de définir les caractéristiques des composants du béton, nous avons réalisé les essais suivants :

- Masse volumique absolue et apparente.
- Equivalent de sable.
- Analyse granulométrique.
- Module de finesse.

### II.2.1. Sable



Dans cette étude nous avons utilisé un sable alluvionnaire (SA) de carrière (CASAP SILIS) RN56 et un sable de dune (SD) de la région de Ain El Beida (Wilaya d'Ouargla) photo II.1.



**Photo II.1. Sable de dune.**

#### **II.2.1.1 Analyse granulométrique: (NF P 18-540)**

L'analyse granulométrique est l'étude des dimensions des diamètres des grains, leur distribution, de différencier les sols entre eux, (roche, gravier, Argile...etc.). Les sols sont classés en fonction de leurs grosseurs déterminées par tamisage sur des tamis ou passoirs

Le but de l'essai se matérialise par plusieurs points, on peut citer :

- ✚ Le dimensionnement des particules qui varie entre 10-6 mm à 1000 mm
- ✚ La classification utilisée pour caractériser les grains de différentes dimensions.
- ✚ L'établissement de la courbe granulométrique qui donne des informations très précises sur le sable étudié.

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis.

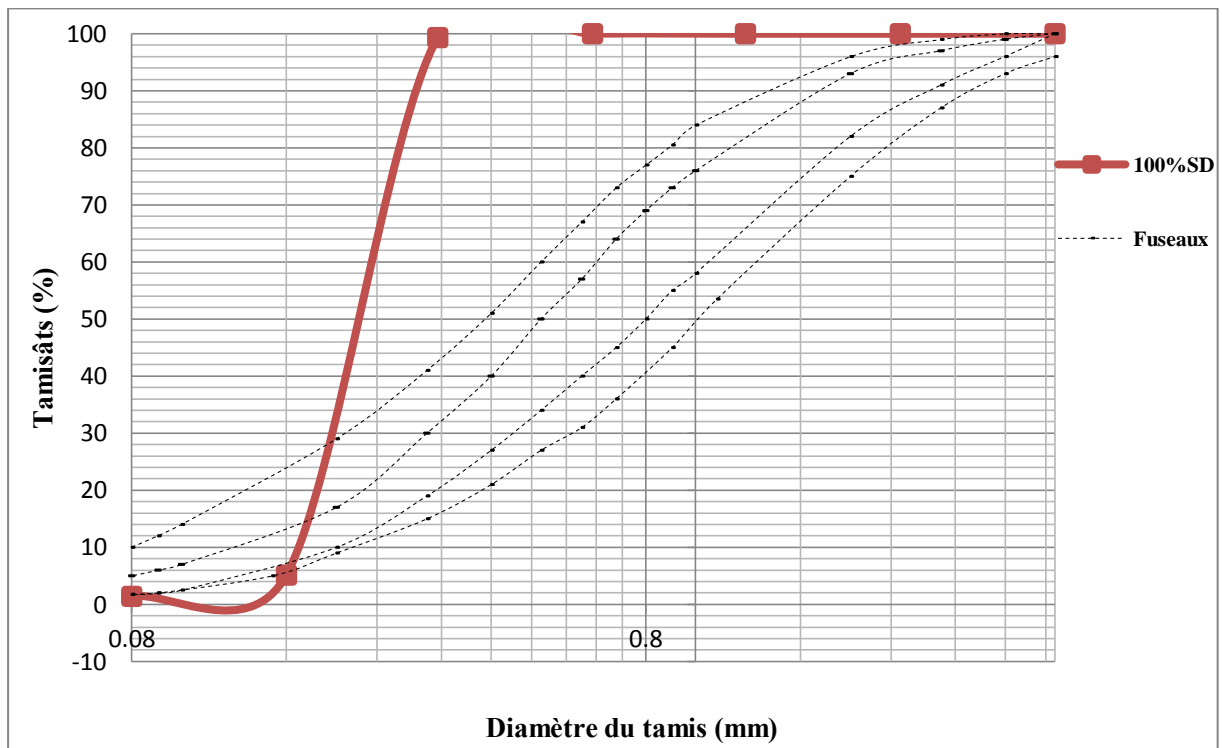


**Photos II.2 : Essai Analyse granulométrique**

Résultats de l'analyse granulométrique des échantillons:

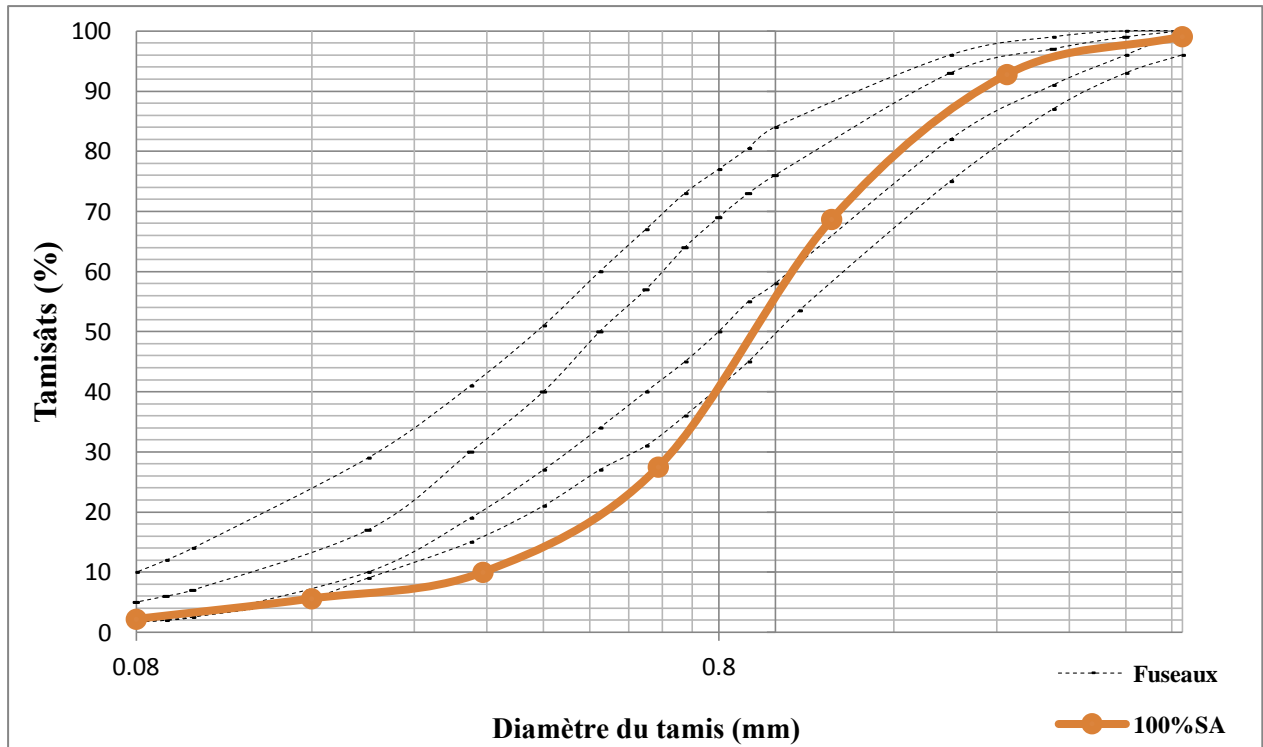
- Premier échantillon : 100% du sable de dune (SD).
- Deuxième échantillon: 100% du sable alluvionnaire.
- Troisième échantillon: 50 % du Sable alluvionnaire + 50% du sable de dune.

Figure II.2 montre la courbe granulométrique de premier échantillon (100% SD)



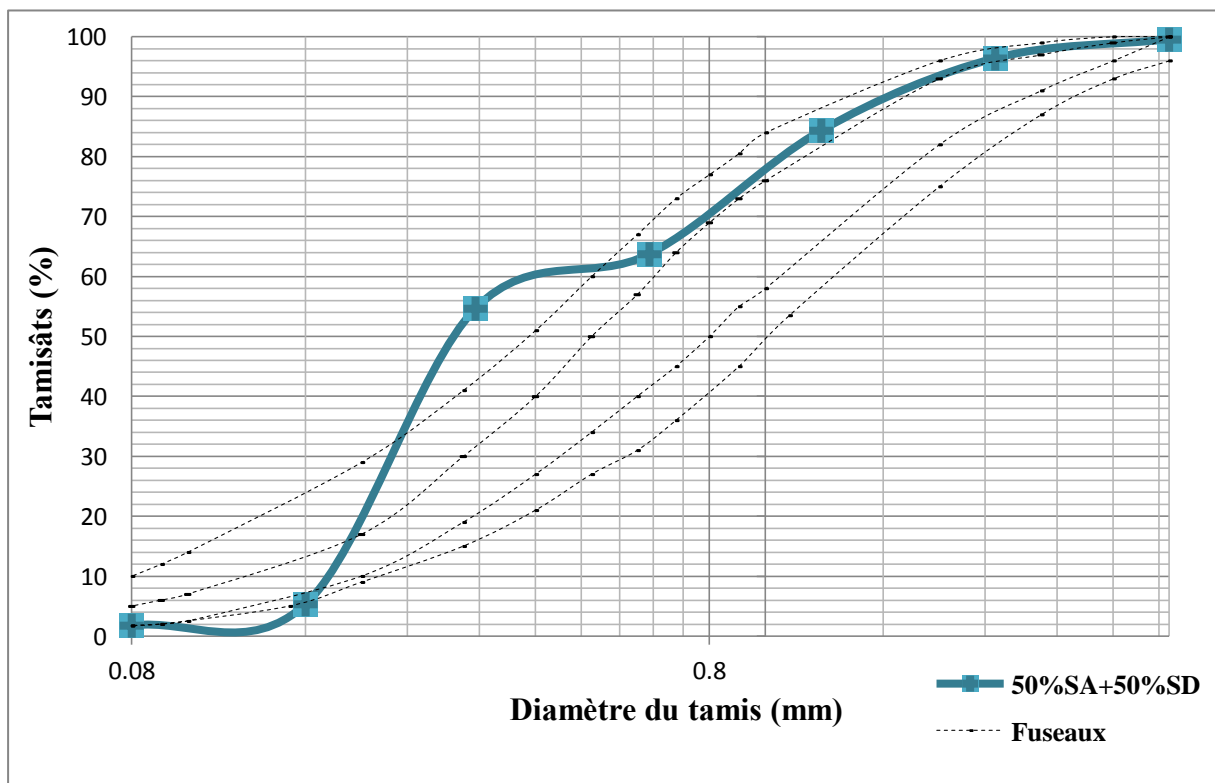
**Figure II.1 Courbe granulométrique de sable de dune**

La courbe granulométrique de la deuxième échantillon (100% SA) est représentée sur la Figure II. 3.



**Figure II. 2** Courbe granulométrique du sable alluvionnaire

La courbe granulométrique de la troisième échantillon (50% SA+50% SD) est figurée sur la Figure II. 4.



**Figure II. 3** Courbe granulométrique du mélange 50 % SA et 50% SD

### II.2.1.2 Module de finesse :

La finesse d'un sable est estimée conventionnellement par une grandeur appelée module de Finesse. Ce dernier est égal au  $1/100^{\text{ème}}$  de la somme des refus, exprimés en pourcentage des différents tamis de la série suivante : (0.16-0.315-0.63-1.25-2.5-5mm).

$$MF = \Sigma RC / 10$$

RC : refus cumulé en (%).

La valeur du module de finesse nous renseigne sur la situation du sable utilisé vis-à-vis le fuseau de référence, lorsque  $M_F$  est compris entre :

- 1.8 et 2.2 : le sable est à majorité de grains fins, c'est le fuseau B;
- 2.2 et 2.8 : on est en présence d'un sable préférentiel, c'est le fuseau A ;
- 2.8 et 3.3 : le sable est un peu grossier, c'est le fuseau C, Il donnera des bétons résistants mais moins maniables. [10]

Les modules de finesse de chaque échantillon sont représentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau. II.1. Module de finesse de différents échantillons**

Echantillons	Module de finesse ( $M_F$ )	Classement des sables
<b>SD</b>	0,96	Sable très fin (B)
<b>SA</b>	2,96	Sable un peu grossier (C)
<b>50% SA+50% SD</b>	2.21	Sable préférentiel (A)

### II.2.1.3. Masse volumique absolue :

La masse volumique absolue est définie comme étant la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat sans tenir compte des vides pouvant exister entre les grains.

Selon la norme NFP 18-301; 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, en particulier, de déterminer la masse ou le volume des différentes classes granulaires malaxées pour l'obtention d'un béton dont les caractéristiques sont imposées. [10]

Dans ce travail nous avons utilisé la méthode de l'éprouvette graduée, elle est simple, rapide et utilise un matériel courant du laboratoire.

➤ **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  $V_2$ .



**Photo II.3 : Essai de la masse volumique absolue.**

- La formule qui nous permis la détermination de la masse volumique est :

$$\rho_s = \frac{M}{V_2 - V_1}$$

Le tableau II.1, montre les résultats de la masse volumique absolue pour les sables utilisés.

**Tableau II.2 Résultats de la masse volumique absolue**

Composition de sable	$\rho_s$ ( kg/m <sup>3</sup> )
Sable de dune	2671.72.
Sable alluvionnaire	2635.15

**II.2.1.4. Masse volumique apparente :**

Elle est définie comme étant la masse de l'unité de volume apparente du corps, c'est-à-dire celle du volume constitué par la matière du corps et les vides qu'elle contient. Cet essai est régi par la norme NFP 18-554.



**Photo II.4 : Essai de la masse volumique apparente**

Le tableau II.2 présente les résultats de la masse volumique apparente obtenus au niveau du laboratoire pour les différents types de sable.

**Tableau II.3. Résultat de la masse volumique apparente**

composition de sable	$\rho_a$ ( kg/m <sup>3</sup> )
Sable de dune	1452.1
Sable alluvionnaire	1606.8

#### **II.2.1.5. Equivalent de sable :**

Il est défini par la norme NFP 18-598; cet essai 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.

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. [10]

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  $H_1$  : sable propre + éléments fins,
- hauteur  $H_2$  : sable propre seulement.

L'équivalent de sable permettant de déterminer le degré de propreté du sable, est égale à :

$$ES = \frac{H_1}{H_2} \times 100 \dots \dots \dots (2.2)$$

Selon que la hauteur  $H_2$  est mesurée visuellement ou à l'aide d'un piston, on détermine  $ES_V$  (équivalent de sable visuel) ou  $ES_P$  (équivalent de sable au piston)



**Photo II.5 : Essai d'équivalent de sable [11]**

La nature et la qualité du sable selon les valeurs d'équivalent de sable sont représentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau II.4 Nature et qualité du sable [10]**

<b>ES</b>	<b>Nature et qualité du sable</b>
SE<60	Sable argileux - Risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité
$60 \leq SE < 70$	Sable légèrement argileux - de propreté admissible pour béton de qualité quand on ne craint pas particulièrement de retrait
$70 \leq SE < 80$	Sable propre - à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.
SE >80	Sable très propre - l'absence presque totale de fines argileuse Risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

Les résultats d'équivalent de sable des sables utilisés sont donnés dans le tableau II.5.

**Tableau II.5 Pourcentage d'équivalent de sable**

<b>Nature de sable</b>	<b>ES (%)</b>		<b>Observation</b>
Sable de dune	Piston	93.92	Sable très propre
	Visuel	92.21	
Sable alluvionnaire	Piston	74.28	Sable argileux
	Visuel	70.35	

## **II. 2. 2. Ciment**

Le ciment utilisé est un ciment CPJ-CEM II /BL 42.5N (ELMATINE).

### **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.6 :L'analyse chimique du ciment [Annexe A]**

Mg O	SO <sub>3</sub>	CL	C <sub>3</sub> S	C <sub>3</sub> A
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.7 : Caractéristiques physiques et mécaniques de ciment utilisé**

[Annexe A]

Propriétés physiques et mécaniques	CPJ-CEM II /B-L
Début de prise (min)	150±30
Fin de prise (min)	250±50
R <sub>c2</sub> (MPa)	≥10.0
R <sub>c28</sub> (MPa)	≥42.5

**II.2.3. Eau de gâchage**

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

L'analyse chimique de l'eau a été effectuée au laboratoire de Algérienne des Eaux, les résultats sont présentés dans le tableau (II. 8).

**Tableau II .8- composition chimique de l'eau [Annexe B]**

Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH	Salinité
240,48	162,81	23	400	998,03	0,09	720	184,92	7,5	2300

\*Les concentrations sont données en mg / l

D'après les résultats notre eau représente une faible salinité, donc pouvant être utilisée pour les bétons et mortiers normaux.

**II.2.4. Les fibres utilisées**

Les fibres utilisées dans cette étude sont des fibres de nature métalliques issues de déchets industriels des canettes de boisson usées (photo II.6) ; Le choix de la fibre a été fait dans le but d'une valorisation d'un déchet industriel.



**Photo II.6: La géométrie de fibres usées.**

#### **II.2.4.1 Caractéristiques mécaniques de la fibre utilisée**

Après les essais réalisés sur des échantillons, nous avons trouvé une masse volumique  $M_V=7865 \text{ Kg / m}^3$ . Cette valeur se rapproche de près de la masse volumique absolue d'un acier normal  $M_V=7850 \text{ Kg / m}^3$ .

#### **II.2.4.2 Caractéristiques physiques et mécaniques des fibres**

Nous avons proposé des fibres avec un longueur  $L= 30\text{mm}$ , largeur  $b=1\text{mm}$  et leur épaisseur égal à l'épaisseur de la canette donc  $t=0,01\text{mm}$ .

#### **II.2.4.1 Caractéristiques mécaniques de la fibre utilisée**

Après les essais réalisés sur des échantillons, nous avons trouvé une masse volumique  $M_V=7865 \text{ Kg / m}^3$ . Cette valeur se rapproche de près de la masse volumique absolue d'un acier normal  $M_V=7850 \text{ Kg / m}^3$ .

#### **II.2.4.2 Caractéristiques physiques et mécaniques des fibres**

Nous avons proposé des fibres avec un longueur  $L= 30\text{mm}$ , largeur  $b=1\text{mm}$  et leur épaisseur égal à l'épaisseur de la canette donc  $t=0,01\text{mm}$ .

## 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 [Annexe C]

Les caractéristiques de MEDAFLUID 40 sont :

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

Les propriétés de l'adjuvant sont :

- diminuer le rapport E / C;
- Faciliter la mise en œuvre du béton
- Eviter la ségrégation
- Conservation de l'ouvrabilité par temps chaud.

## II. 3. Composition et formulation des bétons de sable :

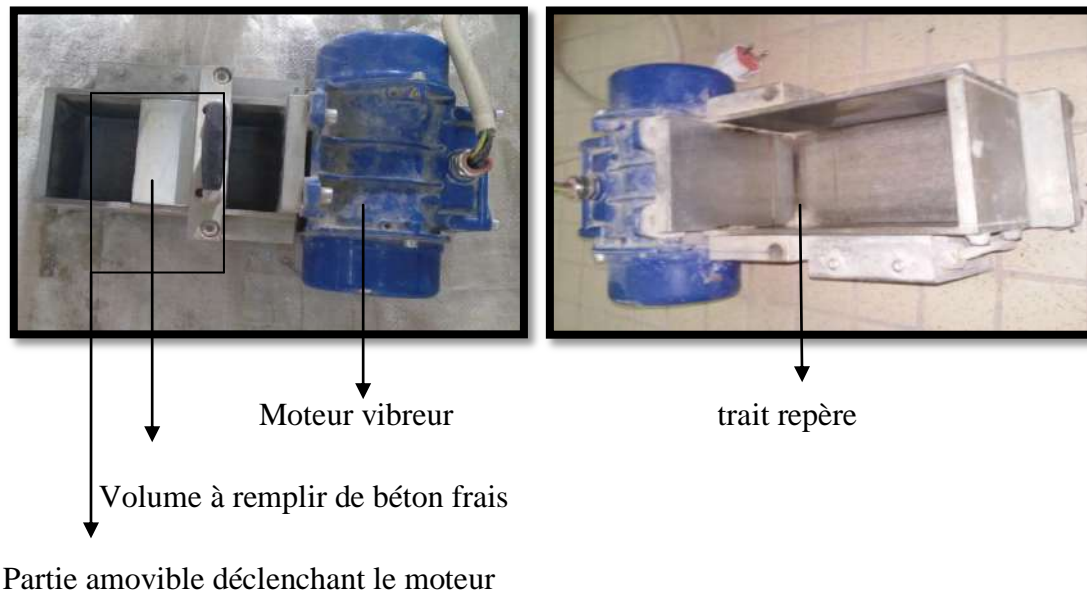
Une fois le choix définitif des constituants rentrant dans la composition des bétons de fibres fixées, on procède à la détermination de leurs dosages et cela dans le but d'avoir une maniabilité et une résistance mécanique souhaitées.

### II.3.1.Essais de maniabilité

La maniabilité est une propriété physique spécifique du béton sans tenir compte des conditions particulières d'utilisation pour un type donné d'application. Elle est définie comme étant la propriété d'un mortier ou d'un béton fraîchement malaxé qui définit la facilité et l'homogénéité à être malaxé, mis en place, serré et fini [4].

L'appareil utilisé dans l'essai est appelé Maniabilimètre LCL (figure II.7), il consiste en un boîtier parallélépipédique métallique (7.5cm x 7.5cm x 15cm), posé sur des supports en caoutchouc, équipé d'un vibreur et muni d'une cloison amovible.

Dans cet essai, la consistance est caractérisée par le temps que met le mortier pour s'écouler sous l'effet d'une vibration.



**Photo II.7 : Appareil Maniabilimètre**

Comme le mortier est introduit dans la partie désigné sur la photo. II.7, délimitée par la cloison et mis en place par piquage en quatre couches. Quatre minutes après la fin du malaxage, la cloison est retirée, provoquant la mise en route du vibreur et le déclenchement d'un chronomètre par l'opérateur. Sous l'effet de la vibration le mortier s'écoule, le chronomètre est arrêté une fois le mortier atteint un trait repère sur la paroi opposée du boîtier. Le temps  $t$  mis par le mortier pour s'écouler caractérise sa consistance, ce temps sera d'autant plus court que le mortier sera plus fluide ou plus maniable, d'où le nom de l'appareil, Comme illustré au tableau.

**Tableau II.9. Classe de consistance des bétons [N.F, 1994]**

Classe de consistance	Durée (s)
Ferme	$T \geq 40$
Plastique	$20 < t \leq 30$
Très plastique	$10 < t \leq 20$
Fluide	$T \leq 10$

### II.3.2 Formulation de béton de sable avec et sans fibres

Pour la composition du béton de sable témoin (sans fibre), nous avons utilisé un dosage en ciment et sable correspondant à celui d'un mortier normalisé; c.-à-d. 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 qui correspond à un mortier "plastique". Les résultats de l'essai de maniabilité et les compositions de béton sont présentées dans le tableau II.10

B1 : composition de béton avec 100% SD

B2 : composition de béton avec 50% SD+50%SA

**Tableau II.10 Composition du béton sans fibre**

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 de rapport E/C pour les bétons sans fibres et ceux avec fibres.

La quantité des fibres utilisées est 0.15% et 0.25% en volume, tout en substituant le volume de sable par un même volume de fibres pour les deux types de composition témoins B1 et B2 (Tableau II.10)

La composition des bétons fibrés est donnée par le tableau suivant :

**Tableau II.11 Composition du béton avec fibre**

## II.4. Confection et conservation des éprouvettes

### II.4.1. Préparation et remplissage des moules:

La quantité de béton destinée à remplir les moules doit être suffisante pour qu'il reste, après serrage, une couche de béton dans celle-ci, ayant une épaisseur de 10 % à 20% de la hauteur de l'éprouvette. Les échantillons doivent être serrés en au moins deux couches.



**Photo II.8 : Moule utilisé**

### II.4.2. Serrage par table vibrante:

La vibration doit être appliquée durant le temps nécessaire au serrage a refus du béton, il est préférable que le moule soit fixé ou maintenu fermement contre cette table, toute autre vibration excessive doit être évitée, afin de ne pas provoquer une diminution de l'air entrainé.



**Photo II.9: Table vibrante**

### II.4.3 Arasement :

En cas d'utilisation d'une rehausse de remplissage, celle-ci doit être enlevée immédiatement après le serrage. Le béton se trouvant au dessus du bord supérieur du moule doit être enlevé au moyen de deux truelles ou taloches en acier, par un mouvement de sciage de l'extérieur vers l'intérieur, puis la surface doit être soigneusement arasée.



**Photo II.10: Arasement**

### II.4.3. Marquage :

Les éprouvettes doivent être marquées sans endommagement de façon claire et durable, des enregistrements doivent permettre de garantir l'identification de l'éprouvette depuis le prélèvement jusqu'à l'essai.

### II.4.4. Conservation des éprouvettes:

Les éprouvettes doivent rester dans la moule et être protégées contre les chocs, les vibrations et les dessiccations pendant un minimum de 16h et un maximum de 3jours, à la température de  $20\text{ C}^{\circ} + 5\text{ C}^{\circ}$ . Après démoulage, les éprouvettes doivent être entreposées dans l'eau jusqu'au 14 jours, à une température de  $20\text{ C}^{\circ} + 2\text{ C}^{\circ}$ , ainsi dans une chambre à  $20\text{ C}^{\circ} + 2\text{ C}^{\circ}$  et une hygrométrie relative  $\geq 95\%$ .

## II.5.Conclusion

A travers les résultats obtenus dans l'étude des caractéristiques des constituants de béton de sable, nous pouvons tirer les conclusions suivantes:

- Le sable de dune possède un module de finesse faible, au contraire, le sable alluvionnaire utilisé à un module de finesse préférentiel. Delà, nous avons proposé, une amélioration de la granulométrie de sable de dune par l'ajout de ce dernier.

- Les compositions ayant la proportion (50% SD+ 50% SA), donnent un module de finesse relativement acceptable et sa courbe granulométrique est s'inscrite dans les fuseaux de sable normalisé.
- Pour la formulation du béton de sable témoin, nous avons utilisé une part de ciment et trois parts de sable. Et pour le dosage en eau nous avons utilisé l'essai de maniabilité, pour la détermination de la quantité d'eau nécessaire, qui correspond à un béton de sable "plastique".





---

## **CHAPITRE III : Résultats et Discussion**

# CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

## III. 1. Introduction

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

Nous avons étudié les caractéristiques mécaniques (résistance à la compression et la résistance à la traction) des compositions de béton suivantes :

- B1 : Béton avec 100% SD.
- B1F1 : Béton avec 100% SD+0.15% fibres
- B1F2 : Béton avec 100% SD+0.25% fibres.
- B2 : Béton avec (50% SD + 50%SA).
- B2F1 : Béton avec (50% SD + 50%SA) + 0.15% fibres
- B2F2 : Béton avec (50% SD + 50%SA) +0.25% fibres

## III.2. Résistances mécaniques

L'essai a pour but de connaître la résistance à la compression et à la traction des bétons étudiés.

### III.2.1. Résistance à la traction NFP18-407

Le comportement en flexion est l'aspect le plus important pour un béton de fibre car ce matériau composite subit le plus souvent ce type de chargement dans ces applications. On ajoute des fibres dans la matrice béton pour améliorer la ductilité et fournir un contrôle du mécanisme de fissuration.

C'est l'essai généralement le plus utilisé et le plus connu dans la caractérisation des matériaux.

L'essai est réalisé sur des éprouvettes De béton de sable (4x4x16) [3].

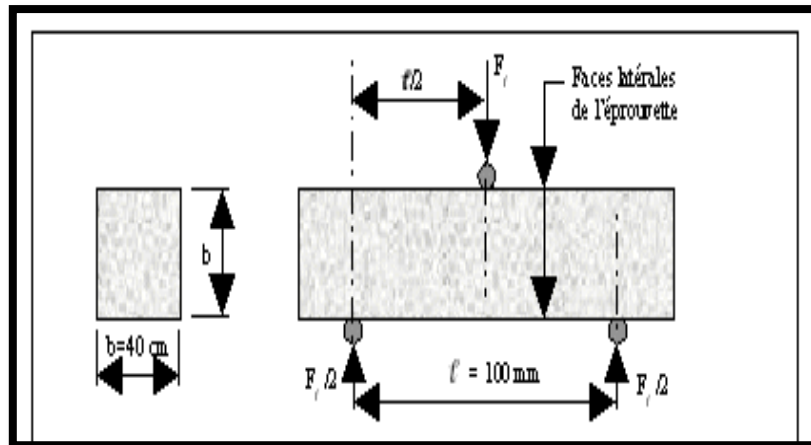


Figure III.1: Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 points). [10]



Photos .III.1: Essai de résistance à la flexion (3 points).

La résistance à la flexion est calculée selon l'équation (III.1).

$$R_f = \frac{1.5 \cdot F_f \cdot l}{b^3} \dots \dots \dots (III.1)$$

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

$F_f$  : Charge de rupture de l'éprouvette en flexion (N)

$l$  : Longueur qui sépare les deux appuis en (mm)

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

### III.2.1.2 Résultats de la résistance à la flexion de béton de sable

Il s'agit de l'ensemble des résultats de la résistance à la flexion de différentes formulations du béton de sable de dunes.

### III. 2. 2. Résistance à la compression

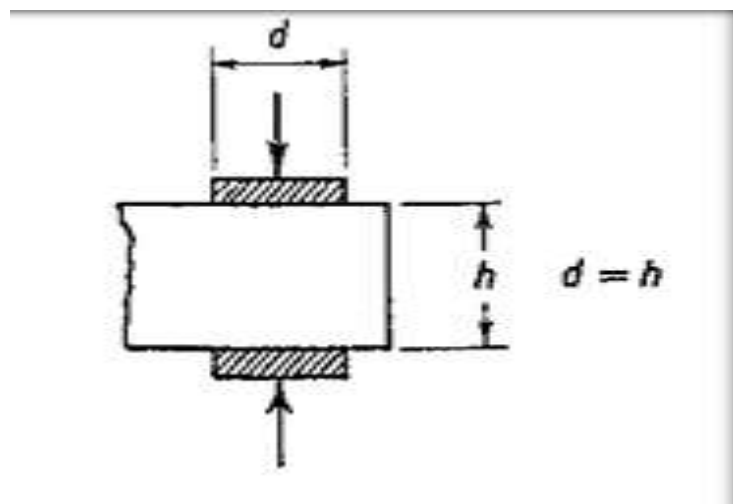
Contrôle de la qualité du béton durci. Il s'agit des essais les plus courants. Les éprouvettes étudiées sont soumises à une charge croissante jusqu'à la rupture. La résistance à la compression est le rapport entre la charge de rupture et la section transversale de l'éprouvette. Les demi-prismes d'éprouvettes obtenues après rupture en flexion seront rompus en compression comme. Si  $F_C$  est la charge de rupture, la contrainte de rupture vaudra :

$$R_C = \frac{F_C}{b^2} \dots \dots \dots (3.2)$$

$R_C$  : Résistance à la compression en (MPa).

$F_C$  : Charge de rupture en (N).

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



Resistance a la compression sur cube d'un demi-prisme

**Figure III.6: Dispositif pour l'essai de résistance à la compression. [10]**



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

### **III.5.Conclusion**

Dans ce chapitre on a étudié les caractéristiques mécaniques (compression et traction) pour les différentes formulations proposées. D'après les résultats obtenus, on peut dire que :

- La correction du sable de dune par le sable alluvionnaire nous donne une résistance à la compression et à la traction par flexion élevées par rapport au béton réalisé à 100%SD.
- La fibre utilisée a un effet positif sur l'amélioration des propriétés mécaniques du béton.
- La résistance à la flexion et la compression du béton augmente en fonction du temps, et l'ajout de fibres proposées engendre une amélioration acceptable.



---

# CONCLUSION GÉNÉRALE

---

## Conclusions générales

Ce travail de mémoire porte essentiellement sur la valorisation des matériaux locaux. Les matériaux valorisés sont le sable de dune qui se trouve en très grandes quantités dans notre région wilaya d'Ouargla ainsi que dans d'autres régions de l'Algérie.

Les déchets industriels augmentés en raison du développement technologique et l'augmentation de la population. Nous avons donc pensé à l'exploitation dans une autre région pour les réduire, on a choisi comme des déchets industriels les canettes de boisson sous forme de fibre et les on utilisées comme un ajout dans notre béton de sable.

Dans l'étude expérimentale nous avons utilisé différentes compositions du béton de sable, en variant le pourcentage de fibre usé pour les deux compositions B1 et B2.

Les essais de traction par flexion et compression ont été réalisés afin, d'étudier l'effet de ces fibres sur les caractéristiques mécaniques des bétons étudiés.

Cette étude a été effectuée en trois chapitres, une étude bibliographique, une caractérisation des matériaux utilisés, et une analyse et discussion des résultats trouvés à l'aide de l'expérimentale.

Après une étude expérimentale nous avons conclu ce qui suit :

- Les meilleures résistances à la compression et à la flexion sont obtenus par la composition B2 (50% SA + 50% SD), donc la correction granulométrique du sable de dunes avec un sable alluvionnaire avait un effet positif sur l'amélioration des caractéristiques mécaniques, par exemple à 28j égale 32.69% pour la compression et 33.39 % à la traction.

- Une amélioration des résistances mécaniques par l'augmentation du dosage en fibres industriel, l'utilisation un pourcentage de la fibre avec 0,25% pour B2 et B1, affiche une augmentation de la résistance à la flexion de l'ordre 33% et 35% et à la compression de l'ordre 27.68% et 33.29%.

- La fibre usée a un effet positif sur l'amélioration des propriétés mécaniques d'une manière générale, nous remarquons une augmentation dans la résistance à la traction et à la compression, et ceci pour toutes les compositions utilisées.

## Recommandations

A cet effet de nouvelles études pourront faire suite à ce travail, plusieurs perspectives sont envisageables :

- Faire augmenter le pourcentage de fibre dans le but d'estimer leur influence sur les propriétés physiques et mécaniques de béton fibré.
- L'utilisation des fibres comme renforts dans les bétons ayant une longueur et largeur plus petites.
- L'utilisation d'un malaxeur est recommandée pour garantir l'homogénéité du malaxage.





---

## **Références Bibliographiques**

## Références bibliographiques

- [1] **ALIA.A, BAKHMED.A**, 2017. L'effet d'ajout des fibres métalliques sur les propriétés physico-mécanique des bétons de sable de dunes. Mémoire de master. Université Kasdi Merbah d'Ouargla.
- [2] **BANTATA.A**,« Etude expérimentale d'un béton avec sable de dune de la région de Ouargla (Ain El Baida) » Mémoire de magister, Université de Ouargla ,2003/2004.
- [3] **GUERMITL**, 2013. Contribution a 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 Kasdi Merbah d'Ouargla.
- [4] **BELFERRAG ALLAOUA** ; valorisation des fibres métallique issues des déchet pneumatiques dans les bétons de sable da dune ;mémoire magister .Université Ouargla 2006.
- [5] **BOULIIFA.M, DEBABI.A**,2017. Utilisation de poudre de verre dans le mortier. Mémoire de Master. Université Kasdi Merbah d'Ouargla.
- [6] <http://fr.wikipedia.org> (Date 22/05/2018-h20 :47).
- [7] **Dictionnaire définition français / (dictionnaire.reverso.net)**.
- [8] **KEBAILI Nabil, FETITI Abdallah, CHAIB Meriem, L'influence de broyages des plastiques, sur caractéristiques de base des bitumes purs** ; Le 2ème Séminaire National sur Les Routes et Les Aérodrômes en Zones Arides (SNARAZA'2015) 10 et 11 Novembre 2015
- [9] **SENISNA ZOUBIDA, Pr. BENTEBBA MOHAMED TAHAR, L'évaluation expérimentale de l'enrobé à base de déchets de brique**, Le 2ème Séminaire National sur Les Routes et Les Aérodrômes en Zones Arides (SNARAZA'2015) 10 et 11.
- [10] **AYACHIA** ,2011. Etude des propretés mécaniques du béton de sable de dunes. Mémoire de Master. Université Kasdi Merbah d'Ouargla.
- [11] **Norme française**, « Équivalent de sable », NF P 18-598, Octobre 1991



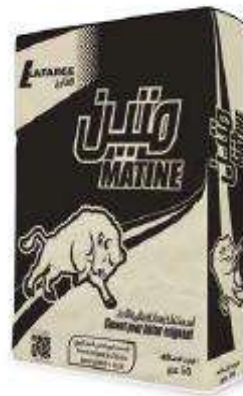
---

# Annexes

## Annexe(A)

**MATINE**  
**Ciment pour béton exigeant**  
**CEM II/A 42,5 R NA 442**

## FICHE TECHNIQUE



50kg

متين  
**Matine**

ALGÉRIE

**Ciment portland au Calcaire**

NA442 CEM II/B-L 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*  
 NA442 CEM II/B-L 42,5 N

*Matine* est certifié, conforme à la norme Algérienne (NA442 – 2013) 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.

**MATINE**  
**Ciment pour béton exigeant**  
**CEM II/A 42,5 R NA 442**

## FICHE TECHNIQUE

### APPLICATIONS RECOMMANDÉES

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



### FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment  50kg	Sable (sec) 	Gravillons (sec)  0/15mm 20% 15/25mm	Eau (litres) 	
Dosage pour béton c25/30	X 1 	+ 	+ 	+ 	+ 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

Conditionnement: Sac et vrac

### CONSIGNES DE SÉCURITÉ

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

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

 A member of LafargeHolcim



**LAFARGE ALGÉRIE**  
 Centre commercial Bab Ezzouar, Tour n°02,  
 Etages 05 & 06, Bab Ezzouar Alger, Algérie  
 Tél: + 213 (0) 21 96 54 54  
 Fax: + 213 (0) 23 92 42 94  
 www.lafargealgerie.com  
 c2531sfactien@enr.lafargeholcim.com  
 Tél: 021 55 55 98  
 Conditionnement : sac et vrac



## Annexe(B)

<p style="text-align: center;">الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et populaire</p> <p style="text-align: center;"><b>وزارة الموارد المائية</b> <b>الجزائرية للمياه</b> <b>وحدة مديرية ورقلة</b></p>						
<p style="text-align: center;"><b>MINISTÈRE DES RESSOURCES EN EAU</b> <b>EP. ALGERIENNE DES EAUX</b> <b>d'unité Ouargla</b></p>						
<b>FICHE D'ANALYSES</b>						
N° REF : 253 /2017			Date d'analyse : 19/02/2017			
LIEU DE PRELEVEMENT: FORAGE MEKHADEMA N°01			Analyse effectué Par : Laboratoire Central			
Date de prélèvement : 19/02/2017			prélèvement effectué par : préleveur ADE			
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
f.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/lCaCO <sub>3</sub>	1270	500
MES à 105°C	mg/l	/	Dureté Permanente	mg/lCaCO <sub>3</sub>	/	/
			Titre alcalin	mg/lCaCO <sub>3</sub>	/	/
			Titre alcalin complet	mg/lCaCO <sub>3</sub>	151.57	/
PARAMETRES DE POLLUTION	CON.	N.A	PARAMETRES INDESIRABLES		CON.	N.A
Ammonium 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>-</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	/	Echerichea-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>						



## 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)	
	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 0,87 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 convenue pour déterminer la fourchette d'utilisation tenant compte des conditions réelles de chantier.

95



Zone Industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger

Tel: (213) 021 51 66 81 &amp; 82

Fax: (213) 021 51 64 22 &amp; 021 51 65 23

www.granitex.dz - E-mail: granitex@granitex.dz



MEDAFUID 40

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

# FICHE TECHNIQUE

## NOTICE TECHNIQUE

2 1 2 3

### MEDAFLUID 40

jusqu'à ce qu'il retrouve ses propriétés initiales.  
 Délai de conservation :  
 06 mois dans son emballage d'origine, à l'abri du gel  
 et de la chaleur.

#### PRÉCAUTIONS D'EMPLOI

Manipulation non dangereuse.

Se référer à la Fiche de Données de Sécurité  
 disponible sur : [www.granitex-dz.com](http://www.granitex-dz.com)

## MEDAFLUID 40

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

*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.*



Zone Industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger  
 Tél : (213) 021 51 66 81 & 82  
 Fax : (213) 021 51 64 22 & 021 51 65 23  
[www.granitex.dz](http://www.granitex.dz) - E-mail: [granitex@granitex.dz](mailto:granitex@granitex.dz)



96





Photo. A.1 : les adjuvants de plastifiions



Photo. A.3 : les éprouvettes dans eau.



**Photo .A.4 : l'esse de la mass volumique apparent**



**Photo .A.5 : l'esse de la granulométrie**



**Photo .A.6 : l'esse de la équivalent de sable**



**Photo A.7 : l'esse de la mass volumique absolue**



**Photo .A.8 : Pycnomètre**

## Résumé

Ce travail vise à valoriser un matériau local (sable de dunes) de la région d'Ouargla et pour des raisons économiques et préservation de l'environnement, on a proposé l'ajout des fibres reformées des déchets industriels avec les pourcentages 0,15% et 0,25% à évaluer expérimentalement l'influence de ces fibres sur les caractéristiques mécaniques des bétons à base des sables de dunes. Le meilleur résultat a été obtenu à la fois pour la compression et la traction par la composition corrigé par le sable alluvionnaire (50% SA + 50% SD) et un pourcentage des fibres égal à 0.25%.

- **Mots clés :** béton de sable, sable de dunes, fibres, déchet industriel, résistance à la compression, résistance à la flexion.

## Abstract

---

This work aims at valorizing a local material (Sand dunes) of Ouargla's region, and for economic reasons and preservation of the environment, we proposed the addition of reformed industrial waste fibers with the percentages 0,15 % and 0.25% to experimentally evaluate the influence of these fibers on the mechanical characteristics of concretes based on dune sands. The best result was obtained for both compression and traction by the composition corrected by the alluvial sand (50% SA + 50% SD) and a percentage of the fibers equal to 0.25%.

- **Key words:** sand concrete, sand dune, fibers, industrial waste, compressive strength, flexural strength.

## ملخص

---

يهدف هذا العمل إلى تثمين مادة محلية (كثبان رملية) لمنطقة ورقلة ولأسباب اقتصادية والحفاظ على البيئة ، اقترحنا إضافة ألياف صناعية معاد إصلاحها بنسب 0,15 % و 0.25% لإجراء تقييم تجريبي لتأثير هذه الألياف على الخواص الميكانيكية لخرسانة رمال الكثبان. تم الحصول على أفضل نتيجة لكل من الانضغاط والشد من خلال الخلطة المصححة بواسطة الرمل البناء (SD %SA + 50 %50) وهذا بنسبة الألياف تساوي 0.25%.

- **الكلمات المفتاحية :** الخرسانة الرملية ، الكثبان الرملية ، الألياف ، النفايات الصناعية ، قوة الانضغاط ، قوة الانثناء.