

**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**

**Filière : Génie Civil**

**Spécialité : Voies et ouvrages d'art \_Travaux Publics**

**Thème**

***Amélioration du comportement du béton de  
sable de dunes par l'addition des fibres  
plastiques issues de déchets industriels  
(ceintures de sertissage)***

**Présenté par :**

- BEKKARI Houda
- KAFI Meriem

Soutenu publiquement devant le jury composé de :

MEKHERMECHE A/Essalem	M.C.B	Université d'Ouargla	Président
CHAIB Hachem	M.C.B	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: 2018 / 2019***

## **Remerciement**

Tout d'abord, nous remercions ALLAH, le Tout puissant, de nous avoir donné volonté et le courage afin d'arriver à la finalité de ce travail

Ensuite, nous remercions nos parents qui nous ont beaucoup soutenus durant tous nos études ainsi que nos frères et sœurs qui nous ont apportés leurs soutiens morales.

Aussi, nous remercions très sincèrement notre promotrice M<sup>elle</sup> MEZIANI Nedjma pour tout ce qu'elle nous a apporté et M<sup>r</sup> BELFERRAG A Ilaoua qui a accepté de nous Co-encadrer tous au long de ce travail.

On remercie vivement les membres de jury qui nous ont honoré en jugeant notre travail de fin d'étude.

Nous n'oublierons pas de remercier notre département de Génie Civil pour les efforts qu'ils ont fournis durant notre cursus afin de nous amener jusqu'au bout de la formation

Nous profitant de l'occasion pour remercier tous ceux qui ont collaboré de près et de loin à la réalisation de ce travail.

---



---

**SOMMAIRE**

Liste des tableaux	I
Liste des figures	II
Liste des photos	III
Introduction générale	2

**Chapitre I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

I.1.Introduction	5
I.2.Historique du béton de sable	5
I.3. Composition de béton de sable fibré	7
I.3.1. Le ciment	7
I.3.2. Le sable	7
I.3.3. L'eau	8
I.3.4. Les ajout	8
I.3.5.Les adjuvants	9
I.3.6. Les fibres	9
I.4. Propriété de béton de sable	10
I.4.1. La résistance mécanique	10
I.4.1.1. Résistance a la compression	10
I.4.1.2. Résistance a la traction	10
I.5.Déchets industriel	11
I.5.1.Définition	11
I.5.2. Valorisation des déchets en génie civil	11
I.5.3. Utilisation de déchets plastique	11
I.5.4.Les types des déchets	11
I.6.Conclusion	14

**Chapitre II : Caractérisation des matériaux et procédures d'essais**

II.1. Introduction	16
II.2. Caractéristiques des matériaux	16
<b>II.2.1.Sable</b>	16
II.2.1.1. Masse volumique absolue	16
II.2.1.2. Masse volumique apparente	17
II.2.1.3. Equivalent de sable	18
II.2.1.4.Analyse granulométrique	20
II.2.1.4.1.Module de finesse	25
II.2.2. Ciment	25
II.2.3. Eau de gâchage	26
II.2.4 les Adjuvants	26

II.2.5. Les fibres	26
II.3. Formulation des bétons de sable renforcés de fibres	27
II.3.1. Formulation du béton de sable témoin	27
II.3.2. Les Essais de maniabilité	27
II.3.2.1. Conduite de l'essai	28
II.3.3. Formulation des bétons renforcés	29
II.3.4. Composition des bétons utilisés	29
II.4. Résistances mécaniques	30
II.4.1. Résistance à la flexion	30
II.4.2. Résistance à la compression	32
II.5. Conclusion	33
<b>Chapitre III: RESULTATS ET DISCUSSION</b>	
III.1. Introduction	35
III.2. Maniabilité de mortier	35
III.3. Résultats de la Résistances mécaniques du béton de sable et interprétation	36
III.3.1. Résistances à la compression	36
III.3.1.1. Résistance à la compression des bétons réalisés avec un dosage en fibres D1 de 1%	40
III.3.1.2. Résistance à la compression des bétons réalisés avec un dosage en fibres D1 de 1.5%	40
III.3.1.3. Résistance à la compression des bétons réalisés avec un dosage en fibres D2 de 1%	41
III.3.1.4. Résistance à la compression des bétons réalisés avec un dosage en fibres D2 de 1.5%	42
III.3.2. Résistances à la flexion	42
III.3.2.1. Résistance à la flexion des bétons réalisés avec un dosage en fibres D1 de 1%.	46
III.3.2.2. Résistance à la flexion des bétons réalisés avec un dosage en fibres D1 de 1.5%	46
III.3.2.3. Résistance à la flexion des bétons réalisés avec un dosage en fibres D2 de 1%	47
III.3.2.4. Résistance à la flexion des bétons réalisés avec un dosage en fibres D2 de 1.5%	48
III.4. Conclusion	48
Conclusion générale	51
Références bibliographiques	52
Annexes	54

**Liste des tableaux**

**Chapitre I: Etude bibliographique**

Tableau I.1: Caractéristiques des fibres couramment utilisées..... 10

**Chapitre II: Caractérisation des matériaux et procédures d'essais**

Tableau II.1: Masse volumique absolue des sables utilisés..... 17

Tableau II.2: Masse volumique apparente des sables utilisés..... 18

Tableau II. 3: Nature et qualité du sable selon les valeurs d'équivalent de sable..... 19

Tableau II.4: Résultats de l'équivalent de sable..... 19

Tableau II.5 : Modules de finesses de différents échantillons..... 23

Tableau II.6: Caractéristiques physiques et mécaniques de ciment utilisé..... 24

Tableau II.7: L'analyse chimique du ciment..... 24

Tableau II.8. Caractéristiques chimiques de l'eau utilisé..... 24

Tableau II.9 : Caractéristiques physiques des fibres plastiques..... 25

Tableau II.10: Classe de consistance des bétons..... 27

Tableau II.11: Composition pour un mètre cube de béton de sable..... 28

**Liste des figures**

Chapitre II : Caractérisation des matériaux et procédures d'essais

Figure II.1: Courbe granulométrique (100 % sable de dunes).....	21
Figure II.2: Courbe granulométrique (100% sable alluvionnaire).....	22
Figure II.3: Courbe granulométrique (50% SA+50% SD).....	23
Figure II.4: Courbe granulométrique (60% SA+40% SD).....	24
Figure II.5 : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 points).....	31
Figure II.6: Dispositif de rupture en compression.....	32

**Chapitre III : Résultats et discussions**

Figure III.1. La maniabilité des bétons de sable.....	37
Figure III.2. Résistance à la compression des bétons B1, B2, B3 et B4 en fonction d'âge.....	38
Figure III.3. Résistance à la compression des bétons B1 en fonction d'âge.....	38
Figure III.4. Résistance à la compression des bétons B2 en fonction d'âge.....	39
Figure III.5. Résistance à la compression des bétons B3 en fonction d'âge.....	39
Figure III.6. Résistance à la compression des bétons B4 en fonction d'âge.....	40
Figure III.7. Variation de la Résistance à la compression en fonction d'âge pour le pourcentage 1% de fibre D1.....	41
Figure III.8. Variation de la Résistance à la compression en fonction d'âge pour le pourcentage 1.5% de fibre D1.....	42
Figure III.9. Variation de la Résistance à la compression en fonction d'âge pour le pourcentage 1% de fibre D2.....	42
Figure III.10. Variation de la Résistance à la compression en fonction d'âge pour le pourcentage 1.5% de fibre D2.....	43
Figure III.11 : Résistance à la flexion des bétons de sable B1, B2, B3 et B4 en fonction d'âge.....	44
Figure III.12 : Résistance à la flexion des bétons B1 en fonction d'âge.....	44
Figure III.13 : Résistance à la flexion des bétons B2 en fonction d'âge.....	45
Figure III.14 : Résistance à la flexion des bétons B3 en fonction d'âge.....	46
Figure III.15 : Résistance à la flexion des bétons B4 en fonction d'âge.....	46
Figure III.16. Variation de la Résistance à la flexion en fonction d'âge pour pourcentage 1% de fibre D1.....	47
Figure III.17. Variation de la Résistance à la flexion en fonction d'âge pour pourcentage 1.5% de fibre D1.....	48

Figure III.18.Variation de la Résistance à la flexion en fonction d'âge pour pourcentage 1% de fibre D2.....	48
Figure III.19.Variation de la Résistance à la flexion en fonction d'âge pour pourcentage 1.5% de fibre D2.....	49

### **Liste des photos**

#### **Chapitre I : Etude bibliographique**

Photo I.1. LE phare de Port-Saïd aux environs de 1869.....	06
Photo I.2. déchets dangereux.....	12
Photo I.3. Déchets inertes.....	13
Photo I.4. déchets ménagers.....	14

#### **Chapitre III : Résultats et discussions**

Photo II.1: Essais de la masse volumique absolue.....	17
Photo II.2: Essai de la masse volumique apparente.....	18
Photo II. 3: Essai d'équivalent de sable.....	19
Photo II.4: Essai d'analyse granulométrique.....	20
Photo II.5 : Les fibres plastiques utilisées de longueur 30 et 50 mm.....	27
Photo II.6: Schéma d'un Maniabilimètre.....	28
Photos .II.7: Essai de résistance à la flexion (3 points).....	31
Photo .II.8: Essai de résistance à la compression.....	32

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**



## Introduction générales

L'Algérie a connu un développement rapide dans le domaine de construction, ce secteur est mesuré aujourd'hui à deux exigences à priori contradictoires qui sont l'amélioration de la qualité d'une part et la réduction des coûts d'autre part. Malgré l'abondance de sable de dune dans le sud, ce matériau reste inconnu. Sa quantité se chiffre en milliards de mètres cube. Il est disponible dans près de 60% du territoire. Certaines de ses caractéristiques physico-chimiques laissent penser qu'il pourrait être adopté en tant que matériau de construction : indice de propreté élevé et absence dans sa composition de matières organiques et autres matières indésirables telles que les sulfates, sulfures ou carbonates.

Les ressources en granulats sont rares dans la majorité des régions, ceci nous encourage à chercher des techniques permettant de valoriser des matériaux disponibles localement, et de les utiliser dans les différents domaines de construction, d'où l'intérêt tant économique qu'écologique que pourrait présenter l'utilisation de sable de dunes pour la formulation des bétons dont il serait le constituant principal.

Le sable joue un rôle très important dans la fabrication du béton, mais la plupart des chercheurs ont constaté que ce matériau présente quelques inconvénients tels que le grand retrait. L'expérience de la majorité des auteurs trouve que l'addition des fibres de toutes natures au béton ou au mortier conduit à la diminution du retrait et à l'augmentation des résistances à la fissuration. Pour cela on ajoute des fibres, qui peuvent apporter une meilleure réponse au problème de la fragilité du béton et minimiser le risque de fissuration, ce qui permet d'améliorer sa durabilité et sa résistance. Il existe actuellement une grande variété de fibres, les plus utilisées sont les fibres d'acier, de verre, de polypropylène...etc.

Le plastique représente, à lui seul, 60 à 80% des déchets déversés dans la nature, notamment en milieu marin. La non exploitation de ce déchets fait perdre au moins 8,64 milliards DA/an à l'Algérie qui plus est classé cinquième au niveau mondiale en matière de consommation de sacs en plastique, après les Etats-Unis d'Amérique, le Maroc, la France, et l'Australie [01].

L'objectif de ce travail consiste à étudier les caractéristiques mécaniques d'un béton à base de sable de dunes contenant différents dosages en fibres déchets plastique (ceintures de sertissage) annexe(A) de 1 et 1,5% et de longueur de 3 et 5 mm. Les essais sont effectués sur des éprouvettes (4\*4\*16).

Cette présente étude comprend trois principaux chapitres.

Le premier chapitre est une analyse bibliographique sur le béton de sable fibré et de différents travaux de recherche sur le béton de sable de dune.

Le deuxième chapitre est une étude de la caractérisation des matériaux utilisés pour la formulation du béton de sable de dunes, et les procédures d'essai effectué sur les bétons préparés.

Le troisième chapitre est une interprétation et une analyse des résultats des propriétés mécaniques obtenus à partir de l'expérimentation sur l'ensemble des bétons

Enfin, l'étude se termine par une conclusion générale.

## *Chapitre I : Etude bibliographique*

## **I.1. Introduction**

Le béton est actuellement l'un des matériaux de construction les plus utilisés à travers le monde grâce à la simplicité de sa fabrication et de sa mise en place. Depuis sa découverte, ce matériau n'avait que peu évolué mais, ces dernières années, d'importantes avancées ont été réalisées en améliorant certaines caractéristiques existantes, en particulier avec l'apparition des bétons de hautes performances, des bétons de poudres réactives et des bétons de fibre. Ces bétons visent tous un gain de résistance et de durabilité mais nécessitent une mise en œuvre appropriée [02].

Dans ce chapitre, on va présenter le béton de sable fibré et sa composition et on expose les études effectuées sur le comportement mécanique de béton avec les fibres des déchets.

## **I.2. Historique du béton de sable [03]**

Le premier grand ouvrage ayant fait appel à l'usage du béton de sable est sans doute le phare de Port Saïd construit par François Coignet à l'embouchure du canal de Suez. Coignet utilisa du sable de mer et si le phare proprement dit n'est plus en service, l'édifice est toujours debout. Après la seconde guerre mondiale, l'URSS, riche en sable mais pauvre en granulats, et devant faire face à un très grand programme de reconstruction utilisa largement le béton de sable pour bâtir des routes, des aérodromes, des bâtiments...

En Union Soviétique, 1991 Jean-Jacques Chauvin fait le point sur l'usage du béton de sable en Union Soviétique. Dans son introduction, il mentionne l'ouvrage de Nicolas de Rochefort publié en Russe en 1918 : « si l'on broie en même temps clinker et sable dans un rapport de un pour un, on obtient un produit qui, mélangé au sable naturel dans un rapport de un pour trois (soit au total un de clinker pour 6 de sable), conduit aux mêmes résistances qu'un mélange de 1/3 de clinker broyé seul et de sable, c'est-à-dire que l'on double les performances du ciment ! » L'explication est donnée quelques lignes plus loin : « Le principe physique du phénomène semble être qu'au concassage on libère des surfaces physico-chimiquement actives tant qu'elles sont fraîches, sur lesquelles se fixe le liant ».



**Photo I.1.** LE phare de Port-Saïd aux environs de 1869

En France, pour limiter l'extraction des ressources naturelles des lits rivières, démarra, en 1988, le projet MATERLOC qui visait à optimiser l'usage des matériaux locaux et notamment celui du sable issu du broyage des roches calcaires. Une partie de ce projet est connue sous le nom de SABLOCRETE dont les enjeux et les recommandations ont été publiés en 1994 aux Presses de l'ENPC : Bétons de sable, caractéristiques et pratiques d'utilisation.

La norme NF P 18-500 de juin 1995 énonce les spécifications relatives aux bétons de sable, lorsqu'elles diffèrent de celles des bétons traditionnels. Pour cette norme, le béton de sable est un béton fin constitué par mélange de sable(s), de ciment, d'addition(s) et d'eau ; outre ces composants de base, le béton de sable comporte habituellement un ou plusieurs adjuvants.

L'incorporation de gravillons est possible tant que le rapport massique gravillons/sable reste inférieur à 0,7. La norme précise qu'on parle alors de béton de sable chargé. On peut également admettre l'emploi d'un granulat de granulométrie continue de 0 mm à 8 mm maximum tant que le rapport massique entre les éléments supérieurs à 4 mm et les éléments inférieurs à 4 mm reste inférieur à 0,7 mm.

On peut dire que la pratique de béton de sable s'est étendue à tous les domaines du génie civil est en progression constante depuis la fin de la guerre.

### I.3. Composition de béton de sable fibré

Le béton est composé de plusieurs constituants :

#### I.3.1. Le ciment

Le ciment est un liant hydraulique, il se présente sous l'aspect d'une poudre très fine, qui mélangée avec de l'eau, forme une pâte faisant prise et durcissant progressivement dans le temps, il est obtenu par broyage fin du clinker avec une quantité nécessaire de gypse et un ou des ajout(s) minéraux actifs (ciment composé), faite simultanément ou par malaxage minutieux des mêmes matériaux broyés séparément [04].

#### I.3.2. Le sable :

Les sables utilisés pour le béton sont soit d'origine naturelle, soit artificielles

##### ➤ Les sables naturels

- **Sable de mer**

Ce sable est généralement, pur est excellent s'il n'est pas trop fin, le sable de mer, que l'on trouve à l'embouchure des rivières est en générale inutilisable car il est souvent mélangé avec la vase. Toutefois, le sable de mer est chargé en sel; ceci est sans inconvénient pour tous les travaux à la mer et les fondations, mais il faut prendre des précautions pour les ouvrages en élévation, car les murs auraient tendance à rester humides. Si l'on est obligé d'utiliser le sable de mer dans ce cas, il est nécessaire de le laver au préalable à l'eau douce et purifié.

- **Sable d'oued ou de rivière**

Il est extrait par curage du lit des cours d'eau, on choisit pour effectuer ces curages, les endroits donnant des matériaux siliceux. Toutefois, certaines régions, le sable de rivière est schisteux et donne de moins de bons résultats, surtout si le schiste est tendre car il a en outre, tendance à se transformer en argile. En fin, le sable de rivière gypseux est à éliminer.

- **Le sable de dune**

C'est une variété de sable de mer. Ce sable est de qualité très médiocre pour la construction, car il est constitué d'éléments très réguliers et très fins.

- **Le sable de carrière**

Il contient souvent de l'argile qui enrobe les grains de sable et les empêchent d'adhérer au liants, il est donc à utiliser avec précaution. Les sables quartzeux sans matières terreuses ou argileuses, sont excellents pour les maçonneries.

- **Les sables artificiels**

Il provient, soit de transformation thermique des roches (après cuisson), minerais et déchets, soit de la démolition d'ouvrages divers. On les obtient par broyage de roches dures (calcaires durs, grés, quartzites, laves). Ces matériaux sont intéressants, tant pour la confection de béton, que pour la confection de matériaux enrobés pour chaussés. Il convient toutefois de maîtriser le pourcentage de fines. Parmi les variétés des sables artificiels, on distingue.

- **Le sable de tuiles ou de briques**

On fabrique un excellent sable, a propriétés pouzzolaniques, en broyant des déchets de briques ou de tuiles.

- **Le sable de laitier de haut fourneau concassé**

Certains granulats artificiels ont des qualités remarquables de résistance et de granulométrie, c'est le cas de ce sable, très utilisé dans les régions de l'est de France, également dans le reste du pays pour la confection d'assises de chaussée stabilisées

### **I.3.3. L'eau**

Les bétons de sable nécessitent une qualité d'eau de mouillage importante en raison de la proportion élevée en éléments fins qui génèrent une surface spécifique importante. Le rapport eau/ciment (E/C) est supérieur à celui des traditionnels et pour le réduire on a recours à des adjuvants. En général, le rapport E/C est compris entre 0,6 et 0,7 .

### **I.3.4. Les ajouts :**

Les bétons de sable constitués uniquement de sable et de ciment ont généralement des résistances inférieures à celle des bétons classiques; pour relever cette insuffisance, on effectue des ajouts, ceux-ci sont destinés à augmenter la compacité et par là même obtenir la résistance optimale [05]. On peut citer quelques types d'ajout :

- Les poudres fines.
- Les fibres.
- Les colorants.
- les polymères.

### **I.3.5. Les adjuvants**

Les bétons de sable utilisent les adjuvants sous diversiformes: plastifiants, super-plastifiants, etc. les adjuvants confèrent physiquement et économiquement aux bétons des avantages considérables entre autre l'amélioration de la maniabilité, l'utilisation du béton dans les conditions difficiles [06] , On peut citer quelques types adjuvants :

- Les plastifiants
- Les super plastifiants
- Les entraineurs d'air
- Retardateur de prise
- Agent réducteur de bullage
- Hydrofuge de masse
- Accélérateur de durcissement
- Antigél
- Inhibiteur de corrosion

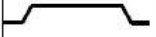




### **I.3.6. Les fibres**

L'utilisation des fibres dans la construction remonte à plusieurs siècles, l'intérêt pour leur utilisation ne cesse de se croître pour la fabrication du béton prêt à l'emploi les fibres peuvent exister sous différents types et formes. Plusieurs types des fibres sont utilisés dans la construction :

- Les fibres métalliques (acier, fonte)
- Les fibres organiques (polypropylènes, polyesters, polyamides et polystyrènes)
- Les fibres minérales (amiante, verre, carbone)
- Les fibres végétales (Jute, sisal, coir, bois, bambou, palmier)
- Les fibres animales (poil, laine, soie).



**Tableau I.1.** Caractéristiques des fibres couramment utilisées [07].

Type de fibre	Forme/ géométrie	Matière constituante	$R_t$ $\times 10^2$ [MPa]	$E$ $\times 10^5$ [MPa]	L [mm]	l [mm]	D [mm]	e [mm]
Bekaert Dramix ZC50/50		Fil d'acier étiré à froid	11	2	50	.....	0,5	.....
Eurosteel 50/80 60/100		Acier tréfilé à moins de 0.15% C	14	2	50 60		0,8 à 1	.....
Twincon E à 2 têtes		Acier tréfilé	12	2	54	.....	1	.....
Pont à Mousson		Fonte amorphe à 5% de Cr	20	1,4	60	1,5 à 2	.....	0,03
Harex		Obtenues par le fraisage de blocs d'acier.	7	2	32	2	.....	0,25

$R_t$  : résistance à la traction du matériau de la fibre,  $E$  : module d'élasticité à la traction du matériau de la fibre,  $L$  : Longueur,  $l$  : Largeur,  $D$  : Diamètre,  $e$  : Epaisseur.

#### I.4. Propriété de béton de sable

##### I.4.1. La résistance mécanique

La résistance mécanique de béton en compression et en traction est une propriété principale dans la conception des bâtiments et des structures.

Cette dernière est fortement dépendante du rapport E/C et de l'âge du béton, du pourcentage d'hydratation, du malaxage.....etc.

##### I.4.1.1. Résistance a la compression

L'augmentation du dosage en sable de dune dans la composition du béton, crée une diminution de la résistance à la compression du béton.

Il est à noter aussi que cette résistance est influencée par quelques caractéristiques du sable, à savoir le module de finesse, l'équivalent de sable.

##### I.4.1.2. Résistance a la traction

Diverses études ont été réalisées concernant la résistance à la traction des bétons de sable, nous citons les travaux réalisés par BANTATA .A [18], sur des bétons de sable alluvionnaire et dunaire et une troisième composition représentant un mélange des deux (60%SD+40%SA), les résultats de la résistance à la traction dénotent une progression croissante de la résistance à 7, 21,28 jour pour le béton de sable [08].

## **I.5. Déchets industriel**

### **I.5.1. Définition**

Les déchets toxiques et les déchets chimiques sont deux désignations de déchets industriels. Ce secteur considère que le traitement de leurs déchets est lié à une valeur nulle ou négative, entraînant une perte financière. À l'inverse, une grande partie des déchets industriels ne sont pas dangereux ni toxiques, tels que les déchets de fibres produites par l'agriculture et de l'exploitation forestière. Plusieurs secteurs peuvent donner une valeur commerciale positive à leurs déchets et ne plus considérer ces derniers comme des déchets, ce qui induit une perception différente de celle des autorités compétentes en ce domaine.

### **I.5.2. Valorisation des déchets en génie civil**

La valorisation des déchets dans le domaine de génie civil est très importante, du fait que c'est le secteur par excellence où en consomme le plus de matériaux afin d'assouvir la demande de plus en plus importante en matière d'habitat et d'infrastructure. Le recyclage des déchets touche deux volets très importants à savoir le volet économique et environnemental. De ce fait plusieurs déchets industriels sont utilisés dans le domaine de la construction soit en forme de poudre, de fibres ou d'agrégats.

### **I.5.3. Utilisation de déchets plastique**

En 2015 Guendouz M, utilise les déchets plastiques dans le domaine de la construction et spécialement dans le béton ou le béton de sable se forme de poudre, de fibres ou d'agrégats [9]. Ce travail vise à étudier la possibilité d'utiliser des fibres plastiques dans le béton de sable à l'état brut sans transformation ni traitement, afin de minimiser le cout du matériau final .l'influence de la proportion des déchets utilisés sur les caractéristiques physiques du nouveau matériau été étudiée et analysée.

### **I.5.4. Les types des déchets**

En fonction de nature des déchets, il est possible de classer en trois grandes catégories: les déchets dangereux, les non-dangereux, les inertes.

#### **- Les déchets dangereux**

Les premiers sont considérés dangereux en raison du fait qu'ils contiennent des éléments toxiques pouvant avoir des répercussions graves sur l'environnement et la santé publique. Ce sont des déchets organiques de type solvant ou des hydrocarbures, ou bien

minéraux comme les boues ou les acides, ou enfin gazeux. Pour bien les distinguer entre eux, trois sous-catégories parmi celle des déchets dangereux peuvent être établies telles que :

- Les déchets industriels spéciaux : chimiques, radioactifs, biologiques, d'origine industrielle, présentent un véritable danger pour l'environnement et les hommes. Ces déchets de haute dangerosité ou toxiques doivent être traités à part et via une filière différente de celle du traitement des déchets non-dangereux.

- Les déchets ménagers spéciaux : Ce sont les tous les produits pouvant être explosifs comme les bombes aérosols, corrosifs tels que les acides, irritables comme l'ammoniaque ou inflammables. Tous ces produits sont dangereux, car ils présentent un danger pour l'environnement et la santé.

- Les déchets des activités de soins, comprenant les déchets spéciaux hospitaliers ou vétérinaires, aussi ceux produits par les laboratoires.

À savoir également que la production de déchets dangereux représente à peu près 4 % de la production totale de déchets soit plus de 868 millions de tonnes de déchets par an pour la France.



**Photo I.2.** Déchets dangereux

#### - Les déchets non-dangereux

Les déchets non-dangereux sont dits aussi banals et ne présentent donc aucune dangerosité caractérisée selon l'annexe I de l'article R 541-8 du Code de l'environnement. Ni toxiques, ni corrosifs ou explosifs, ces déchets sont souvent assimilés aux ordures ménagères, car ils ont la même nature et sont donc traités et éliminés de la même manière que les simples ordures. Pour exemple, nous pouvons citer les matières plastiques telles que le PVC ou le polystyrène, les bois qui ne sont pas traités, cartons ou les emballages non souillés...

### - Les déchets inertes

Selon la définition de l'article R. 541-8 du code de l'environnement, un déchet inerte correspond à : ni toxiques, ni corrosifs ou explosifs, ces déchets sont souvent assimilés aux ordures ménagères, car ils ont la même nature et sont donc traités et éliminés de la même manière que les simples ordures. Et selon la directive 2006/21/CE, « Des déchets peuvent être considérés comme inertes sans qu'il soit procédé à des essais spécifiques dès lors qu'il peut être démontré à l'autorité compétente, sur la base des informations existantes ou de procédures ou schémas validés, que les critères définis au paragraphe 1 ont été pris en compte de façon satisfaisante et qu'ils sont respectés ».



**Photo I.3.** Déchets inertes

### - Les déchets ménagers

Les déchets ménagers sont constitués par les déchets des ménages et autres déchets assimilés, qui peuvent être, eu égard à leurs caractéristiques, collectés et traités par les collectivités locales.

La circulaire du 8 mai 1977 relative au service d'élimination des déchets des ménages divise ceux-ci en cinq catégories : ordures ménagères, encombrants, déblais et gravats, déchets ménagers spéciaux, autres déchets municipaux (déchet assimilés et déchets produits par les services publics : déchets de voirie et de marché, boues de station d'épuration, déchets verts des espaces publics...).

Les Ordures ménagères (OM), produites par les ménages au quotidien, comprennent aussi les déchets des commerçants et artisans.

Elles se décomposent comme suit :

- Déchets putrescibles : 29 %
- Papiers/cartons : 25 %
- Verre : 13 %
- Plastiques : 11 %
- Métaux : 4 %
- Autres : 18 %.

Après collecte sélective, on qualifie les ordures ménagères non triées de résiduel



**Photo I.4.** Déchets ménagers.

## **I.6. Conclusion**

Nous avons présenté dans cette étude bibliographique l'intérêt de sable de dune dans la formulation de béton, l'utilisation du béton de sable renforcé par divers fibres, la résistance à la compression et la flexion des bétons et ainsi que les divers déchets industriels ou autres, utilisés plus particulièrement dans le domaine de la construction.

***Chapitre II : Caractérisation des matériaux  
et procédures d'essais***

## II.1. Introduction

Pour la fabrication du béton de sable des dunes renforcé par des fibres de nylon on va présenter dans ce chapitre les caractéristiques des matériaux utilisés dans cette étude, le sable (sable de dunes. sable alluvionnaire), le ciment, l'eau, l'adjuvant et les fibres de nylon ; les essais effectués sur ces produits sont réalisés au niveau des laboratoires de département de génie civil et d'hydraulique , laboratoire de ADE et labo de LNHC.

## II.2. Caractéristiques des matériaux

### II.2.1. Sable

Le sable utilisé est conforme aux définitions par la norme NFP 18-301, nous avons utilisé un sable alluvionnaire (SA) provenant d'un site situé à 30 km sur la RN 56 et un sable de dune (SD) de la région de Ain El Beida (Wilaya d'Ouargla). [10]

#### II.2.1.1. Masse volumique absolue

La masse volumique absolue 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. Cet essai permet de connaître la masse d'une partie granulaire lors de l'élaboration d'une composition de béton, l'essai est régi par la norme NFP18-301. [11]

Les étapes de travail sont :

- remplir une éprouvette graduée avec un volume  $V_1$  d'eau,
- peser un échantillon sec  $M_S$  de granulats et l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air le liquide monte dans l'éprouvette,
- Lire le nouveau volume  $V_2$
- calculer la masse volumique absolue par la formule suivante [12] :

$$\rho_s = \frac{M}{V_2 - V_1} \dots \dots \dots (2.1)$$

Où  $\rho_s$  : Masse volumique absolue ;

$M_S$ : Masse des grains solides ;

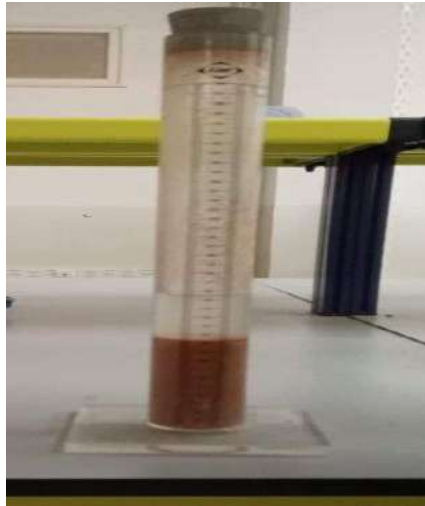
$V_1 + V_2$ : Volume de l'eau et Volume total (grains solide + eau).

Les résultats obtenus de la masse volumique absolue pour les sables est présentés par le tableau II.1.



**Tableau II.1:** Masse volumique absolue des sables utilisés

Type de sable	$\rho_s$ ( kg/m <sup>3</sup> )
Sable de dune	2667
Sable alluvionnaire	2638.5



**Photo II.1:** Essais de la masse volumique absolue

**II.2.1.2. Masse volumique apparente**

On peut définir la masse volumique apparente d'un matériau comme 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. Cet essai est géré par la norme NFP 18 -554. [11]

Cette méthode consiste à remplir un récipient dont le volume V est bien connu, par un échantillon sec de granulats, en prenant soin de bien raser le bord du récipient, peser l'échantillon sec M de granulats, la masse volumique apparente est déterminée par la relation suivante [12]:

$$\rho_a = \frac{M}{V} \dots\dots\dots (2.2)$$

Où :

$\rho_a$ : Masse volumique apparente ;

M et V : la masse et le volume de l'échantillon ;



Le tableau II.2. Présente les résultats obtenus de la masse volumique apparente des sables utilisés.

**Tableau II.2:** Masse volumique apparente des sables utilisés

Type de sable	$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )
Sable de dune	1407.12
Sable alluvionnaire	1611.04



Photo II.2: Essai de la masse volumique apparente

**II.2.1.3. Equivalent de sable**

Cet essai est utilisé de manière courante pour évaluer la propreté des sables entrant dans la composition des bétons. L'essai consiste à séparer les particules fines contenues dans le sable des éléments sableux plus grossiers. une procédure normalisée permet de déterminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté de celui-ci, cet essai est défini par la norme NFP 18-598. [13]

**Mode opératoire**

L'essai est effectué sur la fraction 0/2 mm du matériau 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:

$h_1$ : hauteur du sable propre et élément fins;

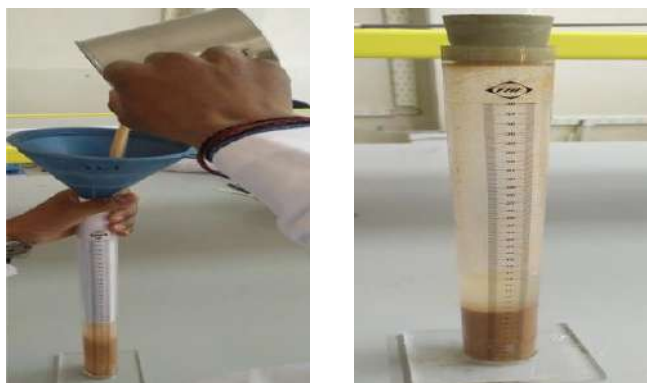
$h_2$ : hauteur du sable propre seulement.

On en déduit l'équivalent de sable qui, par convention : [13]

$$ES = \frac{h_2}{h_1} \times 100 \dots\dots\dots (2.3)$$

Où :

ES: équivalent de sable.



**Photo II. 3:** Essai d'équivalent de sable

**Tableau II. 3:** Nature et qualité du sable selon les valeurs d'équivalent de sable [14]

Equivalence de sable Par piston et visuel	Nature et qualité du sable
$SE < 60$	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 argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau II.4.

**Tableau II.4:** Résultats de l'équivalent de sable

Sable de dune	Piston	98,46	Sable très propre
	Visuel	95,04	
Sable alluvionnaire	Piston	87,66	Sable très propre
	Visuel	86,66	

### II.2.1.4. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondérés respectifs des différentes familles des grains constituant l'échantillon et exprimer les poids des particules constituant un échantillon de sable en fonction des diamètres de ces particules. Cet essai est défini par la norme (NF P18-560). [13]

**Principe d'essai**

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, 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. [13]

Les masses des différents refus ou celles des différents tamisats sont rapportées à la masse initiale du matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique (courbe granulométrique). [15]

En utilisant généralement les tamis 0.08. 0.160. 0.315. 0.63. 1.25. 2.5 et 5mm



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

Nous avons utilisé quatre échantillons :

Premier échantillon : 100% sable de dunes ;

Deuxième échantillon : 100% sable alluvionnaire ;

Troisième échantillon : 50 % sable alluvionnaire + 50% sable de dunes ;

Troisième échantillon : 60 % sable alluvionnaire + 40% sable de dunes.

- 1<sup>er</sup> échantillon sable de dunes

La figure II.1. Représente la courbe granulométrique de sable de dunes utilisé dans ce travail.

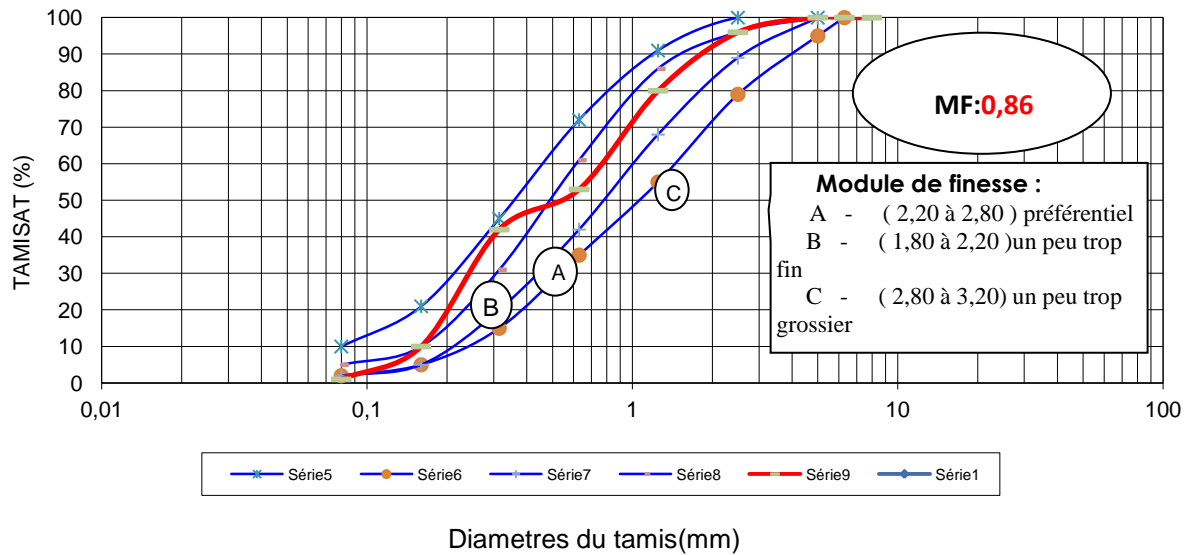
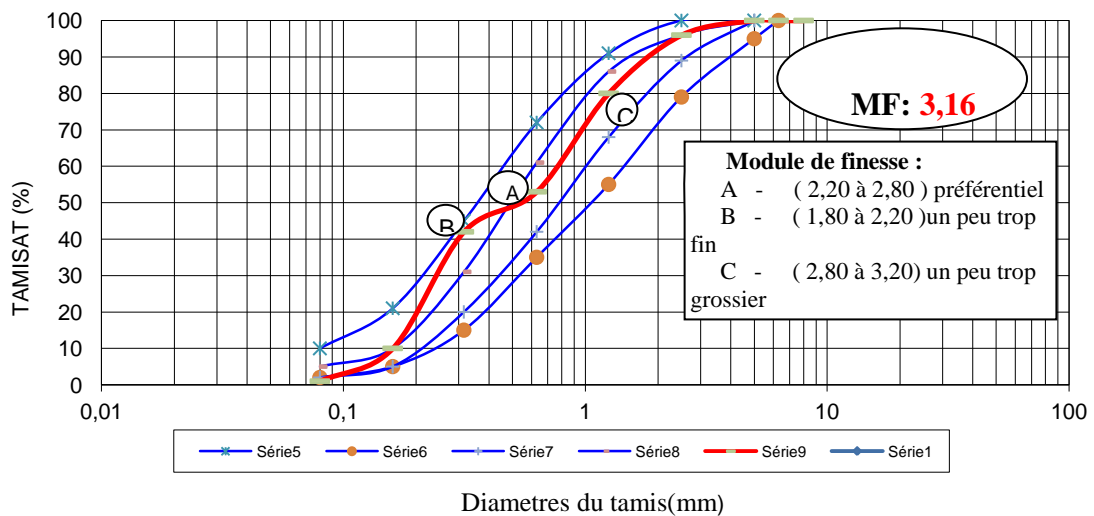


Figure II.1: Courbe granulométrique (100 % sable de dunes)

- 2<sup>eme</sup> échantillon sable alluvionnaire

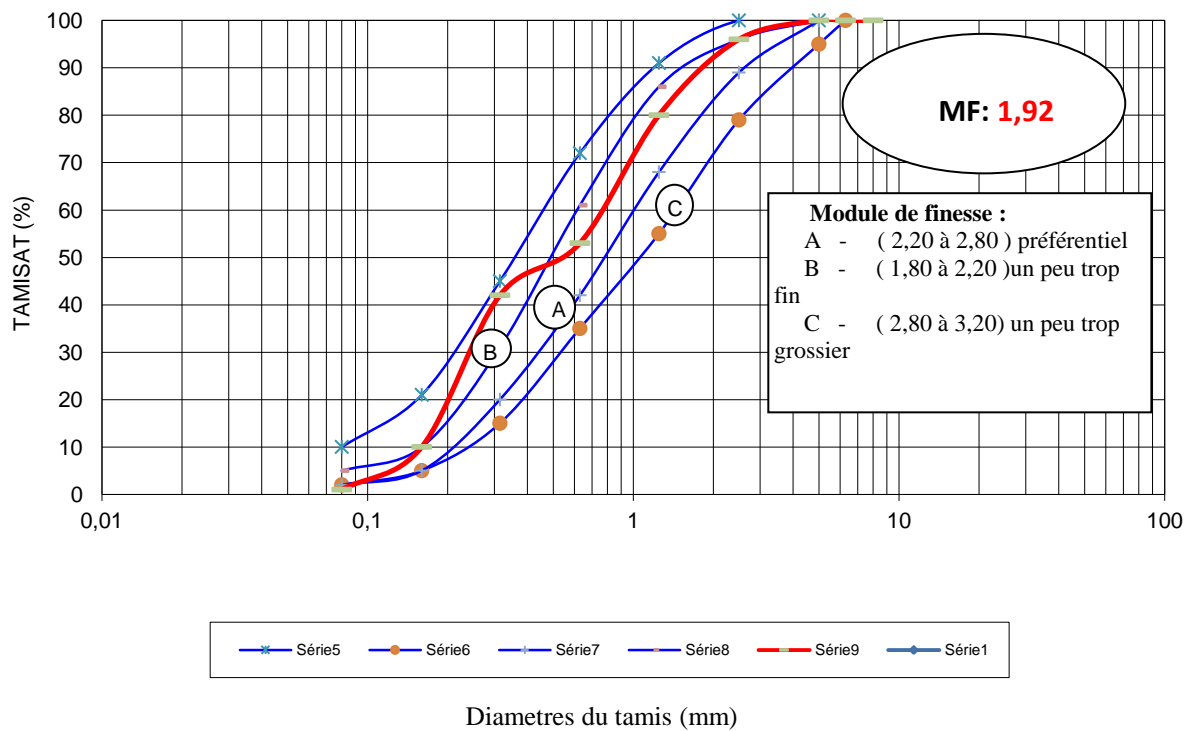
La figure II.2. Représente la courbe granulométrique du sable alluvionnaire utilisé dans ce travail.



**Figure II.2:** Courbe granulométrique (100% sable alluvionnaire)

- 3<sup>ème</sup> échantillon 50% sable de dunes +50% sable alluvionnaire

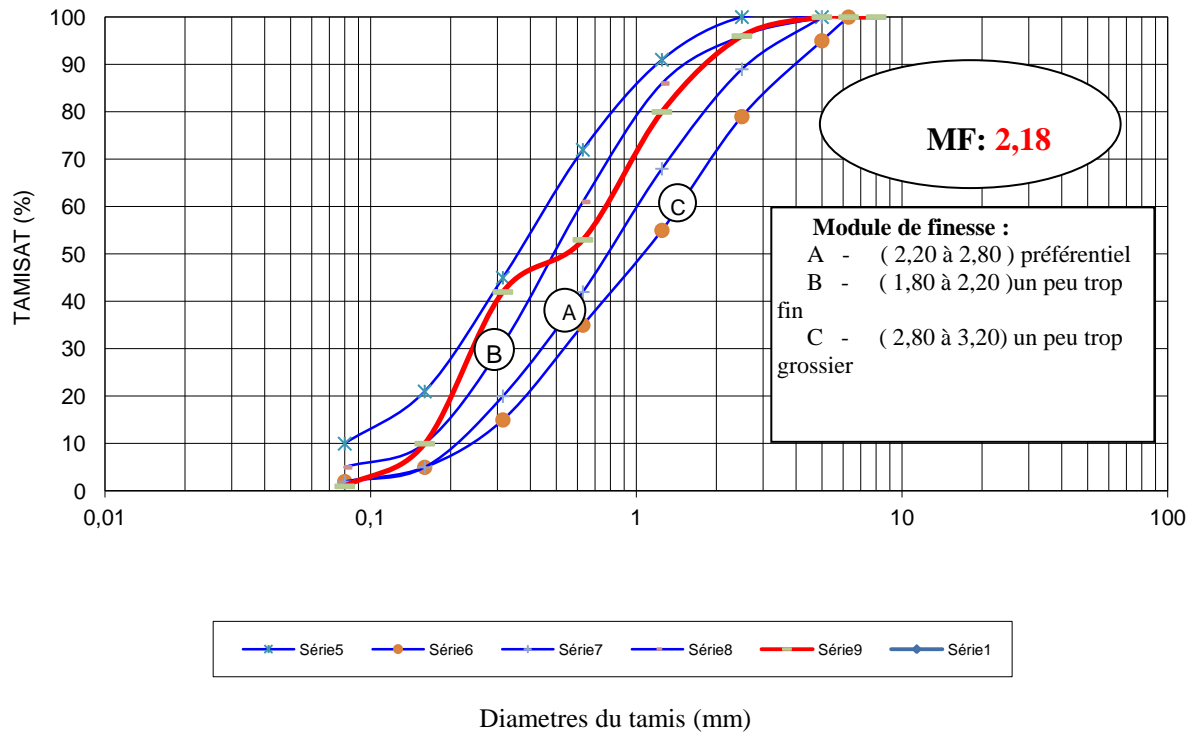
La figure II.3. Représente la courbe granulométrique du sable de dunes corrigé à 50 % avec du sable alluvionnaire.



**Figure II.3:** Courbe granulométrique (50% SA+50% SD)

- 4<sup>ème</sup> échantillon 40% sable de dunes +60% sable alluvionnaire

La figure II.4. Représente la courbe granulométrique du sable de dunes corrigé à 60 % avec du sable alluvionnaire.



**Figure II.4:** Courbe granulométrique (60% SA+40% SD)

**II.2.1.4.1. Module de finesse**

Coefficient caractérisant la finesse d'un granulat obtenu en divisant par 100 la somme des pourcentages de refus sur 10 tamis (0.16 - 0.315 - 0.63 - 1.25 - 2.5 - 5 - 10 - 20 - 40 - 80 mm). Ce coefficient peut conditionner le calcul du dosage en sable d'une composition de béton. [12]

$$M_f = \sum R_c / 100 \dots\dots\dots (2.4).$$

Où :

R<sub>c</sub> : refus cumulé en (%).

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

**Tableau II.5 :** Modules de finesse de différents échantillons.

Echantillons	Module de finesse ( $M_f$ )	Classement des sables
SD	0.86	sable très fin
SA	3.16	sable un peu trop grossier
50% SA+50% SD	1.92	sable un peu trop fin
60% SA+40% SD	2.18	sable un peu trop fin

### II.2.2. Ciment

Le ciment utilisé est un ciment ELMATIN CPJ-CEM II /B-L 42.5N disponible sur le marché fabriqué par Ain Touta, ses caractéristiques mécaniques et chimiques sont données par la fiche technique annexe(C) et sont résumées dans les tableaux 6 et 7.

**Tableau II.6:** Caractéristiques physiques et mécaniques de ciment utilisé.

Propriétés physiques et mécaniques	CPI-CEM II /B-L
Début de prise heure/min	150±30
Fin de prise heure/min	230±50
Rc <sub>28</sub> (MPa)	≥42.5
Rc <sub>2</sub> (MPa)	≥10.0

**Tableau II.7:** L'analyse chimique du ciment.

Analyses chimiques	Valeur
Perte au feu (NA5042) (%)	10.0±2
Teneur en sulfates (SO <sub>3</sub> ) (%)	2.5±0.5
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1.7±0.5
Teneur en chlorures(NA5042) (%)	0.02-0.05

### 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. Et les résultats sont présentés dans le tableau II.8

**Tableau II.8.**Caractéristiques chimiques de l'eau utilisé [annexe C].

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 Adjuvants

Le plastifiant utilisé pour la confection du béton est un plastifiant réducteur d'eau appelé MEDAFLUID 40, se forme d'un liquide marron avec un  $\text{pH}=8-9$ , densité 1.19 et teneur en chlore  $< 1 \text{ g/l}$ . [annexe B]

Parmi ses propriétés de l'adjuvant on peut citer :

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

### II.2.5. Les fibres

Les fibres utilisées dans cette étude sont des fibres de nature plastique issues de déchets industriels (photo II.5), provienne des câbles de serrage des différents emballages le choix de la fibre a été fait dans le but d'une valorisation d'un déchet industriel.



Fibre plastique (L=30 mm)



Fibre plastique (L= 50 mm)

**Photo II.5** : Les fibres plastiques utilisées de longueur 30 et 50 mm.

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

**Tableau II.9** : Caractéristiques physiques des fibres plastiques.

Densité ( $\text{g/cm}^3$ )	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Epaisseur (mm)
1.24	30 et 50	1.0	0.5



### 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 composition, et cela dans le but d'avoir une maniabilité acceptable par rapport à la consistance du béton souhaitée.

#### 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.

#### II.3.2. Les Essais de maniabilité

La maniabilité c'est une mesure qui est utile pour apprécier l'efficacité d'un adjuvant plastifiant, sur la fluidité d'un mortier ou sur la réduction d'eau qu'il permet de réaliser à consistance égale. il convient donc de définir un mode opératoire susceptible d'apprécier cette consistance ; c'est l'objet des essais définis par la norme NF P18-452. [13]

Le principe de cet essai la consistance est caractérisé par le temps que met le mortier pour s'écouler sous l'effet d'une vibration.

L'appareil utilisé est appelé Maniabilimètre LCL. Il consiste en un boîtier parallélépipédique métallique (7,5 cm × 7,5 cm × 15 cm), posé sur des supports en caoutchouc, équipé d'un vibreur et muni d'une cloison amovible.

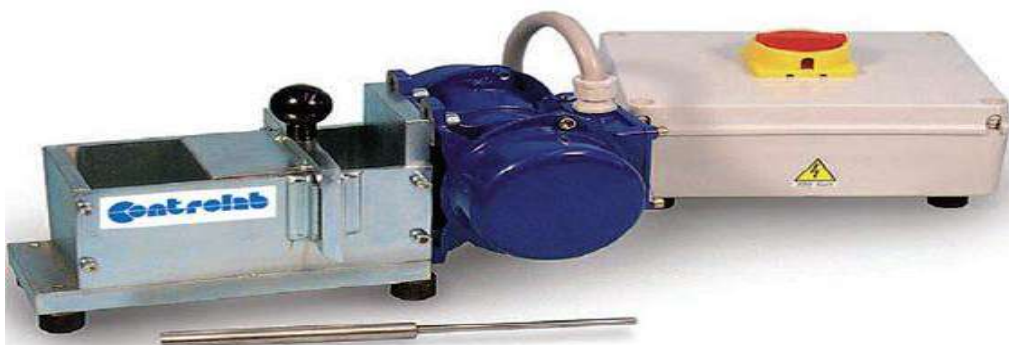


Photo II.6: Schéma d'un Maniabilimètre [16].

### II.3.2.1. Conduite de l'essai

Le mortier est introduit dans la partie la plus grande délimitée par la cloison et mis en place par piquage en quatre couches, chaque couche étant soumise à six coups au moyen de la tige de picage. 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 quand 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 comme illustré au tableau II.10. [13]

**Tableau II.10:** Classe de consistance des bétons [17]

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.3.3. Formulation des bétons renforcés

Concernant la formulation du béton de sable renforcé de fibres Plastique, 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.

La quantité des fibres utilisées varie de 1% et 1.5% en volume, tout en substituant le volume de sable par un même volume de fibres.

### II.3.4. Composition des bétons utilisés

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

- Composition du B<sub>1</sub> (100% SD).
- Composition du B<sub>2</sub> (100% SA).
- Composition du B<sub>3</sub> (50% SA+50% SD).
- Composition du B<sub>4</sub> (60% SA+40% SD).
- Les fibres D1=3mm et D2=5mm

**Tableau II.11:** Composition pour un mètre cube de béton de sable.

Cas	Fibres %	Sable (Kg)		Ciment (Kg)	Eau (l)	Fibres (g)	Plastifiant (g)	Temps (s)	E/C (%)
		SD	SA						
B1	B1								
	B1_1% D1								
	B1_1.5% D1								
	B1_1% D2								
	B1_1.5% D2								
B2	B2								
	B2_1% D1								
	B2_1.5% D1								
	B2_1% D2								
	B2_1.5% D2								
B3	B3								
	B3_1% D1								
	B3_1.5% D1								
	B3_1% D2								
	B3_1.5% D2								
B4	B4								
	B4_1% D1								
	B4_1.5% D1								
	B4_1% D2								
	B4_1.5% D2								

## II.4. Résistances mécaniques

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

### II.4.1. Résistance à la flexion [18]

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

L'essai est réalisé sur des éprouvettes de béton de sable (4x4x16)

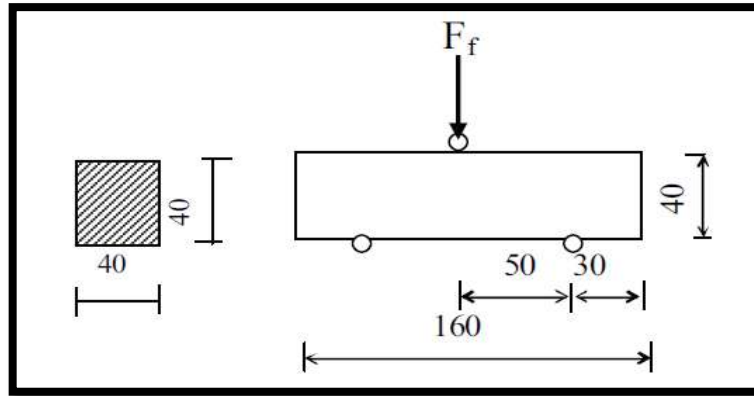


Figure II.5 : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 points).



Photos .II.7: Essai de résistance à la flexion (3 points).

La résistance à la flexion est calculée selon l'équation (2.5) :

$$R_f = \frac{1.5 \cdot F_f \cdot l}{b^3} \quad [\text{MPa}] \dots\dots\dots (2.5)$$

Où :

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

$F_f$  : Charge de rupture en N.

L: La distance entre les appuis (L = 100 mm).

b: Le coté de la section carrée de l'éprouvette (b = 40 mm).

**II.4.2. Résistance à la compression**

La résistance à la compression est le rapport entre la charge de rupture et la section transversale de l'éprouvette, et Les demi-prismes d'éprouvettes obtenues après la rupture en flexion seront rompus en compression.

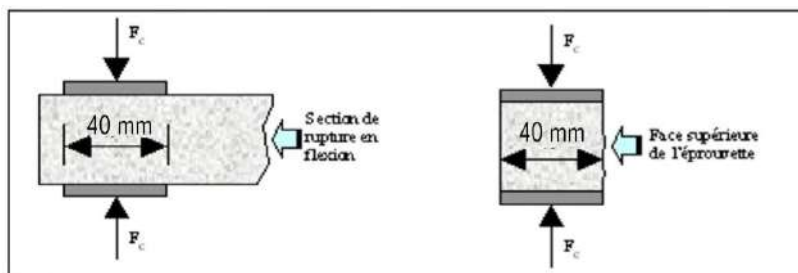
La résistance à la compression est calculée selon l'équation (2.6) :

$$R_C = \frac{F_c}{b^2} \dots \dots \dots (2.6)$$

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

$F_c$  : Charge de rupture en (N) ;

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



**Figure II.8:** Dispositif de rupture en compression



**Photo .II.6:** Essai de résistance à la compression.

## **II.5. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons traité les caractéristiques des matériaux utilisés dans la formulation des bétons, 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.
- Le sable alluvionnaire (SA) provenant d'une carrière située à 30 km sur la RN 56, est caractérisé par une granulométrie étalée qui s'inscrit dans le fuseau recommandé pour les bétons ordinaires.
- La composition ayant les proportions (50% SA+50% SD et 60% SA+40% SD), donne un module de finesse relativement acceptable.
- 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.
- Nous avons choisi deux longueurs de fibre plastique à savoir : 30 mm et 50 mm, avec les pourcentages d'incorporation de 1% et 1.5%.

## ***Chapitre III : Résultats 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 abordé l'analyse des propriétés physiques et mécanique des bétons de sable de dunes avec et sans fibres. Ensuite, nous avons entamé le volet concernant l'analyse des résultats et discussions de l'ensemble des bétons réalisés.

### **III.2. Maniabilité de mortier**

La figure III.1, montre la variation de la maniabilité du béton de sable en fonction des pourcentages de fibres en plastique utilisées, nous avons constaté que plus le pourcentage de fibres en plastique augmente plus le temps d'écoulement diminué, cela est due à la présence des fibres dans le mélange formant un réseau solidaire qui peut par fois évoluer vers la formation de ce qu'on appelle les nids de oiseau, empêchant ainsi le béton de s'écouler.

Dans le même contexte les travaux réalisés par KIM et al [19] affirment que la présence des fibres en plastique dans le béton influe d'une manière négative sur la maniabilité du béton.



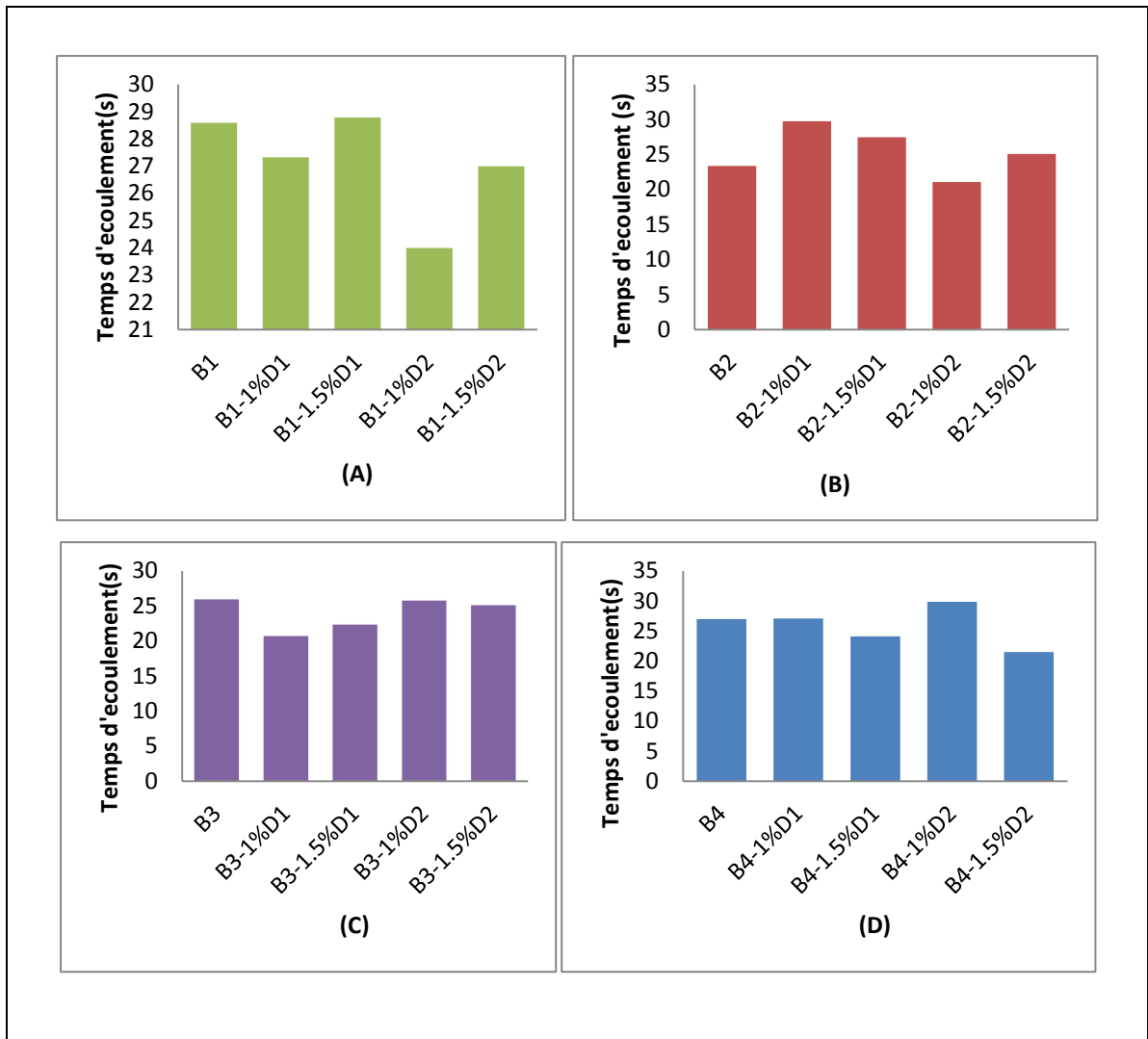


Figure III.1. La maniabilité des bétons de sable.

**CONCLUSION GÉNÉRALE**

## **Conclusion générale**

Cette étude a mis en évidence le rôle et l'influence de certains paramètres à savoir: la nature et la granulométrie des sables et l'ajout de fibre sur les caractéristiques des bétons de sable.

Par l'analyse des résultats obtenus nous pouvons énoncer ce qui suit :

- L'ajout des fibres dans le béton influe d'une manière négative sur la maniabilité.
- Une meilleure maniabilité du béton est donnée par le mélange composé par les deux types de sable (sable de dune et sable alluvionnaire), ce qui influe d'une manière directe sur la compacité du béton, qui est une caractéristique importante pour l'amélioration des propriétés mécaniques de ce dernier.
- Bien que la relation existe entre la résistance mécanique et le rapport E/C soit incontestable, d'autres facteurs peuvent influencer la résistance, à savoir : la granulométrie, la propreté des sables et l'ajout de fibres.
- L'utilisation des fibres plastique dans la composition des bétons améliore d'une manière acceptable sa résistance mécanique.
- Les bétons réalisés avec les fibres de longueur 50 mm donnent les meilleurs résultats de résistance mécanique par rapport à ceux réalisés avec les fibres de longueur 30 mm.
- Les meilleures résistances à la compression et à la flexion sont obtenus par la composition B<sub>4</sub> (60% SA + 40% SD).
- La résistance à la compression et à la flexion des bétons renforcés par 1.5% en fibres plastique est supérieure à ceux renforcés par un pourcentage de 1.0%.
- 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.
- L'ajout d'adjuvant plastifiant a permis d'obtenir des résultats élevés en résistance et ceci est grâce à la diminution du dosage en eau (E/C).

## **Recommandations**

- ❖ L'utilisation des fibres ayant un diamètre plus petit comme renforts dans les bétons.
- ❖ L'utilisation d'un malaxeur est recommandée pour garantir l'homogénéité du malaxage.
- ❖ Le bon choix du sable de correction est indispensable.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

Références bibliographiques

<http://www.elmoudjahid.com/fr/actualites/128783>(date 16/06/2019-h08 :30) 01

BEN BOUDJEMAA K. et al, 2013. influence des fibres métalliques (issues de l'unité BCR) sur le comportement mécanique et physico-chimique des mortiers. mémoire master. Université d'Abderrahmane Mira de Bejaia. 02

[doc.lem.fr/béton de sable/](http://doc.lem.fr/béton%20de%20sable/)(date 14/06/2019-h02 :30) 03

BABA ARBIA, MANSOUR .N, 2017. comportement du béton de sable de dunes renforcé par des fibres métalliques soumis à haute température. mémoire master ; Université Ouargla. 04

Ahmed, Oughba Mohamed Abderrahmane NAFE, 2013. étude des caractéristiques mécaniques du béton de sable de dunes sous l'effet d'adjuvant, mémoire master, université Ouargla. 05

AYACHI.A Med, 2011. étude des propriétés mécaniques du béton de sable de dunes ; mémoire master : Université Ouargla. 06

DJEBALI Saïd, 2013. caractérisation des éléments de structures en béton de fibres métalliques, Thèse de doctorat 07

BANTATA, A, 2004. étude expérimentale d'un béton avec sable de dune de la région d'Ouargla (Ain El Beida), mémoire de magister, Université d'Ouargla 08

GUENDOOUZ M.et all, 2015. formulation et caractérisation d'un béton de sable à base de déchets plastiques..... Université Bayonne, France. 09

BELFERRAG A, 2006. Valorisation des fibres métalliques issues des déchets pneumatiques dans les bétons de sable de dunes, Thèse de Magister, Université de Ouargla. 10

<https://www.etudier.com/dissertations/tp-masse-volumique-apparente-et-absolue/72130891.html>(date 23/05/2019-9 :30). 11

CHABI R, 2016. contribution à l'étude des caractéristiques physico-mécaniques de béton de sable de dunes et l'influence de milieux de coacervation, mémoire master, Université Ouargla. 12

DUPAIN R, SAINT-ARROMAN J C, 2009. granulats sols, ciment et béton, France. 13

[http://fr.wikipedia.org/wiki/équivalent\\_de\\_sable](http://fr.wikipedia.org/wiki/équivalent_de_sable)(date 22/05/2019-h23:22). 14

Norme française, analyse granulométrique par tamisage, nf p 18-560, septembre 1990). 15

[https://www.google.com/search?q=essai+maniabilimètre&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwivzrqCwvjiAhWKBGMBHQmDCusQ\\_AUIE](https://www.google.com/search?q=essai+maniabilimètre&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwivzrqCwvjiAhWKBGMBHQmDCusQ_AUIE) 16

SgC&biw=1707&bih=821#imgrc=yzHSwpwcGhWe-M (date 24/05/2019-h 14 :55).

DUPAIN R.et al, 1995.caractérisation des matériaux de génie civil par mes essais de laboratoire. Edition Casteilla. 17

Norme française, essai de flexion, nf p 18-407, décembre 1981. 18

Kim S, et al.2010, Matériel and structural performance évaluation of recycled PET fiber reinforced concrete *Cem Conc Comp* 32:pp232–40. 19

# **ANNEXES**

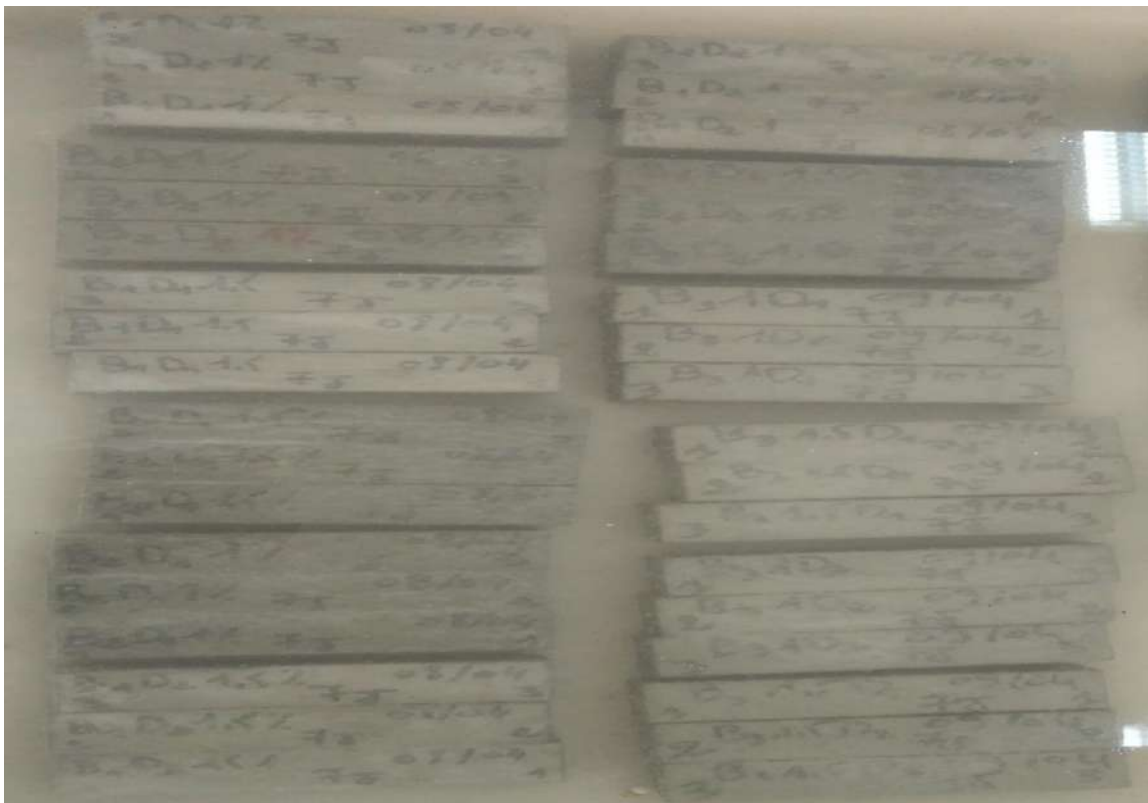
Annexe (A)



Les ceintures de sertissage



Annexe(B)



Conservation dans l'eau potable



Le moulage des éprouvants



Les adjuvants de plastifiions

## Annexe(C)

## Fiche produit ciment (matine).



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.

 A member of  
LafargeHolcim

### 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.

 A member of  
LafargeHolcim



Conditionnement: Sac et vrac


#### 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  
dz.satisfaction-clients@lafargeholcim.com  
Tél: 021 55 55 98  
Conditionnement : sac et vrac







## Analyses chimiques d'Eau de gâchage.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et populaire <b>MINISTRE DES RESSOURCES EN EAU</b> EP. ALGERIENNE DES EAUX d'unité Ouargla					
			<b>وزارة الموارد المائية</b> <b>الجزائرية للمياه</b> <b>وحدة مديرية ورقلة</b>		
					
<b>FICHE D'ANALYSES</b>					
N° REF : 253 /2017					
LIEU DE PRELEVEMENT; FORAGE MEKHADEMA N°01					
Date de prélèvement : 19/02/2017			Date d'analyse : 19/02/2017		
prélèvement effectué par : préleveur ADE			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
Potentiel redox Eh	Mv	/	Magnésium Mg <sup>2+</sup>	mg/l	162.81
Conductivité à 25°C	µs/cm	4600	Sodium Na <sup>+</sup>	mg/l	400
Température	°C	/	Potassium K <sup>+</sup>	mg/l	23
Turbidité	NTU	0.172	Chlorures Cl <sup>-</sup>	mg/l	998.03
T.D.S	mg/l	/	Sulfate SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	720
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
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> <sup>+</sup>	mg/l	0.087	Fer total	mg/l	/
Nitrite NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	00	Fer Fe <sup>2+</sup>	mg/l	00
Nitrate NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	/	Fer Fe <sup>3+</sup>	mg/l	/
Orthophosphate PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	00	Manganèse Mn <sup>2+</sup>	mg/l	/
Mat. Oxyd. M. Acide	mg/l	/	Aluminium AL <sup>3+</sup>	mg/l	/
			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	/
Plomb Pb	mg/l	/	A 22°C	UFC/ml	/
Nickel Ni	mg/l	/	Coliformes totaux	ge/100ml	00
Cadmium Cd	mg/l	/	Echerichea-coli	ge/100ml	00
Cobalt Co	mg/l	/	Streptocoques fécaux	ge/100ml	00
Chrome Cr	mg/l	/	Clostridium sulf-red	ge/100ml	/
Cuivre Cu	mg/l	/	Chlore résiduel libre	mg/l	brute
<b>OBSERVATION :</b>					
N.A : Norme Algérienne			<b>DATE :</b>		
CON. : Concentration			<b>LE CHEF DE LABORATOIRE</b>		
NH: Ces résultats sont valables uniquement pour les analyses des échantillons prélevés à la date indiquée ci-dessus.					

## Fiche produit adjuvant.

NOTICE TECHNIQUE		2	1	2	3												
<h2>MEDAFLUID 40</h2> <p>Conforme à la norme EN 934-2 : TAB 1 ET TAB 2 ET TAB 10, NA 774</p>		Plastifiant / réducteur d'eau															
<h3>DESCRIPTION</h3> <p>Le MEDAFLUID 40 est un plastifiant réducteur d'eau. Il est compatible avec tous les types de ciment.</p>		<h3>CARACTÉRISTIQUES</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspect ..... Liquide</li> <li>• Couleur ..... Marron</li> <li>• pH ..... 8 / 9</li> <li>• Densité ..... 1,19 ± 0,01</li> <li>• Teneur en chlore ..... &lt; 0,1 g/l</li> <li>• Extrait sec ..... 40 %</li> </ul>															
<h3>DOMAINES D'APPLICATION</h3> <p>Le MEDAFLUID 40 est recommandé pour la confection des bétons suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Béton prêt à l'emploi</li> <li>• Béton pompé sans forme de ségrégation</li> <li>• Béton de masse</li> <li>• Fabrication de dalles et pré-dalles</li> <li>• Bétons BCR</li> <li>• Bétons extrudés</li> </ul>		<h3>MODE D'EMPLOI</h3> <p>Le MEDAFLUID 40 peut être ajouté dans la bétonnière ou dans les camions malaxeurs :</p> <p>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.</p> <p>b) Dans le camion malaxeur, le MEDAFLUID 40 est introduit dans la toupie à l'arrêt et malaxé à grande vitesse pendant environ 1 minute par mètre cube de béton.</p> <p>Ne pas ajouter le MEDAFLUID 40 sur le béton sec.</p>															
<h3>PROPRIÉTÉS :</h3> <p>Grâce à ses propriétés physico-chimiques, le MEDAFLUID 40 permet :</p> <p><b>Sur béton frais :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuer le rapport E/C</li> <li>• Augmenter le slump</li> <li>• Faciliter la mise en œuvre du béton</li> <li>• Éviter la ségrégation</li> </ul> <p><b>Sur béton durci :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmenter les résistances mécaniques</li> <li>• Augmenter la compacité</li> <li>• Augmenter l'imperméabilité</li> <li>• Augmenter la durabilité</li> <li>• Éviter la formation de nids d'abeilles</li> </ul>		<h3>DOSAGE</h3> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Le dosage optimal doit être déterminé sur chantier en fonction du type de béton et des effets recherchés.</p>															
<p>Résistances mécaniques en compression (béton dosé à 350 kg/m<sup>3</sup>. E/C=0.42. Aff=11cm)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Désignation</th> <th colspan="2">Rc (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Jours</td> <td>7J</td> <td>28J</td> </tr> <tr> <td>Témoin</td> <td>22,5</td> <td>28,0</td> </tr> <tr> <td>MEDAFLUID 40 (1,5%)</td> <td>26,5</td> <td>36,30</td> </tr> </tbody> </table>		Désignation	Rc (MPa)		Jours	7J	28J	Témoin	22,5	28,0	MEDAFLUID 40 (1,5%)	26,5	36,30	<h3>CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE</h3> <p>Le MEDAFLUID 40 est conditionné en bidons de 12 et 24 kg, fûts de 265 kg, cubitenaire de 1200 kg.</p> <p>La température dans l'entrepôt de stockage doit être comprise entre 5°C et 35°C.</p> <p>Si le produit a gelé, le dégeler à 20°C et le remuer</p>			
Désignation	Rc (MPa)																
Jours	7J	28J															
Témoin	22,5	28,0															
MEDAFLUID 40 (1,5%)	26,5	36,30															
<p>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.</p>																	
 <p>95</p>		<p>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: grantex@granitex.dz</p>															

## 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)

*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

**Résumé :** L'utilisation et la valorisation des déchets industriels dans le domaine de la construction ont un impact très important, à la fois sur l'environnement et sur l'économie. Ce travail consiste donc à récupérer les déchets plastiques (ceintures de sertissage) rejetés dans la nature, et leurs utilisation comme renfort dans le béton sous forme de fibres ayant les longueurs 30 mm et 50 mm avec des dosages de 1.0% et 1.5%. Les propriétés à l'état frais (maniabilité) et à l'état durci (résistance à la compression et à la traction par flexion) de différentes compositions de béton de sable réalisés sont analysées et comparées aux bétons de sable témoin respectifs. Les résultats trouvés nous renseigne que le renforcement de béton de sable avec des fibres plastiques montrent une nette amélioration de la résistance à flexion et à la compression des bétons fibrés par rapport aux bétons témoins, plus précisément les bétons réalisé avec les fibres D2 ayant un dosage de 1.5%.

**Mots clés:** Sable de dunes, Sable alluvionnaire, Béton de sable, Fibres plastique, déchet industriel, résistance à la compression, résistance à la flexion.

**الملخص:** استخدام واستعادة النفايات الصناعية في مجال البناء له تأثير مهم للغاية سواء على البيئة وعلى الاقتصاد. يهدف هذا العمل لاستغلال النفايات البلاستيكية (احزمة الربط) المهملة في الطبيعة، وهذا باستعمالها كتدعيم للخرسانة على شكل ألياف يبلغ طولها 30 مم و 50 مم بنسبة 1.0 % و 1.5 %. يتم تحليل و مقارنة خصائص مختلف تراكيب الخرسانة الرملية المدعمة بالألياف و بدون ألياف وهذا في الحالة اللدنة (قابلية التشغيل) و الحالة الصلبة (مقاومة الشد والضغط).

توضح النتائج التي تحصلنا عليها أن تقوية الخرسانة الرملية بألياف بلاستيكية تظهر تحسناً واضحاً في مقاومتها للانحناء و للانضغاط مقارنة بالخرسانة بدون ألياف وبشكل أكثر دقة الخرسانة المصبوبة بألياف D2 بنسبة 1.5%.

**الكلمات المفتاحية:** رمل الكثبان، رمل الوادي، خرسانة الرمل، ألياف بلاستيك، النفايات الصناعية، مقاومة الانضغاط، مقاومة

الانحناء

**Abstract :** The use and recovery of industrial waste in the field of construction has a very important impact, both on the environment and on the economy. This work consists in recovering the plastic waste (crimping belts) rejected in the nature, and their use as reinforcement in the concrete in the form of fibers having the lengths 30 mm and 50 mm with dosages of 1.0% and 1.5%. The properties in the fresh state (workability) and in the solid state (compressive and bending tensile strength) of various sand concrete compositions made are analyzed and compared to the respective control sand concretes. The results obtained inform us that the reinforcement of sand concrete with plastic fibers show a clear improvement of the flexural and compressive strength of the fibered concretes compared to the witness, more precisely the concretes made with the D2 fibers having a dosage. 1.5%.

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