

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université KASDI Merbah de Ouargla



Faculté des Sciences Appliquées
Département Génie Civil et Hydraulique

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master
Spécialité: Génie Civil
Option :C.C.I

Thème

**L'effet d'ajout des fibres métalliques sur les propriétés
physico-mécanique des bétons de sable de dunes**

Présenté par :

- ALIA Abdelkarim
- BAKHMED Ahmed

Soutenu publiquement devant le Jury composé de :

MOKHTARI Abdessamed
BOUAKA Wafa
BELFERRAG Allaoua
Meziani Nedjma

M.C.B. Université d'Ouargla
Doctorante Université d'Ouargla
M.C.B Université d'Ouargla
M.A.A Université d'Ouargla

Président
Examinatrice
Promoteur
Co-promotrice

Année Universitaire : 2016/2017

REMERCIEMENTS

Nous rendons grâce à ALLAH le tout puissant de nous avoir donnée le savoir et la volonté surtout la patience pour réaliser ce modeste travail

Nous tenant à remercier sincèrement Monsieur, BELEFERRAG Allaoua et Mademoiselle MEZIANI Nedjma qui, en tant que Directeurs de mémoire, se sont toujours montrés à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, qui nous a permis de bénéficier de leurs encadrement. Les conseils qu'il nous a prodigué, la patience, la confiance qu'ils nous ont témoignés ont été déterminants dans la réalisation de notre travail de recherche.

Et remerciements de juger de notre travail, à savoir Monsieur MOKHTARI Abdessamed et Mademoiselle BOUAKA Wafa, qui accepte de rapporter, d'examiner et juger ce travail.

Nos remerciements s'étendent également à tous les enseignants de département de Génie Civil et d'Hydraulique de l'Université de Ouargla

ALIA et BAHAMED

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et ma soutenu durant toute ma vie, et mon père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci mes parents

A mes très chers mes sœurs.

A toute ma famille BAKHMED

A tous mes amis sans exception.

A Toute les membres de ma promotion

En fin, je remercie mon binôme ALIA ABDLKARIM qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail

AHMED

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes chers parentes ma mère et mon père

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur

Encouragement

A mes frères et sœurs

A mes amis et mes camarades

Sans oublier tout l'enseignement

*En fin, je remercie mon binôme BAKHMED AHMED qui a contribué à
la réalisation de ce modeste travail*

Alia abdelkarim

SOMMAIRE

Liste des figures	I
Liste des photos	III
Liste des tableaux	IV
INTRODUCTION GENERALE	01
CHAPITRE I : Etude bibliographique	
I.1. Introduction	03
I.2. Béton de sable de dune	03
I.2.1. Historique	03
I.2.2. Définition de béton de sable	04
I.2.2. Constitution du béton de sable	04
I.2.2.1. Ciment	04
I.2.2.2. L'eau	04
I.2.2.3. Sable	04
I.2.2.3.1. Classification des sables selon leurs provenances	04
I.2.2.3.2. Propriétés physiques	05
I.3. Les bétons de fibres	05
I.3.1. Les différents types des fibres	05
I.3.2. Choix et rôles des fibres dans le béton	06
I.3.2.1. Choix des fibres	06
I.3.2.2. Rôles des fibres dans le béton	06
I.4. Les fibres métalliques	07
I.5. Conclusion	08
CHAPITRE II : Caractérisation des matériaux et procédures d'essais	
II.1. Introduction	09
II.2. Caractéristiques des matériaux	09
II.2.1. Sable	09
II.2.1.1. Masse volumique absolue	09
II.2.1.2. Masse volumique apparente	10
II.2.1.3. Equivalent de sable	10
II.2.1.4. Analyse granulométrique	12
II.2.1.4.1. But de l'essai	12
II.2.1.4.2. Module de finesse	17
II.2.2. Ciment	17
II.2.2.1. Caractéristiques chimiques	18
II.2.2.2. Caractéristiques mécaniques	18
II.2.3. Eau de gâchage	18
II.2.4. Les fibres	18
II.2.4.1. Caractéristiques physiques et mécaniques des fibres utilisées	19
II.3. Formulation des bétons de sable renforcés de fibres	19
II.3.1. Formulation du béton de sable témoin	20
II.3.2. Essais de maniabilité	20
a) Principe de l'essai	20
b) L'appareil utilisé	20
c) Conduite de l'essai	21
II.3.3. Formulation des bétons de sable renforcés de fibres	22
II.3.4. Préparation et forme de l'échantillon	23
II.4. Résistances mécaniques	24

II.4.1. Résistance à la flexion	24
II.4.2. Résistance à la compression	25
II.4.2.1.Principe de l'essai	25
II.5.Conclusion	26
CHAPITRE III : Résultats et discussion	
III.1. Introduction	27
III.2. Résistance à la flexion des bétons de sable avec et sans fibres	27
III.2.1. Bétons témoins	27
III.2.2. Bétons de sable (100% SD)	28
III.2.3. Béton de sable (100% SA)	30
III.2.4. Béton de sable (65% SA+ 35% SD)	31
III.2.5. Béton de sable (70% SA+ 30% SD)	33
III.2.6. Bétons de sable renforcés de fibres métalliques avec un dosage de 0.5%	34
III.2.7. Bétons de sable renforcés de fibres métalliques avec un dosage de 1%	36
III.2.8. Bétons de sable renforcés de fibres métalliques avec un dosage de 1.5%	38
III.3. Résistance à la compression des bétons de sable avec et sans fibres	40
III.3.1. Bétons témoins	40
III.3.2. Béton de sable (100% SD)	40
III.3.3. Béton de sable (100% SA)	42
III.3.4. Béton de sable (65% SA+35% SD)	44
III.3.5. Béton de sable (70% SA+30% SD)	45
III.3.6. Bétons de sable renforcés de fibres métalliques avec un dosage de 0.5%	47
III.3.7. Bétons de sable renforcés de fibres métalliques avec un dosage de 1%	48
III.3.8. Bétons de sable renforcés de fibres métalliques avec un dosage de 1.5%	50
III.4. Conclusion	52
Concluions générale et recommandation	
Concluions générale	53
Recommandation	54

Liste des figures

CHAPITRE I : Etude bibliographique

Fig. I.1 Courbes effort/déformation et examen des ruptures en flexion dans un fibres et béton sans dans un béton avec fibres métalliques	6
Fig. I.2 Différente forme des fibres	7

CHAPITRE II : Caractérisation des matériaux et procédures d'essais

Fig. II.1 Courbe granulométrique (100 % sable de dunes)	13
Fig. II.2 Courbe granulométrique (100% sable alluvionnaire)	14
Fig. II.3 Résultats d'analyse granulométrique (65% SA+35% SD)	15
Fig. II.4 Courbe granulométrique (70% SA + 30% SD)	16
Fig. II.5 Courbe granulométrique de différent échantillon	17
Fig. II.6 Schéma d'un Maniabilimètre LCL	21
Fig. II.7 Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 points)	24
Fig. II.8 Dispositif de rupture en compression	25

CHAPITRE III : Résultats et discussion

Fig. III.1. Résistance à la flexion du béton témoin en fonction d'âge.	28
Fig. III.2. Résistance à la flexion du béton de fibres ($C_1 F_1$) en fonction d'âge.	29
Fig. III.3. Résistance à la flexion du béton de fibres ($C_1 F_2$) en fonction d'âge	29
Fig. III.4. Résistance à la flexion du béton de fibres ($C_2 F_1$) en fonction d'âge.	30
Fig. III.5. Résistance à la flexion du béton de fibres ($C_2 F_2$) en fonction d'âge.	31
Fig. III.6. Résistance à la flexion du béton de fibres ($C_3 F_1$) en fonction d'âge.	32
Fig. III.7. Résistance à la flexion du béton de fibres ($C_3 F_2$) en fonction d'âge.	32
Fig. III.8. Résistance à la flexion du béton de fibres ($C_4 F_1$) en fonction d'âge.	33
Fig. III.9. Résistance à la flexion du béton de fibres ($C_4 F_2$) en fonction d'âge.	34
Fig. III.10. Résistance à la flexion du béton de fibres ($0.5\%F_1$) en fonction d'âge.	35
Fig. III.11. Résistance à la flexion du béton de fibres ($0.5\%F_2$) en fonction d'âge	35
Fig. III.12. Résistance à la flexion du béton de fibres ($1\%F_1$) en fonction d'âge.	36
Fig. III.13. Résistance à la flexion du béton de fibres ($1\%F_2$) en fonction d'âge.	37
Fig. III.14. Résistance à la flexion du béton de fibres ($1.5\%F_1$) en fonction d'âge.	38
Fig. III.15. Résistance à la flexion du béton de fibres ($1.5\%F_2$) en fonction d'âge.	39
Fig. III.16. Résistance à la compression du béton témoin en fonction d'âge.	40
Fig. III.17. Résistance à la compression du béton de fibres ($C_1 F_1$) en fonction d'âge.	41
Fig. III.18. Résistance à la compression du béton de fibres ($C_1 F_2$) en fonction d'âge.	42
Fig. III.19. Résistance à la compression du béton de fibres ($C_2 F_1$) en fonction d'âge.	43
Fig. III.20. Résistance à la compression du béton de fibres ($C_2 F_2$) en fonction d'âge.	43
Fig. III.21. Résistance à la compression du béton de fibres ($C_3 F_1$) en fonction d'âge.	44
Fig. III.22. Résistance à la compression du béton de fibres ($C_3 F_2$) en fonction d'âge.	45
Fig. III.23. Résistance à la compression du béton de fibres ($C_4 F_1$) en fonction d'âge.	46
Fig. III.24. Résistance à la compression du béton de fibres ($C_4 F_2$) en fonction d'âge.	46

Fig. III.25. Résistance à la compression du béton de fibres (0.5%F ₁) en fonction d'âge.	47
Fig. III.26. Résistance à la compression du béton de fibres (0.5%F ₂) en fonction d'âge.	48
Fig. III.27. Résistance à la compression du béton de fibres (1%F ₁) en fonction d'âge.	49
Fig. III.28. Résistance à la compression du béton de fibres (1%F ₂) en fonction d'âge.	49
Fig. III.29. Résistance à la compression du béton de fibres (1.5%F ₁) en fonction d'âge.	50
Fig. III.30. Résistance à la compression du béton de fibres (1.5%F ₂) en fonction d'âge.	51

Liste des photos

CHAPITRE II : Caractérisation des matériaux et procédures d'essais

Photo. II.1. Essai d'équivalent de sable	11
Photo II .2. La géométrie de fibres métalliques utilisées	19
Photo II .3. Défirent type de fibre	19
Photo II.4. Moules pour moulage des éprouvettes (4x4x16)	24

Liste des tableaux

CHAPITRE I : Etude bibliographique

Tableau I.1 Les principales caractéristiques physiques et mécaniques des Fibres les plus utilisées	8
--	---

CHAPITRE II : Caractérisation des matériaux et procédures d'essais

Tableau II.1. Résultat de la masse volumique absolue	10
Tableau II.2 Résultat de la Masse volumique apparente	10
Tableau II.3 Nature et qualité du sable selon les valeurs d'équivalent de sable	11
Tableau II.4 Résultats de l'équivalent de sable avant et après lavage	12
Tableau II.5 Résultats d'analyse granulométrique du sable de dunes (100%SD)	13
Tableau II.6 Résultats d'analyse granulométrique de 100% du sable alluvionnaire (SA)	14
Tableau II.7 Résultats d'analyse granulométrique de 65% SA +35% SD	15
Tableau II.8 Résultats d'analyse granulométrique de 70% SA + 30% SD	16
Tableau II.9 Module de finesse de différents échantillons	18
Tableau II.10 L'analyse chimique du ciment	18
Tableau II.11 Caractéristiques physiques et mécaniques de ciment utilisé	18
Tableau II.12 Caractéristiques physiques et mécaniques des fibres	20
Tableau II.13 Classe de consistance des bétons	21
Tableau II.14 Les résultats de l'essai de maniabilité du béton de sable avec et sans fibre	22
Tableau II.15 Composition du béton de sable avec et sans fibres pour Le premier échantillon (100% SD)	22
Tableau II.16 Composition du béton de sable avec et sans fibres pour Le deuxième échantillon (100% SA)	23
Tableau II.17 Composition du béton de sable avec et sans fibres pour Le troisième échantillon (35% SD + 65% SA)	23
Tableau II.18 Composition du béton de sable avec et sans fibres pour Le Quatrième	23

échantillon (30% SD + 70% SA)

CHAPITRE III : Résultats et discussion

Tableau III.1 Résistance à la flexion de différentes compositions	27
Tableau III.2 Résistance à la flexion du béton de sable (Composition 1)	28
Tableau III.3 Résistance à la flexion du béton de sable (Composition 2)	30
Tableau III.4 Résistance à la flexion du béton de sable (Composition 3)	31
Tableau III.5 Résistance à la flexion du béton de sable (Composition 4)	33
Tableau III.6 Résistance à la flexion de différente composition avec dosage de fibres 0.5%,	34
Tableau III.7 Résistance à la flexion de différente composition avec dosage de fibres 1%	36
Tableau III.8 Résistance à la flexion de différente composition avec dosage de fibres 1.5%	38
Tableau III.9 Résistance à la Compression de différentes compositions	40
Tableau III.10 Résistance à la compression du béton de sable (Composition 1)	41
Tableau III.11 Résistance à la compression du béton de sable (Composition 2)	42
Tableau III.12 Résistance à la compression du béton de sable (Composition 3)	44
Tableau III.13 Résistance à la compression du béton de sable (Composition 4)	45
Tableau III.14 Résistance à la Compression de différentes composition avec dosage de fibres 0.5%	47
Tableau III.15 Résistance à la Compression de différentes composition avec dosage de fibres 1%	48
Tableau III.16 Résistance à la Compression de différentes composition avec dosage de fibres 1.5%	50

Introduction générale

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.

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 de ces matériaux locaux dans la formulation d'un béton de structure, et d'autre part dans l'étude de renforcement de ce béton par les fibres métalliques. Cette étude est consacrée à l'étude du comportement mécanique de béton de sable fibré.

Ce travail est composé de trois chapitres.

- Le premier chapitre est une présentation des différents types de sable et des fibres et 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 physicomécaniques 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 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.

I.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'élançement), 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 des généralités sur le béton de sable et béton renforcés par des fibres métalliques.

I.2.Béton de sable de dune

I.2.1.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). [01]

Le béton de sable trouve en effet ses origines dans "le béton aggloméré", mis au point par le français Coignet F. Dans le troisième quart du XIX e siècle, ce matériau se composait à l'époque de sable, de ciment, de chaux et d'eau.

La possibilité d'obtenir des niveaux élevés de résistance avec l'utilisation des gros agrégats a fait tomber, à une certaine époque, le béton de sable dans l'oubli .A la fin de la deuxième guerre mondiale, le béton de sable revient en force grâce à ses propriétés spécifique, à la pénurie des gros agrégats dans certaines régions et bien entendu à la disponibilité de gros gisements de sable [02].

I.2.2. Définition de béton de sable

Le béton de sable et un béton fin forme par mélange liant, le sable, le ciment et l'eau, chaque constituant joue un très grand rôle dans la fabrication du béton et ses caractéristiques influentes sur les propriétés et la destination du matériau ; D'autres ajouts spécifiques sont envisageables afin d'améliorer et de s'adapter aux besoins de certains usage.

Le béton de sable chargé est obtenu suite à l'incorporation des gravillons. Ce type vise à augmenter la rigidité du squelette du béton de sable. Il se distingue des mortiers par sa composition par son dosage en liant qualifié fiable, par sa résistance plus élevée et par sa destination similaire aux usages traditionnels du béton. En termes de composition, il se distingue d'un béton ordinaire par un fort dosage en sable, l'absence ou le faible dosage en gravillons et l'incorporation d'addition. Mais en termes de résistance et de dosage en ciment, ils sont presque similaires.

I.2.2. Constitution du béton de sable

I.2.2.1. 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 pâte 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 [03].

I.2.2.2. 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.2.2.3. Sable

On définit les sables comme étant la fraction des granulats pierreux dont les grains ont des dimensions comprises entre 80µm et 05mm; 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% [01].

I.2.2.3.1. Classification des sables selon leurs provenances

Selon leurs provenances, les sables peuvent être classés comme suit:

- **Sable de rivière** : il est obtenu par dragage des lits des cours d'eau.
- **Sable de mer** : il provient des côtes de la mer. Pour l'utiliser dans les bétons,
- **Sable de carrière** : Il contient souvent de l'argile qui enrobe les grains et les empêche d'adhérer aux liants.
- **Sable artificiel** : il est obtenu par concassage des roches (calcaires durs, gré...).
- **Sable de dune** : C'est un sable très fin, qu'on retrouve un peu partout au Sahara.

I.2.2.3.2. Propriétés physiques

- La masse volumique apparente.
- La masse volumique absolue.
- La granularité est déterminée par l'essai d'analyse granulométrique.
- Propreté et teneur en fines.

I.3. Les bétons defibres

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.).

I.3.1. Les différents types des fibres

On distingue trois grandes familles de fibres.

- **Les fibres organiques** : (Polypropylène, polyamide, acrylique,....)
- **Les fibres minérales** : (verre; wollastonite, basalte, mica...)
- **Les fibres métalliques** : (acier ; 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 dosages courants en fibres sont de l'ordre de 0,5 à 2 % en volume solide 5 à 150 kg par m³ de béton.

I.3.2. Choix et rôles des fibres dans le béton

I.3.2.1. Choix des fibres

Le choix des fibres dépend de l'usage recherché (pièces minces massives, renforcement de pâte pure de matériau de béton, réparation de structures ...), de leurs propriétés (résistance et module plus ou moins élevés, adhérence plus ou moins bonne...) de leur disponibilité et de leur prix. Actuellement plusieurs natures de fibres sont utilisées, les qualités indispensables qu'elles doivent présenter sont [04]:

- Pouvoir adhérer parfaitement à la pâte de ciment
- Avoir une bonne résistance à la traction
- Ne pas risquer d'être attaquées par le milieu basique du ciment
- Ne pas se dégrader dans le temps et conserver leurs qualités propres
- Ne pas avoir d'incidence excessive sur le cout du béton

I.3.2.2. Rôles des fibres dans le béton

Les fibres ont généralement pour rôle de renforcer ou remplacer l'action des armatures traditionnelles en s'opposant à la propagation des microfissures.

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

Il été constaté que le rôle principal des fibres dans un matériau cimentaire peut-être apprécié sous deux volets :

- Transformation du comportement fragile d'un matériau en un comportement ductile qui accroît la sécurité lors des états de chargement ultimes ;
- Le contrôle de la propagation d'une fissure dans un matériau en état de service enrédusant l'ouverture des fissures.

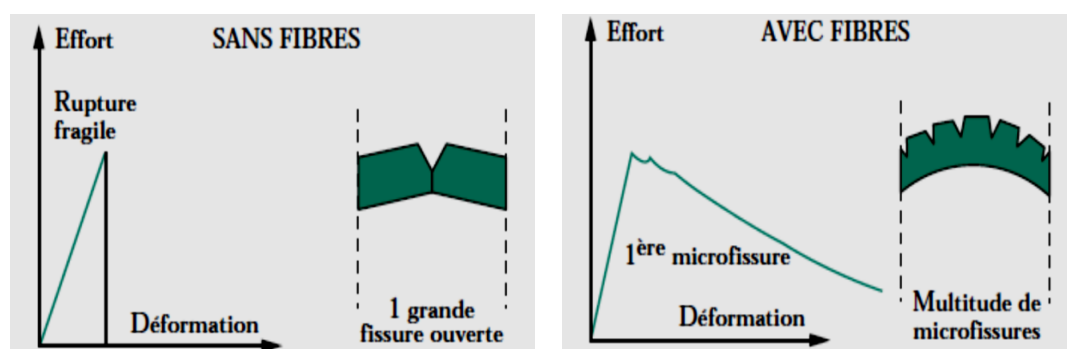


Fig. I.1: Courbes effort/déformation et examen des ruptures en flexion dans un béton sans fibres et dans un béton avec fibres métalliques [05].

Selon le type, le dosage et les éléments en béton dans lesquels elles sont insérées, les fibres permettent :

- l'amélioration de la cohésion du béton frais ; par exemple, les fibres rigides changent la structure du squelette granulaire ;
- l'augmentation de la ductilité et le comportement post-fissuration ;
- la réduction de la microfissuration due aux variations dimensionnelles notamment au jeune âge ;
- la réduction de la fissuration d'origine mécanique (chargement extérieur) ;
- l'augmentation de la résistance à la traction par flexion ;
- l'amélioration de la tenue au feu et de la résistance aux chocs, à la fatigue, à l'usure, et à l'abrasion [06].

I.4. Les fibres métalliques

Ce type de fibre, qui regroupe les fibres d'acier et les fibres de fonte amorphe, a été et reste encore l'objet de recherches très importantes dans le monde. On se limite aux fibres d'acier qui sont sans doute les plus utilisées dans le domaine du génie civil. En effet, les propriétés mécaniques du béton renforcé par ces fibres sont influencées par la résistance d'adhésion interfaciale entre fibre et matrice.

Les fabricants des fibres d'acier ont essayé par tous les moyens d'améliorer l'adhérence en jouant sur l'irrégularité de la surface de la fibre ce qui les conduit aux nombreuses variétés de fibres qui se différencient les unes des autres par leur diamètre, leur section (ronde, carrée, rectangulaire), leur longueur et leurs modes d'opérations.

La figure I-2 représente les différentes formes des fibres d'acier utilisées comme renfort pour les différents types de béton.

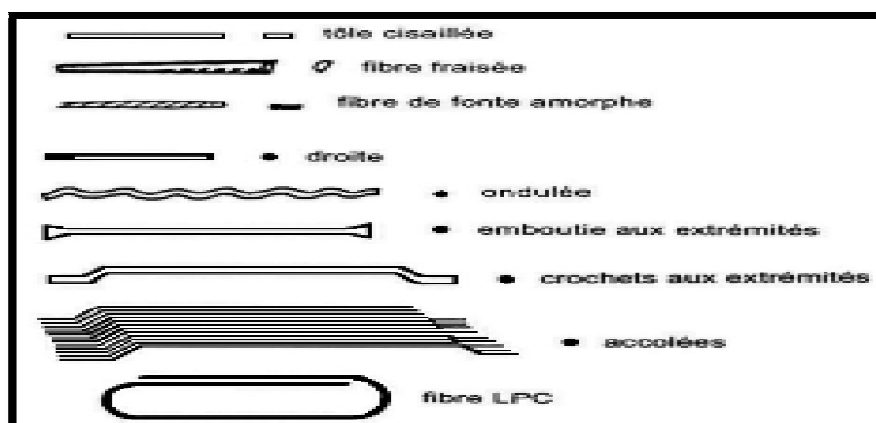


Fig. I.2 : Différente forme des fibres

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.

Tableau I.1: Les principales caractéristiques physiques et mécaniques des fibres les plus utilisées [07]

Fibres	Diamètre (μm)	Long (mm)	densité	Rt (Mpa)	E10 ³ (Mpa)	Allongement à la rupture %	Coeff. De Dilatation (μ / m)	R _{teu} 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. Conclusion

A travers ce chapitre, nous pouvons conclure ce qui suit:

- L'utilisation de béton de sable et béton armé par fibres métalliques dans le domaine de la construction est très ancienne.
- Le béton de sable est composé de ciment, sable, d'eau et quelques ajouts.
- L'addition des fibres dans le domaine de la construction variée selon du besoin.
- Les caractéristiques géométriques des fibres ont différentes et chaque type à un effet sur les propriétés mécaniques des fibres en béton.

II.1. Introduction

Nous présenterons dans ce chapitre, les caractéristiques des matériaux utilisés dans ce travail pour la fabrication du béton de sable renforcé par des fibres métalliques et la sélection des constituants ainsi que leurs utilisations pour pouvoir obtenir les résultats recherchés en matière de résistance.

II.2. Caractéristiques des matériaux

II.2.1. Sable

On entend par le sable tout granulat 0/D conformes aux définitions des normes NFP 18-101 et NFP 18-301. Il peut s'agir soit d'un sable naturel alluvionnaire ou de ballastière, soit d'un sable de carrière issu du concassage d'une roche massive ou détritique [8].

Dans cette étude nous avons utilisé un sable alluvionnaire lavé (SA) de HassiSayah et un sable de dune (SD) de la région de Ain El Beida (Wilaya d'Ouargla).

II.2.1.1. Masse volumique absolue

Cet essai est régi par la norme NFP 18-301; elle 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 [09].

➤ But de l'essai

Cet essai a pour but de permettre de connaître la masse d'une fraction granulaire lorsque par exemple on élabore une composition de bétons. Ce paramètre permet, 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.

➤ Mode opératoire

Mettre dans une éprouvette graduée un volume V_1 (100ml) d'eau.

- Introduire dans une éprouvette une masse M du sable (100g), en veillant bien à l'élimination des bulles d'air;
- Après on procède à la lecture du nouveau volume V_2 .

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

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

ρ_s : Masse volumique absolue ;

M_s : Masse des grains solides;

V_1 : Volume de l'eau;

V_2 : Volume total (grains solide+ eau).

Le tableau II.1 présente les résultats obtenus de la masse volumique absolue

Tableau II.1. Résultat de la masse volumique absolue

Composition de sable	ρ_s (kg/m ³)
Sable de dune	2631.58
Sable alluvionnaire	2532.05

II.2.1.2.Masse volumique apparente

Cet essai est régi par la norme NFP 18-554, 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 [09].

On détermine la masse volumique apparente par la formule suivante :

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

ρ_a : Masse volumique apparente ;

M : Masse totale de l'échantillon ;

V : Volume total de l'échantillon.

Le tableau II.2 présente les résultats obtenus de la masse volumique apparente

Tableau II.2. Résultat de la Masse volumique apparente

Composition de sable	ρ_a (kg/m ³)
Sable de dune	1442.27
Sable alluvionnaire	1611.49

II.2.1.3.Equivalent de sable

Il est défini par la norme NFP 18-598; cet essai permet de mesurer la propreté du sable, il 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 [10].

➤ **But de l'essai**

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.

La formule qui nous permis la détermination de l'équivalent de sable est :

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

Avec : ES : équivalent de sable ;

h_1 : hauteur du sable propre et élément fins ;

h_2 : hauteur du sable propre seulement.

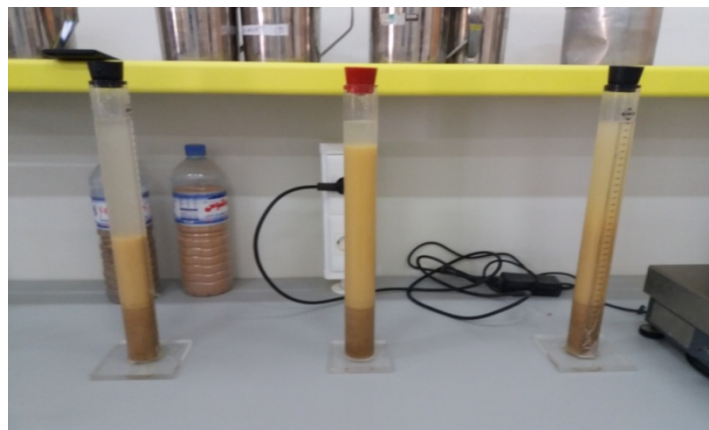


Photo. II.1. Essai d'équivalent de sable

Tableau II.3. Nature et qualité du sable selon les valeurs d'équivalent de sable[09]

E.S à vue	E.S	Nature et qualité du sable
$E.S.V < 65$	$E.S < 60$	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement, problème d'adhérence, à rejeter pour les bétons de qualité.
$65 \leq E.S.V < 75$	$60 \leq E.S < 70$	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité courante quand on ne craint particulièrement pas le retrait.
$75 \leq E.S.V < 85$	$70 \leq E.S < 80$	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour des bétons de haute qualité (valeur optimale $E.S = 75$, $E.S.V = 80$).
$E.S.V \geq 85$	$E.S \geq 80$	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 présentés dans le tableau II.4 montre les pourcentages obtenus de l'équivalent de sable pour les sables utilisés dans ce travail.

Tableau II.4. Résultats de l'équivalent de sable avant et après lavage

		avant	après	
Sable alluvionnaire	Piston	43.24	80.49	Sable très propre
	Visuel	47.57	82.53	
Sable de dune	Piston	90.99		Sable très propre
	Visuel	94.87		

Après les résultats obtenus dans le tableau II.4, on peut dire que ces sables sont très propres c'est-à-dire qu'il y à absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

II.2.1.4. Analyse granulométrique

Cet essai est régi par la norme NF P 18-560. Ce dernier consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis (voir la photo II.A1 dans l'annexe), 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 [11].

Les courbes granulométriques des différents granulats peuvent être déterminées par les résultats de l'essai de l'analyse granulométrique.

II.2.1.4.1. But de l'essai

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains, en utilisant généralement les tamis 0.08, 0.160, 0.315, 0.63, 1.25, 2.5 et 5mm.

Nous avons utilisé quatre échantillons :

- Premier échantillon : 100% sable de dune ;
- Deuxième échantillon: 100% sable alluvionnaire ;

- Troisième échantillon : 65 % sable alluvionnaire +35% sable de dune ;
- Quatrième échantillon:70 % sable alluvionnaire + 30% sable de dune.

Les tableaux suivants montrent les résultats d'analyse granulométrique obtenus pour les sables utilisés.

- 1^{er} échantillon sable de dunes

Tableau II.5 : Résultats d'analyse granulométrique du sable de dunes (100%SD)

Tamis (mm)	Refus cumulés (g)	Refus cumulés (%)	Tamisats cumulés (%)
5	0	0,00	100,00
2,5	0	0,00	100,00
1,25	0	0,00	100,00
0,63	0	0,00	100,00
0,315	97,6	8,13	91,87
0,16	924,8	77,07	22,93
0,08	1188,5	99,04	0,96
Fond	1199,9	100	0,00

La figure II.1 représente la courbe granulométrique du sable de dunes.

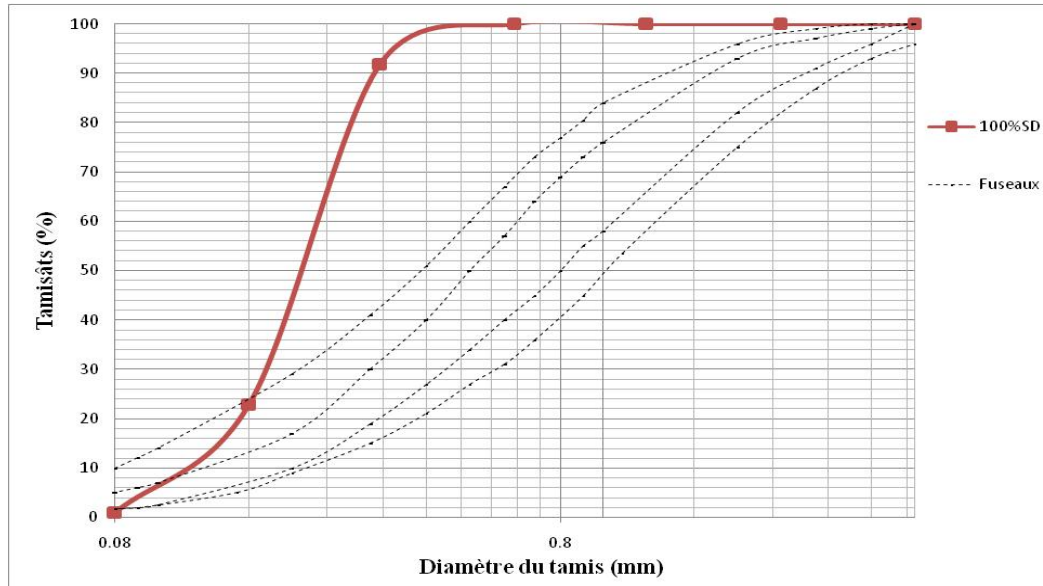


Fig. II.1. Courbe granulométrique (100 % sable de dunes)

- 2^{ème} échantillon sable alluvionnaire

Tableau II.6 : Résultats d'analyse granulométrique de 100% du sable alluvionnaire (SA)

Tamis (mm)	Refus cumulés (g)	Refuscumulés (%)	Tamisats cumulés (%)
5	26,5	2,21	97,76
2,5	70,1	5,84	94,12
1,25	187,6	15,63	84,33
0,63	512,8	42,74	57,23
0,315	923,1	76,93	23,04
0,16	1151,1	95,93	4,03
0,08	1197,2	99,77	0,19
Fond	1199,5	99,97	0,00

La figure II.2 représente la courbe granulométrique du sable alluvionnaire.

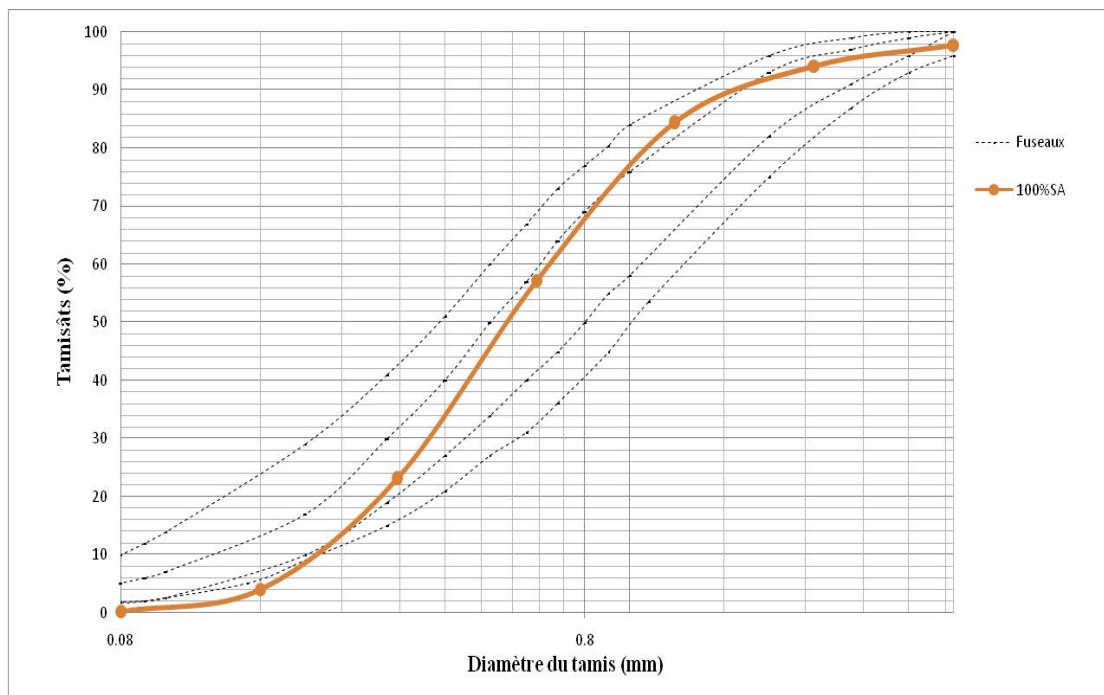


Fig. II.2. Courbe granulométrique (100% sable alluvionnaire)

- 3^{ème} échantillon 35% sable de dunes +65% sable alluvionnaire

Tableau II.7 : Résultats d'analyse granulométrique de 65% SA +35% SD

Tamis (mm)	Refus cumulés (g)	Refus cumulés (%)	Tamisats cumulés (%)
5	10	0,83	99,16
2,5	40,1	3,34	96,65
1,25	126,5	10,54	89,45
0,63	347,9	28,99	71
0,315	645,5	53,80	46,20
0,16	1047	87,26	12,73
0,08	1191,1	99,60	0,39
Fond	1199,8	99,99	0,00

La figure II.3 représente la courbe granulométrique du sable de dunes corrigé à 65% avec du sable alluvionnaire.

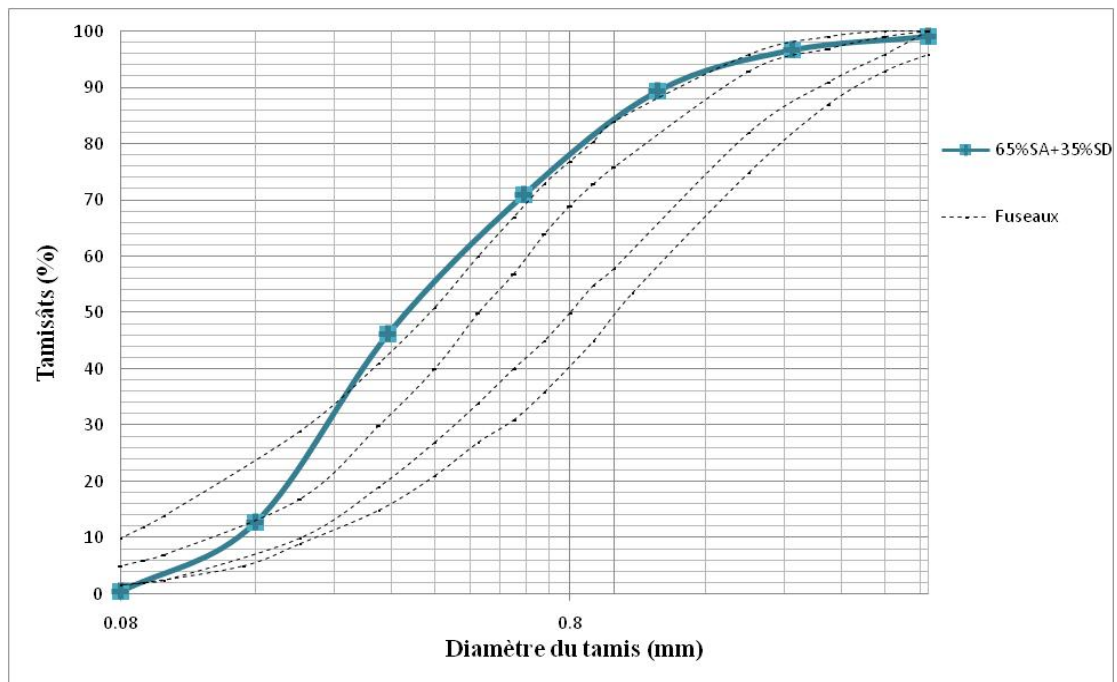


Fig. II.3. Résultats d'analyse granulométrique (65% SA+35% SD)

- 4^{ème} échantillon 30% sable de dunes +70% sable alluvionnaire

Tableau II.8 : Résultats d'analyse granulométrique de 70% SA + 30% SD

Tamis (mm)	Refus cumulés (g)	Refus cumulés (%)	Tamisatscumulés (%)
5	12,3	1,03	98,96
2,5	45,2	3,77	96,22
1,25	133,1	11,09	88,89
0,63	365	30,42	69,56
0,315	678,6	56,55	43,43
0,16	1058,4	80,21	11,76
0,08	1194,7	99,57	0,42
Fond	1199,7	99,98	0,00

La figure II.4 représente la courbe granulométrique du sable de dunes corrigé à 70% avec du sable alluvionnaire.

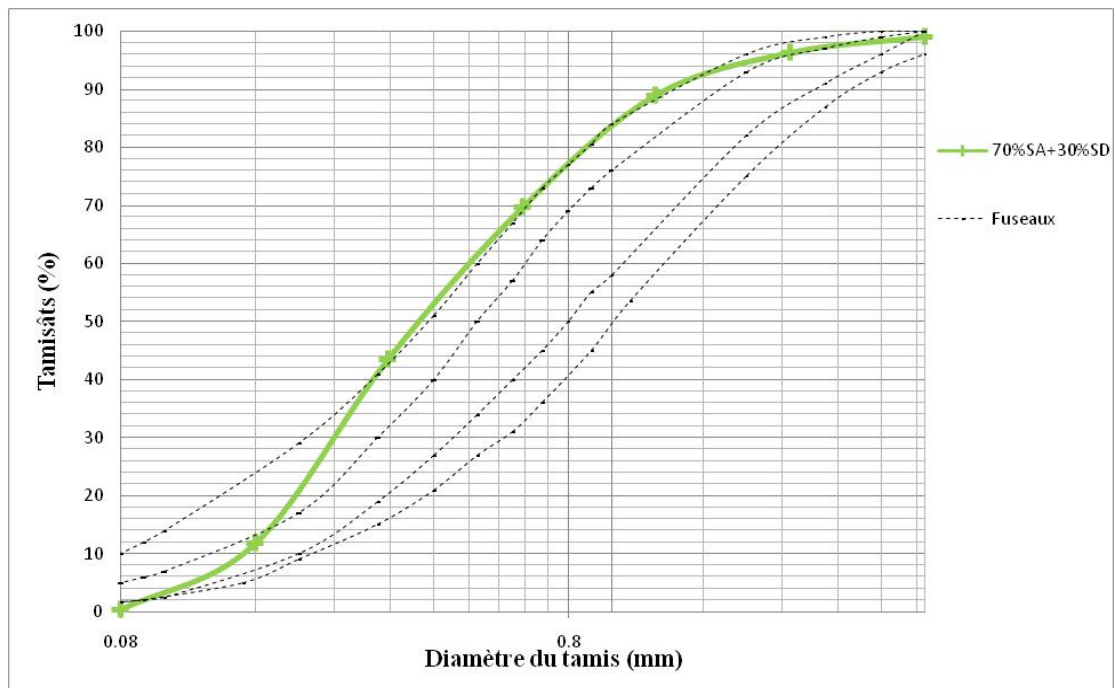


Fig. II.4. Courbe granulométrique (70% SA + 30% SD)

La figure II.5 représente la courbe granulométrique du sable de différent échantillon

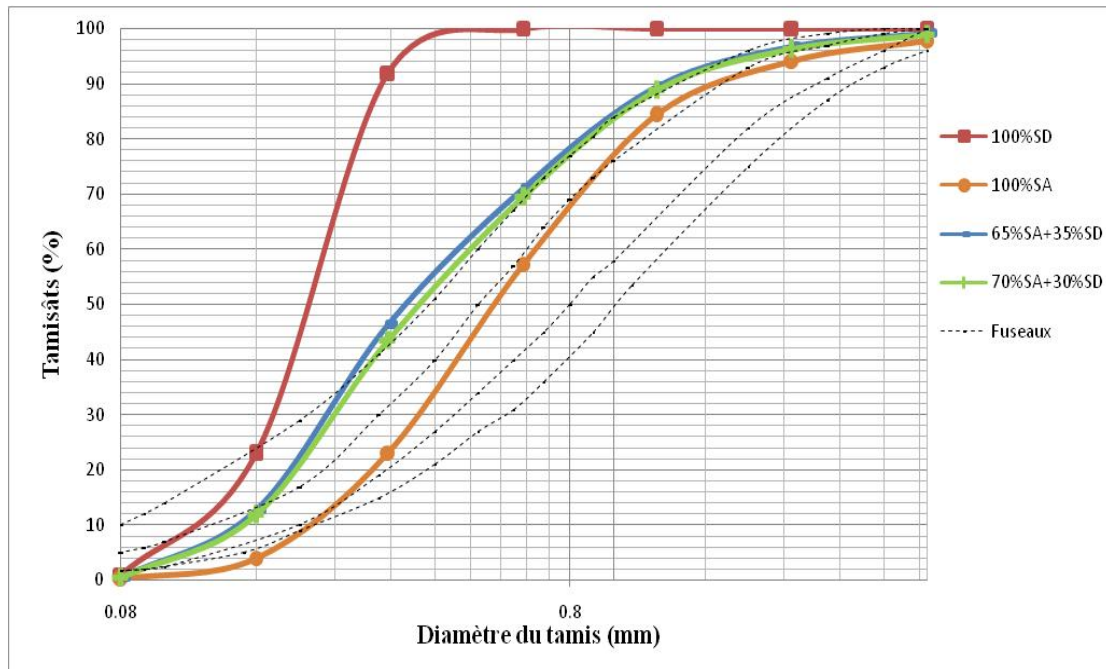


Fig. II.5.Courbe granulométrique de différent échantillon

II.2.1.4.2.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^{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).

$$M_f = \sum R_c / 100 \dots \dots \dots (2.5)$$

R_c : refus cumulé en (%)

Lorsque M_f est comprise 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 [12]

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

Tableau II.9. Module de finesse de différents échantillons

Echantillons	Module de finesse (M_f)	Classement des sables
SD	0,85	sable très fin
SA	2,39	sable préférentiel
65% SA+35% SD	1,85	sable fin
70% SA+30% SD	1,91	sable fin

II.2.2. Ciment

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

II.2.2.1 Caractéristiques chimiques

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

Tableau II.10. L'analyse chimique du ciment [13]

Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca O	Mg O	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	PAF
18.88	4.36	3.10	62.23	1.43	2.70	0.28	0.58	6.50

II.2.2.2 Caractéristiques mécaniques

Le tableau suivant résume certaines caractéristiques mécaniques de ciment utilisé.

Tableau II.11. Caractéristiques physiques et mécaniques de ciment utilisé [14]

Propriétés physiques et mécaniques	CPJ-CEM II /B-L
Début de prise (min)	200
Fin de prise (min)	245
R _{c28} (MPa)	≥42.5
R _{t28} (MPa)	4.3

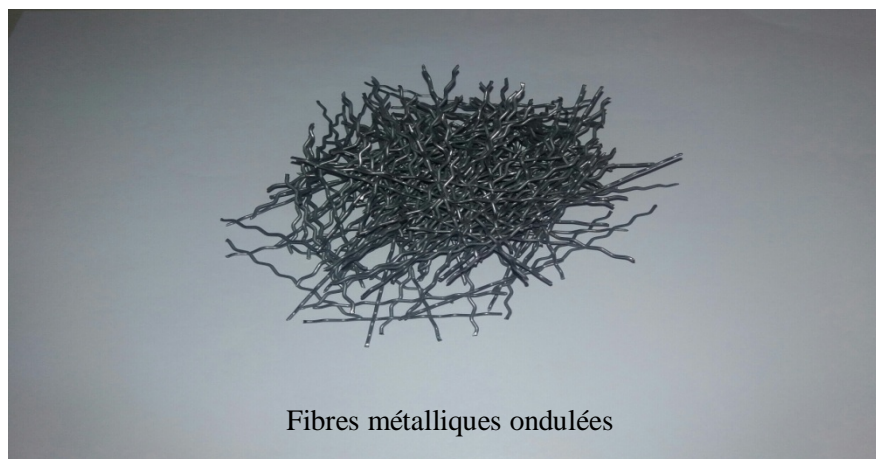
II.2.3. Eau de gâchage

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

II.2.4. Les fibres

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

L'introduction de fibres métalliques dans un béton en modifie le comportement. Ces ajouts permettent de "coudre" la matrice pour limiter l'apparition et surtout le développement de fissures. Dans certains cas, les fibres métalliques permettent de s'affranchir des armatures passives [15]. Les fibres métalliques utilisées sont ondulées et sont présentées dans la photo (II.2).



Fibres métalliques ondulées

Photo II .2. La géométrie de fibres métalliques utilisées

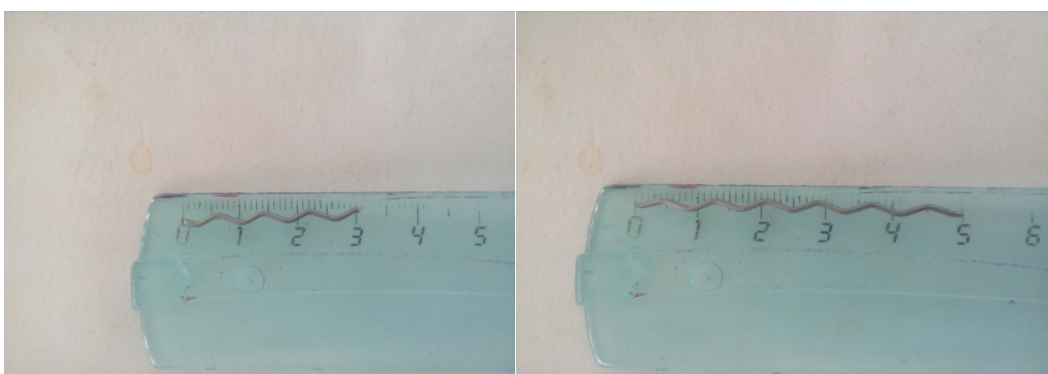


Photo II .3. Différent type de fibre

II.2.4.1. Caractéristiques physiques et mécaniques des fibres utilisées

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

Tableau II .12 Caractéristiques physiques et mécaniques des fibres [05]

Fibres	Diamètre (mm)	Long (mm)	Masse volumique absolue(kg/m ³)	Résistance à la traction (MPa)
Ondulées	1	30 et 50	7850	800 – 1100

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

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

II.3.1 Formulation du béton de sable témoin

Pour la composition du béton de sable témoin, 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. 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 [16].

Le béton de sable demande une quantité d'eau élevée par rapport au béton ordinaire ceci se traduit par des valeurs du rapport E/C. Cette particularité est due à une surface spécifique plus importante du mélange. Sachant que la granulométrie jouera aussi sur le besoin en eau, plus le sable est riche en éléments grossiers, plus la maniabilité s'améliore. Ceci se traduit par la relation entre le module de finesse et la maniabilité. Elle nous permis d'apprécier la fluidité d'un béton de sable qu'est l'objet des essais définis par les normes NF P 18 - 452 et NF P 15 -437 [09].

a) Principe de l'essai

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

b) L'appareil utilisé

L'appareil utilisé est appelé Maniabilimètre LCL (figure II.6 et la photo II.A2 dans l'annexe), 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.

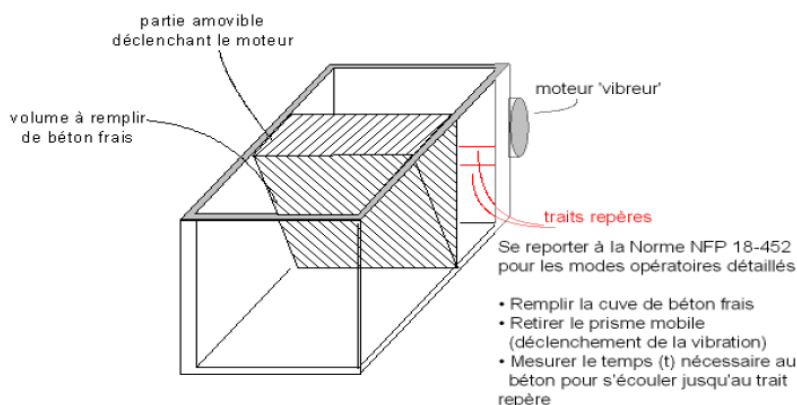


Fig. II.6. Schéma d'un Maniabilimètre LCL [17]

c) Conduite de l'essai

Le mortier est introduit dans la partie désigné sur la figure II.6, 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 (Fig. II.6).

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.13.

Tableau II.13. Classe de consistance des bétons [18]

classe de consistance	durée (en s)
Ferme	$t \geq 40$
Plastique	$20 < t \leq 30$
Très Plastique	$10 < t \leq 20$
Fluide	$t \leq 10$

Les résultats obtenus au niveau de laboratoire sont présentés sur le tableau II.14

Tableau II.14. Les résultats de l'essai de maniabilité du béton de sable avec et sans fibre

Compositions du béton de sable	E/C	Temps d'écoulement (s)	
		Sans fibre	Avec fibre
100% SD	0.62	25	27
100% SA	0.47	27	28
65 % SA + 35 % SD	0.49	26	29
70 % SA + 30 % SD	0.49	21	24

II.3.3. Formulation des bétons de sable renforcés de fibres

Concernant la formulation du béton de sable renforcé de fibres métalliques, 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 varie 0.5%, 1% et 1.5% en volume, tout en substituant le volume de sable par un même volume de fibres.

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

➤ premier échantillon 100% sable de dune

Tableau II.15 Composition du béton de sable avec et sans fibres pour Le premier échantillon (100% SD)

% de fibres	Sable en (Kg)		Ciment en (Kg)	Eau en (l)	Fibres en (Kg)	E/C
	SD	SA				
Sans fibres	1376.62	/	458.87	284.5	/	0.62
0.5%	1337.37	/	458.87	284.5	39.25	0.62
1%	1298.12	/	458.87	284.5	78.5	0.62
1.5%	1259.87	/	458.87	284.5	117.75	0.62

➤ Le deuxième échantillon 100% sable alluvionnaire

Tableau II.16 Composition du béton de sable avec et sans fibres pour Le deuxième échantillon (100% SA)

% de fibres	Sable en (Kg)		Ciment en (Kg)	Eau en (l)	Fibres en (Kg)	E/C
	SD	SA				
Sans fibres	/	1422.82	474.27	222.9	/	0.47
0.5%	/	1383.57	474.27	222.9	39.25	0.47
1%	/	1344.32	474.27	222.9	78.5	0.47
1.5%	/	1305.07	474.27	222.9	117.75	0.47

➤ Le troisième échantillon 35% du sable de dune +65% du sable

alluvionnaire
Tableau II.17 Composition du béton de sable avec et sans fibres pour Le troisième échantillon (35% SD + 65% SA)

% de fibres	Sable en (Kg)		Ciment en (Kg)	Eau en (l)	Fibres en (Kg)	E/C
	SD	SA				
Sans fibres	495.77	920.71	472.16	231.36	/	0.49
0.5%	482.03	895.20	472.16	231.36	39.25	0.49
1%	468.3	869.69	472.16	231.36	78.5	0.49
1.5%	454.56	844.17	472.16	231.36	117.75	0.49

➤ Le Quatrième échantillon 30% du sable de dune et 70% du sable alluvionnaire :

Tableau III.18 Composition du béton de sable avec et sans fibres pour Le Quatrième échantillon (30% SD + 70% SA)

% de fibres	Sable en (Kg)		Ciment en (Kg)	Eau en (l)	Fibres en (Kg)	E/C
	SD	SA				
Sans fibres	424.94	991.54	472.16	231.36	/	0.49
0.5%	413.17	964.07	472.16	231.36	39.25	0.49
1%	401.39	936.59	472.16	231.36	78.5	0.49
1.5%	389.62	909.12	472.16	231.36	117.75	0.49

II.3.4 Préparation et forme de l'échantillon

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

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

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

Enfin, on procède au remplissage des moules en deux couches suivi d'une vibration en utilisant une table de vibration standard,(voir la photo II.A3 dans l'annexe). Après 24 h on procède au démoulage les éprouvettes où ces dernières seront mises dans l'eau pour une conservation durant 14 jours, ce mode de conservation offre au béton une bonne consistance et lui procure une bonne résistance à la compression et à la traction [19].

II.4. Résistances mécaniques

L'essai a pour but de connaître la résistance à la compression et à la traction du béton.

II.4.1. Résistance à la flexion NFP18-407

Cet essai est exécuté par une machine désignée pour les tests de flexion(voir la photo II.A4 dans l'annexe), sur les éprouvettes de béton de sable (4x4x16).

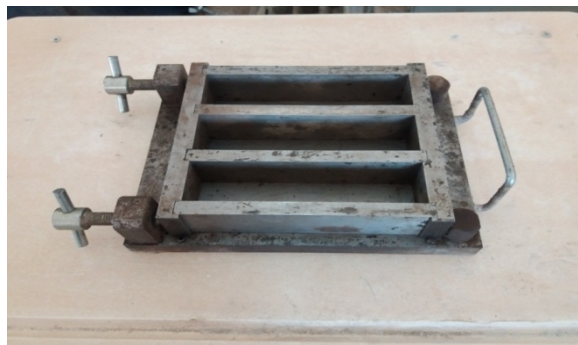


Photo II.4 : Moules pour moulage des éprouvettes(4x4x16)

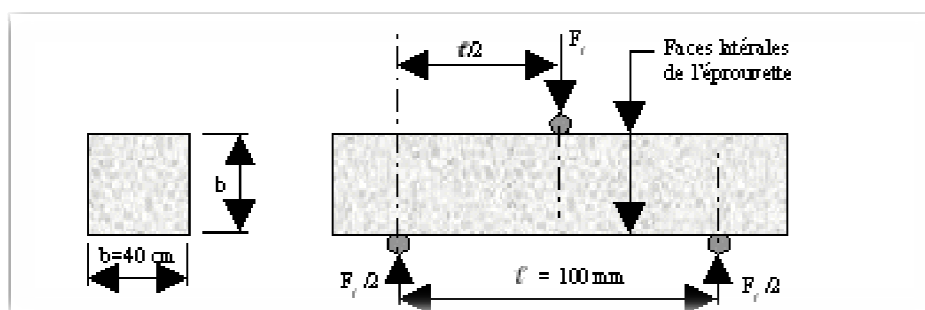


Fig. II.7 : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 points)[09]

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

$$R_f = \frac{1.5 \cdot F_f \cdot l}{b^3} \dots \dots \dots (2.6)$$

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 égale à 100mm;

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

II.4.2. Résistance à la compression NFP18-406

II.4.2.1. Principe de l'essai

Les éprouvettes étudiées sont soumises à une charge croissante jusqu'à la rupture par l'appareil de compression (voir annexe photo II.A5). 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 la rupture en flexion seront rompus en compression comme indiqué sur la figure II.8.

La résistance à la compression est calculée selon l'équation (2.7):

$$R_C = \frac{F_c}{b^2} \dots \dots \dots (2.7)$$

R_C : Résistance à la compression en (MPa);

F_c : Charge de rupture en (N);

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

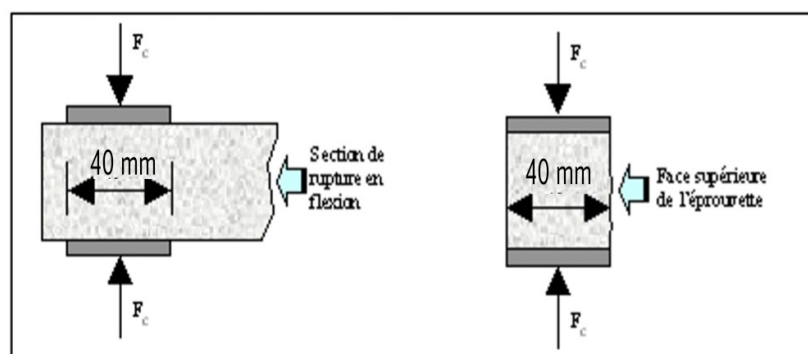


Fig.II.8 : Dispositif de rupture en compression[09]

II.5. Conclusion

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

- Le sable alluvionnaire (SA) provenant de la carrière de Hassi Sayah, est caractérisé par une granulométrie étalée qui s'inscrit dans le fuseau recommandé pour les bétons ordinaires avec un taux d'absorption d'eau faible [20]
- Le sable de dune (SD) de la région d'Ain El Beida, est caractérisé par une granulométrie serrée située hors du fuseau recommandé de sable.
- La composition ayant les proportions (65% SA+35% SD et 70% SA+30% SD), donne un module de finesse on dit fin.
- Pour la formulation du béton de sable renforcé de fibres métalliques, nous avons gardé le rapport E/C de la composition de la matrice du béton de sable sans fibres.
- Nous avons choisi des fibres métalliques ondulées dont deux longueurs 3 cm et 5 cm et avec trois pourcentages sont 0.5, 1 et 1.5%, pour tester l'effet de l'orientation des fibres et déterminer les meilleures performances mécaniques des mélanges proposés.

III.1.Introduction

Dans ce chapitre nous allons entamer l'étude de l'effet d'ajout des fibres métalliques sur le comportement mécanique des bétons de sables, la formulation du béton de sable avec ajout de fibres métalliques ont été réalisés a fin d'étudié les caractéristiques mécaniques des différentes compositions du béton de sable de dunes à savoir :

- Composition une C_1 (100% sable de dune)
- Composition deux C_2 (100% sable alluvionnaire)
- Composition trois C_3 (65% sable alluvionnaire+35% sable dune)
- Composition quatre C_4 (70% sable alluvionnaire +30% sable dune)

Exemple du béton de sable :

C_1 0.5% F_1

C_1 0.5% F_2 .

C_1 :100% SD.

0.5% : dosage en fibres.

F_1 :fibre de longueur 3cm.

F_2 : fibre de longueur 5cm.

Conclusion générale

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 la région de Ouargla ainsi que dans d'autres régions de l'Algérie, et les fibres métalliques pour renforcer ce type de béton de sable.

Le but de ce travail est l'étude de l'effet d'ajout des fibres métallique sur les propriétés physiques et mécaniques des bétons de sable de dunes, L'objectif principal fixé en introduction porté sur l'étude d'effets des différents types et dosages des fibres métallique sur le comportement physiques et mécaniques du béton de sable.

Dans l'étude expérimentale nous avons utilisé différentes compositions du béton de sable, en variant le pourcentage des deux types de fibres métallique F_1 et F_2 . Les essais de traction par flexion et compression ont été réalisés afin, d'étudier l'effet de ces fibres sur les caractéristiques mécaniques.

De cette étude expérimentale nous pouvons présenter les conclusions suivantes :

- La granulométrie de sable de dunes à part qu'elle est fine et serrée, présente intéressants de point de vue propreté et absorption.
- La correction granulométrique du sable de dunes avec un sable alluvionnaire avait un effet positif sur l'amélioration des caractéristiques mécaniques.
- Les mélanges ayant un dosage en fibres important, présentent une meilleure amélioration des caractéristiques mécaniques.
- La longueur des fibres est un paramètre important. Les fibres longues ont donné des résultats supérieurs à ceux des fibres courtes.
- La fibre métallique 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.
- Les résistances à la flexion et à la compression des bétons de fibres métalliques sont nettement supérieures à celles d'un béton sans fibres (notamment en flexion).

Recommandations

L'utilisation des fibres comme renforts dans les bétons ayant un diamètre plus petit.

L'utilisation d'un malaxeur est recommandée pour garantir l'homogénéité du malaxage.

Références bibliographiques

- [01] **KETTAB .R** , «valorisation du sable de dune » , thèse de doctorat ENP2007.
- [02] **CHAUVIN J.J** (1987), les sables, guide pratique d'utilisation routière, I.S.T.E.D, paris, France.
- [03]**Ahmed Oughba, Mohamed Abderrahmane Nafe** ; étude de caractéristique mécanique de béton de sable de dune sous l'effet d'adjuvant ; mémoire magister. Université Ouargla 2013.
- [04] **DREUX G, FESTA J.**, (2002), Nouveau guide du béton et de ses constituants, Huitième édition, Edition Eyrolles.
- [05] <http://www.lafarge-france.fr/LB-Fibres-Metalliques.PDF> (consulté le 12/04/2011).
- [06] **FRITH Youcef.**, (2009), Apport d'un renfort de fibres sur le comportement d'éléments en béton autoplaçant armé, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, France.
- [7]**BENTALHA M, (2007)**, Influence de l'introduction de fibres métalliques sur le comportement différé d'une matrice cimentaire, Caractérisation - comportement monotone -microstructure, Thèse de doctorat, université de Constantine, Algérie.
- [08] Presse de L'école National des Ponts et Chaussées, «Béton de sable, caractéristiques et pratiques d'utilisation», France, 1994.
- [09] **DUPAIN. R, LANCHON. R, J. C. SAINT ARROMAN** « granulats, sols, ciments et bétons – caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire », Edition castilla – 25, ruerouge-75005 Paris 1995.
- [10] **Norme française**, « Équivalent de sable », NF P 18-598, Octobre 1991
- [11] **Norme française**, « Analyse granulométrique par tamisage», NF P 18-560, Septembre 1990).
- [12] **Dr. GHOMARI Fouad**, « science des matériaux de construction », Université aboubekr belkaid.
- [13] **FICHE TECHNIQUE** ; MATINE cimente béton exigeant CEMII/B-L 42.5N NA 5042
- [14] **FICHE TECHNIQUE** ; MATINE cimente béton exigeant CEMII/B-L 42.5N NA 230 ; NA 234
- [15] **AYACHI Amor Mohamed** ; étude des propriétés mécaniques du béton de sable de dunes ; mémoire mastère ; Université Ouargla 2011.

- [16] **BELFERRAG Allaoua** ; valorisation des fibres métallique issues des déchet pneumatiques dans les bétons de sable da dune ;mémoire magister .Université Ouargla 2006.
- [17] **ABDOU Kamel**,«Influence des fibres métalliques sur les variations dimensionnelles et pondérales d'une matrice cimentaire», Thèse de Doctorat d'État, Université Mentouri - Constantine, 2007
- [18]**Norme française**, « Ciments courants», NF P 15-301, Juin 1994
- [19] **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.
- [20] **Norme française**, « Mesures des masse volumiques, coefficient d'absorption et teneur.
- [21] **BELFERRAG.A, KRIKER.A, KHENFER.M**; Improvement of the compressive strength of mortar in the arid climates by valorization of dune sand and pneumatic waste metal fibers; November 2012.



Photo II.A1. Essai de l'analyse granulométrique (Tamiseuse)



Photo II.A2. Essai de maniabilité (Maniabilimètre)



Photo II.A3. Table de vibration



Photo II.A4. Dispositif d'essai par flexion

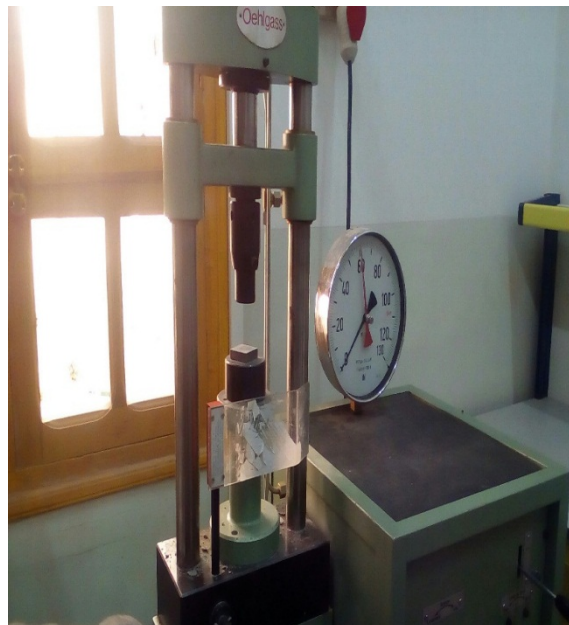


Photo II.A5. Dispositif d'essai de compression

Résumé

Ce travail de recherche vise à valoriser un matériau local (sable de dunes) de la région de Ouargla, pour la confection des bétons de sable. Vu les anomalies que présente le sable de dunes sur les caractéristiques des bétons, une étude expérimentale a été menée afin d'évaluer l'influence de la correction granulométrique et l'ajout de fibres métalliques sur le comportement mécanique des bétons de sable de dunes. Le meilleur résultat a été obtenu à la fois par la composition ayant les proportions 70% SA + 30% SD et la fibre F₂ (l_f = 50 mm, d_f = 1 mm).

MOTS CLES: Sable de dunes, Sable alluvionnaire, Béton de sable, Fibres métalliques, Correction granulométrique, comportement mécanique.

Abstract

This research project aims to upgrade a local material (dune sand) of Ouargla region, for the manufacture of sand concretes. An experimental study was carried out in order to evaluate the influence of granulometric correction and the addition of metallic fibers on the mechanical behavior of dune sand concretes. The best result was obtained both by the composition having the proportions 70% SA + 30% SD and the fiber F₂ (l_f = 50 mm, d_f = 1 mm)

Keys words: dune sand, River sand, Sand concrete, metallic fibers, Granulometric correction, mechanical behavior.

ملخص

يهدف هذا البحث إلى تطوير مواد محلية (الكتبان الرملية) في منطقة ورقلة، لتصنيع الخرسانة الرملية . و بالنظر إلى العيوب في خرسانة الرمل، تم إجراء دراسة تجريبية على خصائص الكتبان الرملية لتقييم تأثير تعديل التوزيع الحبيبي و إضافة الألياف المعدنية على السلوك الميكانيكي لخرسانة الكتبان الرملية. تم الحصول على أفضل النتائج عند سواء من خلالتكوين نسب 70% SD + 30% SA والألياف F₂(الطول = 50 ملم، القطر = 1 مم).

الكلمات الرئيسية: رمل الكتبان، رمل الوادي، خرسانة رمل الكتبان، الألياف المعدنية، التصحيح الحبيبي، السلوك الميكانيكي.

Résumé

Ce travail de recherche vise à valoriser un matériau local (sable de dunes) de la région de Ouargla, pour la confection des bétons de sable. Vu les anomalies que présente le sable de dunes sur les caractéristiques des bétons, une étude expérimentale a été menée afin d'évaluer l'influence de la correction granulométrique et l'ajout de fibres métalliques sur le comportement mécanique des bétons de sable de dunes. Le meilleur résultat a été obtenu à la fois par la composition ayant les proportions 70% SA + 30% SD et la fibre F₂ (l_f = 50 mm, d_f = 1 mm).

MOTS CLES: Sable de dunes, Sable alluvionnaire, Béton de sable, Fibres métalliques, Correction granulométrique, comportement mécanique.

Abstract

This research project aims to upgrade a local material (dune sand) of Ouargla region, for the manufacture of sand concretes. An experimental study was carried out in order to evaluate the influence of granulometric correction and the addition of metallic fibers on the mechanical behavior of dune sand concretes. The best result was obtained both by the composition having the proportions 70% SA + 30% SD and the fiber F₂ (l_f = 50 mm, d_f = 1 mm).

Keys words: dune sand, River sand, Sand concrete, metallic fibers, Granulometric correction, mechanical behavior.

ملخص

يهدف هذا البحث إلى تطوير مواد محلية (الكتبان الرملية) في منطقة ورقلة، لتصنيع الخرسانة الرملية. وبالنظر إلى العيوب في خرسانة الرمل، تم إجراء دراسة تجريبية على خصائص الكتبان الرملية لتقييم تأثير تعديل توزيع الحبيبات إضافة الألياف المعدنية على السلوك الميكانيكي لخرسانة الكتبان الرملية. تم الحصول على أفضل نتائج عند سوء امتزاج 70% SD + 30% SA والألياف F₂ (الطول = 50 ملم، القطر = 1 مم).

الكلمات الرئيسية: رمل الكتبان، رمل الوادي، خرسانة رمل الكتبان، الألياف المعدنية، التصحيح الحبيبي، السلوك الميكانيكي.