



جامعة محمد بوضياف - المسيلة
Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Ministère de l'enseignement supérieure
Et de la recherche scientifique

Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Faculté de technologie



جامعة محمد بوضياف - المسيلة
Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Département de GENIE CIVIL

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de
MASTER

FILIERE : Génie Civil

SPECIALITE : Matériaux.

THEME

**Influence de l'énergie de vibration sur le
mortier à base sable mixte**

Dirigé par :
MR. MAZA MEKKI

Présenté par :
BEN OUMHANI DJAAFAR

Promotion : 2015/2016.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A tous les membres de ma famille surtout mes parents,
mes frères.

A mon encadreur Maza Mekki.

A tous les enseignants qui m'ont aidé de proche ou de
loin.

A tous mes amis.

A tous les étudiants de la faculté en génie civil surtout
les étudiants de la 2^{ème} année Master promo 2016.

A tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, même qu'il
soit un mot d'encouragement et de gentillesse.

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

A tous ceux qui connaissent BENOUMHANI .Djaafar

BENOUMHANI Djaafar

SOMMAIRE

CHAPITRE I :INTRODUCTION	1
I-1-Objectif de l'étude	2
I-2-Organisation du mémoire	2
CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
- INTRODUCTION	4
- DEFINITION	4
- HISTORIQUE	4
II.1. Les granulats	5
II.1.1.Définition des granulats	5
II.1.2.Les granulats spéciaux	8
II.1.3. Différents types de granulats	8
II.1.4. Les sable	9
II.1.4.1. Granulométrie	9
II.1.4.2. Propreté	10
II.1.5. Spécifications sur les granulats de la norme XP P 18-545	10
II.2. Les ciments	11
II.2.1. Définition	11
II.2.2. Les caractéristiques du ciment:	11
II.2.3. Les différents types de ciment	12
II.3. Eau de gâchage	13
II.3.1. Introduction	13
II.3.2. Les catégories de l'eau de gâchage	13
II.3.3. Classification des adjuvants	14
II.3.4. Catégorie des adjuvants	16
II.4. Les fibres végétales	18
II.4.1. Introduction	18
II.4.2. Classification des Fibres Végétales	18
II.4.3. Origines des fibres végétales	19
II.4.4. Propriétés usuelles des fibres végétales	20
II.4.5. Importance du rapport eau/ciment (E/C)	21
II.5. Mortiers	21
II.5.1. Généralités	21
II.5.2. Différent types de mortier	23
II.5.3. Les composantes des mortiers	24
II.5.4. Etudions séparément chacun des composants	25
II.5.5. Fabrication d'un mortier	26
II.5.6. Caractéristiques et propriétés des mortiers	27
II.6.Béton	28
II.6.1.Définition	28
II.6.2.Les débuts du béton	29
II.6.3.Propriété du béton	29
II.6.3.1.Le béton frais	29
II.6.3.2.Le béton durci	29

II.6.4. Différents types de béton	30
CHAPITRE III: CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX UTILISES	
INTRODUCTION	32
III.1. LE CIMENT :	32
III.1.1. Caractéristiques techniques :	34
III.1.1.1. Analyses chimiques et Propriétés physiques du ciment	34
III.1.1.2. Temps de prise et Résistance à la compression de ciment	34
III.1.1.3. Composition minéralogique du clinker (Boque)	34
III.2. SABLES	35
III.2.1. Sable de dune	35
III.2.1.1. Analyse chimique	35
III.2.1.2. Analyse granulométrique: (NF P 18-560)	35
III.2.1.3. Porosité (NF P 18-554) sable de dune	41
III.2.1.4. Compacité:	42
III.2.1.5. Masse volumique absolue: NF P 18-301	43
III.2.1.6. Masse volumique apparente NF P 18-554	44
III.2.1.7. Masse volumique apparente à l'état lâche: Mode opératoire :	44
III.2.1.8. Porosité : (NF P 18-554) sable mixte	45
III.2.1.9. Compacité :	46
III.2.1.10. Equivalent de sable	47
III.3. Sable de concassée	53
III.3.1. Analyse granulométrique	53
III.3.1.1. Module de finesse (Mf):	53
III.3.1.2. Masse volumique absolue : NF P 18-555	53
III.3.1.3. Masse volumique apparente NF P 18-55	53
III.3.1.4. Porosité : (NF P 18-554)	54
III.3.1.5. Compacité	55
III.3.1.6. L'indice des vides	55
III.3.1.7. Equivalent de sable (la norme NF P 18 -598)	55
III.3.1.8. Teneur en eau : NF P 18-555	56
III.4. Les Adjuvants	56
III.4.1. Le SUPERIOR 126	56
III.4.2. Propriétés chimiques et physiques	57
III.4.3. Caractéristiques :	57
III.4.4. Domaines d'application :	57
III.5. Eau de gâchage :	58
III.5.1. Caractéristique chimique de l'eau utilisée :	58

III.6.Conclusion	59
CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSION	
IV.1. Introduction :	61
IV.2. Définition du mortier	61
IV.2.1. Détermination de la composition du mortier	61
IV.2.2. Détermination de la Masse Volumique	64
IV.2.3.Détermination de la capacité d'absorption	68
CHAPITRE V : CONCLUSION	
Conclusion générale et perspective	79
• Liste des figures	
• Liste des Tableau	
• References	

Liste des Figures

Figure II.1 : les différents types des granulats	6
Figure II.2 : quelque exemple de familles de granulats	7
Figure II.3 : Les utilisations des super-plastifiants	17
Figure II.4 : fibres végétales	18
Figure II.5 : Origines des fibres végétales produites dans le monde	20
Figure II.6 : les compositions du mortier classique	22
Figure II.7 : Les composantes des mortiers	24
Figure III.1 : Ciment MATINE	33
Figure III.2 : Colonne des tamis	36
Figure III.3 : Courbe d'analyse granulométrique du sable dune	38
Figure III.4 : Courbe d'analyse granulométrique du sable concassée	39
Figure III.5 : Courbe d'analyse granulométrique du sable mixte	40
Figure III.6. Essai de la masse volumique absolue.	43
Figure III.7. Essai de la masse volumique apparente.	45
Figure III.8. Essai d'équivalent de sable	50
Figure IV. 1 : Dispositif pour l'essai de résistance à la Flexion trois points	63
Figure IV.2 : Dispositif de rupture en compression	64
Figure IV.3 : la masse volumique en fonction le temps et types de sable	67
Figure IV.4 : la masse volumique par rapport énergie de compactage et le deux type de sable	67
Figure IV.5 : l'absorption par rapport l'énergie de compactage et le deux type de sable	71
Figure IV.6 : l'absorption par rapport le temps et types de sable	71
Figure IV.7 : Résistances a la compression par rapport le temps et types de sable	74

Figure IV.8 : Résistances a la compression par rapport l'énergie de compactage et types de sable	74
Figure IV.9 : Résistances a la traction par rapport le temps et types de sable	75
Figure IV.10 : Résistances a la traction par rapport l'énergie de compactage et types de sable	75
Figure IV.11 : Résistances a la flexion par rapport le temps et types de sable	76
Figure IV.12 : Résistances a la flexion par rapport l'énergie de compactage et types de sable	77

Liste des Tableaux

Tableau II.1 : Les granulats les plus utilisés	7
Tableau II.2: Les principaux constituants du ciment Portland	11
Tableau II.3 : Types de ciment	12
Tableau II.4 : Définition des 11 types d'adjuvants	15
Tableau III.1 : Analyses chimiques et Propriétés physiques du ciment MATINE	34
Tableau III.2 : Temps de prise et Résistance à la compression de ciment MATINE	34
Tableau III.3 : Composition minéralogique du clinker (Boque).	34
Tableau III.4 : Analyse chimique du sable de dune	35
Tableau III.5 : Analyse granulométrique du sable de dune	38
Tableau III.6 : Analyse granulométrique du sable concassé.	39
Tableau III.7 : Analyse granulométrique du sable mixte (60% Sable de dune et 40% Sable concassé)	40
Tableau III.8 : Résultats de la masse volumique absolue du sable de dune.	44
Tableau III.9: Résultats de la masse volumique apparente du sable de dune à l'état lâche.	45
Tableaux III.10.1 : Résultats d'équivalent de sable visuel.	50
Tableaux III.10.2 : Résultats d'équivalent de sable au piston	50
Tableau III.11 : les valeurs d'équivalent' de sable indiquent la nature et qualité du sable	51

Tableau III.12: Teneur en eau du sable de dune.	52
Tableau III.13 : Caractéristiques physiques du sable de dune.	52
Tableau III.14 : Résultats de la masse volumique absolue du sable concassée.	53
Tableau III.15.1: Résultats de la masse volumique apparente à l'état lâche du sable concassé.	54
Tableau III.15.2: Résultats de la masse volumique apparente à l'état compact du sable concassé	54
Tableau III.16.1: Résultats de l'équivalent de sable visuel '	55
Tableau III.16.2: Résultats de l'équivalent de sable au piston	55
Tableau III.17 : Teneur en eau du sable concassé.	56
Tableau III.18 : Caractéristiques physiques	57
Tableau III.19 : Caractéristiques Chimique D'eau.	58
Tableau (IV.1) : composition de mortier étudié	62
Tableau (IV.2) : Masse Volumiques des mortiers étudiant	65
Tableau (IV.3) : Masse Volumiques des mortiers étudiant	66
Tableau (IV.4) : Capacité d'absorption de sable de la dune	69
Tableau (IV.5) : Capacité d'absorption du sable mixte	70
Tableau (IV.6) : Résistances mécaniques	72
Tableau (IV.7) : Résistances mécaniques	73

INTRODUCTION :

Le mortier est le mélange à consistance de pâte ou de boue, d'un liant et d'agrégats avec de l'eau. Il est utilisé en maçonnerie comme élément de liaison, de scellement ou comme enduit. Techniquement parlant c'est une colle. On distingue:

*Le mortier de terre.

*Le mortier de chaux.

*Le mortier de ciment

*Le mortier bâtard

Dans le domaine de construction l'usage du mortier devient indispensable, il assure également un rôle de colle, et lorsqu'il comble chacun des espaces entre les pierres à bâtir, il permet de réaliser un ensemble monolithique à la résistance variable selon la nature du mortier.

La prévision de la résistance à court terme du mortier est essentielle dans le domaine du génie civil. En effet la confection d'un mortier ayant la meilleure résistance mécanique possible au jeune âge est nécessaire pour répondre aux impératifs de construction actuels. Le développement de tels mortiers passe, en général par l'utilisation d'adjuvant et additions.

Le compactage est, d'une manière générale, l'ensemble des mesures prises afin d'augmenter le poids volumique apparent sec du l'éprouvette étudier.

La compaction est l'opération qui consiste à réduire le volume apparent c'est-à-dire à empiler les grains de manière plus serrée, par des moyens mécaniques appropriés.

L'amélioration de caractéristiques des mortiers par compactage a toujours été une des méthodes d'amélioration des qualités des mortiers les plus utilisées. Une distinction doit être faite entre le traitement des mortiers non cohérents, plus perméables, qui se prêtent facilement au compactage et celui des mortiers cohérents peu perméables, où le compactage est uniquement possible dans la mesure où l'eau interstitielle et l'air peuvent être évacués.

Dans ce travail de recherche, nous proposons l'introduction de sable mixte et sable de dune, fibres végétales et d'adjuvant en pourcentages constante afin d'améliorer les caractéristiques physico mécaniques du mortier.

I-1-Objectif de l'étude :

L'étude entreprise de ce mémoire vise à atteindre un objectif principal 'c'est l'amélioration des caractéristiques mécaniques et physiques du mortier par les différentes ajouts (sable mixte, fibres végétales et adjuvant), on ajoute le sable concassé au mortier pour diminuer la porosité du mélange d'une part et l'améliorer de la résistance mécanique d'autre part, l'adjuvant pour améliorer la résistance et la fluidité, et l'ajout de fibre pour améliorer la résistance en flexion.

I -2-Organisation du mémoire

Le contenu du mémoire englobe les chapitres suivants

- Le premier chapitre** : est une introduction générale.
- Le deuxième chapitre** Est une recherche bibliographique traite les différentes matériaux constituant le mortier,
- Le troisième chapitre** : est consacré à la caractérisation des constituants et à la formulation du mortier.
- Le quatrième chapitre** : Contient l'interprétation des résultats des essais obtenus à partir de l'expérimentation
- Le cinquième chapitre** : une conclusion générale et quelques recommandations et perspectives.

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION :

Les granulats constituent une matière première indispensable au bâtiment et au génie civil, sans laquelle la réalisation des ouvrages serait aujourd'hui impossible dans l'état actuel des techniques de construction. Ils forment notamment le squelette des bétons hydrauliques, l'ossature des couches de chaussées, et de leur qualité dépend en grande partie celle des logements, des ouvrages d'art et des routes. [1]

DEFINITION

Le béton est un matériau artificiel obtenu par un mélange d'un liant (généralement du ciment), d'eau, de granulats (sables et gravier), et éventuellement d'adjuvant, le tout choisi de façon rationnelle. Lorsque uniquement de sables, on parle alors des mortiers.

HISTORIQUE

Le béton avait pris ses pas après le mortier. Il est à noter que le mortier serait très ancien, citant les colonnes d'Egypte, en pierre artificielle qui date de 3600 ans avant notre ère. Les plus anciens mortiers reconnus sont ceux des maçonneries de remplissage, des pyramides et ceux des citernes et de tombeaux étrusques. Ce sont les Romains qui développèrent l'art des mortiers de chaux grasses, en y associant la pouzzolane (cendre du Vésuve à Pouzzoles) pour la prise hydraulique et qui en fixèrent la technique. Dans cette période, du règne de la chaux grasse, à durcissement trop lent pour permettre la tenue du béton en élévation, il ne fut employé que pour les aires (routes, dallages, planchers...) et les fondations.

Vicat obtint systématiquement les chaux hydrauliques en 1818 en partant de calcaires argileux. Le ciment ne fut utilisé qu'à partir du milieu du XIX^{ème} siècle pour les bétons en élévation.

En 1847 Coignet exécuta, le premier immeuble en béton coffré, puis des pièces moulées, et en 1852 un plancher avec poutrelles en fer et en béton coulé (terrasse à Saint-Denis).

Le béton armé de fers ronds apparut en 1848, avec le bateau Lambot, Le béton armé s'est étendu ensuite à toutes les constructions portantes chargées. Entre 1930 et 1950, on construit les premières réalisations en béton précontraint. Ce nouvel essor est apporté par Eugène FREYSSINET.

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Les premières études systématiques sur les bétons eurent lieu en France et sont dues aux Ingénieurs des Ponts et Chaussées.

Les travaux de R.Féret sont considérables. En 55ans, il donne près de 200 publications sur les liants, les mortiers, les bétons, mais son étude de 1892. Complétée par celle de 1896 et qui n'a pas de correspondance nulle part, était déjà déterminante pour la découverte des lois du béton.

En 1925 Bolomey propose une loi continue qui reprend celle de Fuller sur la granulométrie et composition.

Le Clerc du Sablon en 1927 a fait une étude de résistance liée à la compacité du béton.

En 1937, A.Caquot met en évidence l'effet de paroi des moules. En 1940, R.Valette a fait une étude de la résistance des bétons en fonction du rapport gravier / sable.

En 1942, Faury donna une étude générale du béton et proposa une nouvelle granulation type, variante assouplie des granulations continues antérieures

Actuellement, les recherches et les études sur les bétons ne cessent d'évoluer, dans le but d'améliorer leurs performances et aussi pour les rendre plus économique. [2]

II.1. Les granulats

Les granulats entrant dans la composition des mortiers et bétons sont des grains minéraux appelés fillers, sables, gravillons ou graves, suivant leurs dimensions.

II.1.1.Définition des granulats

Le granulat est constitué d'un ensemble de grains minéraux qui selon sa dimension (comprise entre 0 et 125 mm) se situe dans l'une des 7 familles suivantes :

***fillers.**

*** sablons.**

***sables.**

*** graves.**

*** gravillons.**

*** ballast.**

***enrochements.**

Les granulats sont obtenus en exploitant des gisements de sables et de graviers d'origine alluvionnaire terrestre ou marine, en concassant des roches massives (calcaires ou éruptives)

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

ou encore par le recyclage de produits tels que les matériaux de démolition. Leur nature, leur forme et leurs caractéristiques varient en fonction des gisements et des techniques de production [3].

La nature minérale des granulats est un critère fondamental pour son emploi, chaque roche possédant des caractéristiques spécifiques en termes de résistance mécanique, de tenue au gel et des propriétés physico-chimiques. Les granulats les plus usuels pour la fabrication des mortiers et des bétons sont élaborés à partir de roches d'origine alluvionnaire (granulats roulés ou semi-concassés) ou à partir de roches massives (granulats concassés). La taille d'un granulat répond à des critères granulométriques précis. Les granulats sont classés en fonction de leur granularité (distribution dimensionnelle des grains) déterminée par analyse granulométrique à l'aide de tamis.



Figure II.1 : les différents types des granulats [3]

-Dimensions des granulats. Le granulat est désigné par le couple d/D avec :

d : dimension inférieure du granulat

D: dimension supérieure du granulat

-Les intervalles d/D et $0/D$ sont appelés classes granulaires.

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Familles	Dimensions	Caractéristiques
Fillers	0/D	$D < 2$ mm avec au moins 85 % de passant à 1,25 mm et 70 % de passant à 0,063 mm
Sables	0/D	$d = 0$ et $D \leq 4$ mm
Graves	0/D	$D \geq 6,3$ mm
Gravillons	d/D	$d \geq 2$ mm et $D \leq 63$ mm
Ballasts	d/D	$d = 31,5$ mm et $D = 50$ ou 63 mm

Tableau II.1 : Les granulats les plus utilisés.

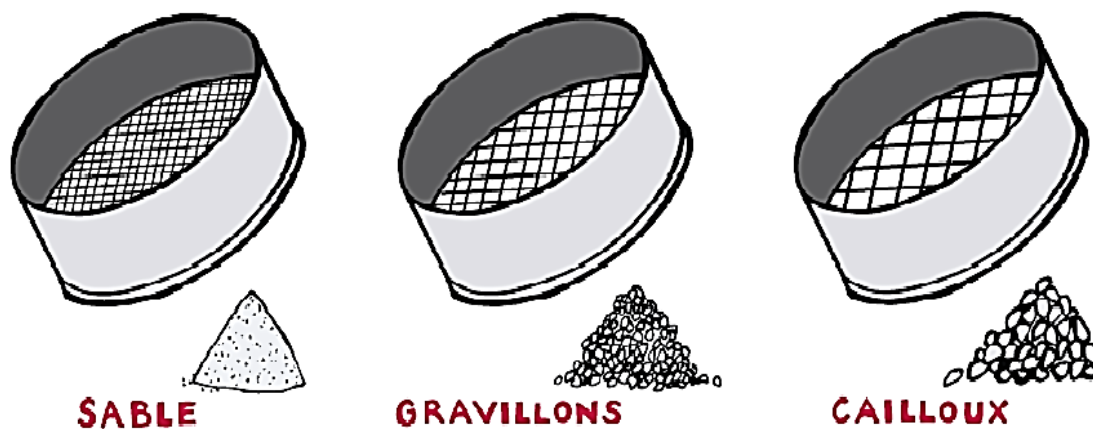


Figure II.2 : quelque exemple de familles de granulats.

Les granulats sont considérés comme courants lorsque leur masse volumique est supérieure à 2 t/m³ et léger si elle est inférieure à 2 t/m³. Les granulats doivent répondre à des exigences et des critères de qualité et de régularité qui dépendent de leur origine et de leur procédé d'élaboration. Les granulats sont donc spécifiés par deux types de caractéristiques.

- Des caractéristiques intrinsèques, liées à la nature minéralogique de la roche et à la qualité du gisement, telles que, par exemple :

- la gélinivité.

- la masse volumique réelle.

- l'absorption d'eau et la porosité.

- la sensibilité au gel.

- la résistance à la fragmentation et au polissage.

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

- Des caractéristiques de fabrication, liées aux procédés d'exploitation et de production des granulats telles que, en particulier :

- la granularité.

- la propreté des sables.

- la forme (aplatissement).

Les caractéristiques des granulats sont fonction de leurs familles (gravillons, sables, fillers) et font l'objet de méthode de détermination adaptée [3].

II.1.2. Les granulats spéciaux

D'autres granulats naturels ou artificiels peuvent être employés pour réaliser des bétons à usages spécifiques.

- Granulats légers

- Granulats à hautes caractéristiques élaborés industriellement

Les plus usuels sont l'argile ou le schiste expansés (norme NF P 18-309) et le laitier expansé (NF P 18-307).

D'une masse volumique variable entre 400 et 800 kg/m³, ils permettent de réaliser des bétons ou des bétons présentant une bonne isolation thermique.

Les gains de poids sont intéressants puisque les bétons réalisés ont une masse volumique comprise entre 800 et 2 000 kg/m³.

II.1.3. Différents types de granulats

Un granulat, en fonction de sa nature et de son origine, peut être...

- Naturel : d'origine minérale, issus de roches meubles (alluvions) ou de roches massives, n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique (tels que concassage, broyage, criblage, lavage).

- Artificiel : d'origine minérale résultant d'un procédé industriel comprenant des transformations thermiques ou autres.

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

- **Recyclé** : obtenu par traitement d'une matière inorganique utilisée précédemment dans la construction, tels que des bétons de démolition de bâtiments [4].

II.1.4. Les sable :

On appelle sables, les matériaux granulaires inertes conformes à la NBN B 11-011. Les sables naturels résultent :

-soit du concassage de roches ou de gravier : ce sont les sables de concassage.

-soit de la désagrégation naturelle de roches généralement siliceuses : ce sont les sables ronds.

Les sables de concassage se composent de la fraction fine de granulats provenant du concassage et du criblage de pierres et de roches naturelles. Leurs dimensions se situent entre 0 et 6 mm.

Le taux de particules inférieures à 63 microns présentes dans les sables est fonction du processus de fabrication. Des taux particulièrement bas conviennent mieux à certaines applications alors que d'autres demandent un minimum de fines particules.

Les sables de concassage sont disponibles dans les carrières (calcaire, grès et porphyre) des Granulats. L'utilisation des sables est déterminée par la dimension des grains et les caractéristiques intrinsèques (mécaniques et chimiques) de la roche dont ils proviennent. En règle générale, ils s'utilisent pour des sous-fondations et fondations, dans des applications liées au ciment, par exemple du béton, et pour la production de mélanges bitumineux.

-soit du mélange de sables ronds et de concassage : ce sont les sables mixtes.

Les sables artificiels sont des sables provenant du recyclage de résidus industriels ou de matériaux de construction. La matière d'agrégation est un sable.

En cas de mélange de plusieurs sables, le mélange composé répond aux exigences minimales du présent cahier des charges type.

II.1.4.1. Granulométrie :

Un sable de bonne granulométrie doit contenir à la fois des grains fins, moyens et gros. Les grains fins se disposent dans les intervalles entre les gros grains pour combler les vides.

Le mortier obtenu est plus résistant et d'une meilleure compacité

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Certains sables sont à éviter, notamment les ‘sables a lapin’, généralement très fins, les sables crus qui manquent de fines et les sables de dunes ou de mer qui contiennent des sels néfastes pour les constituants de ciments [3].

II.1.4.2. Propreté :

Les sables doivent être propres. La propreté est fournie par l’essai d’équivalent de sable (norme NF EN 933-8).

II.1.5. Spécifications sur les granulats de la norme XP P 18-545 :

Granulats pour bétons et mortiers. La norme XP P 18-545 précise. Granulats pour bétons hydrauliques et mortiers, les spécifications sur les granulats destinés à constituer des bétons. Les spécifications concernent les caractéristiques détaillées ci-dessous [3].

• Caractéristiques applicables aux gravillons :

-Los Angeles : **LA**

-Aplatissement : **A**

-Sensibilité au gel-dégel : **G**

-Granularité et teneur en fines des gravillons : **Gr**

-Éléments coquilliers des gravillons d’origine marine : **Cq**

• Caractéristiques applicables aux sables et graves :

-Propreté : **P**

-Module de finesse : **MF**

-Granularité et teneur en fines : **Gr**

II.2. Les ciments

II.2.1. Définition

Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire capable de faire prise dans l'eau. Il se présente sous l'aspect d'une poudre très fine qui mélangée avec l'eau, forme une pâte faisant prise et durcissant progressivement dans le temps. Ce durcissement est dû à l'hydratation de certains composés minéraux, notamment des silicates et des aluminates de calcium. [5]

Le ciment Portland contient 4 principaux constituants :

Le silicate bicalcique (Bélite) : $2 \text{ CaO}, \text{ SiO}_2$ ou par abréviation C2S, le silicate tricalcique (Alite) : $3 \text{ CaO}, \text{ SiO}_2$ ou par abréviation C3S,

L'aluminate tricalcique (Célite) : $3 \text{ CaO}, \text{ Al}_2\text{O}_3$ ou par abréviation C3A,

L'alumino-ferrite tetracalcique (Célite) : $4\text{CaO}, \text{ Al}_2\text{O}_3, \text{ Fe}_2\text{O}_3$ ou par abréviation C4AF. [6]

Constituants	C2S	C3S	C3A	C4AF
(%)	7÷30	50÷75	0÷20	0÷16

Tableau II.2: Les principaux constituants du ciment Portland. [6]

II.2.2. Les caractéristiques du ciment:

- Masse volumique apparente: varie de 800 à 1300 kg/m^3 (1kg/l) en moyenne.
- Masse volumique absolue: varie de 2900 à 3150 kg/m^3 suivant le type de ciment.
- Surface spécifique Blaine: est différente d'un ciment à un autre, généralement est comprise entre 2700 et 5000 cm^2/g . [6]

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

II.2.3. Les différents types de ciment :

Type de ciments	Désignation	Teneur en clinker	Teneur en autres constituants
Ciment portland	CPA CEMI	95-100	-
Ciment portland composé	CPJ II/A CEM	80-94	6-20*
	CPJ II/B CEM	65-79	21-35*
Ciment de haut fourneau	CHF III/A CEM	35-64	36-65**
	CHF III/B CEM	20-34	66-80**
	CLK -CEM III/C	5-19	81-95**
Ciment pouzzolanique	CPZ IV/A CEM	65-90	10-35****
	CPZ IV/B CEM	45-64	36-55****
Ciment au laitier et aux cendres	CLC V/A CEM	40-64	18-30*****
	CLC V/B CEM	20-39	31-50*****

Tableau II .3 : Types de ciment [7].

II.3. Eau de gâchage :

II.3.1. Introduction :

Pour convenir à la confection de béton, les eaux ne doivent contenir ni composés risquant d'attaquer chimiquement le ciment, les granulats ou les armatures, ni particules en suspension dont la quantité pourrait modifier ses qualités originales [8].

La norme P 18-303 limite à cet effet le pourcentage de matières en suspension à 2 ou 5 g/l et la teneur en sels dissous à 15 ou 30 g/l suivant la nature du béton, précontraint ou non armé, spécifications qui ne différencient pas les éléments nocifs même en très faible pourcentage de ceux qui en pourcentage éventuellement plus important ne le sont pas.

L'eau potable est toujours utilisable mais de plus en plus souvent, nous sommes placés devant la nécessité d'avoir recours à une eau non potable.

Une eau de gâchage non adéquate va ralentir la prise, réduire la résistance mécanique, favoriser la corrosion des armatures.

Les impuretés, telles que les composés chimiques relativement réactifs ou les particules en suspension, indésirables du fait de leur quantité ou de leur qualité, vont influencer négativement sur les propriétés du béton et des armatures.

II.3.2. Les catégories de l'eau de gâchage :

Dans la catégorie des eaux susceptibles de convenir à la confection de béton, on trouve :

- les eaux potables (qui bien évidemment conviennent).
- les eaux de pluie et de ruissellement, les eaux pompées, tant qu'elles restent confirmées aux prescriptions de la norme conviennent également.
- les eaux de recyclage provenant du rinçage des bétonnières ou des camions malaxeurs à condition de vérifier leur aptitude dans le cas de changement de ciment ou d'adjuvant d'une gâchée à l'autre. Sont utilisables. Lorsque ces eaux comportent des éléments fins provenant des matériaux entrant dans la confection des bétons (ciments, fines des sables...). Il est possible de les utiliser après passage dans des bassins de décantation:

À côté, les catégories d'eaux ne devant pas être utilisées comprennent :

-les eaux usées.

-les eaux vannes ou contenant des déterge nets.

-les eaux industrielles susceptibles de contenir des rejets organiques ou chimiques.

Ces différentes eaux doivent obligatoirement subir des analyses concluant à leur non -nocivité avant tout emploi.

La norme autorise l'emploi d'eau de mer dans la confection des bétons qui ne sont ni armés ni précontraints, mais les spécifications du fascicule 65 A sont plus rigoureuses et en interdisent formellement l'emploi lors du gâchage. Bien que les textes officiels ne traitent pas de ce sujet, l'utilisation d'eau de mer pour le gâchage de bétons non armés ne présente pas de risque quant à la pérennité de l'ouvrage, seules des efflorescences, dues à une migration des sels, pouvant apparaître sur les parements.

II.3.3. Classification des adjuvants :

La norme NF EN 934-2 classe les adjuvants pour bétons, mortiers et coulis suivant leur fonction principale [9].

On peut distinguer trois grandes catégories d'adjuvants :

- Ceux qui modifient l'ouvrabilité du béton :

(Plastifiants, Super-plastifiants, Plastifiants-réducteurs d'eau)

- Ceux qui modifient la prise et le durcissement :

(Retardateurs de prise, Accélérateurs de prise, Accélérateurs de durcissement)

- Ceux qui modifient certaines propriétés particulières :

(Entraîneurs d'air, Rétenteurs d'eau, Hydrofuges de masse)

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Plastifiant réducteur d'eau NF P 18-336	Adjuvant qui, sans modifier la consistance, permet de réduire la teneur en eau d'un béton donné ou qui, sans modifier la teneur en eau, en augmente l'affaissement/l'étalement, ou qui produit les deux effets à la fois
Super-plastifiant Haut réducteur d'eau P 18 - 330	Adjuvant qui, sans modifier la consistance, permet de réduire la teneur en eau d'un béton donné ou qui, sans modifier la teneur en eau, en augmente considérablement l'affaissement / l'étalement ou qui produit les deux effets à la fois
Rétenteur d'eau	Adjuvant qui réduit la perte en eau en diminuant le ressuage
Entraîneur d'air NF P 18-338	Adjuvant qui permet d'incorporer pendant le malaxage, une quantité contrôlée de fines bulles d'air uniformément réparties et qui subsistent après durcissement
Accélérateur de prise NF P 18-331	Adjuvant qui diminue le temps de début de transition du mélange, pour passer de l'état plastique à l'état rigide
Accélérateur de durcissement NF P 18-332	Adjuvant qui augmente la vitesse de développement des résistances initiales du béton, avec ou sans modification du temps de prise
Retardateur de prise NF P337	Adjuvant qui augmente le temps de début de transition du mélange pour passer de l'état plastique à l'état rigide
Hydrofuge de masse	Adjuvant qui réduit l'absorption capillaire du béton durci
Plastifiant réducteur d'eau retardateur de prise	Adjuvant qui combine les effets d'adjuvant plastifiant /réducteur d'eau (fonction principale) et ceux d'adjuvant retardateur de prise (fonction secondaire)
Super-plastifiant haut réducteur d'eau retardateur de prise	Adjuvant qui combine les effets d'adjuvant Super-plastifiant / haut réducteur d'eau (fonction principale) et ceux d'adjuvant retardateur de prise (fonction secondaire)
Plastifiant réducteur d'eau accélérateur de prise	Adjuvant qui combine les effets d'adjuvant plastifiant / réducteur d'eau (fonction principale) et ceux d'adjuvant accélérateur de prise (fonction secondaire)

Tableau II.4 : Définition des 11 types d'adjuvants [10].

II.3.4. Catégorie des adjuvants

a. Les plastifiants :

D'après la norme NF P 18-335, un plastifiant est un « adjuvant qui, introduit dans l'eau de gâchage, a pour fonction principale, à même teneur en eau, de conduire à une augmentation de l'ouvrabilité d'un béton, mortier ou coulis, sans en diminuer les résistances mécaniques » [11].

Lorsque le ciment est mouillé, ses particules s'agglomèrent sous l'effet des forces de VAN DE WAALS pour former des flocculats, emprisonnant au passage une partie de l'eau du mélange. Les plastifiants permettent alors de libérer cette eau en neutralisant les forces à l'origine des flocculats. Ils sont généralement constitués par des sels solubles d'acides organiques hydroxyliques ou par des produits à base de sels ligne-sulfoniques.

b. Les entraîneurs d'air :

La norme NF P 18-338 définit un entraîneur d'air comme étant un « adjuvant qui, introduit dans l'eau de gâchage, a pour fonction principale d'entraîner la formation dans le béton, mortier ou coulis, de microbulles d'air restant uniformément réparties dans la masse » [11].

L'intérêt des entraîneurs d'air est de conférer aux bétons une meilleure résistance au gel : ils créent des vides limitant les surpressions lors du changement d'eau en glace.

Les entraîneurs d'air sont généralement constitués par des agents tensio-actifs qui piègent des microbulles d'air lors du malaxage. Le diamètre des bulles est habituellement compris entre 10 μm et 1 mm et leur espacement varie de 200 à 250 μm , ces données dépendant de la nature de l'entraîneur d'air et de la durée du malaxage. Selon la norme, l'adjuvant est considéré comme efficace s'il permet d'augmenter la teneur en air occlus de 2% dans le béton par rapport à un béton témoin, la teneur en air ainsi obtenue ne devant pas dépasser 6%.

Ces bulles d'air supplémentaires augmentant la fluidité du béton frais, il est alors possible de diminuer légèrement la quantité d'eau utilisée : on diminue ainsi le rapport e/c, ce qui permet de limiter la chute des résistances liées à l'introduction d'air supplémentaire (1% d'air supplémentaire revient à diminuer la résistance en compression de 6%).

c. Les retardateurs de prise :

D'après la norme NF P 18-337, un retardateur de prise est un « adjuvant qui, introduit dans l'eau de gâchage, a pour fonction principale d'augmenter le temps de début de prise et le temps de fin de prise du ciment dans le béton, mortier ou coulis».

Lorsque la centrale de fabrication est loin du chantier ou lorsqu'il fait chaud, il est utile de retarder la prise de manière à obtenir une ouvrabilité convenable. Les produits utilisés sont généralement des sucres (saccharose), des acides carboxyliques ou des ligne-sulfates. Leur action est complexe et dépend de la composition chimique du ciment utilisé. On présume habituellement qu'ils sont adsorbés sur les premières couches d'hydrates formées et ralentissent ainsi la croissance de ces hydrates. Leur action modifie très peu la nature des hydrates formés.

Ces adjuvants doivent être utilisés avec précaution car un surdosage entraîne un retard très important dans le déroulement de la prise. Leur compatibilité avec le ciment utilisé et le dosage employé doit être testée avant toute utilisation.

L'utilisation de super-plastifiant dont l'action est schématisée sur Figure (I.4) permet de concilier la diminution de la teneur en eau et la fluidité du béton tout en conservant de bonnes performances mécaniques du matériau [11].

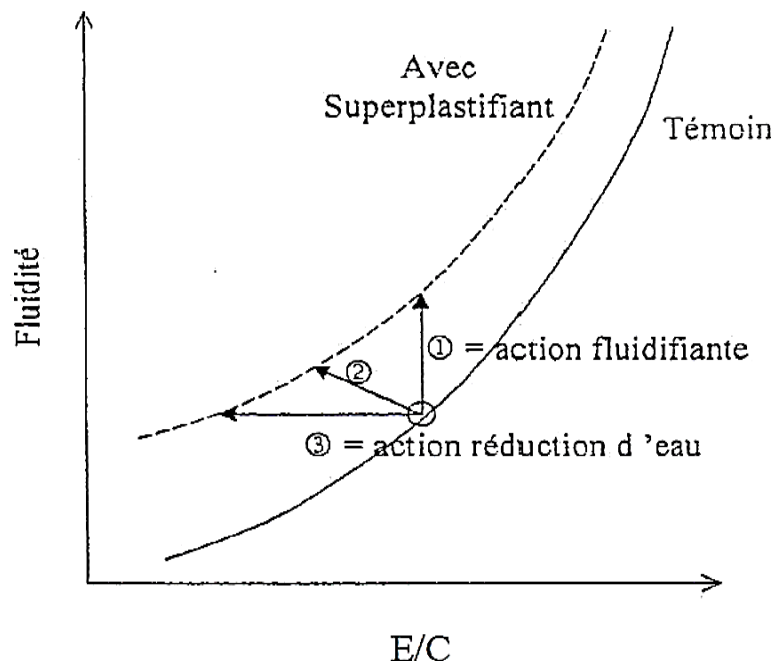


Figure II.3 : Les utilisations des super-plastifiants

II.4. Les fibres végétales :

II.4.1. Introduction :

L'utilisation des fibres naturelles d'origine végétales dans la construction remonte aux années où l'on fabriquait des briques renforcées par la paille ou des roseaux. Dans le temps moderne (depuis l'année 1970), le premier composite liant avec les fibres végétales était le plâtre. De ce fait, plusieurs ouvrages sont réalisés avec le plâtre renforcé de fibres végétales [12].

Actuellement le monde connaît de récents développements dans le domaine de renforcement du ciment et béton avec des fibres végétales. Suite aux problèmes de santé posés par les fibres d'amiante, plusieurs axes de recherches sont orientés vers la substitution de celles-ci par les fibres végétales [13].



Figure II.4 : fibres végétales.

II.4.2. Classification des Fibres Végétales

Les fibres végétales sont classées en quatre groupes suivant leur provenance. A s'avoir : les fibres de feuille, de tiges, de bois et de surface.

a. Les Fibres de Feuilles :

Ces fibres sont obtenues grâce au rejet des plantes monocotylédones. Les fibres sont fabriquées par chevauchement de paquet qui entoure le long des feuilles pour les renforcer ces fibres sont dures et rigides.

Les types de fibres de feuilles les plus cultivées sont la fibre de sisal, de Henequen et d'abaca.

De ces fait, plusieurs chercheurs tel que ont montré l'efficacité du renforcement des mortiers par les fibres de feuilles.

b. Les Fibres de Tiges :

Les fibres de tige sont obtenues dans les tiges des plantes dicotylédones. Elles ont pour rôle de donner une bonne rigidité aux tiges de plantes.

Les fibres de tige sont commercialisées sous forme de paquet de cor et en toute longueur. Elles sont par la suite séparées individuellement par un processus de défilage. Les fibres, une fois séparées, sont utilisées dans la fabrication des cordes ou de textile ou bien dans le renforcement du ciment et béton.

Les fibres de tige les plus utilisées sont les fibres de jute, de lin, de ramie de Sun et de chanvre.

Rapporte que les fibres de tige, les plus utilisées dans le renforcement des mortiers, sont celles de Sun, de chanvre et de jute [12].

c. Les fibres de bois :

Les fibres de bois proviennent du broyage des arbres tels que les bambous ou les roseaux. Elles sont généralement courtes. Plusieurs chercheurs ont montré l'efficacité de ces fibres dans le renforcement des mortiers.

d. les fibres de surface :

Les fibres de surface entourent en général la surface de la tige, de fruits ou de grains. Les fibres de surface des grains constituent le groupe le plus important dans cette famille de fibres. Nous citons entre autre le Cotton et la noix de coco. Les fibres de coco ont donné de bons résultats pour la résistance à la flexion du mortier de fibre.

Il est à noter que, les fibres de palmier, qui entourent son tronc, appartiennent à cette famille de fibres [12].

II.4.3. Origines des fibres végétales :

Les fibres végétales peuvent être issues de différentes parties de la plante : des graines (poils séminaux), de la tige ou du tronc (fibres libériennes), des fruits (enveloppe) ou des feuilles. Le bois est un cas particulier (composition, structure, etc.) qui doit être traité séparément [14, 15].

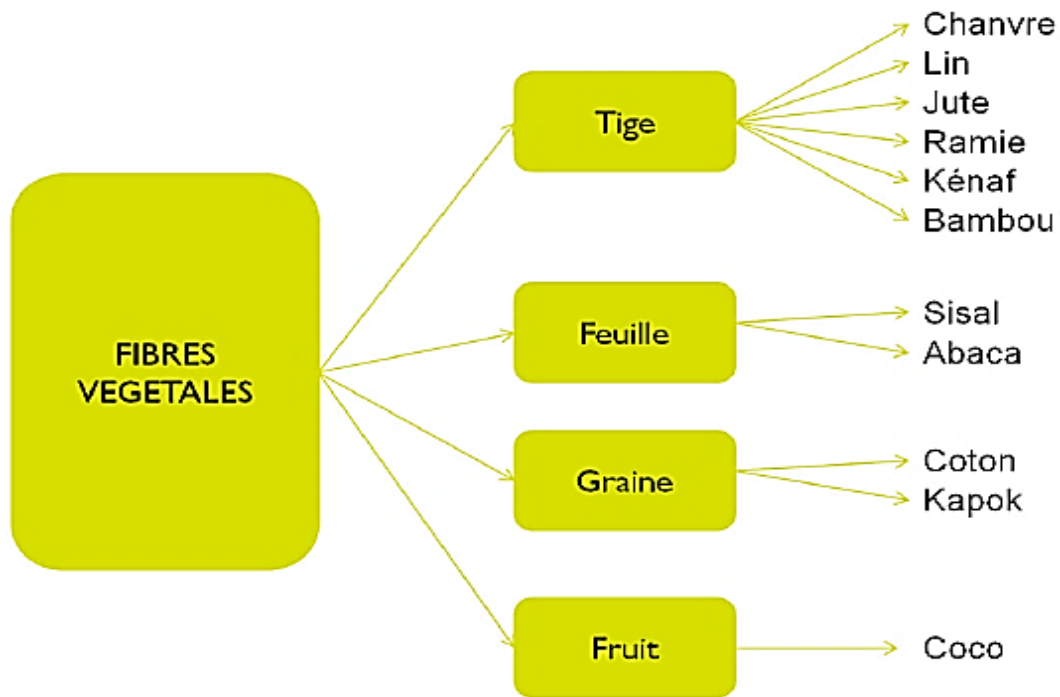


Figure II.5 : Origines des fibres végétales produites dans le monde [5].

II.4.4. Propriétés usuelles des fibres végétales :

Hormis le fait qu'elles soient renouvelables et neutres en CO₂, les fibres végétales présentent de nombreux intérêts.

Propriétés mécaniques :

Les propriétés mécaniques des fibres végétales sont induites par les caractéristiques intrinsèques de ces fibres (composition chimique : cellulose, hémicelluloses, lignine et pectines ; structure de la fibre : sections, porosité, angle micro-fibrillaire, facteur de forme, rapport longueur/diamètre, etc.), par des caractéristiques anthropiques (type de défibrage, itinéraire technique, etc.) ou par des caractéristiques indépendantes et variables (taux d'humidité, localisation des fibres dans la tige, défauts naturels, conditions de croissance, etc.).

Globalement, même s'il existe des variations inter-espèces, le module d'Young des fibres végétales est similaire à celui des fibres de verre et les propriétés spécifiques rapportées à la densité sont meilleures que celles du verre [14, 17].

b. Performance d'isolation thermique :

Concernant la conductivité thermique (λ), aucune étude n'a été réalisée sur les performances d'isolation propre à chaque fibre végétale. En revanche, des résultats mettent en évidence un lien existant entre la porosité des fibres et leurs propriétés thermiques. La notion de résistance thermique (R) est importante car elle traduit les performances d'isolation d'un matériau. Il a été constaté des niveaux de résistance thermique très intéressants pour les matériaux isolants à base de fibres végétales [18].

Densité :

La densité des fibres végétales est de 1,5 g/cm³, soit près de 2 fois moins que le verre. Cette propriété en fait une matière de choix dans l'industrie des transports [19].

II.4.5. Importance du rapport eau/ciment (E/C) :

Les dosages de l'eau et du ciment sont deux facteurs importants. En effet, l'ouvrabilité et la résistance sont grandement affectées par ces deux paramètres. Plus le rapport eau/ciment est grand, plus l'ouvrabilité sera grande. En effet, plus il y a d'eau, plus le béton aura tendance à remplir aisément les formes. Le rapport des masses E/C « moyen » est normalement fixé à 0,55. C'est ce rapport qui est le plus souvent utilisé, car le béton obtenu dispose d'une assez bonne ouvrabilité, tout en ayant une bonne résistance [20].

Le phénomène de ressuage est dû à un rapport eau sur ciment trop élevé. Il se manifeste par l'apparition d'une flaque au-dessus du béton frais. Au niveau des granulats, on observe la présence d'eau à l'interface entre les granulats et la pâte de ciment. La résistance en est réduite, car l'eau s'évapore et il y a des vides entre le granulat et la pâte.

II.5. Mortiers :

Le mortier est un mélange de liant, chaux ou ciment, de sable, d'eau et éventuellement d'adjuvants

II.5.1. Généralités :

Les mortiers sont obtenus par mélange homogène d'une matière inerte : le sable, avec une matière active : le liant, le tout gâché avec certaine quantité d'eau [21].

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

De la proportion des composants dépendent en grande partie la qualité et la résistance du mortier mise en œuvre. Le rapport quantité de liant sur quantité de mortier prend le nom de "dosage" ; celui-ci permet de classer les mortiers en plusieurs catégories :

Mortier normal :

C'est un mortier qui contient en volume une partie de liant pour trois parties de sable normal. Avec ces proportions le liant remplit les vides du sable, c'est à dire que 1m³ de sable plus 1/3 de m³ de liant ne fournit qu'un m³ de mortier.

1m³ de sable + 1/3 liant (m³) = 1m³ de mortier.

Mortier maigre : Le volume de liant est inférieur au volume des vides.

1m³ de sable + liant \leq 1m³ de mortier.

Mortier gras : Le volume de liant est supérieur au volume des vides.

Volume de mortier / Volume de sable \geq 1

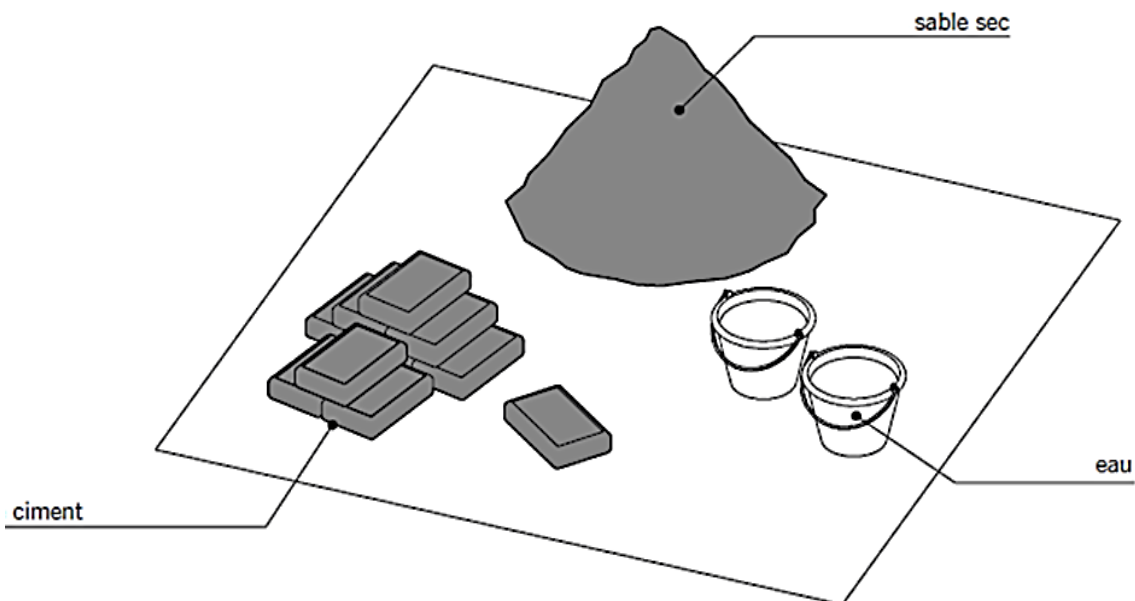


Figure II.6 : les compositions du mortier classique.

II.5.2. Différents types de mortier :

Un mortier est un mélange, durci ou non, de sable, de liant(s) et d'eau, avec ou sans adjuvants et/ou additifs. On distingue trois types de mortiers: les mortiers pour utilisation générale, les mortiers pour fines couches et les mortiers allégés. Le but du mortier est d'attacher les briques les unes aux autres et de répartir les charges [22].

Les mortiers de maçonnerie normalisés :

Depuis le 1er février 2005, la norme européenne EN 998-2 s'applique. En ce qui concerne les mortiers de maçonnerie normalisés, la norme NBN-EN 998-2 précise les types suivants:

-Le type de mortier selon le projet (art. 3.2 de la NBN-EN 998-2): mortier livré pour des prestations et des exigences d'utilisation spécifiques.

-Le type de mortier selon l'usage (art. 3.3 de la NBN-EN 998-2): mortier pour usage ordinaire (G), mortier-colle (T) et mortier de ciment léger (L).

-Le type de mortier selon la méthode de fabrication (art. 3.4 de la NBN-EN 998-2): mortier humide industriel, mortier sec industriel et mortier partiellement préparé en usine.

La classification suivante dépend de la résistance individuelle à la compression du mortier:

Le mortier de ciment pur :

Le mortier de ciment pur présente une meilleure résistance à la compression que le mortier bâtard et sa prise est plus rapide. En revanche, il est davantage sujet au retrait.

Le mortier bâtard :

Le mortier bâtard est composé de ciment et de chaux aérienne (Ca(OH)_2). Il présente le grand avantage d'être plus élastique et plus facile à mettre en œuvre que le mortier de ciment pur. Son retrait est en outre moins marqué. Les adjuvants ne sont pas nécessaires. Le temps de durcissement relativement long peut parfois s'avérer gênant lors de la mise en œuvre, surtout en cas de menace de gel.

Grâce à un dosage précis des adjuvants en usine, la plupart des fabricants de mortier sont en mesure de livrer des mortiers préposés (voir plus loin) qui réunissent les avantages du mortier bâtard (facilité de mise en œuvre) et ceux du mortier de ciment pur (prise rapide).

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Les mortiers (légers) isolants :

La norme NBN-EN 998-2 définit un mortier de maçonnerie allégé comme étant un mortier de maçonnerie dont le poids volumique sec après durcissement est inférieur à 1.300 kg/m^3 . Certains adjuvants rendent ces mortiers de maçonnerie plus légers et donc plus isolants [22].

Un mortier léger ou isolant permet d'améliorer quelque peu la résistance thermique de la maçonnerie.

Son poids volumique sec après durcissement est inférieur à 1.300 kg/m^3 . A titre de comparaison:

le mortier de ciment: 1.900 kg/m^3

le mortier bâtard: 1.600 kg/m^3

Un mortier isolant est toujours un mortier industriel.

II.5.3. Les composantes des mortiers :

Les mortiers sont composés de sable, de liant et d'eau, certains mortiers dits "bâtards" sont le résultat d'un mélange de sable avec deux liants, le plus souvent chaux et ciment, ou deux ciments différents [21].

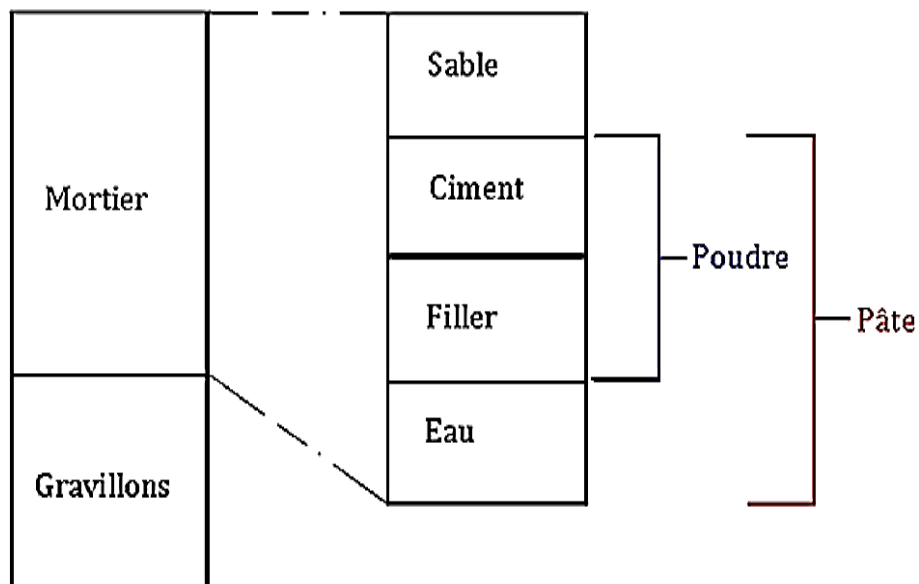


Figure II.7 : Les composantes des mortiers.

II.5.4. Etudions séparément chacun des composants :

a. Le sable :

Un sable est convenable lorsque la grosseur des grains est comprise entre 0,5 et 2 mm ; Cependant pour des travaux de limousinerie on emploie souvent des sables tamisés avec des mailles de 5 à 6 mm ; pour des travaux de briquetage ou d'enduits, le sable est plus fin. Le rôle du sable dans un mortier est :

- d'abaisser le prix de revient du mortier.
- de diviser la masse du liant pour permettre la prise (liant aérien).
- d'en diminuer le retrait et ses conséquences (les fissurations) du fait que le sable est incompressible que le retrait se trouve amoindri.

b. Le liant :

Quel qu'il soit, le liant employé doit être de bonne qualité. Son choix pour la confection d'un mortier est très important, il ne faut pas employer n'importe quel liant pour n'importe quel travail.

Mais qu'il s'agit de chaux ou de ciment, on doit rejeter son emploi s'il est éventé c'est à dire stocké depuis trop longtemps, il faut encore rejeter tous ceux qui par l'humidité forment des mottes. Celles-ci sont le résultat d'un début de prise qui jouera le rôle très néfaste dans le comportement futur du mortier [21].

c. L'eau :

Le choix de l'eau de gâchage a aussi une grande importance, son rôle est primordiale puisqu'il consiste à provoquer la prise du liant mélangé au sable.

**Qualités :*

Elle doit être aussi pure que possible. On peut employer sans danger l'eau potable. De toutes façons, elle ne doit pas contenir de matière organiques ou terreuses, ni de déchets industriels de toutes natures (rejeter les eaux acides, les eaux séléniteuses contenant du plâtre, les eaux croupissantes). Les avis différents sur l'emploi de l'eau de mer, elle est à éviter s'il s'agit de liant à forte teneur en chaux libre. Par contre, certains liants résistent bien aux eaux de mer

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

tels que les ciments à base de laitier, ciments alumineux, ciments sur sulfatés et ciments siliceux [20].

* *Quantité* :

La quantité d'eau de gâchage est variable elle dépend :

- du travail à exécuter.
- du dosage du mortier.
- de la nature du mortier mise en œuvre.
- de la température ambiante et des matériaux.
- de la granulométrie du sable employé et de son degré d'humidité.

Il n'est pas possible de déterminer avec exactitude la quantité d'eau nécessaire à la fabrication d'un mortier, il ne faut pas dépasser la quantité nécessaire à l'obtention d'une pâte plastique après un bon malaxage.

L'excès d'eau est toujours nuisible, il diminue la résistance finale du mortier. Dans le cas d'emploi d'un mortier mou, il convient d'augmenter le dosage pour obtenir la même résistance, sauf pour les ciments alumineux pour lesquels cet excès est moins nuisible.

Les mortiers de chaux demandent en général plus d'eau que les mortiers de ciment de même les mortiers composé de sable fin exige plus d'eau que ceux composés de sable moyen ou gras.

II.5.5. Fabrication d'un mortier :

Dans une auge, un bac de gâchage ou une bétonnière, il faut mélanger de façon homogène et à sec, les matériaux solides (le mélange est moins efficace si les agrégats ne sont pas secs). Puis, il faut ajouter de l'eau propre et mélanger soigneusement. Cette opération s'appelle le gâchage. L'apport excessif d'eau augmente la fluidité du mortier mais nuit gravement à la dureté du mortier final. Moins il y aura d'eau superflue et meilleur sera le mortier fini. Le mortier doit être employé dès qu'il est gâché. Le mortier a fait prise lorsqu'il ne peut plus être déformé sous la pression du pouce. Le ré-gâchage d'un mortier qui a commencé à prendre est très mauvais: le résultat final est déplorable.

Le mortier est une matière plastique qui fait sa prise progressivement selon l'hygrométrie ambiante et les types de mortier ; il est décorable au bout de quelques jours et atteint 90 % de

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

sa solidité au bout de 21 jours sans adjuvant. Dans la construction moderne, l'emploi d'accélérateur de prise est systématique afin d'augmenter la « rotation » des coffrages métalliques modulaires (24 heures après le coulage). L'ajout d'adjuvant plastique augmente la plasticité et la facilité de mise en œuvre du mortier frais. L'ajout d'adjuvant hydrofuge rend le mortier fini imperméable. Pour supprimer les poches d'air prisonnier lors du coulage, le mortier est vibré à l'aide d'aiguilles vibrantes haute fréquence (pour le bricoleur on peut utiliser une perceuse à percussion sur le coffrage) ; un vibrage trop important détruit le mortier en séparant trop franchement les composants (sable au fond, ciment au milieu et eau en surface).

II.5.6. Caractéristiques et propriétés des mortiers :

a. Résistance à l'écrasement :

Elle dépend du liant employé, du dosage, des qualités des composants, de la fabrication même du mortier et de la mise en œuvre de celui-ci.

L'adhérence au matériau mis en œuvre :

Un mortier maigre est beaucoup moins adhérent qu'un mortier moyen ou gras, il est facile de s'en rendre compte à la seule vue du mortier celui-ci n'a aucun pouvoir adhérent si les grains de sable ne sont pas enveloppés de liant.

Il n'est donc pas possible d'obtenir avec un mortier maigre le monolithisme qui caractérise une bonne maçonnerie. Pour obtenir une parfaite adhérence il convient d'employer un mortier ferme avec des matériaux humides.

Imperméabilité :

Elle est fonction du liant employé et du dosage. Un mortier contenant moins de liant qu'il ne convient pour remplir des vides du sable ne peut pas être imperméable en raison de son parasite. Par contre un mortier trop riche se rétracte et se fissure laissant de cette façon passer le fluide.

L'imperméabilité d'un mortier dépend donc de la capacité du sable employé et du dosage du liant, il est parfois nécessaire d'adjoindre des produits imperméabilisants appelés hydrofuges.

CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Retrait :

Pendant leur prise, puis leur durcissement, les mortiers de ciment subissent un certain raccourcissement de leurs dimensions c'est ce qu'on appelle le retrait.

L'importance du retrait est en rapport avec :

*** *Le dosage :***

Un dosage excessif (mortier trop gras) accentue le retrait et de là, la fissuration.

*** *La quantité d'eau de gâchage :***

Celle-ci joue un très grand rôle dans la qualité d'un mortier.

*** *La qualité du liant :***

Un super ciment fait un retrait plus important qu'un liant dont la résistance mécanique est de 160 à 250 bars est un tort de délaisser certains liants au profit de ceux dont la haute résistance mécanique n'est pas en rapport avec les contraintes que subiront les ouvrages.

*** *La fabrication du mortier :***

Celui-ci doit être mélangé de façon parfaite afin d'obtenir une pâte homogène.

*** *Les précautions après la mise en œuvre :***

S'il s'agit de travaux effectués pendant l'été, une déshydratation trop rapide produit un retrait trop brutal et diminue la résistance du mortier, on doit alors le recouvrir et l'humidifier.

Remarque :

L'addition d'un peu de chaux, ayant la propriété de gonfler en faisant sa prise, contre balance le retrait du ciment.

II.6.Béton

II.6.1.Définition

Le béton est devenu le symbole de la construction contemporaine.

-matériau de structure le plus utilisé au monde. Indispensable pour la construction des ouvrages (ponts, murs de soutènement), des bâtiments (poutres, dallage)...

-mélange en proportion convenable de liant (ciment, chaux), d'agrégats (gravier, sables) et d'eau. [23]

II.6.2.Les débuts du béton

Le béton sous sa forme actuelle est le fruit de décennies d'études et d'expérimentations. Pourtant, les Romains et les Egyptiens utilisaient déjà des matériaux semblables pour leurs constructions. D'ailleurs, l'architecture romaine doit beaucoup à l'opus caementicium (du latin caementum = moellon, pierre brute). Cet ancêtre du béton était formé de mortier et de pierres de toutes sortes. Par sa solidité et sa rapidité de mise en oeuvre et associé à d'autres matériaux tels que la brique, il a permis les prouesses architecturales que l'on connaît aux romains.

II.6.3.Propriété du béton

II.6.3.1.Le béton frais

La propriété essentielle est son ouvrabilité, qui le rend apte à remplir n'importe quel volume, c.-à-d. l'aptitude d'un béton à remplir les coffrages et à enrober convenablement les armatures. Il ya plusieurs facteurs influent sur l ouvrabilité :

Type et dosage en ciment.

Forme des granulats.

La granulométrie.

Dosage en eau.

Emploi d'adjuvants.

II.6.3.2.Le béton durci

La porosité : un facteur déterminant de la durabilité du béton durci car elle influence la résistance, la carbonatation.

La résistance mécanique à la compression : elle dépend en particulier du type et du dosage du ciment, la porosité du béton et du E/C.

Retrait hydraulique avant prise et en cours de prise.

Retrait thermique.

II.6.4. Différents types de béton :

Les Bétons Prêts à l'Emploi.

Le béton armé.

Le béton fibré.

Le béton précontraint.

Les Bétons Hautes Performances.

Le béton projeté.

Les bétons auto compactant, auto plaçant et auto nivelant.

Les bétons caverneux, drainant et poreux.

Le béton de ciment alumineux (ou béton fondu).

Le béton décoratif.[23]

INTRODUCTION :

Dans ce chapitre, nous étudions les caractéristiques des différents matériaux utilisés dans la composition de mortier de fibres à savoir : la masse volumique, la granulométrie, la propreté, la composition chimique et minéralogique ainsi que d'autres propriétés physiques.

Les propriétés des matériaux de construction déterminent le domaine de leur application. Ce n'est qu'en évaluant exactement les qualités des matériaux, c'est-à-dire leurs propriétés les plus importantes, que l'on peut construire des édifices et ouvrages solides, durable et de haute efficacité économique et technique.

Toutes les propriétés des matériaux de construction, d'après, l'ensemble de leurs indices, sont divisées en propriétés physiques, chimiques et mécaniques. Le poids, la densité, perméabilité aux liquides, aux gaz à la chaleur et aux émanations radioactives, ainsi que la résistance à l'action agressive de l'ambiance sont des propriétés physiques. La dernière propriété caractérise l'inaltérabilité d'un matériau, qui en somme, détermine la longévité des éléments de construction.

Les propriétés chimiques sont évaluées d'après le pouvoir d'un matériau de résister aux acides, aux bases et aux solutions des sels, qui provoquent des réactions d'échange et entraînent la destruction de la matière. Le pouvoir des matériaux de résister à la compression, à la traction, aux chocs, à l'enfoncement des corps étrangers, ainsi qu'à tout résultant de l'application d'une force, caractérise les propriétés mécaniques.

Les propriétés et les caractéristiques des matériaux de construction déterminent le domaine de leur application. Ce n'est qu'en évaluant ou en mesurant exactement les qualités et les caractéristiques les plus importantes, que nous pourrions confectionner des bétons qui nous permettent de construire des édifices et ouvrage solides, durables et haute efficacité économique et technique. Toutes les caractéristiques des matériaux de construction, d'après l'ensemble de leurs indices, sont divisées en caractéristiques physiques, chimiques pu mécaniques.

III.1. LE CIMENT :

(Conforment à la norme **NA 442**, **EN 197-1** et à la norme **NF P 15-301194**)

Le ciment que nous avons utilisé pour l'exécution de tous les travaux expérimentaux est un ciment Portland de Classe **CPJ/CEMII/B 42.5 (MATINE)** fabriqué à l'usine de **LA FARGE** (région de **M'SILA HAMMEM DALAA**)

Les différentes caractéristiques que ce soit Chimiques, physiques ou mécaniques du ciment utilisé sont établies sur des fiches techniques élaborées au niveau des laboratoires de l'usine. Les différentes caractéristiques sont présentées dans les tableaux suivants. Nous notons que toutes les caractéristiques du ciment **CPJ/CEMII/B 42.5** manipulé répondent aux normes. Toute la quantité de ciment utilisée lors des séries d'expérimentation a fait l'objet d'une seule commande et conservé dans un milieu sec et à l'abri des écarts de température.

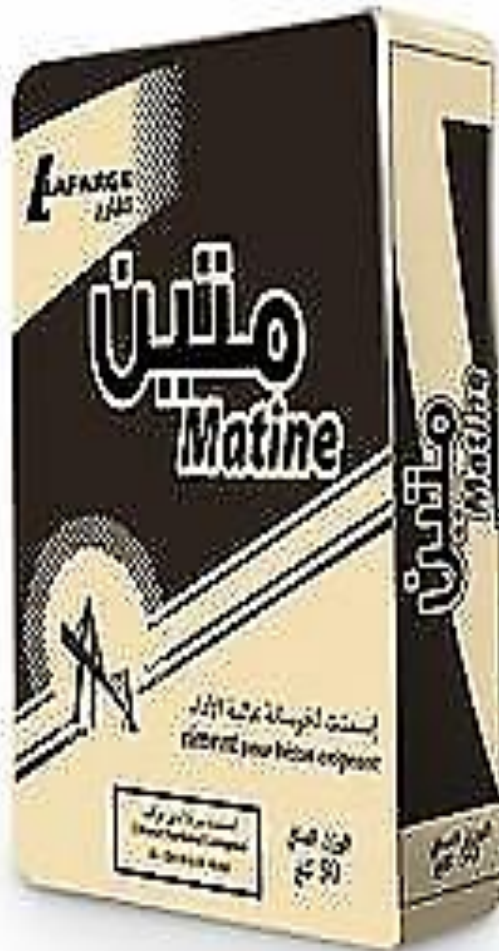


Figure III.1 : Ciment MATINE.

III.1.1. Caractéristiques techniques :

III.1.1.1. Analyses chimiques et Propriétés physiques du ciment :

Analyses chimiques (%)	Norme	Propriétés physiques	Norme
Perte au feu (NA5042)	10.0±2	Consistance normale	26.5±2.0
Teneur en sulfates (SO3)	2.5±0.5	Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g)	3700-5200
Teneur en oxyde magnésium (MgO)	1.7±0.5	Retrait à 28 jours (µm/m)	<1000
Teneur en Chlorures (NA5042)	0.02±0.05	Expansion (mm)	≤3.0

Tableau III.1 : Analyses chimiques et Propriétés physiques du ciment MATINE.

III.1.1.2. Temps de prise et Résistance à la compression de ciment :

Temps de prise à 20° (min)	Norme	Résistance à la compression (MPA)	Norme
Début de prise	150±30	2 jours	≥10.0
Fin de prise	230±50	28 jours	≥42.5

Tableau III.2 : Temps de prise et Résistance à la compression de ciment MATINE.

III.1.1.3. Composition minéralogique du clinker (Boque)

Composition minéralogique du clinker (Boque) (%)	NORME
C3S	60±3
C3A	7.5±1

Tableau III.3 : Composition minéralogique du clinker (Boque).

III.2. SABLES

Le sable est le constituant du squelette granulaire qui a le plus d'impact sur le mortier, Il joue un rôle primordial en réduisant les variations volumiques, les chaleurs dégagées et le prix de revient des bétons. Il doit être propre et ne pas contenir d'éléments nocifs. [24]

Dans cette étude, on a utilisé deux types de sable, sable de dune (SD) de couleur jaune provenant de (Wilaya de OUAD MAITAR BOUSSAADA), et sable concassée de couleur gris provenant de la carrière (région de maaza)

III.2.1.Sable de dune

III.2.1.1.Analyse chimique

Les analyses chimiques sont effectuées au niveau du laboratoire de la cimenterie d'Ain Touta (Batna), elles sont présentées dans le tableau III.1.

SiO ₂	Al ₂ O	Fe ₂ O	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Cl	PAF
74.61	1.35	0.86	17.3	0.29	0.04	0.47	0.005	5.04

Tableau III.4 : Analyse chimique du sable de dune.

Commentaire : Du point de vue chimique la constatation importante à signaler est la présence d'un fort pourcentage en silice SiO₂ qui est supérieur à 74 %, et par conséquent le sable de dune de m'sila est un sable siliceux.[22]

III.2.1.2.Analyse granulométrique: (NF P 18-560)

L'analyse granulométrique par tamisage est un ensemble des opérations aboutissant à la séparation selon leur grosseur des éléments constituant échantillon, en employant des tamis à maille carrée afin d'obtenir une représentation de la répartition de la masse des particules à l'état sec en fonction de leur dimension. [26]

a- But de l'essai :

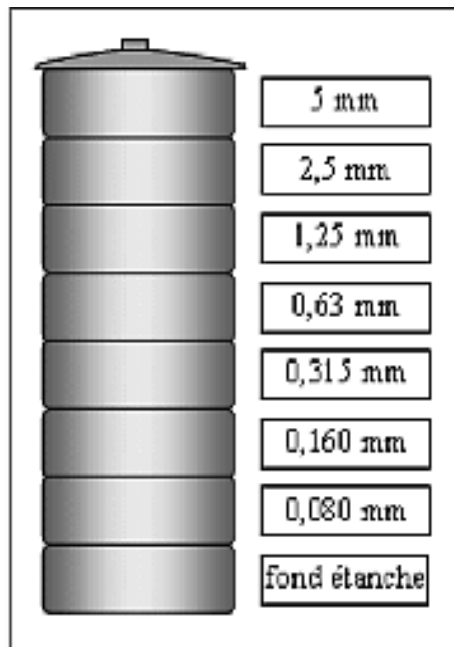
La granulométrie ou analyse granulométrique s'intéresse à la détermination de la dimension des grains et la granularité concerne la distribution dimensionnelle des grains d'un granulat.

L'analyse granulométrique a trois buts :

- ✓ Déterminer les dimensions des grains.
- ✓ Déterminer les proportions de grains de même dimension (% pondéral).
- ✓ En déduire le Module de finesse (**Mf**).

b- Matériel nécessaire :

Des tamis dont les ouvertures carrées, de dimension normalisée, sont réalisés soit à partir d'un maillage Métallique. Conseillé d'utiliser une machine à Pour un travail d'essai aux résultats reproductibles, il est tamiser électrique qui comprime un mouvement vibratoire



Horizontal, ainsi que des secousses verticales, à la colonne de tamis. (Figure (III.1)).

Figure III.2: Colonne des tamis.

Mode opératoire :

- Prélever (**1,5 kg**) de matériau (sable sec).
- Peser chaque tamis à vide à 1 g près, soit m_j la masse du tamis.

Constituer une colonne de tamis propres et secs dont l'ouverture des mailles est

- respectivement de haut en bas : **5-2,5-1,25-0,63-0,315-0,125** et éventuellement **0,08** mm. La colonne est coiffée par un fond pour recueillir les éléments passant au dernier tamis et un couvercle pour éviter la dispersion des poussières. On commence par peser les tamis ainsi que le fond.
- Verser le matériau (sable sec) sur la colonne et la fixer soigneusement sur la machine d'agitation mécanique, agité pendant **5** minutes. Arrêter l'agitateur, puis séparer avec soin les différents tamis.
- Peser chaque tamis séparément à **1** g près. Soit M_i la masse du tamis (I) + le sable. La différence entre M_i et m_i (tamis de plus grandes mailles) correspond au refus partiel R_1 du tamis 1.
- Reprendre l'opération pour le tamis immédiatement inférieur.
- Ajouter le refus obtenu sur le sixième tamis à R_1 , soit R_2 la masse du refus cumulé du tamis 2 ($R_2=R_1+\text{Refus partiel sur tamis}$).
- Poursuivre l'opération avec le reste des tamis pour obtenir les masses des différents refus cumulés R_3, R_4, \dots

Le tamisât cumulé est donné par la relation suivante :

$$T = 100 - RC \dots\dots\dots (III.1).$$

Où :

T: Tamisât en %

RC : Refus cumulés en %

Tamis	Refus partiel	Refus cumulé		Tamisât (%)
		(g)	(%)	
	SD	SD	SD	
05	0	0	0	100
2.5	11	11	6.15	99.45
1.25	112	123	18.05	93.85
0.63	238	361	52.1	81.95
0.315	681	1041	97.25	47.9
0.16	903	1945	99.3	2.75
0.08	41	1986	99.85	0.7
Fond	11	1997	100	0.15

Tableau III.5 : Analyse granulométrique du sable de dune.

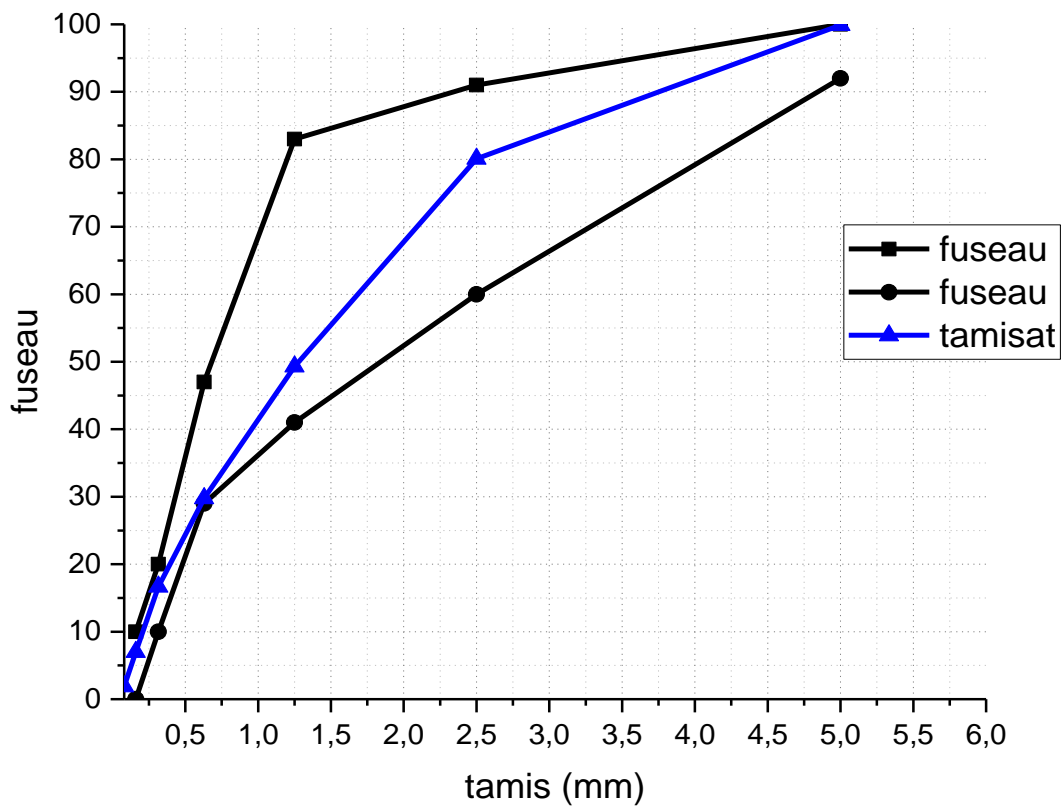


Figure III.3 : Courbe d'analyse granulométrique du sable dune

Tamis	Refus partiel	Refus cumulé		Tamisât (%)
		(g)	(%)	
	SC	SC	SC	
05	0.2	0.2	0.02	99.98
2.5	73.8	74	7.4	92.6
1.25	310.1	384.1	38.41	61.59
0.63	230.4	614.5	61.45	38.55
0.315	191.7	806.2	80.62	19.38
0.16	136.6	942.8	94.28	5.72
0.08	50.3	993.1	99.31	0.69
Fond	6.5	999.6	99.96	0.04

Tableau III.2 : Analyse granulométrique du sable concassé.

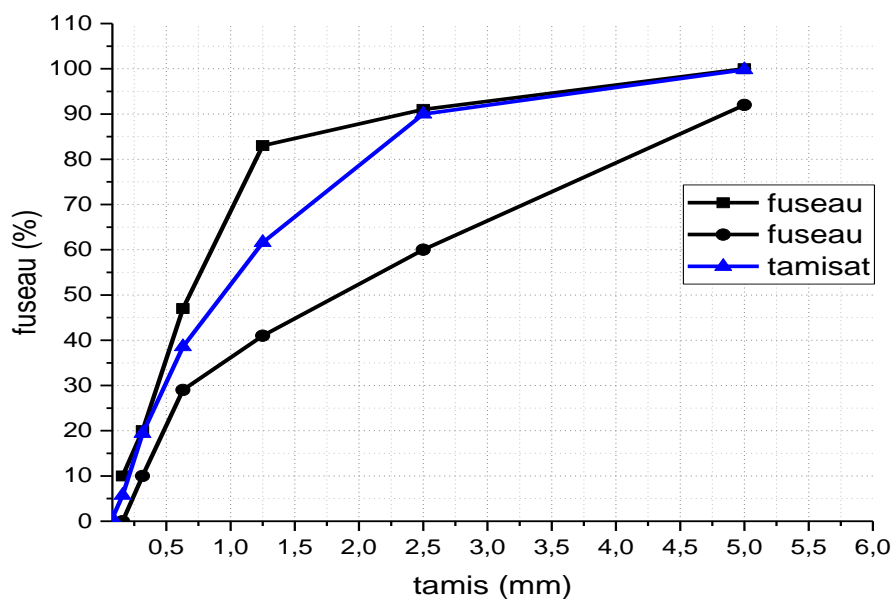


Figure III.6 : Courbe d'analyse granulométrique du sable concassée

Tamis	Refus partiel	Refus cumulé		Tamisât (%)
		(g)	(%)	
05	0	0	0	100
2.5	12	12	0.6	99.4
1.25	292	214	10.7	89.3
0.63	302	526	26.3	73.7
0.315	601	1135	56.75	43.25
0.16	667	1812	90.6	9.4
0.08	117	1979	98.95	1.05
Fond	19	1998	99.9	0.4

Tableau III.7 : Analyse granulométrique du sable mixte (60% Sable de dune et 40% Sable concassé).

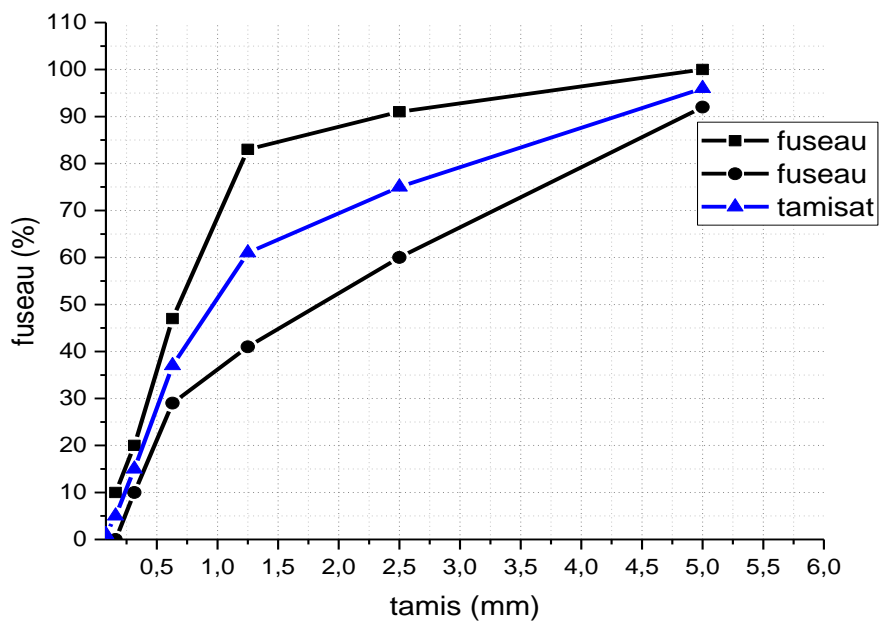


Figure III.5 : Courbe d'analyse granulométrique du sable mixte

Commentaire :

ES moy=71.56%. Le sable (0/5) est un sable fin et propre, alors: Sable propre - à faible pourcentage de fines argileuses Convenant Parfaitement pour les bétons de haute qualité.

b-Module de finesse

Les sables doivent présenter une granulométrie telle que les éléments fins ne soient ni en excès, ni en trop faible proportion.

- Le caractère plus ou moins fin d'un sable peut être quantifié par le calcul du module de finesse (MF).

- Le module de finesse est d'autant plus petit que le granulats est riche en éléments fins.

- Norme Française [NFP 18-540]

Le module de finesse est égal au 1/100e de la somme des refus cumulés exprimée en pourcentages sur les tamis de la série suivante :

0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 – 5 mm

$MF = 1/100 \sum \text{refus cumulés du tamis en \% (0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5)}$

Lorsque MF est comprise entre :

- 1.8 à 2.2 : le sable est à majorité de grains fins.
- 2.2 à 2.8 : on est en présence d'un sable préférentiel.
- 2.8 à 3.3 : le sable est un peu grossier, il donnera des bétons résistants mais moins maniables.

$Mf = (99.3+97.25+52.21+18.05+6.15)/100=2.72$

$MF=2.72$

Pour notre sable de dune $2,2 < Mf < 2,8$

III.2.1.3. Porosité (NF P 18-554) sable de dune

C'est le volume des vides entre les grains du sable. La porosité peut être déterminée par la formule suivante :

$P (\%)=1-(\text{Masse volumique apparente} / \text{masse volumique absolue}) \times 100$

$$P(\%) = \left[1 - \frac{\rho_{app}}{\rho_{abs}} \right] \times 100 \quad \dots\dots\dots (III.1)$$

On distingue deux cas :

- À l'état lâche: $\rho_L = 41.96\%$.
- À l'état compacte: $\rho_c = 34.17\%$.

III.2.1.4. Compacité:

La compacité d'un matériau est une proportion de son volume réellement occupé par la matière solide qui le constitue, c'est-à-dire le rapport du volume absolu des grains au volume apparent du matériau.

La compacité donnée par la formule :

$$C (\%) = (\rho_a / \rho_{ab}) = 100 - P \quad \dots\dots\dots (III.2)$$

On distingue deux cas :

- à l'état lâche : $C_L = 58.04\%$.
- à l'état compacte : $C_c = 67.28 \%$.

-L'INDICE DES VIDES:

L'indice des vides est le rapport entre le volume du vide et le volume de solide.

$$e = V_v/V_s = P / (100 - P) \quad \dots\dots\dots (III.3)$$

Avec P en pourcent (%) : A l'état lâche : e = 0.723%

A l'état compacte : e = 0.486%

III.2.1.5. Masse volumique absolue.: NF P 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

a) But de l'essai

Cet essai a pour but de déterminer la masse volumique ou densité. Ce paramètre est une valeur intrinsèque du matériau en question sa détermination est indispensable aux calculs de masse, volumes. Dans ce travail nous avons utilisé la méthode de l'éprouvette graduée, elle est simple, rapide.

Conduite de l'essai

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



Figure III.6. Essai de la masse volumique absolue.

Essai	Masse en (g)	V1 en (cm3)	V2 en (cm3)	Mv abs (g/cm3)	Mv abs moyenne (g/cm3)
01	100	100	140	2.50	2.53
02		100	139	2.56	
03		100	139.5	2.53	

Tableau III.8 : Résultats de la masse volumique absolue du sable de dune.

III.2.1.6.Masse volumique apparente,NF P 18-554

La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules.

$$Mv \text{ app} = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (III.4)$$

L'essai est répété 3 fois pour un volume de 0.9 litre et la moyenne de ces essais donne la valeur de la masse volumique apparente.

III.2.1.7. Masse volumique apparente à l'état lâche: Mode opératoire :

- On détermine la masse volumique apparente du sable à l'aide d'un entonnoir standardisé de capacité **2 à 2,5** litres.
- On remplit l'entonnoir avec du sable sec.
- On pèse le récipient vide M_1 .
- On place le récipient sous l'entonnoir à une distance de **10 à 15** cm et on le remplit avec du sable.
- Une fois le récipient est rempli, on nivelle la surface du sable et on pèse le tout. Soit M_2 ce poids.
- Volume de récipient $V_r=900\text{cm}$

La masse volumique apparente du sable est donnée par la formule suivante :



$$\rho_{app} = \frac{(M_2 - M_1)}{V_v} \dots\dots\dots(III.5)$$

Figure III.7. Essai de la masse volumique apparente.

Essai	Masse en (g)	V récipient en (ml)	MV app (g/ml)	Mv app moyenne (g/ml)
01	1402	900	1.55	1.547
02	1386		1.54	
03	1391		1.54	

Tableau III.9 : Résultats de la masse volumique apparente du sable de dune à l'état lâche.

III.2.1.8.Porosité : (NF P 18-554) sable mixte

C'est le volume des vides entre les grains du sable. La porosité peut être déterminée par la formule suivante :

$$P (\%)=1-(\text{Masse volumique apparente} / \text{masse volumique absolue}) \times 100$$

$$P(\%) = \left[1 - \frac{\rho_{app}}{\rho_{abs}} \right] \times 100 \quad \dots\dots(III.6)$$

On distingue deux cas :

Etat lâche : l=46%.

Etat compacte :C=43.84%.

III.2.1.9.Compacité :

La compacité d'un matériau est une proportion de son volume réellement occupé par la matière solide qui le constitue, c'est-à-dire le rapport du volume absolu des grains au volume apparent du matériau.

La compacité donnée par la formule :

$$C (\%) = (\rho_a / \rho_{ab}) = 100 - P \quad \dots\dots\dots (III.7)$$

On distingue deux cas :

Pour le sable de dune (de Biskra):

- Etat lâche: $C_L = 63.63\%$.
- Etat compacte : $C_C = 66.40 \%$.

L'indice des vides :

L'indice des vides est le rapport entre le volume du vide et le volume de

solide. $e = \frac{V_v}{V_s} = P / (100 - P) \quad \dots\dots\dots (III.8)$

Avec P en pourcent (%)

- Etat lâche: $e = 0,571\%$

Etat compacte : $e = 0,505\%$

III.2.1.10. Equivalent de sable

Il est défini par la norme **NFP 18-598** ; cet essai permettant de mesurer la propreté d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fin, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fin qui flocculent. [27]

a- But de l'essai :

Cet essai 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 sol des éléments sableux plus grossiers.

b- Matériels utilisés :

- ✓ Eprouvettes cylindriques, en matière plastique, transparentes avec deux traits de repères.
- ✓ Un bouchon de caoutchouc pour fermer l'éprouvette.
- ✓ Un tube laveur et un entonnoir.
- ✓ Un flacon..
- ✓ Une machine d'agitation électrique, capable d'imprimer à l'éprouvette un mouvement horizontal, rectiligne, sinusoïdal, de 20 cm d'amplitude, 90 fois aller et retour en 30 secondes.
- ✓ Piston taré à masse coulissante de 1 kg.

c - Mode opératoire :

- Tamiser une quantité de sable (masse supérieure à **500 g**).
- Prendre une pesée de **120 g**.
- Remplir l'éprouvette de solution la vente jusqu'au premier repère (**10cm**).

- A l'aide de l'entonnoir verser la prise d'essai (**120g**) dans l'éprouvette et taper fortement à plusieurs reprises avec la paume de la main afin de chasser toutes les bulles d'air et favoriser le mouillage de l'échantillon.
 - Laisser reposer pendant **10** minutes.
 - Fermer l'éprouvette à l'aide du bouchon en caoutchouc et lui imprimer **90** cycles de **20cm** de cours horizontale en **30** secondes à la main à l'aide d'un agitateur mécanique.
 - Retirer ensuite le bouchon, le rincer avec la solution la vente au-dessus de l'éprouvette, rincer ensuite les parois de celle-ci.
 - Faire descendre le tube laveur dans l'éprouvette, le rouler entre le pouce et l'index en faisant tourner lentement le tube et l'éprouvette et en imprimant en même temps au tube un léger piquage. Cette opération a pour but de laver le sable et de faire monter les éléments fins et argileux. Effectuer cette opération jusqu'à ce que la solution la vente atteigne le **2^{ème}** repère. Laisser ensuite reposer pendant **20** minutes.
- ✓ Un flacon. .
- ✓ Une machine d'agitation électrique, capable d'imprimer à l'éprouvette un mouvement horizontal, rectiligne, sinusoïdal, de 20 cm d'amplitude, 90 fois aller et retour en 30 secondes.
- ✓ Piston taré à masse coulissante de 1 kg.
- A l'aide de l'entonnoir verser la prise d'essai (**120g**) dans l'éprouvette et taper fortement à plusieurs reprises avec la paume de la main afin de chasser toutes les bulles d'air et favoriser le mouillage de l'échantillon.
 - Laisser reposer pendant **10** minutes.
 - Fermer l'éprouvette à l'aide du bouchon en caoutchouc et lui imprimer **90** cycles de **20cm** de cours horizontale en **30** secondes à la main à l'aide d'un agitateur mécanique.
 - Retirer ensuite le bouchon, le rincer avec la solution la vente au-dessus de l'éprouvette, rincer ensuite les parois de celle-ci.

- Faire descendre le tube laveur dans l'éprouvette, le rouler entre le pouce et l'index en faisant tourner lentement le tube et l'éprouvette et en imprimant en même temps au tube un léger piquage. Cette opération a pour but de laver le sable et de faire monter les éléments fins et argileux. Effectuer cette opération jusqu'à ce que la solution lavante atteigne le 2^{ème} repère. Laisser ensuite reposer pendant 20 minutes.

✓ Un flacon. .

✓ Une machine d'agitation électrique, capable d'imprimer à l'éprouvette un mouvement horizontal, rectiligne, sinusoïdal, de 20 cm d'amplitude, 90 fois aller et retour en 30 secondes.

✓ Piston taré à masse coulissante de 1 kg.

✓

Où :

$h_2 < h_1$ avec : h_1 : sable propre + éléments fins.

Equivalent de sable au piston (ESP):

- Introduire le piston dans l'éprouvette et laisser descendre doucement jusqu'à ce qu'il repose sur le sédiment. A cet instant bloquer le manchon du piston et sortir celui-ci de l'éprouvette.
- Introduire le régllet dans l'encoche du piston jusqu'à ce que le zéro vienne buter contre la face intérieure de la tête du piston. Soit h'_2 la hauteur lue et correspondant à la hauteur de la partie sédimentée.

$$ESP = \frac{h'_2}{h_1} \times 100 [\%] \quad \dots\dots\dots(III.10)$$

Où h'_2 : La hauteur du sable ($h'_2 < h_1$).



Figure III.8. Essai d'équivalent de sable

Les résultats obtenus sont représentés dans les tableaux suivants:

a) *Equivalent de sable visuel*

Essai	H1 en (cm)	H2 en (cm)	ESv en (%)	ESv moyen en (%)
01	11.7	8.3	70.94	75.94
02	11.2	08.4	75	
03	11.6	9.5	81.89	

Tableaux III.10.1 : Résultats d'équivalent de sable visuel.

b) *Equivalent de sable au piston*

Essai	H1 en (cm)	H 2 en (cm)	ESP en (%)	ESP moyen en (%)
01	11.7	7.4	63.24	71.65
02	11.2	08.4	75	
03	11.6	8.9	76.72	

Tableaux III.10.2 : Résultats d'équivalent de sable au piston

ES	Nature et qualité du sable
ES<60	Sable argileux - Risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité
60<ES<70	Sable légèrement argileux - de propreté admissible pour béton de qualité quand ou ne craint pas particulièrement de retrait
70<ES< 80	Sable propre - à faible pourcentage de fines argileuses Convenant Parfaitement pour les bétons de haute qualité.
ES >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.

Tableau III.11 : les valeurs d'équivalent de sable indiquent la nature et qualité du sable

On constate que :

(ESV) moy= 75.94%

(ESP) moy=

71.65% Alors :

ESV <80 %

ESP < 80%.

Par conséquent notre sable de dune est Sable propre - à faible pourcentage de fines argileuses Convenant Parfaitement pour les bétons de haute qualité.

Teneur en eau : NF P 18-555

Le sable à la capacité de retenir une quantité d'eau très grande (elle peut atteindre **20 à 25%** de son poids), si son humidité est comprise entre la limite de **0 à 3%**, on l'appelle sec.

Mode opératoire :

- ◆ Peser un échantillon de sable humide, soit M_h son poids (**600g**).
- ◆ Laisser l'échantillon dans une étuve à une température dans l'intervalle de **105 C à 110 C** pendant **24 heures**.
- ◆ Peser l'échantillon de nouveau , soit M_8 son poids.

<i>N d essai</i>	<i>M_h (g)</i>	<i>M_s (g)</i>	<i>W (%)</i>	<i>W_{moy} (%)</i>
1	600	592	1.33	1.33
2	600	591	1.5	
3	600	593	1.16	

Tableau III.12: Teneur en eau du sable de dune.

Les résultats des essais appliqués sur le sable de dune sont regroupés dans le tableau suivant:

Caractéristique physique		Valeurs
Masse volumique absolue (g/cm ³)		2.53
Masse volumique apparente (g/cm ³)	L'état lâche	1.61
	L'état compacte	1.68
Equivalent de sable (%)	Visuel	92.53
	Au piston	86.85
porosité (%)	L'état lâche	36.36
	L'état compacte	33.59
Compacité (%)	L'état lâche	63.63
	L'état compacte	66.40
Indice de vide (%)	L'état lâche	0.571
	L'état compacte	0.505
Teneur en eau (%)		1.05
Module de finesse		2.41

Tableau III.13 : Caractéristiques physiques du sable de dune.

III.3.Sable de concassée**III.3.1. Analyse granulométrique:**

Les résultats sont représentés dans le tableau **III.14**

III.3.1.1. Module de finesse (Mf):

Pour le sable concassé le module de finesse est comme suit :

$$Mf = \Sigma \text{Refus cumulés en \% des tamis } \{0.16-0.315-0.63-1.25-2.5\}$$

$$\text{.Alors : } Mf = (94.28+80.62+61.45+38.41+7.4+0.02)/100=2.82$$

$$Mf = 2.82$$

On constate que le sable qui nous utilisé est un sable peu grossier, il donne une bonne résistance au béton.

III.3.1.2. Masse volumique absolue : NF P 18-555

Même essai que le sable de dune

Essai	M en (g)	V1 en (ml)	V2 en (cm3)	Mv (g/cm3)	Mv moyenne (g/cm3)
01	300	400	510	2.72	2.70
02			512	2.68	
03			511	2.70	

Tableau III.14 : Résultats de la masse volumique absolue du sable concassée.

III.3.1.3.Masse volumique apparente NF P 18-55

Le mode opératoire est le même que l'on a utilisé pour la masse volumique apparente du sable de dune.

Les tableaux III.14: présentent les résultats de la masse volumique apparente à l'état lâche et compact.

a. A l'état lâche

Essai	M en (g)	V récipient en (cm3)	s (g/cm3)	Mv moyenne (g/cm3)
01	1340	0.9	1.48	1.48
02	1331		1.47	
03	1341		1.49	

Tableau III.15.1: Résultats de la masse volumique apparente à l'état lâche du sable concassé.

b. A l'état compact

Essai	Masse en	V récipient en (cm3)	Mv (g/cm3)	Mv moyenne (g/cm3)
01	1471	0.9	1.504	1.479
02	1439		1.468	
03	1438		1.467	

Tableau III.15.2: Résultats de la masse volumique apparente à l'état compact du sable concassé

III.3.1.4. Porosité : (NF P 18-554)

Pour le sable concassé. On distingue deux cas :

- Etat lâche: $\rho_L = 42.18 \%$.
- Etat compact: $\rho_c = 32.81 \%$.

III.3.1.5.Compacité :

Même méthode que sable de dune.

- Etat lâche: $C_L = 57.81\%$.
- Etat compacte : $C_c = 67.18 \%$.

III.3.1.6.L'indice des vides :

- Etat lâche : $e = 0,729\%$
- Etat compacte : $e = 0,488\%$

III.3.1.7.Equivalent de sable (la norme NF P 18 -598)

La même méthode de sable de dune .Les résultats obtenus sont représentées dans les tableaux suivant :

a) *Equivalent de sable visuel*

Essai	H1 en (cm)	H2 en (cm)	ESv (%)	ESv moyen en (%)
01	9.7	9.3	95.87	95.89
02	10.4	9.9	95.16	
03	9.7	9.4	96.90	

Tableau III.16.1: Résultats de l'équivalent de sable visuel

b) *Equivalent de sable au piston*

Essai	H1 en (CM)	H 2 en (CM)	ESP en (%)	ESP moyen en (%)
01	9.7	9.5	97.93	95.32
02	10.4	9.8	94.23	
03	9.7	9.1	93.81	

Tableau III.16.2: Résultats de l'équivalent de sable au piston

On constate que :

(ESV) moy= 95.89%

(ESP) moy= 95.32%

Alors : ESV >80 %

ESP < 80%.

Notre sable concassé est un 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.

III.3.1.8. Teneur en eau : NF P 18-555

Même méthode de sable de dune

<i>N d essai</i>	<i>M_h (g)</i>	<i>M_s (g)</i>	<i>W (%)</i>	<i>W_{moy} (%)</i>
1	600	596	0.66	0.99
2	600	594	1	
3	600	592	1.33	

Tableau III.17 : Teneur en eau du sable concassé.

III.4. Les Adjuvants :

Les adjuvants sont des produits incorporés au moment du malaxage du béton à un dosage inférieur à 5% en masse du poids de ciment pour modifier ou améliorer les propriétés du mélange à l'état frais et ou du durci, (norme EN 934-2).

Dans notre sujet de recherche, nous avons utilisé un type des adjuvants fabriqués par la société TEKNACHEM à Zone d'Activité 6^{ème} tranche – Sétif à savoir : SUPERIOR 126 de TEKNACHEM (super-plastifiant).

III.4.1. Le SUPERIOR 126

Description :

SUPERIOR 126, est un adjuvant super plastifiant à base de poly-carboxylates de nouvelle génération, qui permettent de réaliser des bétons très fluides avec des rapports E/C très réduits. Il est compatible avec la majorité des ciments.

Par son action dispersante et la bonne synergie de ses composants il confère au béton un maintien prolongé de l'ouvrabilité avec des bonnes caractéristiques de compacité, résistances mécaniques et chimiques.

III.4.2. Propriétés chimiques et physiques :

Etat physique	Liquide
Couleur	Brune
Densité (g/cm ³ , à 20°C)	1,130 ± 0,03
PH à 20°C	5,5 ± 1
Chlorure	< 0,1 %

Tableau III.18 : Caractéristiques physiques

III.4.3. Caractéristiques :

Le SUPERIOR 126 est particulièrement recommandé pour la fabrication de béton à faible rapport E/C, à très long maintien d'ouvrabilité et aux performances mécaniques élevées à jeune âge avec réduction des retraits et l'obtention de résistances finales élevées. Il donne une excellente imperméabilité et une grande résistance à l'agression chimique.

Le produit peut être formulé pour un long maintien de l'ouvrabilité avec des résistances élevées à la compression et flexion à 28 jours, et une diminution du retrait hygrométrique, avec une excellente finition esthétique et meilleure durabilité.

Le SUPERIOR 126 est donc adapté à l'industrie du béton prêt à l'emploi et aux chantiers de Génie Civil.

III.4.4. Domaines d'application :

- ✚ Béton à très long maintien d'ouvrabilité.
- ✚ Fondations profondes (parois moulés, pieux...).
- ✚ Pompages longues distances.
- ✚ Bétons de bâtiment.
- ✚ Bétons de Génie- Civil (ouvrages d'art, tunnels).

Bétons à faible rapport E/C.

III.5. Eau de gâchage :

L'eau de gâchage utilisé est une eau potable du laboratoire de département de génie civil.

III.5.1. Caractéristique chimique de l'eau utilisée :

La composition chimique d'eau du laboratoire de département de génie civil à laboratoire de département de chimie.

La mesure :	Teneur en (mg /l)
Degré de température	24.7
PH	7.78
Conductibilité	1799
Chlore cl^-	234.3
Sulfate So_4^-	351.60
Magnesium Mg^{2+}	110.8
Sodium Na^+	/
Calcium Ca^{2+}	267.2
Sédiment sec	1412
rééligibilité d'oxydation en eau	1024

Tableau III.19 : Caractéristiques Chimique D'eau.

Conclusion

Les essais physiques, les analyses chimiques et les analyses minéralogiques effectués dans les différents laboratoires donnent une idée générale sur les caractéristiques principales des matériaux servant à la formulation des mortiers qui seront étudiés au chapitre suivant du point de vue mécanique et durabilité.

La connaissance de ces caractéristiques nous aide d'une façon significative à commenter les résultats des essais expérimentaux.

IV.1. Introduction :

Le but de ce travail expérimental est d'étudier les propriétés du mortier, à savoir la fluidité et les résistances mécaniques à la flexion, à la traction et à la compression.

Aussi la masse volumique du mortier à l'état durci, l'absorption d'eau.

IV.2. Définition du mortier :

On appelle mortier le mélange durci d'un liant hydraulique (ciment, chaux...), d'un granulat fin (sable) et d'eau pour former une pâte de plasticité convenable,

Pour la mise en œuvre, d'après sa composition le mortier n'est autre qu'un béton à grains fins il est soumis aux mêmes lois que les bétons,

IV.2.1. Détermination de la composition du mortier :

Par définition, les mortiers contiennent des liants, des granulats et de l'eau, des adjuvants aussi être ajoutés.

Les éléments de maçonnerie feront aussi l'objet de notre documentation, puisqu'il est essentiel, dans la composition du mortier, de tenir compte de l'effet de la maçonnerie sur les propriétés des mortiers.

Dans ce projet en étudié le mortier à base sable dune et sable mixte (dune60% et concassée), adjuvant et fibres végétales.

CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSION

Détermination de la composition :

Pour 3 éprouvettes.

Composition		Dosage pondérale
Type de sable	Sable de dune	100%
	Sable mixte	40%
Ciment		450 kg/m ³
Eau		230 ml
Eau /ciment		0.6
Adjuvant		2%
Fibre végétale		1%

Tableau (IV.1) : composition de mortier étudié

Détermination de la résistance du mortier durci :

La résistance mécanique est exprimée par le pouvoir du mortier de résister à la compression, de traction et de flexion

Après la détermination de différents dosages des composants du mortier ces derniers seront mélangés et gâchés puis l'on effectue les essais de mesure de fluidité,

On coule le mortier frais de composition (C/S) avec un rapport (E/C) dans des moules prismatiques (4 x 4 x 16) cm³

Après avoir lubrifié ces derniers, On leur fait subir des vibrations jusqu'à l'apparition d'une couche de laitance du ciment sur la surface libre, Pour avoirs une surface lisse sur la face supérieure de l'éprouvette, cette dernière est arasée à l'aide d'une règle biseautée, le

CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSION

démoulage est effectué 24 heures après la confection du mortier, avant de soumettre les éprouvettes aux essais, ces dernières sont laissées à l'air libre.

Avant les essais, les éprouvettes sont exposées à l'air libre pendant 20 minutes pour qu'elles acquièrent l'état normal d'humidité,

Les essais mécaniques réalisés au laboratoire sont :

a. Traction par Flexion: (EN 196-1)

- La traction flexion trois points (3 pts) sur trois éprouvettes de $4 \times 4 \times 16$ cm³

- La mesure de la résistance à la traction par flexion est effectuée sur une machine pourvue d'un dispositif de flexion par trois points tels que schématisés sur la figure (). La résistance est calculée selon la formule :

$$R_f = \frac{1.5F_f}{b^3} l$$

Avec

F_f : Charge de rupture en N.

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

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

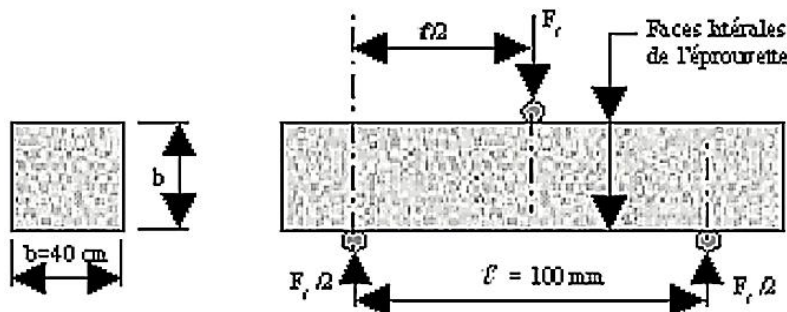


Figure IV. 1: Dispositif pour l'essai de résistance à la Flexion trois points [28]

b. Compression simple : NFP 15-451

La résistance à la compression des mortiers de fibres est mesurée conformément à la norme EN 196-1, à l'aide d'une presse hydraulique pour chaque durée et chaque type de mortier.

Les demi-prismes de l'éprouvette obtenus après rupture en flexion seront rompus en compression comme l'indique la Figure (IV.20) si F_c est la charge de rupture à la compression, et b est le côté de la section, la contrainte de rupture sera : [12]

$$R_c = \frac{F_c}{S}$$

Cette contrainte est appelée résistance à la compression, cette résistance est exprimée en [MPA].

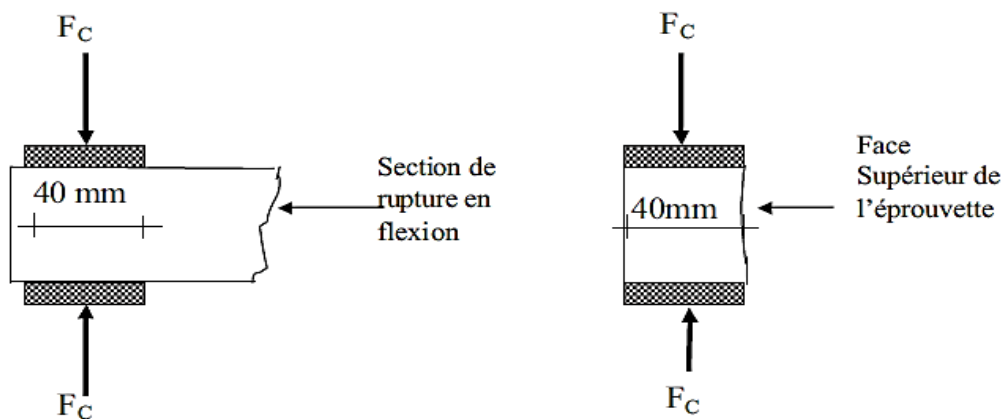


Figure IV.2 : Dispositif de rupture en compression [12]

Les résultats expérimentaux des essais mécaniques obtenus sont au tableau (IV.3) donnant la valeur moyenne de trois essais.

IV.2.2. Détermination de la Masse Volumique :

On détermine la masse volumique après avoir retiré les éprouvettes des bacs et les avoir laissés à l'air libre pendant 20 minutes afin qu'elles aient une humidité nominale juste avant l'essai mécanique aux différents âges, on détermine la masse volumique est donnée par la formule suivante :

$$P = (M/V)$$

Ou : M : masse de l'éprouvette,

V : volume de l'éprouvette,

CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSION

Les résultats obtenus au tableau (IV.2), donnant les valeurs moyennes de trois essais.

Masse volumique En (g/cm³)									
	C=20 coups			C=10 coups			C=0 coups		
Type de sable	07j	14j	28j	07j	14j	28j	07j	14j	28j
dune	2.27	2.27	2.27	2.19	2.15	2.15	2.09	2.13	2.07
dune	2.08	2.11	2.14	2.07	2.06	2.12	1.99	2.03	2.0
dune	2.04	2.07	2.07	1.95	1.93	2.04	1.85	1.93	1.98
dune	2.23	2.25	2.33	2.14	2.21	2.25	2.04	2.08	2.12
dune	2.35	2.50	2.45	2.19	2.26	2.33	2.09	2.10	2.21
dune	2.22	2.22	2.16	2.09	2.06	2.05	1.96	1.92	1.90
dune	2.79	2.17	2.09	2.07	2.07	2.05	2.05	2.04	1.96
dune	2.22	2.27	2.23	1.93	1.94	1.95	1.95	1.92	1.93
dune	2.26	2.22	2.20	1.96	1.93	1.91	1.97	1.94	1.96

Tableau (IV.2) : Masse Volumiques des mortiers étudiant

CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSION

Masse volumique En (Cm³/gr)									
	C=20 coups			C=10 coups			C=00 coups		
Type du sable	07j	14j	28j	07j	14j	28j	07j	14j	28j
Mix	2.20	2.22	2.24	2.11	2.14	2.14	2.07	2.11	2.11
Mix	2.05	2.10	2.12	2.05	2.06	2.11	1.90	2.01	2.0
Mix	2.03	2.05	2.07	1.99	1.93	2.04	1.68	1.85	1.95
Mix	2.20	2.29	2.33	2.13	2.24	2.25	2.03	2.06	2.09
Mix	2.30	2.40	2.45	2.30	2.40	2.33	2.15	2.10	2.25
Mix	2.22	2.22	2.16	2.09	2.06	2.01	1.96	1.91	1.88
Mix	2.80	2.18	2.09	2.07	2.07	2.05	2.05	2.04	1.96
Mix	2.24	2.27	2.23	1.93	1.94	1.95	1.90	1.97	2.0
Mix	2.1	2.04	2.00	1.96	1.93	1.91	1.91	1.94	1.97

Tableau (IV.3) : Masse Volumiques des mortiers étudiant

La masse volumique

a) effet de temps

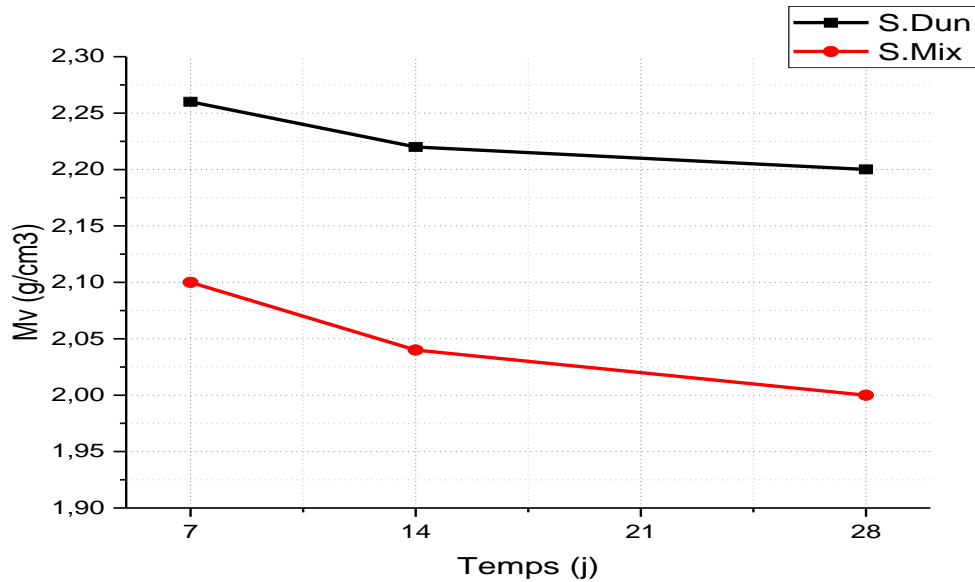


Figure IV.3 : la masse volumique en fonction le temps et types de sable

On remarque d'après les résultats obtenus et représentés sur le tableau (4,3) et par la figure(IV .3) que la masse volumique présente une variant non significative dans le temps, le sable de dune donne une meilleur masse volumique, à titre d'exemple la masse volumique à base de sable de dune est supérieure de plus de 11% que la masse volumique du mortier à base de sable de sable mixte.

*effet de l'énergie de compactage

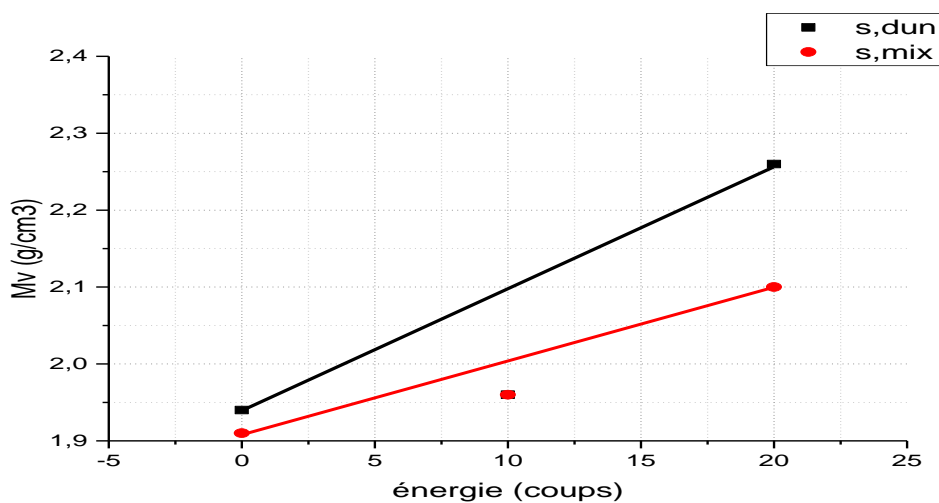


Figure IV.4 : la masse volumique par rapport énergie de compactage et le deux type de sable

CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSION

On remarque d'après la figure (IV.4) que l'augmentation de l'énergie de compactage est suivie par une baisse significative de la masse volumique pour les deux sables utilisés, sable du dune 15,38% et sable mixte 10,52% cela est dû à la réduction des pores.

IV.2.3.Détermination de la capacité d'absorption :

L'on détermine la capacité d'absorption des mortiers après avoir retiré les éprouvettes et les avoir laissés à l'air libre. Afin qu'elles aient une humidité nominale, juste après l'essai mécanique aux 7, 14 et 28 jours la masse sèche de ces éprouvettes est donnée par la relation suivante:

$$W(\%) = \frac{M_h - M_s}{M_h} * 100$$

Où :

M_h : La masse de l'éprouvette contenue d'eau absorbée

M_s : La masse de l'éprouvette sèche (après l'étuve pendant 24 h à 105 °C)

Les résultats obtenus sont regroupés au tableau (IV.4) donnant les valeurs moyennes de trois essais

CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSION

L'absorption en (%)									
Sable de la dune	07jours	14jours	28jours	07jours	14jours	28jours	07jours	14jours	28jours
0 couts 1	8.96	8.68	8.96	7.91	8.89	9.30	7.38	6.98	7.59
0 couts 2	4.06	5.30	5.64	7.88	8.01	8.47	8.94	9.10	9.33
0 couts 3	5.77	5.22	5.92	6.04	6.30	6.30	7.53	7.75	7.43
10 couts 1	5.53	5.77	5.96	8.02	6.01	7.34	7.56	6.95	7.41
10 couts 2	6.30	6.30	6.48	6.64	5.75	6.12	7.83	5.16	6.66
10 couts 3	7.41	7.50	6.23	7.30	4.86	7.11	6.81	7.80	7.50
20 couts 1	5.25	6.85	6.17	5.93	6.59	6.52	7.32	7.01	7.06
20 couts 2	6.06	4.00	6.34	6.52	7.59	7.59	7.07	8.20	7.70
20 couts 3	5.12	5.00	5.28	6.10	7.44	7.23	7.05	6.59	6.03

Tableau (IV.4) : Capacité d'absorption de sable de la dune

CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSION

L'absorption en (%)									
Sable mixte	07jours	14jours	28jours	07jours	14jours	28jours	07jours	14jours	28jours
0 couts 1	6.56	6.81	6.99	7.35	7.89	8.08	7.38	7.98	8.59
0 couts 2	7.06	7.67	8.30	7.50	8.01	8.47	8.13	8.01	8.61
0 couts 3	7.77	7.40	7.92	7.04	7.39	7.39	6.73	6.85	7.95
10 couts 1	4.53	5.77	5.96	9.02	8.01	9.34	7.56	7.95	8.41
10 couts 2	6.30	5.30	5.48	6.64	5.75	6.12	4.83	5.16	5.66
10 couts 3	7.41	7.50	6.23	7.30	4.86	7.11	6.81	7.80	8.10
20 couts 1	8.25	6.85	6.17	5.93	6.59	5.52	7.37	7.88	8.06
20 couts 2	6.06	4.00	6.34	6.52	7.59	7.59	7.07	8.20	8.55
20 couts 3	6.12	6.00	6.28	6.20	7.56	7.95	7.85	7.50	7.05

Tableau (IV.5) : Capacité d'absorption du sable mixte

L'absorption

a) effet de l'énergie

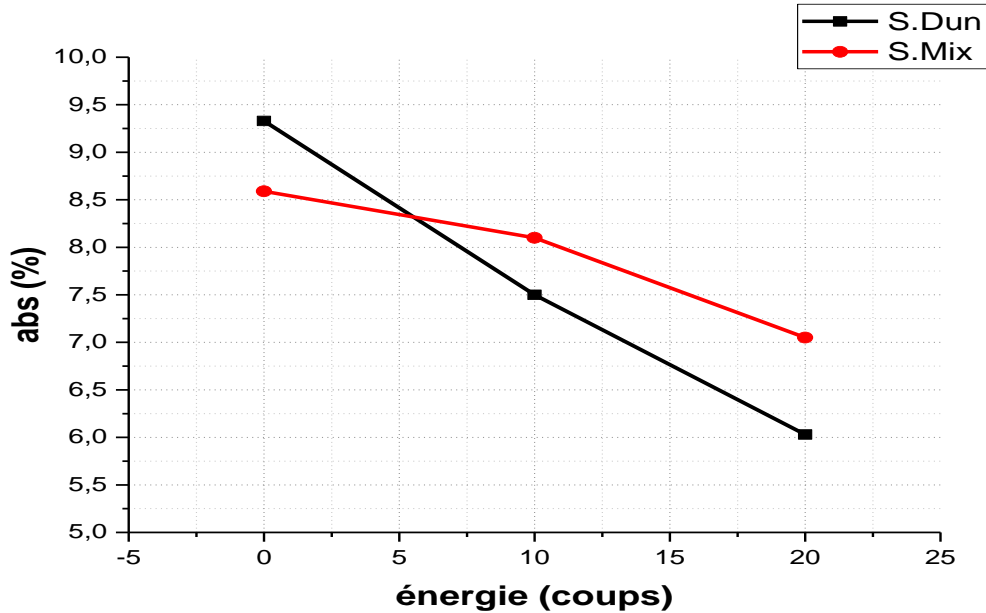


Figure IV.5 : l'absorption par rapport l'énergie de compactage et le deux type de sable

La figure (IV.5) montre que la baisse de l'énergie de compactage diminue l'absorption d'eau pour une énergie de 20 coups l'absorption diminue de a sable de dune 36.17% et sable mixte 17.64%.

b. effet de temps

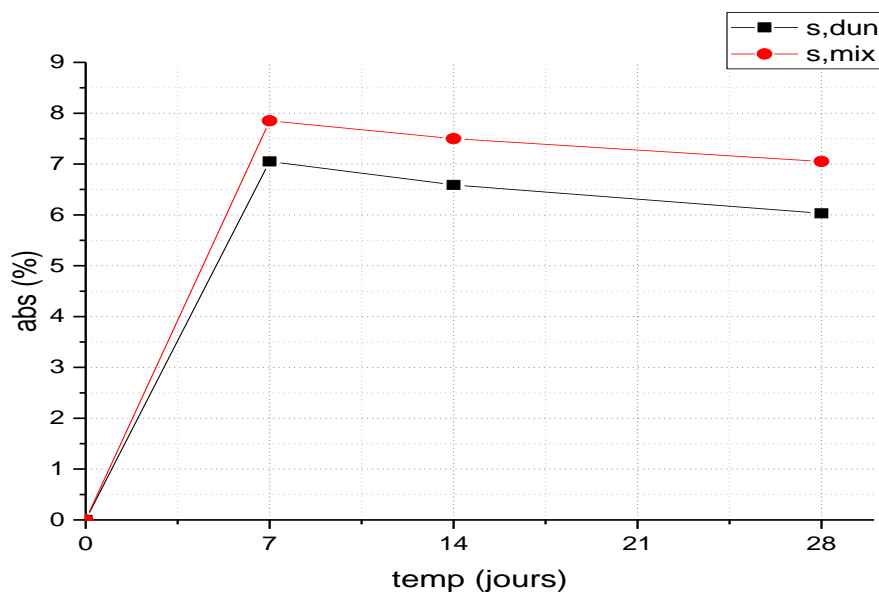


Figure IV.6 : l'absorption par rapport le temps et types de sable

CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSION

Figure (6. IV) montre que l'absorption présente une diminution dans le temps a sable mixte 10% et sable de la dune 14.28%

Sable de dune	Flexion (MPa)			Traction (MPa)			Compression (MPa)		
	7 j	14 j	28 j	7 j	14 j	28 j	7 j	14 j	28 j
0 couts 1	4.8	4.4	6.4	4.10	4.4	5.45	20	21	22.21
0 couts 2	5.5	4.9	2	4.7	4.9	1.7	20	22	10.74
0 couts 3	5.9	5.05	6	5.05	5.5	5.10	17.5	20	20
10 couts 1	5.4	4.8	6.9	4.5	4.8	5.85	20.05	21.5	18.22
10 couts 2	5.20	5.4	7.05	4.5	5.4	6	26	26	21.97
10 couts 3	5.10	5.65	5.3	4.3	5.65	4.9	25	26	23.84
20 couts 1	4.9	5.8	7.05	4.1	5.8	6	23	24.5	29.76
20 couts 2	6.5	5.7	6.9	5.5	5.7	5.9	24.5	26	27.48
20 couts 3	4.9	5.15	7.10	4.20	5.15	6.20	25	30	35.05

Tableau (IV.6) : Résistances mécaniques

CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSION

	Flexion(MPA)			Traction(MPA)			Compression(MPA)		
	7 j	14 j	28 j	7 j	14 j	28 j	7 j	14 j	28 j
Sable mixte									
0 couts 1	5.85	5.6	6.9	5	4.75	5.9	17.5	24.67	14.24
0 couts 2	5.5	6.3	5.3	2.35	5.4	4.5	19.75	21.17	22.93
0 couts 3	6.45	4.6	6.2	5.5	3.95	5.20	15	15.3	27.95
10 couts 1	6.8	6.4	7.1	5.75	5.45	6.05	19	30.32	32.20
10 couts 2	7.6	6.7	6.8	6.5	5.7	5.80	20	27.57	28.14
10 couts 3	6.5	5.6	7.1	5.55	4.75	6.05	21.35	14.86	29.78
20 couts 1	6.8	5.75	8.15	5.8	4.9	6.95	21.03	31.33	34.28
20 couts 2	6.6	6.5	7.9	5.6	5.6	6.75	22.5	20.05	28.34
20 couts 3	6.8	6.85	8.10	5.85	5.8	6.80	25.17	34.36	38.47

Tableau (IV.7) : Résistances mécaniques

*La résistance mécanique

A la compression

a) Effet du temps

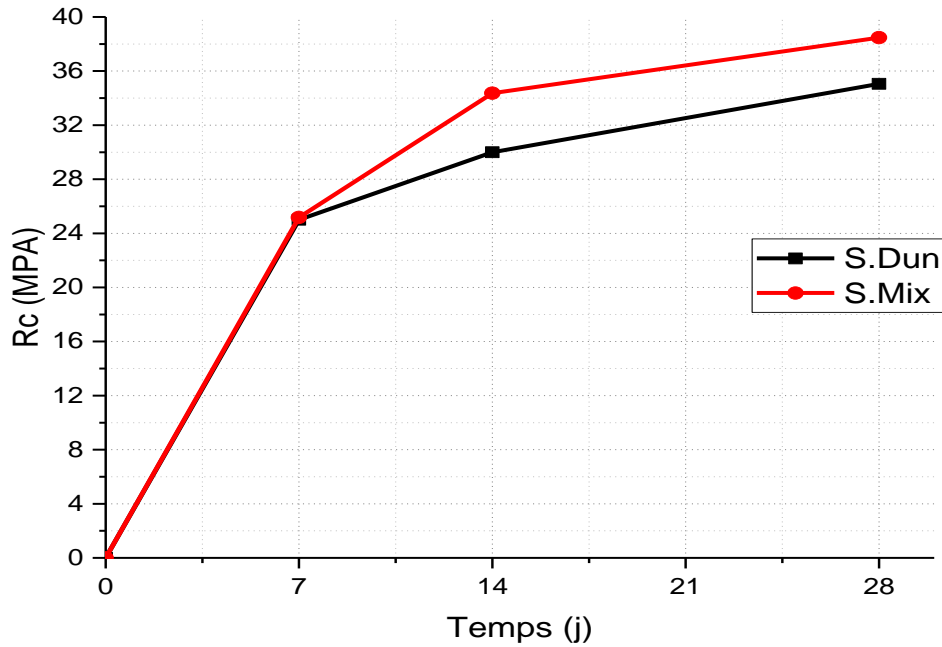


Figure IV.7 : Résistances a la compression par rapport le temps et types de sable

La figure (IV.7) montre une variation parabolique (rapide dans 0-7j) et lente dans l'intervalle 14-28j.

b) effet de l'énergie

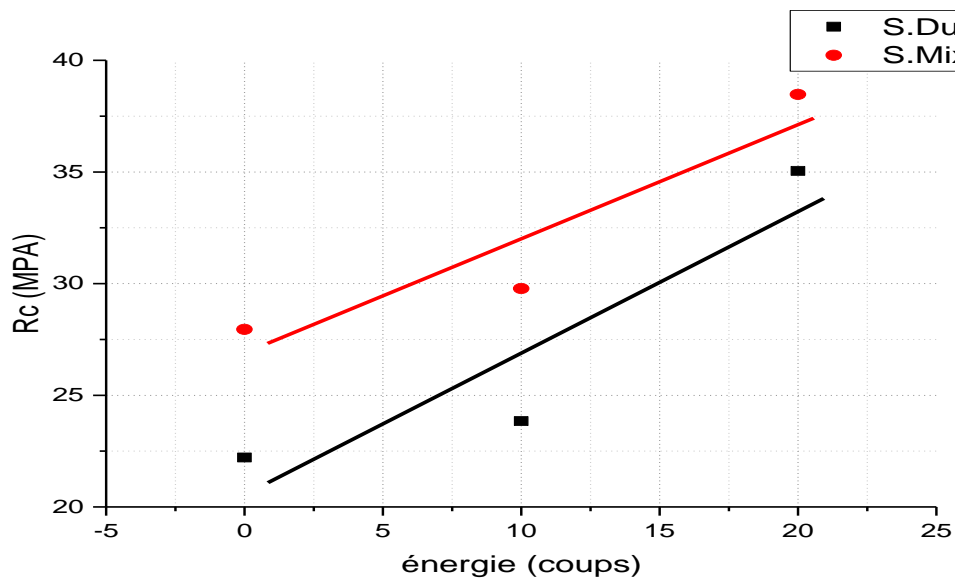


Figure IV.8 : Résistances a la compression par rapport l'énergie de compactage et types de sable

CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSION

La figure IV.8, montre que l'augmentation de l'enragé de compactage est engendre par une hausse de la résistance mécanique a la compression pour les deux compositions. À titre d'exemple on enregistre une hausse de plus de 28.50% pour le sable mixte et de plus de 35.70%.pour le sable de dune

A la traction

Effet de temps

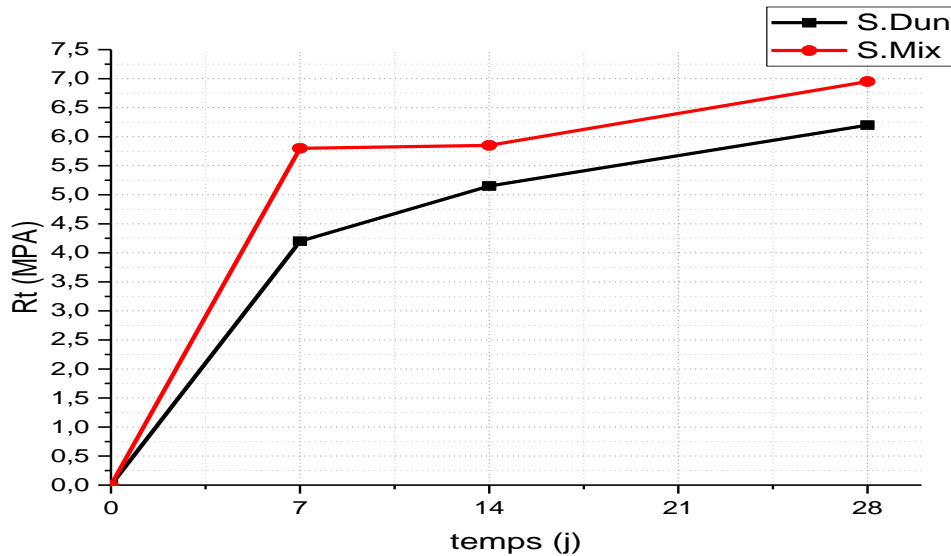


Figure IV.9 : Résistances a la traction dans le temps pour les deux types de sable

La figure (IV.9) montre une variation parabolique (rapide dans 0-7j) et toute dans l'intervalle 14-28j. sable mixte

b) effet de l'énergie

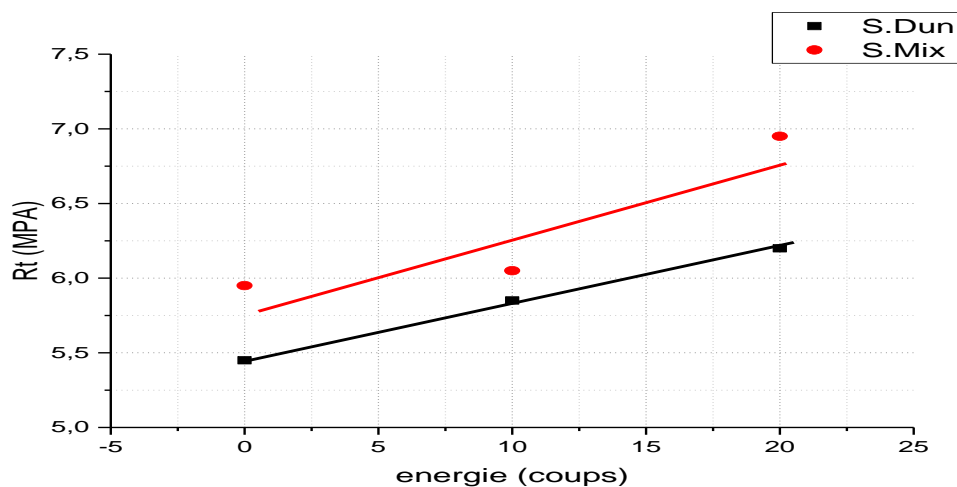


Figure IV.10 : Résistances a la traction par rapport l'énergie de compactage et types de sable

CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSION

La figure IV.10, montre que l'augmentation de l'enragé de compactage est engendré par une augmentation de la résistance mécanique à la traction pour les deux types de sables mixtes. à titre d'exemple pour le sable de dune on note une hausse de 12.9% pour le sable mixte une hausse de 14.28%.

A la flexion

a) effet de temps

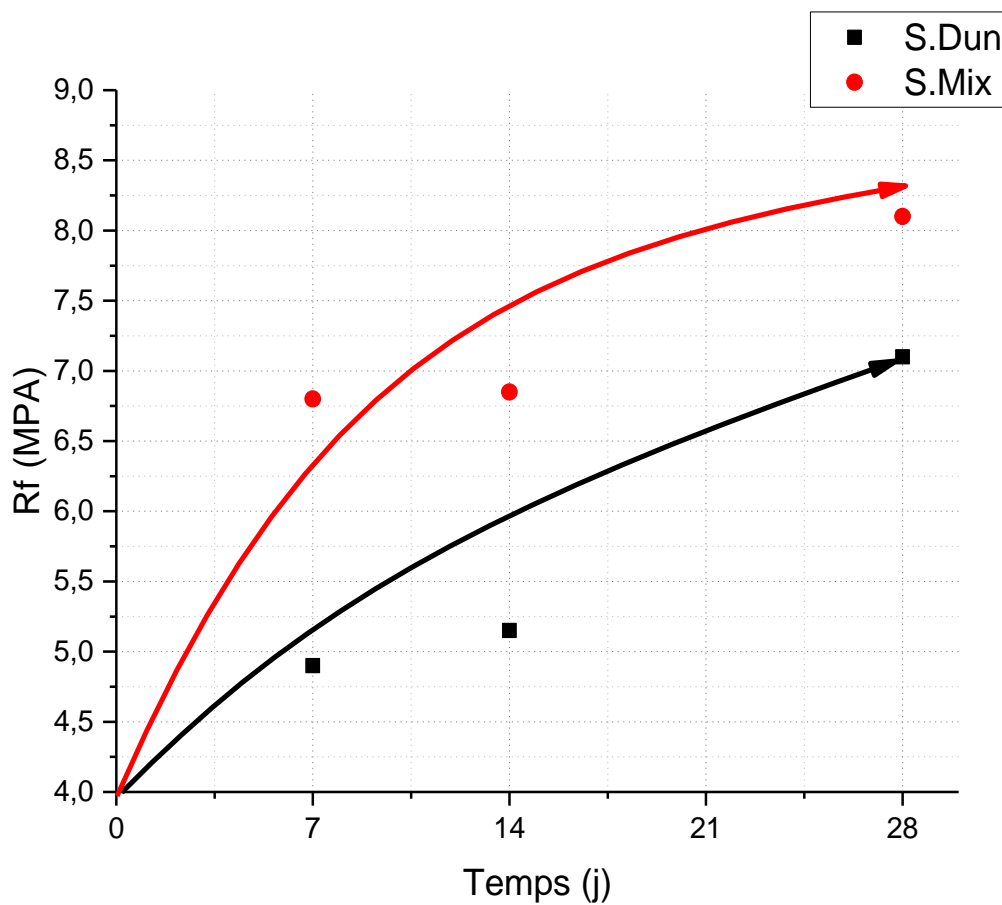


Figure IV.11 : Résistances a la flexion dans le temps pour les deux types de sable

La figure (IV.11) montre une variation parabolique (rapide dans 0-7j) et toute dans l'intervalle 14-28j. Sable mixte 50.06% et sable dune 42.93%.

Effet de l'énergie

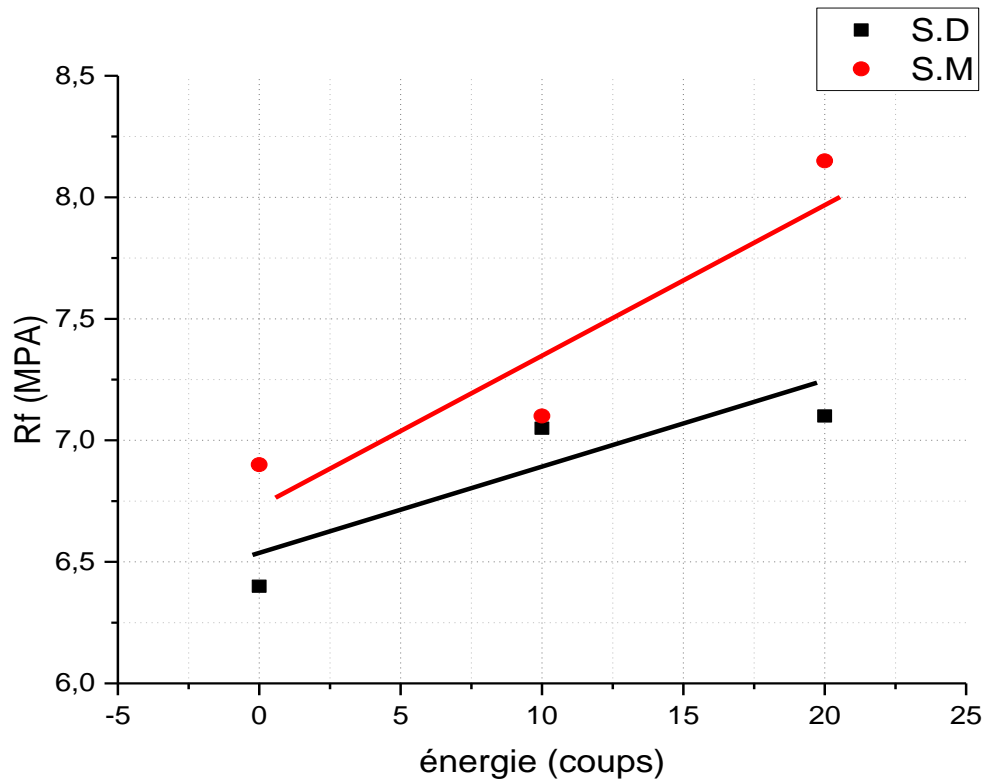


Figure IV.12 : Résistances à la flexion par rapport l'énergie de compactage et types de sable

La figure IV.12, montre que l'augmentation de l'énergie de compactage est engendrée par une augmentation de la résistance mécanique à la flexion. À titre d'exemple pour le sable de dune on note une hausse de 9.85% et pour le sable mixte une hausse de 19.04% 14.28% .

CHAPITRE VI

Ce travail expérimental est une contribution à l'amélioration des propriétés des mortiers par substitution partielle du sable de dune par le sable concassé et ajout de fibre végétale et l'adjuvant et changement de l'énergie de compactage (nombres de coups).

Dans notre étude nous avons utilisé trois ajouts avec différents taux :

- *sable mixte (40% concassé et 60% dune)
- *sable de la dune (100%)
- *fibre végétale (1 %).
- *adjuvant **Le SUPERIOR 126** (2%).
- *l'énergie de compactage (0, 10, 20 coups)

Les résultats obtenus dans cette étude expérimentale nous permettent de tirer les conclusions suivantes :

- L'ajout du 40% sable concassé a amélioré le squelette du mortier et a normalisé le sable mixte et a permis un gain de résistance supérieur à (8.15 MPA de résistance à la traction par flexion et 38.47 MPA de résistance à la compression).
- La résistance à la compression au jeune âge des mortiers est améliorée par l'application d'une énergie de compactage de 20 coups de 40 %.
- L'ajout du 1% de fibre végétale a permis de réduire la masse volumique de plus de 11%.
- 2 % d adjuvant a permis de réduire l'eau de gâchage de plus de 17.39%.
- L'incorporation de 2% d adjuvant au mortier, à un effet très efficace sur la résistance mécanique, elle augmente de 30% par rapport à celle du témoin en compression, en plus de ça on a remarqué que l'ajout de l'adjuvant a réduit l'absorption d'eau de plus de 34.25%.

Recommandations et perspectives :

A la lumière des conclusions rapportées précédemment, pour obtenir un mortier de qualité il est recommandé d'utiliser:

- ✓ Un sable mixte composé de 60% de sable de dune et 40% de sable concassé.

- ✓ Un application d'une énergie du compactage de 20 coups.

- ✓ Un dosage de 2% d'adjuvant.

Future travaux

Pour compléter ce travail, on essayant de réaliser un mortier plus performant on prenant en compte :

- ❖ Un sable mixte de composition (45%,50%,55 %).

- ❖ Utiliser 1.5% du super plastifiant(**Le SUPERIOR 126**) et utiliser un autre type d adjuvant.

Utiliser 30 coups de l'énergie du compactage.

Références bibliographies :

- [1]-**Georges AUSSÉDAT**, Yannick DESCANTES, Jeanne-Sylvine GUEDON - Référence C902 10 août 2007 | Pierre DUPONT,)
- [2]-**KETTAB.R** . valorisation du sable de dune . thèse de doctorat ENP 2007
- [03]- **FICHES TECHNIQUES**. CT-G10. Chapitre2. Les constituants des bétons et des mortiers. Les granulats pour béton. Page 32. janvier 2013
- [04]- **FICHES TECHNIQUES**. Les bétons : formulation, fabrication et mise en œuvre. Page 96-110-120-129. Réédition janvier 2013
- [05]-**DREUX G, FESTA J**, (2002), Nouveau guide du béton et de ses constituants , Huitième édition, Edition eyrolles.
- [06]-**Cours MDC**. Licence université de m'sila
- [7]- **CIMBETON CT-T47**. Durabilité .Guide de prescription des ciments pour des constructions durables. Cas des bétons coulés en place.2005
- [8]- **DUPAIN. R. LANCHON. R. SAINT ARROMAN. J.** Granulats. Sols. Ciments et bétons – caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire. Collection CAPLIEZ, édition CASTEILLA. Paris 2000.
- [09]- **GHOMARI FOUAD**. Cours science des matériaux de construction. Université Abou bekar belkaid.2011 – 2012
- [10]- **CIMBETON CT-T47**. Durabilité .Guide de prescription des ciments pour des constructions durables. Cas des bétons coulés en place.2005
- [11]- **MICHAËL DIERKENS**. Thèse mesures rhéologiques et modélisation de matériaux en cours de prise.6 janvier 2005 P-p23-24
- [12]-**MOKHTARI ABDESSAMED**. Université de Kasdi Merbah Ouargla. Influence des ajouts de fines minérales sur les Performances Mécaniques des Bétons Renforcés de Fibres Végétales de Palmier Dattier. 06/11/2006
- [13]- **JURKIEWIEZ B. SI LARBI A. HAMELIN P.** Mortier de fibres de lin : applications possibles et caractérisation. Universitaires de Génie Civil. Tlemcen, 29 au 31 mai 2011

- [14]- **BALEY. C.** Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites. 2004. AM6(AM5130): p. 1-12.
- [15,]- **FICHE TECHNIQUE** Tom 2 « les bétons : formulation, fabrication et mise en œuvre » CIMBETON centre d'Information sur le ciment et ses applications, 2002.
- [16]- **FRD.FIBRES RECHERCHE DEVELOPPEMENT** .Fibres et renforts végétaux Solutions composites. Mars 2012
- [17]- **BLEDZKI A.K.** and **G. J.** Composites reinforced with cellulose based fibres. Progress in polymer Science. 1999.
- [18]- **FRD-LAB**, Données internes. 2011, Fibres Recherche Développement: Troyes.
- [19]- **MUNAWAR S. S.U.K.E.S.K.** Caractérisation of the morphologique, physico, and mechanical propertés of seven Norwood plant fibre bundles. Journal of Wood Science, 2007.
- [20]- **LAABOUS.** Les ciments. Les Bâtiments et Travaux Publics -BTP-. 18 May 2014
- [21]- **KENNOUCHE SALIM.** Cours Matériaux De Construction. Université de Bouira.2010
- [22]- **INFOIMMO** .2007-2013
- [23]-**Barakat A.** matériaux de carrière et de construction université Sultan Moulay Slimane, laboratoire Géo ressources et Environnement .
- [24]-**DREUX G, FESTA J,** (2002), Nouveau guide du béton et de ses constituants , Huitième édition, Edition eyrolles.
- [25]-**Salim Guettala .Bouzidi Mezghiche.** Laboratoire de recherche en génie civil LRGCB, Université de Biskra , Algérie
- [26]-**Norme française,** Analyse granulométrique par tamisage»NF P 18-560, Septembre 1990.
- [27]-**KETTAB RATIBA** Contribution à la valorisation du sable de dunes», Mémoire de Magister, ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
- [28]- **NASRI A.GHANI.** Cours : Structuration et hydratation du ciment. Université de M'sila.2014.

RESUME:

Dans le domaine de construction, la recherche actuelle c'est orientée à la valorisation des matériaux en générale, et en particulier les matériaux locaux, afin de combattre à la fois la flambée des prix que connaît le monde et en même temps assuré l'équilibre de la nature par la résolution du problème de pollution qui permet à la survie de plusieurs espèces qui constituent les maillons important pour l'équilibre de la nature.

L'objectif de notre travail consiste à améliorer la granulométrie du sable de dune par ajouts de sable concassé, améliorer la fluidité et la résistance mécanique du mortier durci par l'incorporation d'adjuvant et l'ajoute de fibres végétales pour améliorer la résistance en flexion, et changement le nombre de coups (énergie de compactage) pour améliorer la cohésion les grains du pate.

Les résultats tirés de ce travail de recherche confirment que le taux de 40% de sable concassé améliore la compacité des mortiers et augmente leurs résistances, le taux de 2 % de super plastifiant donne une meilleur résistance au mortier et l'ajout de 1% de fibres végétales améliorer la résistance mécanique et changement le nombre de coups (énergie de compactage) 0 /10/ 20 pour améliorer la compacité du mortier.

Mots clés : sable, fibre végétale, Adjuvant, compacité, résistance mécanique.

ABSTRACT

In the field of construction, current research is oriented to the valuation of general materials, and in particular local materials, to fight both the soaring prices that knows the world and at the same time ensured the balance of nature by solving the pollution problem that allows the survival of several species that are the major links for the balance of nature.

The objective of our work is to improve the particle size of the sand dune by additions of crushed sand, improve the fluidity and strength of the mortar hardened by incorporating adjuvant and adds plant fibers to improve the flexural strength, and change the number of shots (energy of compact age) to improve cohesion grain dough.

Results from this research confirm that the rate of 40% crushed sand improves the compactness of mortars and increases their resistance, the rate of 2% of superplastifiant gives a better resistance to mortar and adding 1% fiber vegetable improve mechanical resistance and change the number of shots (energy of compact age) 0/10/20 to improve campsite mortar.

Keywords: sand, vegetable fiber, Adjuvant, compactness, strength.

ملخص

ركزت الأبحاث الحالية في مجال البناء على تقييم المواد بشكل عام، و المواد المحلية خاصة لمكافحة ارتفاع الأسعار على حد سواء التي شهدها العالم، و في الوقت نفسه تحقيق التوازن في الطبيعة بما في ذلك إيجاد حلول لمشاكل التلوث من أجل بقاء عديد الأنواع التي تكون الروابط الرئيسية لتوازن الطبيعة.

الهدف من عملنا يركز على تحسين قياس حبيبات رمل الكثبان و ذلك بإضافة رمل المقلع، تحسين سائلية و مقاومة الملاط الميكانيكية و إضافة الألياف النباتية لتحسين أداء الملاط لمقاومة الانحناء و التغيير في عدد الصدمات للملاط من اجل القضاء على فقاعات الهواء و تحسين إتصاق حبيبات الخليط

نتائج هذا البحث تؤكد أن نسبة 40% من رمل المقلع يحسن تراص في تكوين الملاط و يزيد من مقاومته 2% من المادة المساعدة تمنح مقاومة جيدة و بإضافة 1% من الألياف تسمح بتحسين المقاومة الميكانيكية و التغيير في عدد الصدمات 0 و 10 و 20 لتحسين تراص حبيبات الخليط

الكلمات المفتاحية: ملاط، الألياف النباتية، المقاومة الميكانيكية، التراص، رمل

Chapitre I :
Introduction générale

Chapitre II :
Etude bibliographie

Chapitre III :

Caractéristiques des matériaux utilisés

Chapitre IV :
Résultats et discussion

Chapitre V :

Conclusions générales et recommandations