

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de génie civil et hydraulique

C :
R :

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

Thème

**Effet de l'ajout du plastifiant sur les caractéristiques mécaniques et
rhéologiques du béton de sable de dunes**

Présenté par :

- ❖ BABAHAMMOU Mohamed Takieddine
- ❖ LEHELLI Hocine Cherif

Soumis au jury composé de :

MENNAAI Amor	MAA	Université d'Ouargla	Président
AKCHICHE Hamida	MCB	Université d'Ouargla	Examinatrice
BELFERRAG Allaoua	MCB	Université d'Ouargla	Encadreur
MEZIANI Nedjma	MAA	Université d'Ouargla	Co-Encadreur

Année Universitaire : 2021 / 2022



Remerciements

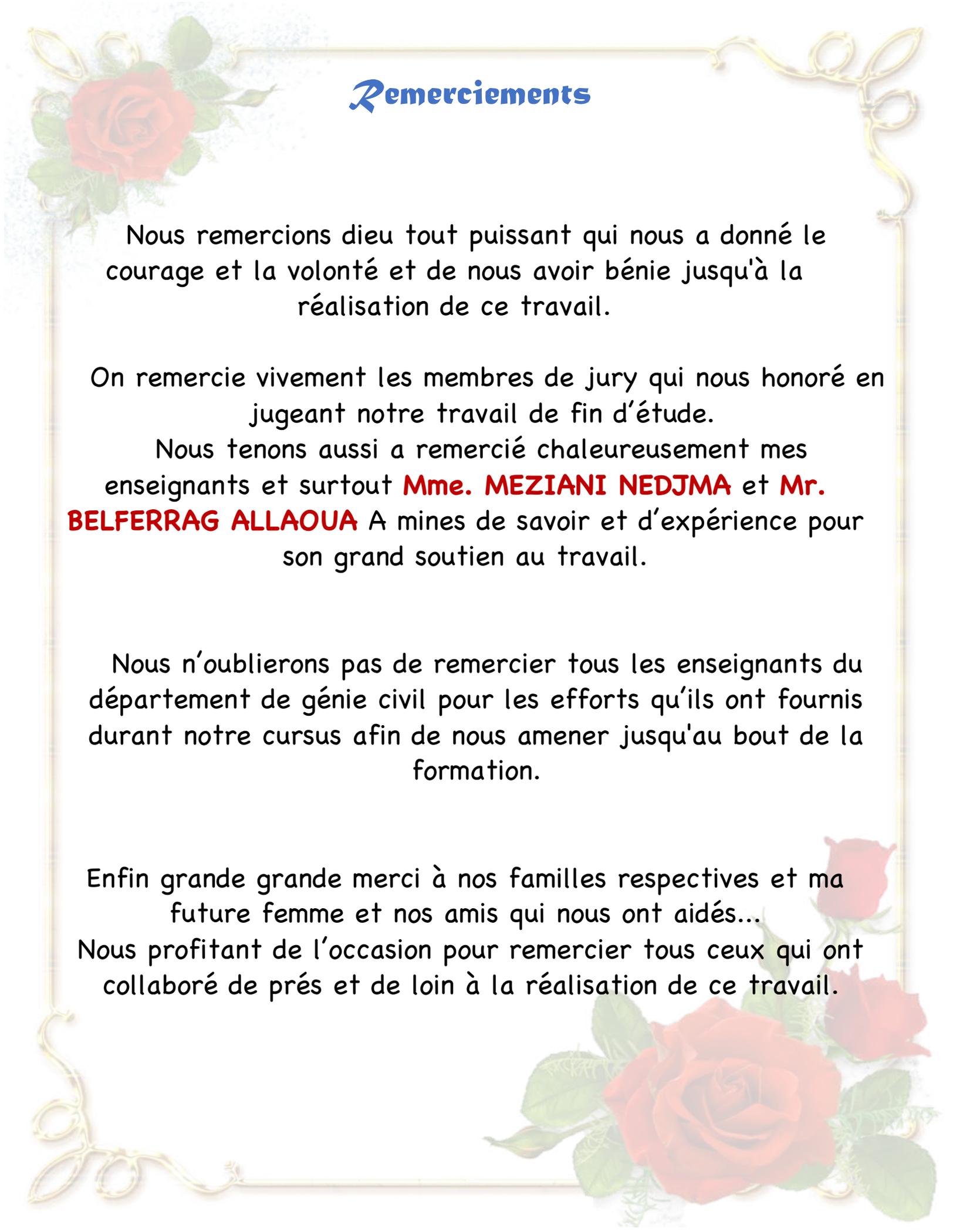
Nous remercions dieu tout puissant qui nous a donné le courage et la volonté et de nous avoir bénie jusqu'à la réalisation de ce travail.

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

Nous tenons aussi a remercié chaleureusement mes enseignants et surtout **Mme. MEZIANI NEDJMA** et **Mr. BELFERRAG ALLAOUA** A mines de savoir et d'expérience pour son grand soutien au travail.

Nous n'oublierons pas de remercier tous les enseignants du département de génie civil pour les efforts qu'ils ont fournis durant notre cursus afin de nous amener jusqu'au bout de la formation.

Enfin grande grande merci à nos familles respectives et ma future femme et nos amis qui nous ont aidés...
Nous profitant de l'occasion pour remercier tous ceux qui ont collaboré de près et de loin à la réalisation de ce travail.



SOMMAIRE

Liste des tableaux.....	
Liste des figures.....	
Liste des photos.....	
Introduction générale	01
Chapitre 01: Étude bibliographique	
1.1. Introduction	02
1.2. Béton de sable	02
1.2.1. Historique	02
1.2.2. Généralités	03
1.3. Composition de béton de sable	03
1.3.1. Sables	03
1.3.2. Le ciment	04
1.3.3. Eau de gâchage	04
1.3.4. Les adjuvants	05
1.4. Domaine d'utilisation des bétons de sable	05
1.4.1. Inconvénients des bétons de sable	05
1.4.2. Avantages des bétons de sable.....	06
1.4.3. Amélioration des propriétés des bétons de sable	06
1.5. Les caractéristiques mécaniques des béton de sable	06
1.5.1. Résistance mécanique	06
1.5.2. Comportement en compression	07
1.5.3. Comportement en traction	07
1.6. Comportement rhéologique – retrait -.....	08
1.7. Conclusion.....	09
Chapitre 2 : Les caractéristiques des matériaux utilisés	
2.1. Introduction	10
2.2. Caractéristiques des matériaux utilisés	10
2.2.1. Sable	10
2.2.2. Ciment	18

2.2.2.1. Caractéristiques chimiques	18
2.2.2.2. Caractéristiques mécaniques	18
2.2.2.3. Caractéristiques techniques	19
2.2.3. Eau de gâchage	20
2.2.4. Adjuvant	20
2.3. Formulation et préparation d'un béton de sable	22
2.4. Essais de maniabilité	22
2.4.1. Principe de l'essai	22
2.4.2. L'appareil utilise.....	22
2.4.3. Conduite de l'essai	23
2.5. Conclusion	25

Chapitre 3: Les résultats et discussions

3.1. Introduction	26
3.2. Confection des éprouvettes	26
3.2.1. Mise en place du béton dans les moules	26
3.2.2. Mode de conservation	26
3.3. Résistances mécaniques.....	27
3.3.1. Résistance à la compression.....	27
3.3.2. Résistance mécanique de traction par flexion.....	30
3.4. Essai rhéologique -retrait-.....	33
3.4.1. Essai de retrait.....	33
3.5. Perte en poids	34
3.6. Conclusion.....	35
Conclusion générale	36
Références bibliographiques	37
Annexe.....	39

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1: Courbe contrainte-déformation en compression simple	07
Figure 1.2: Comportement du béton en traction simple.....	08
Figure 2.1 La courbe d'analyse granulométrique de sable de dune.....	12
Figure. 2.2 : Principe de fonctionnement du maniabilité LCL (B).....	23
Figure. 2.3 Maniabilité LCL.....	23
Figure 3.1: Dispositif de rupture en compression	27
Figure 3.2: Variation de la compression des bétons de sable de dune en fonction d'âge.....	28
Figure 3.3: La Résistance à la compression à 7 jour.....	28
Figure 3.4: La Résistance à la compression à 21 jour.....	29
Figure 3.5: La Résistance à la compression à 28 jour.....	29
Figure 3.6 : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 points)	30
Figure 3.7: Résistance de traction par flexion à 7 jour.....	31
Figure 3.8: Résistance de traction par flexion à 21 jour.....	31
Figure 3.9: Résistance de traction par flexion à 28 jour.....	32
Figure 3.10: Variation du retrait des bétons de sable de dune en fonction d'âge.....	33
Figure 3.11: Variation de la perte en poids des bétons de sable de dune en fonction d'âge.....	34

LISTE DES PHOTOS

Photo 2.1: les tamisages utilisés dans l'essai.....	11
Photo 2.2: Essai d'équivalent de sable.....	14
Photo 2.3: Essai de la masse volumique apparente.....	16
Photo 2.4: essai de la masse volumique absolue.....	17
Photo 2.5: Adjuvant utilisé dans la confection du béton.....	21
Photo 2.6: Essai de Maniabilimètre.....	22

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Résultats d'analyse granulométrique du sable de dunes.....	12
Tableau 2.3 : Nature et qualité du sable selon les valeurs d'équivalent de sable.....	15
Tableau 2.4 : Résultats de l'équivalent de sable.....	15
Tableau 2.5 : L'analyse chimique du ciment.....	18
Tableau 2.6 : Caractéristiques physiques et mécaniques de ciment utilisé.....	18
Tableau 2.7 : L'analyse chimique de ciment.....	19
Tableau 2.8. Propriétés physiques de ciment.....	19
Tableau 2.9. Temps de prise à 20° (NA 230) de ciment.....	19
Tableau 2.10. Composition minéralogique de clinker (Bogue) de ciment.....	19
Tableau 2.11. Résistance à la compression de ciment.....	20
Tableau 2.12: Caractéristiques de MEDAFLUID 40.....	21
Tableau 2.13 : Classe de consistance selon la durée d'écoulement.....	24
Tableau 2.14 : Formulation de béton de sable.....	24

RÉSUMÉ

Dans ce travail, nous avons essayé d'étudier l'effet de l'ajout de plastifiant (medafluid 40) sur les caractéristiques mécaniques et rhéologiques, en jouant sur la variation du rapport eau/ciment (E/C) dans la fabrication du béton, afin de trouver le pourcentage du plastifiant approprié qui devrait être ajouté pour donner de meilleurs résultats au béton. Les résultats ont montré que la résistance à la compression et à la flexion s'améliorait par l'ajout de plastifiant et le meilleur résultat est donné par le béton de sable de dunes réalisé avec un rapport $E/C = 0,52$ et un dosage en plastifiant de 1,45% (SD3), pour la caractéristique rhéologique (retrait), une meilleure amélioration est donnée par le béton ayant un rapport $E/C = 0.56$ et un dosage en plastifiant de 0.4% (SD1) par rapport au béton témoin.

MOTS-CLES : sable de dunes, béton de sable, plastifiant, retrait, caractéristiques mécaniques.

ملخص

حاولنا في هذا العمل دراسة تأثير إضافة الملدن (medafluid 40) على الخصائص الميكانيكية والريولوجية، من خلال اللعب على تباين نسبة الماء / الأسمنت (E / C) في صناعة الخرسانة. لإيجاد نسبة الملدن المناسبة التي يجب إضافتها لإعطاء نتائج أفضل للخرسانة. أظهرت النتائج تحسن مقاومة الانضغاط والانحناء مع إضافة الملدن وأفضل نتيجة يتم الحصول عليها من الخرسانة الرملية الكثيفة المصنوعة بنسبة $E / C = 0.52$ الملدن بنسبة 1.45% (SD3). الخصائص الريولوجية (الانكماش) ، يتم إعطاء تحسن أفضل من خلال الخرسانة التي تحتوي على نسبة $E / C = 0.56$ والملدن بنسبة 0.4% (SD1) مقارنة بالعينة الشاهدة.

الكلمات الرئيسية: الكثبان الرملية، خرسانة الكثبان الرملية، الملدن، الانكماش، الخصائص الميكانيكية.

ABSTRACT

In this work, we tried to study the effect of the addition of plasticizer (medafluid 40) on the mechanical and rheological characteristics, by playing on the variation of the water/cement (W/C) ratio in the manufacture of concrete., in order to find the percentage of the appropriate plasticizer that should be added to give better results to the concrete. The results showed that the compressive and flexural strength improved with the addition of the plasticizer and the best result is given by the dune sand concrete made with a W/C ratio = 0.52 and a dosage in plasticizer of 1.45% (SD3), for the rheological characteristic (shrinkage), a better improvement is given by concrete having a W/C ratio = 0.56 and a plasticizer dosage of 0.4% (SD1) compared to concrete witness.

KEYWORDS: dune sand, sand concrete, plasticizer, shrinkage, mechanical characteristics.

INTRODUCTION GENERALE

Aujourd'hui le béton est le matériau le plus utilisé dans le domaine de la construction grâce à sa facilité de mise en œuvre et son prix de revient concurrentiels par rapport aux autres matériaux. Sa consommation est presque de 1 m³ de béton par personne à travers le monde.

Le béton de sable de dunes contient de nombreuses caractéristiques qui nous permettent de bénéficier de son utilisation dans divers domaines de la construction, et cela est principalement dû à la disponibilité de la matière première (sable, ciment et eau) pour la fabrication de ce dernier, contrairement au béton ordinaire. Dans laquelle le gravier est utilisé en grande proportion. Sachant que ce dernier ayant un procédé d'extraction coûteux d'une part et présente une menace pour la stabilité de l'environnement d'autre part, sans parler des zones sahariennes à travers lesquelles de longues distances doivent être parcourues pour obtenir ce matériau.

La disponibilité des matériaux locaux à savoir le sable de dunes qui couvre une grande partie du territoire national, permet une exploitation et une valorisation dans le domaine de construction, cette valorisation a pour but à la fois de réduire le coût et préservé l'environnement.

Depuis plusieurs décennies, dans un environnement en constante mutation, les adjuvants s'imposent comme un composant essentiel et incontournable des bétons modernes. Aujourd'hui, plus de 95 % des bétons sont réalisés avec l'ajout d'adjuvants. Ils sont un catalyseur essentiel de l'évolution technologique des bétons, que ce soit au niveau des propriétés à l'état frais des bétons (facilité et confort de mise en œuvre), qu'en termes de performances mécaniques et de résistances.[1]

L'objectif de ce travail consiste à étudier l'effet de l'ajout medafluid 40 sur les caractéristiques mécaniques et rhéologique de béton de sable de dunes.

Ce travail est subdivisé en trois chapitres, le premier chapitre est une analyse bibliographique sur le béton de sable de dune. Dans le deuxième chapitre nous avons abordé la caractérisation des différents constituants utilisés. Et pour terminer le dernier chapitre est consacré à la présentation des résultats et leurs interprétations. Enfin l'étude se termine par une conclusion générale.

1.1. Introduction

Le béton de sable, par sa conception actuelle, sa simplicité de fabrication et de mise en place, son prix de revient compétitif, ses performances mécaniques et sa durabilité, constitue une nouvelle avancée pour la construction en béton et il offre des avantages aussi bien d'ordre économique, technique, esthétique et même écologique.

Les bétons de sable peuvent présenter une bonne alternative pour remplacer les bétons classiques dans la confection de certains éléments de construction. Ces bétons, définis par la norme NF P18- 500 [NF P18- 500, 2005], sont une nouvelle gamme de matériaux de construction confectionnés essentiellement à partir d'un ou plusieurs sables, de ciment, d'eau et des fines d'ajouts minérales naturelles ou industrielles.

1.2. Béton de sable

1.2.1. Historique

Le béton de sable est une technique connue de très longtemps en Union Soviétique l'actuelle *Communauté des Etats Indépendants* (C.E.I). Il semble que cette technique soit parvenue dans ce pays par le biais de la Belgique et l'Allemagne.

Plusieurs ouvrages sont construits par ce matériau dont on peut citer le port de Kaliningrad en Prusse-Orientale réalisé au début du siècle 19 et le métro de Saint- Pétersbourg.

Quelques décennies plus tard, le béton de sable apparaît en France grâce au professeur académicien Rebinder. Il avait lu l'ouvrage du Comte de Rochefort et repris ces idées dans ses propres recherches. En 1971, le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (L.C.P.C) est contacté pour la première fois par des études sur cette technique.

Vers 1920, la technique du béton de sable reste en "veilleuse" autant en URSS qu'en Europe Occidentale. Elle sera de nouveau d'actualité au cours de la deuxième guerre Mondiale où l'armée allemande conforte ses positions et construit des pistes d'aviation, dont certaines en béton de sable. A la fin du conflit, les soviétiques examinent ces pistes. Certaines sont très dégradées, d'autres le sont

moins ; ils en tirent des conclusions et les mettent à profit en construisant des aérodromes en béton de sable ; en particulier l'aérodrome militaire de Pevek (en Sibérie) et celui d'Arkhangelsk. [3]

1.2.2. Généralités

Le béton de sable est défini selon la norme NF P18- 500 [3] comme un béton fin, constitué par le mélange d'un ou plusieurs sable(s), de ciment, d'addition(s) et d'eau. D'autres additions peuvent être incorporées : adjuvants, fibres, gravillons [4].

La conception actuelle des bétons de sable, permet leur utilisation pour le remplacement des bétons classiques (de gros granulats) dans certains éléments de structures de bâtiment peu sollicités ; ainsi que pour la fabrication des éléments de remplissages (briques, parpaings, hourdis...).

1.3. Composition de béton de sable

Les composants rentrant dans la composition du béton de sable sont ceux du béton traditionnel à l'exception des fines d'ajout. Il s'agit donc de composants normalisés.

1.3.1. Sables

Le sable est le résultat d'une lente rupture des roches sous l'influence de facteurs naturels. Les sables de dune ont été utilisés depuis l'antiquité dans la construction de barrages, de fondations et de routes.[5]

Le terme sable englobe tous les granulats conformes aux définitions des normes [6]. Le sable influe selon ses qualités sur les propriétés des bétons, il participe à la résistance, il donne la cohésion du mélange et il doit être dense provenant de roches chimiquement inertes tels que : les calcaires durs, les granits et les quartzites. Suivant leurs grosseurs les sables sont classes en :

- Sable fin de 0.03 à 0. 315 mm
- Sable moyen de 0.315 à 2 mm
- Sable gros de 2 à 5 mm

Ils peuvent aussi être distingués selon leur origine :

1.3.1.1. Sables naturels roulés

- Sable de mer : il provient des cotes de la mer pour l'utiliser dans les bétons, Il devrait être lavé sel.
- Sable de carrière : il contient souvent de l'argile.
- Sable de rivière : il est obtenu par dragage des lits des cours d'eau.
- Sable de dune : c'est un sable très fin, qu'on retrouve un peu partout aux Sahara, Les dunes de sable sont très disponibles dans le désert d'Algérie.

1.3.1.2. Sables artificiels

On peut les obtenir par :

- Broyage de certains déchets.
- Transformation industrielle de l'argile

Les composants rentrant dans la composition du béton de sable sont ceux du béton traditionnel à l'exception des fines d'ajout. Il s'agit donc de composants normalisés.

1.3.2. Le ciment

Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire une matière inorganique finement moulue qui, gâchée avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau.

1.3.3. Eau de gâchage

La quantité d'eau de gâchage est la quantité totale ajoutée au mélange sec du béton, ou bien du mortier, pour le mouillage et l'hydratation, et cette quantité est déterminée en fonction de la composition et les moyens de mise en œuvre.

1.3.4. Les adjuvants

Les adjuvants sont des produits chimiques incorporés à faible dose (moins de 5% de la masse du ciment) dans le béton ou le mortier, afin de modifier certaines de ses propriétés. L'incorporation se fait soit avant, pendant le mélange, ou bien au cours d'une opération supplémentaire de malaxage. Ils sont classés suivant leur fonction principale et on peut distinguer trois grandes catégories d'adjuvants :

- Ceux qui modifient l'ouvrabilité du béton : plastifiants, réducteurs d'eau, super plastifiants.
- Ceux qui modifient la prise et le durcissement : accélérateurs de prise, accélérateurs de durcissement, retardateurs de prise.
- Ceux qui modifient certaines propriétés particulières : entraîneurs d'air, générateurs de gaz [7]

Les bétons de sable utilisent les mêmes adjuvants que les bétons traditionnels, souvent les plastifiants ou super plastifiants... [4]

1.4. Domaine d'utilisation des bétons de sable

Le béton de sable est un nouveau matériau créé pour remplacer le béton classique dans certains éléments de structure. Les principaux domaines d'utilisation des bétons de sable sont : Travaux avec du béton injecté, pilotes de béton armé sur place, certains travaux de fondations pour les constructions...etc.

1.4.1. Inconvénients des bétons de sable

Les bétons de sable sont très utilisés malgré leurs inconvénients, par exemple :

- La grande teneur en grains fins donne une grande surface spécifique, cela conduit à la difficulté d'assurer une bonne enveloppe de pâte de ciment pour les grains de sable, donc le dosage en ciment augmente.
- Les grains très fins du sable peuvent abaisser l'activité du ciment; donc la résistance mécanique du béton va diminuer.

Augmentation de l'absorption capillaire à cause de la grande surface spécifique du ciment; par conséquent l'imperméabilité du béton durci va diminuer et le retrait va augmenter... [8]

1.4.2. Avantages des bétons de sable

- Il est peu coûteux, facile à fabriquer et nécessite peu d'entretien ;
- Il épouse toutes les formes qui lui sont données, des modificateurs et adaptations des projets sur le chantier sont faciles à effectuer ;
- Il devient solide comme la pierre. Correctement utilisé, il dure des millénaires .il résiste bien au feu et aux actions mécaniques usuelles ;
- Associé à des armatures en acier, il acquiert les propriétés nouvelles qui en font un matériau de construction aux possibilités immenses (béton armé ; béton précontraint) ;
- Il exige peu d'énergie pour sa fabrication.

1.4.3. Amélioration des propriétés des bétons de sable

Plusieurs recherches ont été réalisées afin de minimiser les inconvénients du béton de sable et lui assurer sa valeur économique, surtout dans les régions riches en sable comme le sud algérien. Le but principal de ces recherches est d'avoir une maniabilité correcte et d'atteindre une bonne résistance mécanique en visant plusieurs solutions : [8]

1.5. Les caractéristiques mécaniques des béton de sable

1.5.1. Résistance mécanique

La résistance mécanique est l'une des caractéristiques essentielles du béton. Le béton est employé, en général, comme matériau porteur et le taux de travail d'un ouvrage en béton dépend de sa résistance mécanique qui évolue avec le durcissement du béton. La résistance mécanique d'un béton dépend de plusieurs paramètres à savoir :

- La nature et la qualité des constituants (ciment, granulats, eau, adjuvant)
- Les conditions de mise en œuvre de ces constituants
- Les conditions thermo hygrométriques ambiantes de conservation. Elle est définie par la résistance à la compression et par la résistance à la traction.

1.5.2. Comportement en compression

La résistance à la compression du béton est une propriété utilisée dans la conception des bâtiments et des structures. Cette dernière est fortement dépendante du rapport eau/ciment et de l'âge du béton, du pourcentage d'hydratation, du malaxage etc.

Dans une étude expérimentale réalisée par [9] sur les bétons de sable de dune ce dernier à trouvé que les échantillons conservé à l'eau ont donné des résultats meilleurs que ceux conservé à l'air libre.

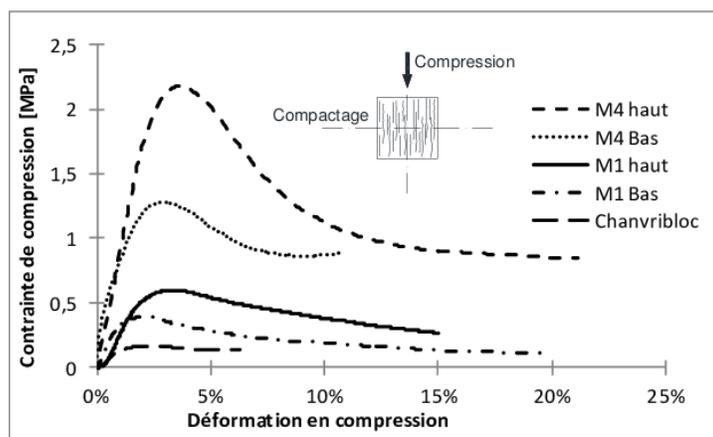


Figure 1.1: Courbe contrainte-déformation en compression simple [10].

La courbe de la figure (1.1) montre les différentes phases de comportement de béton après l'essai de compression qui sont le comportement homogène élastique et le développement des fissurations jusqu'à la rupture.

1.5.3. Comportement en traction [2]

Diverses études ont été réalisées concernant la résistance à la traction des bétons de sable, nous citons les travaux réalisés par BANTATA. A [9], sur cinq types de bétons de sable de dunes.

Les principales remarques qu'on peut tirer des résultats c'est que les valeurs de la résistance à la traction restent invariables dans tous les types des bétons. Les résultats restent presque voisins à celles du béton témoin. Donc la résistance à la traction ne dépend pas des différents dosages en sable de dune.

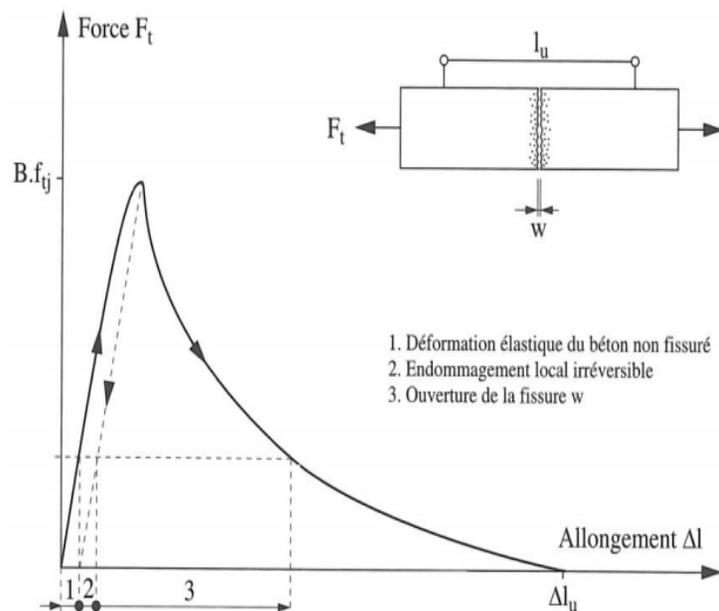


Figure 1.2: Comportement du béton en traction simple [10].

La figure 1.2 représenté la courbe contrainte-déformation de béton en traction. Elle montre le comportement de béton qui passe par la déformation élastique et l'endommagement local irréversible dans l'éprouvette jusqu'a l'allongement maximal Δl .

1.6. Comportement rhéologique – retrait -

À première vue, le retrait est un phénomène simple qui correspond à une contraction volumétrique que l'on observe quand du béton se dessèche. Il se développe dans les trois dimensions mais, en général, on ne l'exprime que sous la forme d'une déformation linéaire .

On an les principaux types de retrait :

- * **retrait de séchage** qui est la plus connue, est qui se développe dans le béton durci.
- * **retrait plastiqueuse** développe dans des bétons qui perdent de l'eau alors qu'ils sont Encore à l'état plastique.
- * **retrait chimique (retrait endogène)** est celui qui se produit dans du béton qui durcit par suite du développement de la réaction d'hydratation.

7. Conclusion

Il apparaît dans l'étude bibliographique que nous avons rapportée dans ce chapitre que l'utilisation béton de sable de dune dans divers domaines d'emploi dépend :

- Des arguments technico-économique contribuant à favoriser son développement. Entre autres sa facilité de bétonnage qui conduit à une bonne exécution des ouvrages et leurs bons façonnages.
- De la composition des bétons de sable de dune qui est totalement différente de celle d'un béton courant.

2.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter les caractéristiques des matériaux utilisés pour la formulation et la fabrication du béton de sable de dune avec plastifiante (Medafluid 40) pour déterminer les résistances mécaniques (traction et compression).

2.2. Caractéristiques des matériaux utilisés

2.2.1. Sable

En entend par sables, tous granulats 0/D conformes aux définitions des normes NF P 18-101[11] et NFP 18-301[12]. Il s'agit soit d'un sable naturel alluvionnaire ou de ballastière, soit d'un sable de carrière issu du concassage d'une roche massive ou détritique. [13]

Pour cette étude nous avons utilisé un type de sable : sable de dune (SD) provenant de Ain-Badaa.

2.2.1.1. Analyse granulométrique (NF P 18-560) [14]

L'analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des différents éléments constituant le sable. La masse de l'échantillon pour l'essai de l'analyse granulométrique dépend des dimensions des éléments les plus gros qu'il contient.

A- Principe de l'essai

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis emboîtés un sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et les classements des grains s'obtiennent par vibration de la colonne de tamis pendant 10 minute.

B- But de l'essai

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains, en utilisant généralement les tamis 0.08, 0.160, 0.315, 0.63, 1.25, 2.5 et 5 mm (Photo 2.1).



Photo 2.1: les tamisages utilisés dans l'essai

Les courbes granulométriques des différents granulats peuvent être déterminées par les résultats de l'essai de l'analyse granulométrique montrés sur les tableaux suivants :

Tableau 2.1 : Résultats d'analyse granulométrique du sable de dunes

Tamis (mm)	Refus partiel (g)	Refus cumulés (g)	Percentage Refus (%)	Percentage passant (%)
6,3	0	0	0	100
5	0	0	0	100
2,5	0	0	0	100
1,25	0	0	0	100
0,63	0,1	0,1	0,01	99,99
0,315	10,72	10,82	1,082	98,918
0,160	889,32	900,14	90,014	9,986
0,080	97,23	997,37	99,737	0,263
Fond	2,91			

Figure 2.1 représente la courbe d'analyse granulométrique de sable de dune, qui montre qu'il est sorte de courbe de sable normalisé.

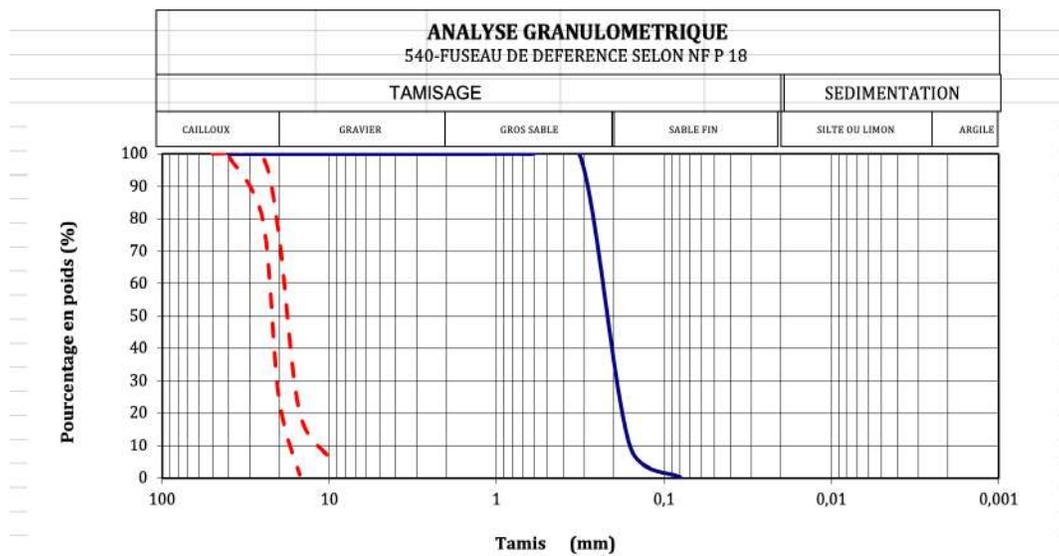


Figure 2.1 La courbe d'analyse granulométrique de sable de dune

C- Module de finesse NF P 18 304 [15]

Le module de finesse d'un sable est égal au centième de la somme des refus exprimés en pourcentage pondéral sur les différents tamis de la série suivante : (5) – (2.5) – (1.25) – (0.63) – (0.315) – (0.16), il est donné par la relation suivante :

$$M_f = \frac{\sum R_c}{100} \dots\dots\dots(2.1)$$

Où :

R_c : Refus cumulé en (%).

- Classement du sable :

- 1.8 et 2.2 : Sable un peu trop fin, c'est le fuseau B.
- 2.2 et 2.8 : Sable préférentiel, c'est le fuseau A.
- 2.8 et 3.2 : Sable un peu grossier, c'est le fuseau C.

Pour notre cas, le résultat obtenu est 0,91, donc le classement de notre sable est sable très fin (B)

2.2.1.2. Equivalent de sable

Il est défini par la norme NFP 18-598 [16] ; 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.

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. une procédure normalisé permet de détermination un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté de celui-ci.

B- Principe de l'essai

L'essai est effectué sur la fraction 0/5 mm du matériau à étudier. Le tamisage se fait par voie humide afin de ne pas perdre d'éléments fins. On lave l'échantillon, selon un processus normalisé, et on laisse reposer le tout. Au bout de 20 minutes, on mesure les éléments suivants :

h_1 : Hauteur du sable propre et éléments fins

h_2 : Hauteur du sable propre seulement.

On détermine la valeur de l'équivalent de sable par la formule suivante :

$$ES = \frac{h_2}{h_1} \times 10 \dots \dots \dots (2.2)$$



Photo 2.2: Essai d'équivalent de sable

Selon que la hauteur h_2 est mesurée visuellement ou à l'aide d'un piston, on détermine ES_v (équivalent de sable visuel) ou ES_p (équivalent de sable au piston).

Tableau 2.3 : Nature et qualité du sable selon les valeurs d'équivalent de sable [17]

Equivalence de sable par piston et visuel	Nature et qualité du sable
ESp < 60 ESv < 65	" Sable argileux" risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité.
60 ≤ ESp < 75 75 > ESv > 65	" Sable légèrement argileux" de propreté admissible pour béton de qualité quand on ne craint pas particulièrement de retrait.
75 ≤ ESp < 85 80 > ESv > 75	" Sable propre" à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.
ESp > 85 ESv < 85	" Sable très propre" l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

Les résultats de l'équivalent de sable obtenu sont représentés sur le tableau 2.4 :

Tableau 2.4 : Résultats de l'équivalent de sable

Sable de dune	ESp	86,80%	Sable très propre
	ESv	84%	

2.2.1.3. Masse volumique apparente

Cet essai est défini selon la norme NFP 18-554 [17], il est déterminé par la formule suivante:

$$\rho_a = M / V \dots\dots\dots(2.3)$$

Où :

- ρ_a : Masse volumique apparente
- M : Masse de l'échantillon
- V : Volume de l'échantillon

Dans nous essai la masse volumique apparente de sable de dune est égale $\rho_a = 1,44 \text{ g/cm}^3$



Photo 2.3: Essai de la masse volumique apparente

2.2.1.4. Masse volumique absolue

Cet essai est régi par la norme (NFP 18-301) [12] ; elle est définie comme étant la masse par l'unité de volume de la matière qui constitue le granulat sans tenir compte des vides pouvant exister entre les grains [18].

A-But de l'essai

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

déterminer la masse ou le volume des différentes classes granulaires malaxées pour l'obtention d'un béton dont les caractéristiques sont imposées.

B-Mode d’opération [19]

Mettre dans une éprouvette graduée un volume V1 (100 ml) d’eau.

- Introduire dans une éprouvette une masse M du sable (100g), en veillant bien à l’élimination des bulles d’air.
- Après on procède à la lecture du nouveau volume V2.

La formule qui nous permet la détermination de la masse volumique est

$$\rho_s = \frac{M}{V_2 - V_1} \dots\dots\dots(2.4)$$

Où :

- ρ_s : Masse volumique absolue
- M_s : Masse des grains solides
- V_1 : Volume de l’eau
- V_2 : Volume total (grain solide + eau)

Dans nous essai la masse volumique absolue de sable de dune est égale : $\rho_a = 2,65 \text{ g/cm}^3$



Photo 2.4: essai de la masse volumique absolue

2.2.2. Ciment

Dans cette étude nous utilisant un ciment de type (ELMATIN) avec les caractéristiques suivantes :

2.2.2.1. Caractéristiques chimiques

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

Tableau 2.5 : L'analyse chimique du ciment [ANNEXE]

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

2.2.2.2. Caractéristiques mécaniques

Le tableau suivant résume certaines caractéristiques mécaniques de ciment utilisé.

Tableau 2.6 : Caractéristiques physiques et mécaniques de ciment utilisé

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

2.2.2.3. Caractéristiques techniques

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

Tableau 2.7.3 L'analyse chimique de ciment

Analyses chimiques (%)	Valeur
Perte au feu (NA5042)	8.0±2
Teneur en sulfates (SO ₃)	2.5±0.5
Teneur en oxyde de magnésium MgO	1.7±0.5
Teneur en chlorures (NA5042)	0.02-0.05

Tableau 2.8. Propriétés physiques de ciment.

Propriétés physiques	Valeur
Consistance Normale (%)	26.5±2.0
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA231)	3700 – 5 200
Retrait a 28 jours (µm/m)	<1 000
Expansion (mm)	≤3.0

Tableau 2.9. Temps de prise à 20° (NA 230) de ciment

Temps de prise à 20° (NA 230)	Valeur
Début de prise (min)	150±30
Fin de prise (min)	230±50

Tableau 2.10. Composition minéralogique de clinker (Bogue) de ciment

Composition minéralogique de clinker (bogue)	Valeur
C3S (%)	60±3
C3A (%)	7.5±1

Tableau 2.11. Résistance à la compression de ciment

Résistance a la compression	Valeur
2 jours (MPa)	>10.00
28 jours (MPa)	≥42.50

2.2.3. Eau de gâchage

Pour ce travail nous avons utilisé l'eau du laboratoire de génie civil université d'Ouargla [ANNEXE].

2.2.4. Adjuvant

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

Les propriétés de l'adjuvant sont :

Sur béton frais :

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

Sur béton durci :

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



Photo 2.5: Adjuvant utilisé dans la confection du béton

Tableau 2.12: Caractéristiques de MEDAFLUID 40 [ANNEXE].

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

2.3. Formulation et préparation d'un béton de sable

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

2.4. Essais de maniabilité

La maniabilité est une propriété physique spécifique du béton sans tenir compte des conditions particulières d'utilisation pour un type donné d'application. Elle est définie comme étant la propriété d'un mortier ou d'un béton fraîchement malaxé qui définit la facilité et l'homogénéité à être malaxé, mis en place, serré et fini [20]

Le béton de sable demande une quantité d'eau élevée par rapport au béton ordinaire ceci se traduit par des valeurs du rapport E/C. Cette particularité est due à une surface spécifique plus importante du mélange. Sachant que la granulométrie jouera aussi sur le besoin en eau, plus le sable est riche en éléments grossiers, plus la maniabilité s'améliore. Ceci se traduit par la relation

entre le module de finesse et la maniabilité. Elle nous permis d'apprécier la fluidité d'un béton de sable qu'est l'objet des essais définis par les normes NF P 18 - 452 et NF P 15 -437 [18]

2.4.1. Principe de l'essai

L'essai a pour but de connaitre la consistance et la fluidité du béton c'est-à-dire le temps que met le mortier pour s'écouler sous l'effet d'une vibration.

2.4.2. L'appareil utilise

L'appareil utilisé est appelé Maniabilité LCL (B) (figure 2.2) et (Photo 2.6), avec illustration par photo 2.6 en annexe. Il consiste en un boîtier parallélépipédique métallique (7.5cm x 7.5cm x 15cm), posé sur des supports en caoutchouc, équipé d'un vibreur et muni d'une cloison amovible.



Photo 2.6: Essai de Maniabilimètre

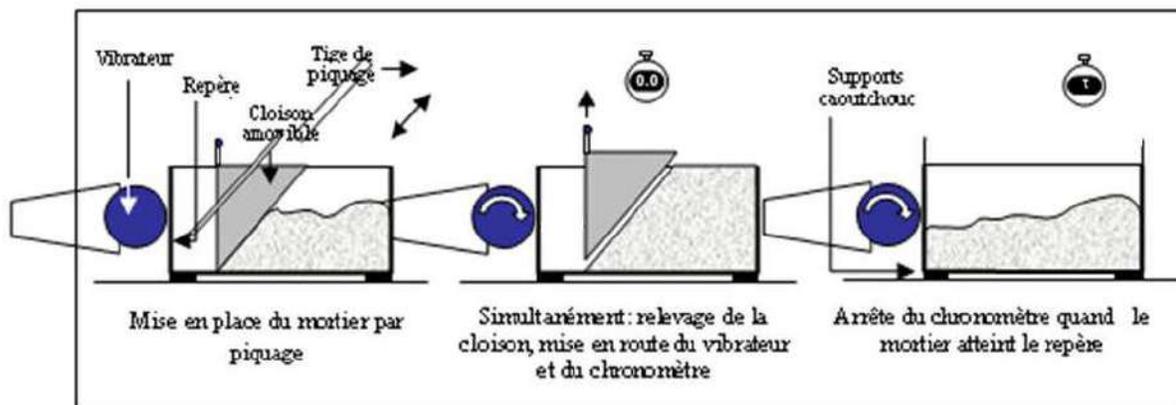


Fig. 2.2 : Principe de fonctionnement du maniabilité LCL (B)

2.4.3. Conduite de l'essai :

Le mortier est introduit dans la partie désignée sur la figure 10, délimitée par la cloison et mis en place par piquage en quatre couches. Quatre minutes après la fin du malaxage, la cloison est retirée, provoquant la mise en route du vibreur et le déclenchement d'un chronomètre par l'opérateur. Sous l'effet de la vibration le mortier s'écoule, le chronomètre est arrêté une fois le mortier atteint un trait repère sur la paroi opposée du boîtier (Fig.2.3)

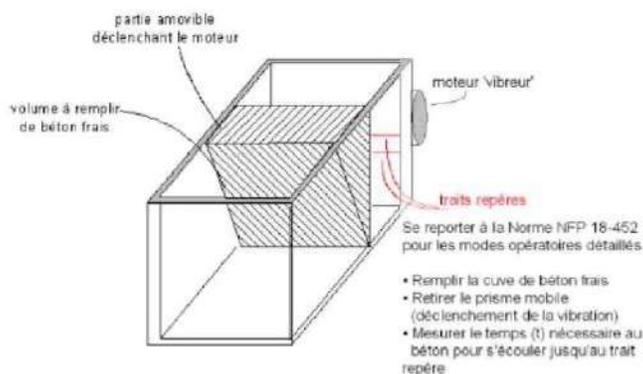


Fig. 2.3. Maniabilité LCL [22].

Le temps t mis par le mortier pour s'écouler caractérise sa consistance. Ce temps sera d'autant plus court que le mortier sera plus fluide ou plus maniable, d'où le nom de l'appareil. Comme illustré au tableau suivant :

Tableau 2.13 : Classe de consistance selon la durée d'écoulement.

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

Le tableau suivant résume les résultats obtenus après les essais de maniabilité pour le béton de sable avec plastifiant (Medafluid 40) :

Tableau 2.14 : Formulation de béton de sable

Cas	E/C	C (g)	S (g)	E (l)	PLAST (%)	Temps (s)
SD	0,58	474,0	1420,6	274,9	0	
SD1	0,56	416,56	1249,68	233,27	0,4	12
SD2	0,54	418,40	1255,19	225,93	0,9	15
SD3	0,52	420,25	1260,74	218,53	1,2	17
SD4	0,50	422,11	1266,35	211,05	1,9	18
SD5	0,48	424,0	1272	203,52	2,4	20
SD6	0,46	425,90	1277,7	195,92	2,9	22
SD7	0,44	427,82	1283,46	188,24	3,5	30

2.5. Conclusion

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

- Pour le sable de dune (Ain-Beida), il est caractérisé par une granulométrie serrée situé en dehors du fuseau recommandé pour les sables.
- Pour la formulation du béton de sable témoin, nous avons utilisé une part de ciment et trois parts de sable. Et pour le dosage en eau nous avons utilisé l'essai de maniabilité, pour la détermination de la quantité d'eau et de plastifiant nécessaire, qui correspond à un béton de sable.

3.1. Introduction

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

Nous avons abordé l'analyse des propriétés mécanique et rhéologique des bétons de sable de dunes sans et avec plastifiant (Medafluid 40). Ensuite, nous avons entamé le volet concernant l'analyse des résultats et discussions de l'ensemble des bétons réalisés.

3.2. Confection des éprouvettes

Après la détermination du dosage des différents constituants, les éprouvettes sont soigneusement préparées suivant les conditions et les normes recommandées à cette procédure.

Le nombre d'éprouvettes effectuées pour l'écrasement est à raison de trois éprouvettes à chaque âge d'essai (7, 21 et 28 jours), soit un nombre total de 60 éprouvettes prismatiques (4x4x16) cm³.

3.2.1. Mise en place du béton dans les moules

- Après avoir pesé les composants nécessaires selon la formulation que nous avons élaborée.
- Nous mélangeons les composants (sable + ciment + eau + Medafluid 40)
- On verse le mélange dans le moule (4*4*16) cm³, en procédant à une vibration par couche.
- Les moules sont déposés au niveau du laboratoire à l'air libre pendant 24 heures avant démoulage.

3.2.2. Mode de conservation

- Après 24h on procède au démoulage des éprouvettes, ces dernières sont placés dans un bassin d'eau pour une période de 14 jours.

Remarque :

Nous avons remarqué qu'il y a eu un effritement des éprouvettes SD5, SD6, SD7, SD8, SD9 immédiatement après la mise dans l'eau de ces dernières, ce qui signifie qu'ils ne conviennent pas aux expériences.

3.3. Résistances mécaniques**3.3.1. Résistance à la compression****3.3.1.1. Principe de l'essai de compression**

Les éprouvettes étudiées sont soumises à une charge croissante jusqu'à la rupture par l'appareil de compression. La résistance à la compression est le rapport entre la charge de rupture et la section transversale de l'éprouvette. Les demi-prismes d'éprouvettes obtenues après la rupture en flexion seront rompus en compression comme indiqué sur la figure 3.2.

La résistance à la compression est calculée selon l'équation (3.1) :

$$R_C = F_C/b^2 \dots \dots \dots (3.1)$$

R_C : Résistance à la compression en (MPa).

F_C : Charge de rupture en (N).

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

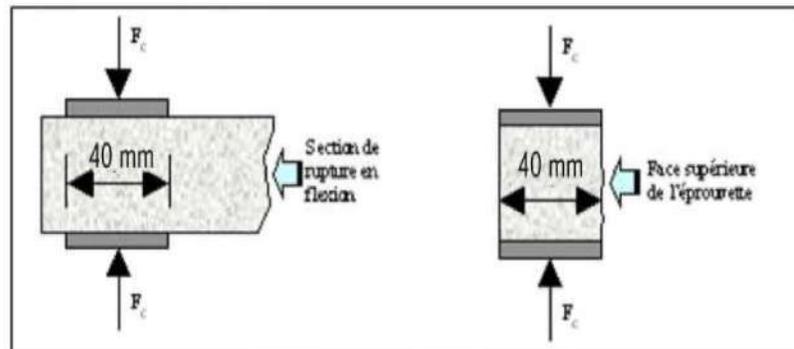


Figure 3.1: Dispositif de rupture en compression [2]

Les résultats de l'essai de compression des bétons sont présentés dans les figures (3.2), (3.3), (3.4) et (3.5)

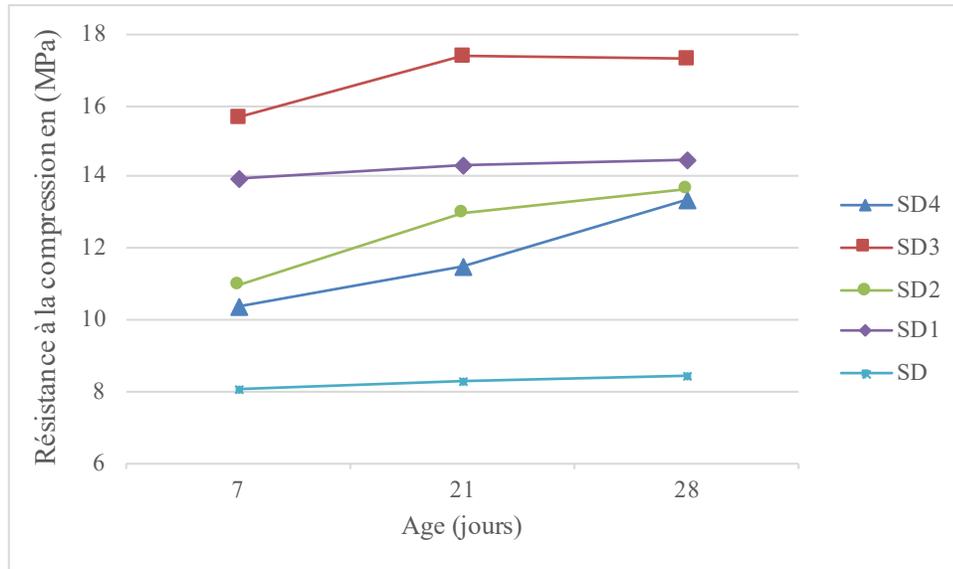


Figure 3.2: Variation de la compression des bétons de sable de dune en fonction d'âge

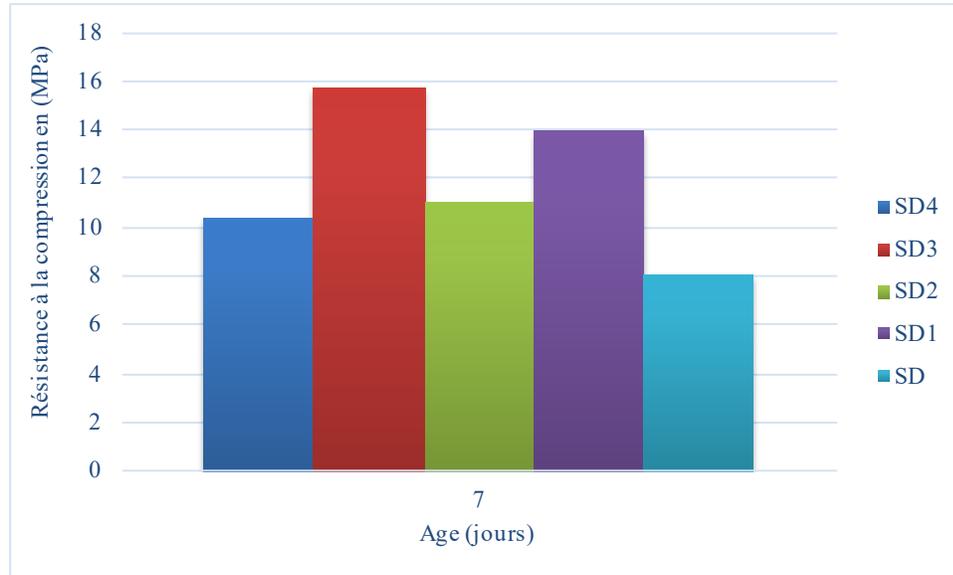


Figure 3.3: Résistance à la compression des bétons à 7 jour

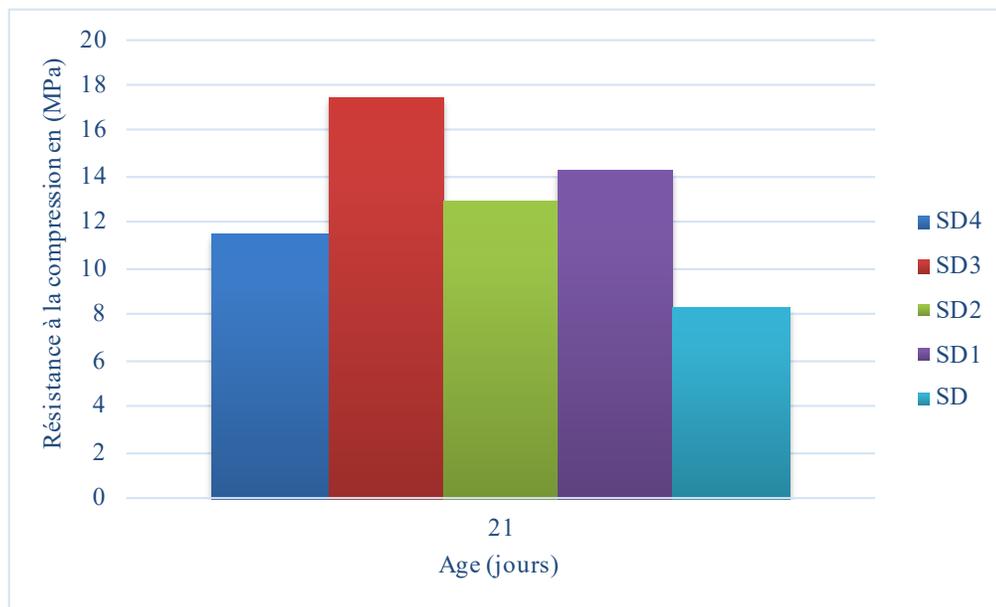


Figure 3.4: Résistance à la compression des bétons à 21 jour

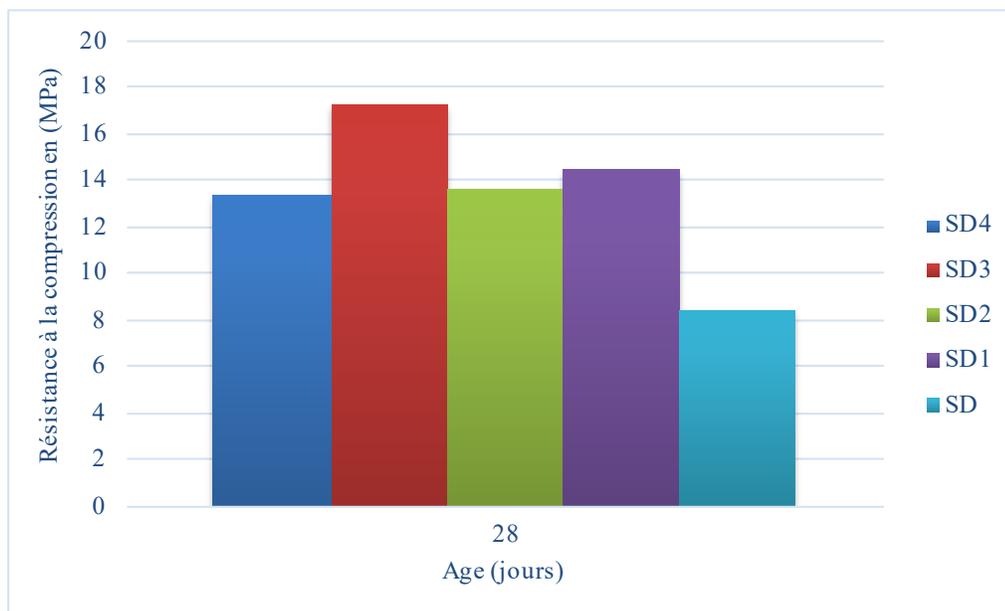


Figure 3.5: Résistance à la compression des bétons à 28 jour

D'après les figures 3.2, 3.3 ,3.4 et 3.5 nous avons constaté qu'il y a une augmentation de la résistance à la compression avec l'âge pour toutes les compositions SD4, SD3, SD2, SD1 par rapport au béton témoin (SD).

Nous pouvons remarquer aussi que la composition SD3 réalisée avec un rapport E/C = 0,52 et 1,2% du plastifiant donne la meilleure résistance à la compression par rapport aux compositions SD1, SD2, SD4 et SD est cela pour l'ensemble d'échéancier 7, 21 et 28 jours, cette amélioration est respectivement de l'ordre de 16.04, 21.11, 22.80 et 51.27% à 28 jours. Les résultats obtenus montrent aussi qu'à 7 et 21 jours le même ordre à été respecté où nous trouvons que le béton SD3 est toujours le plus performant par rapport au reste des mixtures et avec la même grandeur.

3.3.2. Résistance à la traction par flexion [NFP18-407]

3.3.2.1. Principe d'essai de traction par flexion

Cet essai est exécuté par une machine désignée pour les tests de flexion, sur les éprouvettes de béton de sable (4x4x16).

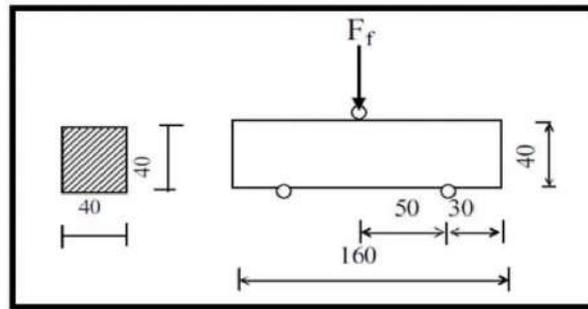


Figure 3.6 : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 points)

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

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

Où :

R_f : Résistance à la flexion en (MPa) ;

F_f : Charge de rupture en N.

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

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

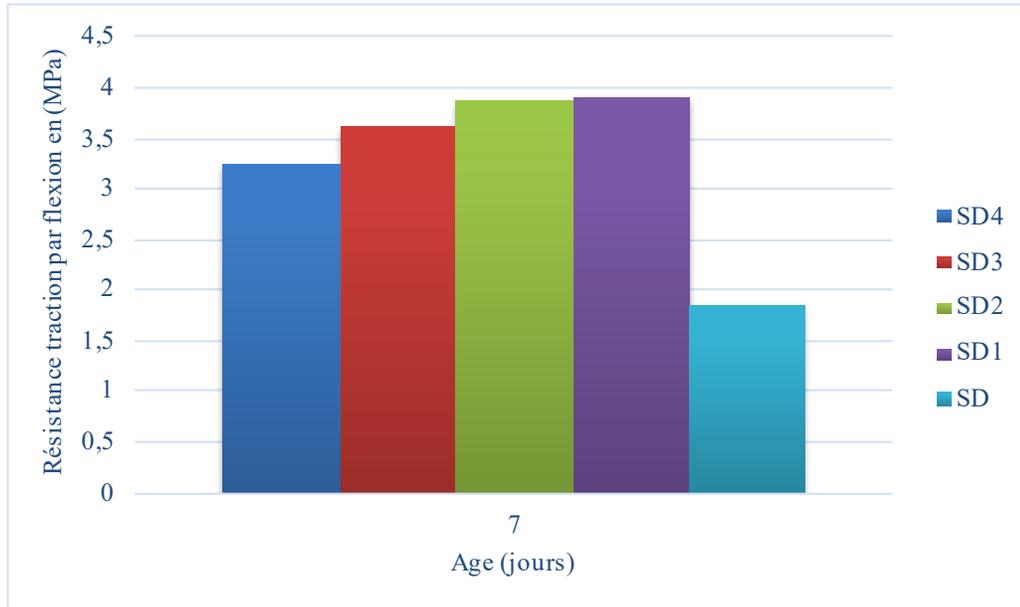


Figure 3.7: Résistance à la traction par flexion à 7 jour

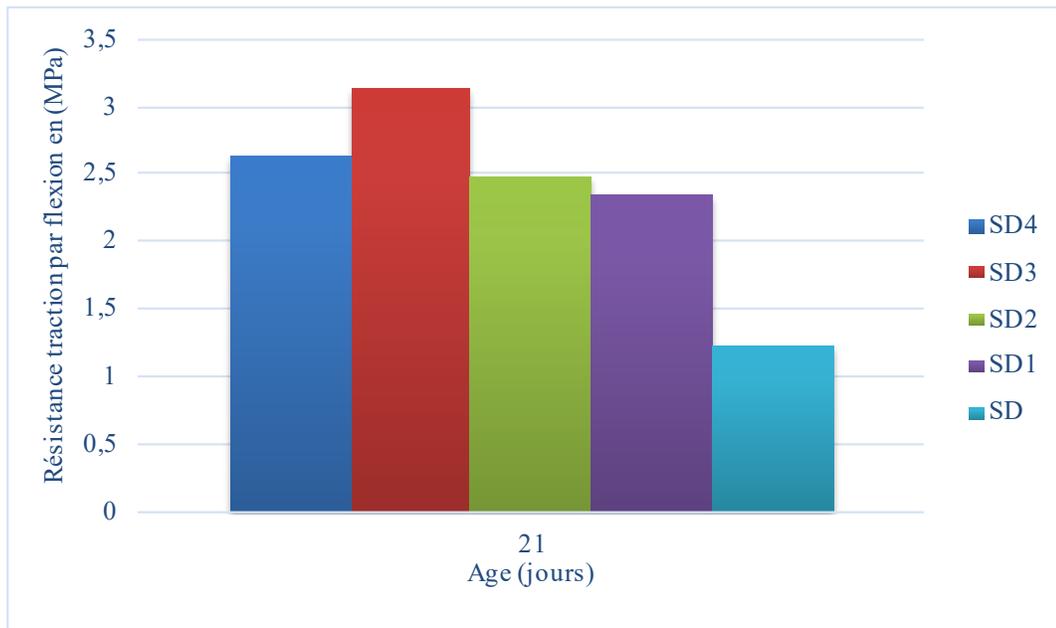


Figure 3.8: Résistance à la traction par flexion à 21 jour

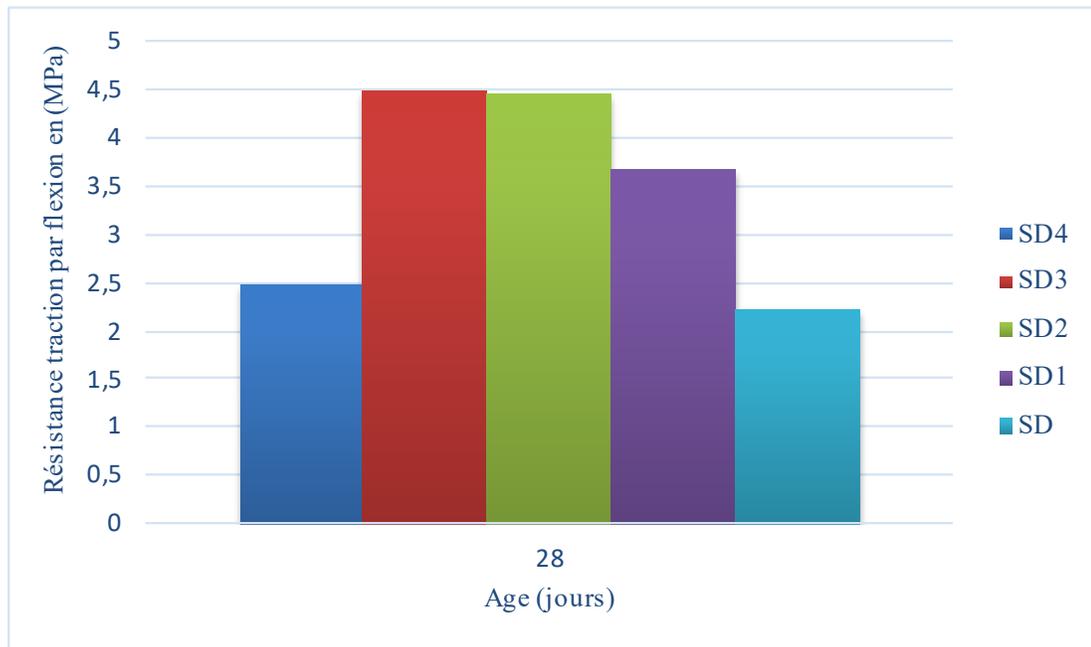


Figure 3.9: Résistance à la traction par flexion à 28 jour

D'après les histogrammes des figure 3.7, 3.8 et 3.9 ces derniers montrent qu'il y a effectivement une augmentation de la résistance à la traction par flexion des bétons avec ajout du plastifiant pour toutes les mixtures SD1, SD2, SD3, SD4 par rapport au béton témoin SD. Même chose que la résistance à la compression

On remarque que la composition SD3 donne la meilleure résistance à la flexion par rapport aux autres compositions à savoir : SD, SD1, SD2 et SD4, cette amélioration de la résistance est respectivement de l'ordre de 50.10%, 17.97%, 17% et 45.03% à 28 jours.

Ces résultats montrent que plus le rapport E/C est faible, est qui est en relation direct avec l'augmentation du dosage du plastifiant, plus la résistance mécanique des bétons augmente. Cependant, durant l'expérimentation nous avons remarqué qu'il y a un seuil limite au-delà duquel cette relation n'est plus vraie c'est-à-dire même si le rapport E/C diminue la résistance continue de chuté jusqu'à effritement total des éprouvettes. Pour cela dans ce travail nous n'avons pu aller au-delà de $E/C = 0.5$.

3.4. Essai rhéologique (retrait)

3.4.1. Essai de retrait

Le retrait a été déterminé seulement pour les bétons SD, SD1, SD2 et SD3. Les essais ont été effectués sur des éprouvettes prismatiques (4x4x16) selon la norme française NF P 15-433.

L'essai est réalisé conformément à la norme NF P 15-433, l'appareil de mesure de retrait utilisé dans cet essai est un rétractomètre ; il est muni d'un comparateur mesurant les déplacements suivant l'axe longitudinal des éprouvettes 40x40x160 mm, entre deux plots métalliques noyés dans le mortier. Les mesures des valeurs initiales (de référence) étaient faites après le démoulage, l'étalonnage du rétractomètre est effectué par une tige de contrôle métallique en invar, qui sert de base de mesure. L'incertitude des mesures est évaluée à ± 5 $\mu\text{m/m}$. [6]

Les résultats de retrait en fonction d'âge obtenus dans ce travail sont indiqués ci-après dans la figure 3.10

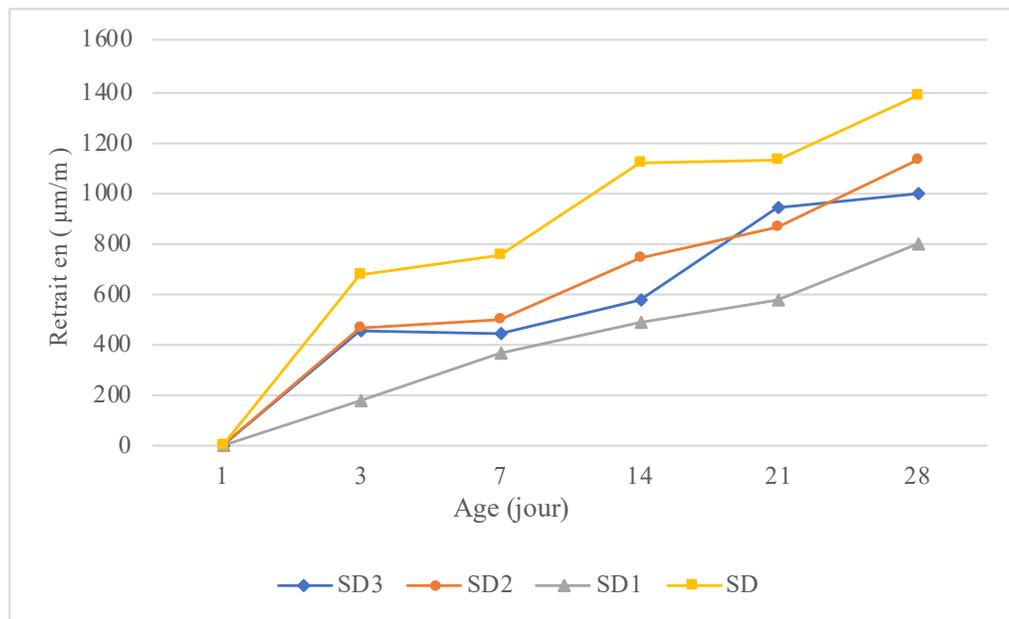


Figure 3.10 : Variation du retrait des bétons de sable de dune en fonction d'âge

La figure (3.10), montre qu'il y a une augmentation du retrait pour l'ensemble des mélanges à savoir :SD, SD1, SD2 et SD3 en fonction de l'âge. Cependant l'ajout du plastifiant dans le béton influe d'une manière positive sur le comportement des mélanges où nous avons constaté qu'il y a une diminution du retrait des bétons avec ajout du plastifiant SD1, SD2 et SD3 par rapport au béton témoin SD respectivement de l'ordre de 74.68%, 41.77%, 25.31% à 28 jours. D'après ces résultats le mélange réalisés avec le rapport E/C= 0,56 et un dosage en plastifiant de 0,4% affiche le meilleur résultat par rapport aux autres mixtures.

Cette amélioration est due probablement à une bonne interaction entre la quantité d'eau de gâchage et le plastifiant au sein de la pâte de ciment.

3.5. Perte en poids

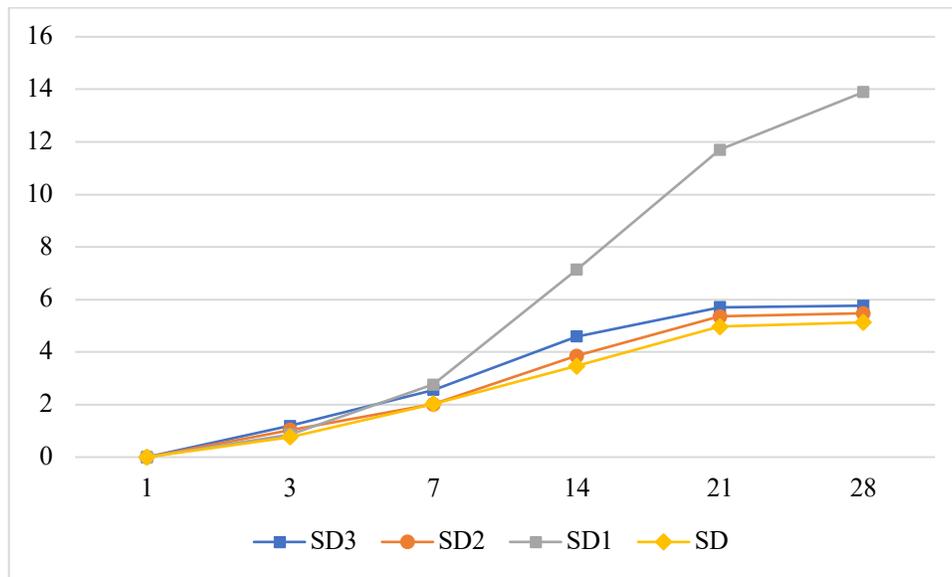


Figure 3.11: Variation de la perte en poids des bétons de sable de dune en fonction d'Age

La figure (3.11), présente la perte en poids des bétons SD, SD1, SD2 et SD3, nous remarquons que la perte en poids du béton augmente avec le temps. D'après ces résultats il paraît que le béton SD1 affiche une perte en poids la plus élevée par rapport aux mélanges SD, SD2 et SD3, suivi par SD3 ensuite SD2 et enfin SD

3.6. Conclusion

D'après cette étude expérimentale nous avons conclu ce qui suit :

- 1- L'ajout du plastifiant contribue dans l'améliorer des propriétés mécaniques des bétons de sable de dunes à travers les échéanciers 7, 21 et 28 jours.
 - Les meilleures résistances à la compression et à la flexion sont obtenues par la composition SD3 ($E/C=0,52$ et 1.2% du plastifiant)
 - Les bétons avec plastifiant offrent une meilleure résistance de compression et flexion par rapport à ceux sans plastifiants.
 - L'ajout du plastifiant sur le béton de sable de dune, donne une amélioration de propriété rhéologique (retrait) par rapport au témoin où la composition SD1 affiche le meilleur résultat par rapport aux autres compositions

CONCLUSION GENERALE

Ce travail porte sur l'élaboration et la caractérisation des bétons de sable de dunes dont le but d'étudié l'effet de l'ajout de plastifiant sur les caractéristiques mécaniques et rhéologiques de béton de sable de dune.

Suite aux résultats expérimentale trouvés nous avons pu conclure ce qui suit :

- L'ajout de plastifiant a un effet positif sur l'amélioration des caractéristiques mécaniques du béton de sable de dunes.
- Les meilleurs résultats en termes de résistances à la compression et à la flexion sont obtenus par la composition SD3 ($E/C = 0,52$ et 1.4% de plastifiant).
- Une amélioration du retrait de béton de sable de dune avec ajout de plastifiant par rapport au béton témoin a été observé.
- Le béton SD1 réalisé avec un rapport $E/C = 0,56$ et un dosage en plastifiant de 0,4% présente le plus faible retrait par rapport aux autres mélanges.
- L'utilisation des dosages en plastifiant de l'ordre de 2.4, 2.9 et 3.5% avec les rapports E/C respectivement de l'ordre de 0,44, 0,46 et 0,48 a conduit un effritement total des éprouvettes de béton.
- Les résistances mécaniques sont influencées par le rapport E/C , plus ce dernier est faible plus la résistance mécanique augmente, sauf le cas où $E/C = 0,5$.

Recommandations

- L'utilisation des appareils de mesures standardisés et automatiques est souhaitée.
- L'utilisation d'un malaxeur est recommandée pour garantir l'homogénéité du malaxage.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] PATRICK GUIRAUD., ‘Les adjuvants : pour des bétons à l’épreuve des chantiers et du temps’, Centre d’information sur les ciments et les bétons, 2018.
- [2] AYACHI A.M., ‘Etude des propriétés mécaniques du béton de sable de dunes’, mémoire mastère, Université Ouargla, 2011.
- [3] Norme françaises, Béton de sable, NFP 18-500, Juin 1995
- [4] Achoura. D., ‘Contribution à l’étude de la formulation et de la caractérisation des bétons de sable à base de laitiers de hauts fourneaux d’El-Hadjar’, thèse de doctorat, Université Badji - Mokhtar, Annaba, Algérie, 2005.
- [5] BELHOCINE A et NAGOUDI.N. ‘Étude expérimentale d’un mortier avec ajouts Minéraux’, mémoire mastère, Université Ouargla, 2014.
- [6] Norme françaises, P 18-541, des granulats, 1994
- [7] Dreux et Festa, 1998, ‘Nouveau guide du béton et de ses constituants’, 8^e Edition, Eyrolles, 1998, 416p.
- [8] Ben Amara. D., ‘Formulation et comportement d’un béton de sable de la région de Biskra renforcé de fibre métallique’, mémoire de magister, Université de Annaba, Algérie, (2002).
- [9] BANTATA, A., ‘Étude expérimentale d’un béton avec sable de dune de la région D’Ouargla (Ain El Beida)’, Mémoire de magister, Université de Ouargla, 2004.
- [10] BABA ARBI, A et MANSOUR. N, ‘Comportement du béton de sable de dunes renforcé par des fibres métalliques soumis à haute température’ ; mémoire mastère ; Université Ouargla, 2016.
- [11] Norme françaises, les granulats, NF P18-101, Décembre 1990

- [12] Norme françaises, Masse volumique absolue, NFP 18-301, décembre 1983
- [13] BALADES J.D, 'Béton de sable : caractéristiques et pratiques d'utilisation', Paris, P.E.N.P.C, 1994, 237p.
- [14] Norme françaises, Analyse granulométrique par tamisage, NF P 18-560, Septembre 1990).
- [15] Norme françaises, Module de finesse, NF P 18-304
- [16] Norme françaises, Équivalent de sable, NF P 18-598, Octobre 1991.
- [17] CHABIA R., 'Contribution à l'étude des caractéristiques physico-mécaniques de béton se sable de dunes et l'influence de milieux de coacervation', mémoire mastère, Université Ouargla, 2016.
- [18] DUPAIN, R, LANCHON. R, J. C. SAINT ARROMAN, 1995. Granulats, sols, ciments et bétons – caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire, Edition castilla – Paris (France).
- [19] Ghomari.F, Bendi.A: 'Science des matériaux de construction', cours, 2007-2008.
- [20] BELFERRAG Allauoa, 'Valorisation des fibres métalliques issues des déchets Pneumatiques dans les bétons de sable de dunes', Thèse de Magister, Université de Ouargla, 2006.
- [21] Norme françaises, NF P 18-406, Essai de compression, Décembre 1981
- [22] TATI.T & CHAOUICHE.S., 'Formulation et caractérisation d'un béton de sable de dune chargé', mémoire mastère, Université Ouargla, 2018.

ANNEXE : Fiche produit ciment (matine)



ماتين MATINE

ALGÉRIE

LAFARGE
Construire
des villes meilleures™



Ciment portland au Calcaire

NA442 CEM II/A-L 42,5 N

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

Matine
NA442 CEM II/A-L 42,5 N

Matine est certifié, conforme à la norme Algérienne (NA442 – 2013) et Européenne (EN 197-1)

AVANTAGES PRODUIT



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

LH A member of
LafargeHolcim

APPLICATIONS RECOMMANDÉES

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



FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment 	Sable (sec) 	Gravillons (sec) 		Eau (litres) 
	50kg	0/5	8/15mm	15/25mm	
Dosage pour béton c25/30	X 1 	+ X7 	+ X5 	+ X4 	+ 25 L

Remarque: un bidon = 10 Litres

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Analyses chimiques

	Valeur
Perte au feu (%) (NA5042)	8.0±2
Teneur en sulfates (SO3) (%)	2.5±0.5
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1.7±0.5
Teneur en Chlorures(NA5042) (%)	0.02-0,05

Temps de prise à 20° (NA 230)

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

Composition minéralogique du Clinker (Bogue)

	Valeur
C3S (%)	60±3
C3A (%)	7.5±1

Résistance à la compression

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

Propriétés physiques

	Valeur
Consistance Normale (%)	26.5±2.0
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm²/g) (NA231)	3 700 - 5 200
Retrait à 28 jours (µm/m)	< 1 000
Expansion (mm)	< 3.0

CONSIGNES DE SÉCURITÉ

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

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



 A member of LafargeHolcim

Conditionnement: Sac et vrac

LAFARGE ALGÉRIE

Bureau n°02, 16ème étage, tour Geneva,
les Pins maritimes, Mohammadia, Alger.
tél: + 213 (0) 21 98 54 54
Fax: + 213 (0) 23 92 42 94
www.lafargealgerie.com
dz.satisfaction-clients@lafargeholcim.com
Tél: 021 98 55 55

 LAFARGE
لافارج

ANNEXE : COMPOSITION CHIMIQUE DE L'EAU.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et populaire		وزارة الموارد المائية الجزائرية للمياه وحدة مديرية ورقلة					
MINISTERE DES RESSOURCES EN EAU EP. ALGERIENNE DES EAUX d'unité Ouargla							
FICHE D'ANALYSES							
N° REF : 253 /2017		Date d'analyse : 19/02/2017					
LIEU DE PRELEVEMENT: FORAGE MEKHADEMA N°01		Date de prélèvement : 19/02/2017		Analyse effectuée Par : Laboratoire Central			
prélèvement effectué par : préleveur ADE							
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	CON.	N.A	MINERALISATION GLOBALE	CON.	N.A		
PH	/	6.5 – 8.5	Calcium Ca ²⁺	mg/l	240.48	200	
Potentiel redox Eh	Mv	/	Magnésium Mg ²⁺	mg/l	162.81	150	
Conductivité à 25°C	µs/cm	4600	Sodium Na ⁺	mg/l	400	200	
Température	°C	/	Potassium K ⁺	mg/l	23	20	
Turbidité	NTU	0.172	5	Chlorures Cl ⁻	mg/l	998.03	500
F.D.S	mg/l	/	Sulfate SO ₄ ²⁻	mg/l	720	400	
Salinité	‰	2300	Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	184.92	/	
Oxygène dissous	mg/l	2.3	8	Carbonate CO ₃	mg/l	/	
CO ₂ libre	mg/l	/	Silicate SiO ₂	mg/l	/	/	
Résidu sec à 105°C	mg/l	3076	2000	Dureté Totale (TH)	mg/lCaCO ₃	1270	500
MES à 105°C	mg/l	/	Dureté Permanente	mg/lCaCO ₃	/	/	
			Titre alcalin	mg/lCaCO ₃	/	/	
			Titre alcalin complet	mg/lCaCO ₃	151.57	/	
PARAMETRES DE POLLUTION	CON.	N.A	PARAMETRES INDESIRABLES	CON.	N.A		
Ammonium NH ₄	mg/l	0.087	0.5	Fer total	mg/l	/	0.3
Nitrite NO ₂ ⁻	mg/l	00	0.1	Fer Fe ²⁺	mg/l	00	0.3
Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	/	50	Fer Fe ³⁺	mg/l	/	0.3
Orthophosphate PO ₄ ³⁻	mg/l	00	0.5	Manganèse Mn ²⁺	mg/l	/	0.3
Mat. Oxyd. M. Acide	mg/l	/		Aluminium AL ³⁺	mg/l	/	0.5
				Fluore F ⁻	mg/l	/	/
ANALYSES FINES		N.A	PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES	/	N.A		
DBO ₅	mg/l	/	Germes totaux				
DCO	mg/l	/	A 37°C	UFC/ml	/	0	
Plomb Pb	mg/l	/	A 22°C	UFC/ml	/	0	
Nickel Ni	mg/l	/	Coliformes totaux	ge/100ml	00	0	
Cadmium Cd	mg/l	/	Echerichea-coli	ge/100ml	00	0	
Cobalt Co	mg/l	/	Streptocoques fécaux	ge/100ml	00	0	
Chrome Cr	mg/l	/	Clostridium sulf-red	ge/100ml	/	0	
Cuivre Cu	mg/l	/	Chlore résiduel libre	mg/l	brute	0	
OBSERVATION :							
N.A : Norme Algérienne			DATE :				
CON. : Concentration			LE CHEF DE LABORATOIRE				
NB : Ces résultats sont valables uniquement pour les analyses des échantillons prélevés à la date indiquée ci-dessus.							

ANNEXE : Caractéristiques de MEDAFLUID 40

NOTICE TECHNIQUE

2 1 2 3

MEDAFLUID 40

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

Plastifiant / réducteur d'eau

DESCRIPTION

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

DOMAINES D'APPLICATION

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

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

PROPRIÉTÉS :

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

Sur béton frais :

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

Sur béton durci :

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

Résistances mécaniques en compression
(béton dosé à 350 kg/m³. E/C=0.42. Aff=11cm)

Désignation	Rc (MPa)	
Jours	7J	28J
Témoin	22,5	28,0
MEDAFLUID 40 (1,5%)	28,5	36,30

CARACTÉRISTIQUES

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

MODE D'EMPLOI

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

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

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

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

DOSAGE

Plage de dosage recommandée :

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

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

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

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

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

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

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

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



Zone industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger

Tél : (213) 021 51 66 81 & 82

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

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



MEDAFLUID 40

jusqu'à ce qu'il retrouve ses propriétés initiales.

Délai de conservation :

06 mois dans son emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur.

PRÉCAUTIONS D'EMPLOI

Manipulation non dangereuse.

Se référer à la Fiche de Données de Sécurité disponible sur : www.granitex-dz.com

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



Zone industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger

Tél: (213) 021 51 66 81 & 82

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

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



96