

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

جامعة عمار ثليجي الأغواط

UNIVERSITE AMAR THELIDJI DE LAGHOUAT

كلية التكنولوجيا

FACULTE DE TECHNOLOGIE+

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL



Mémoire de Master

Domaine : Sciences et technologies

Filière : Génie Civil.

Option : Matériaux de Génie Civil

Par :

Megoussi Meriem

Thème :

**Complément de formulation des mortiers de
sable dunaire vis-à-vis de l'effet de la
variabilité de la classe du ciment**

Soutenu publiquement devant le jury composé de :

Mr. Belmecheri Oum Habiba

Présidente

Mr. Bederina Madani.

Examineur

Mr. Lakhdari Mohamed Fateh

Rapporteur

Année universitaire 2019/2020

Remerciements

Ce travail a été réalisé pour sa plus grande partie au laboratoire de génie civil, à l'université Ammar Telidji de Laghouat.

Je remercie tout d'abord, le Dieu qui m'a donné la force et le courage pour terminer ce modeste travail.

*Mes sincères remerciements iront à Monsieur : **Lakhdari Mohamed Fateh** tout d'abord pour avoir dirigé ce travail, notamment pour la confiance et l'indépendance qu'il m'a accordé mon mémoire pour ces conseils avisés et l'orientation qu'il a su donner au mémoire, dans les moments critiques.*

*Je tiens à remercier respectueusement Mr **Bedrina Madani** professeure dotée d'une grande expérience, pour m'avoir fait l'honneur de présider les jurys de la soutenance.*

*Je tiens aussi à remercier respectueusement Mme **Belmecheri Oum Habiba** notre chère enseignante, pour l'honneur qu'elle m'a fait d'être examinatrice de ce travail*

Je souhaite exprimer ma gratitude envers l'ensemble des enseignants pour leur dévouement et la qualité d'enseignement

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A Mon Modèle De Sacrifice, D'amour Et De Générosité, La

Lumière De Mon Chemin Et L'étoile De Ma Vie : A Ma

Très Chère Mère Et mon cher papa

A mon mari et mon fils bachir

Mes chers frères et ma sœur kheira

A mes collègues de groupe MGC

A toutes les personnes chères à mon cœur.

Nomenclature

C: Compacité.

C/S: Rapport ciment – sable.

E/C: Rapport eau – ciment.

Esv: Equivalent de sable visuel.

Esp: Equivalent de sable au piston.

M: Masse du matériau.

Mf: Module de finesse.

Ms: Masse des grains solides.

SA: Sable alluvionnaire.

SD: Sable dunaire.

MSDA: Mortier sable dunaire-alluvionnaire (40%SA+60%SD).

MSDAP : Mortier sable dunaire-alluvionnaire (40%SA+60%SD) avec adjuvant

SP40 % : adjuvant super plastifiant (medaplaste).

MgSO₄: Sulfate de magnésium.

NaSo₄ : sulfate de Sodium.

P: Porosité.

R_c: Résistance à la compression.

R_f: Résistance à la flexion.

Sp: Surface spécifique de Blaine.

V: Volume total du matériau.

Vs: Volume des grains solide.

BO : un béton ordinaire.

γ_{app} : Masse volumique apparente.

γ_{abs} : Masse volumique absolu.

Table des matières

Chapitre 1 (RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE)

I.	Introduction	13
I.1	Les mortiers	13
I.1.1	Définition	13
I.1.2	Différents types des mortiers.....	13
I.1.3	Application du mortier	14
I.2	Les sables.....	15
I.2.1	Définition	15
I.2.2	Origine des sables :	15
I.2.3	Différents types de sable	15
I.2.4	Sables du Sahara.....	16
I.2.5	Classification des sables :.....	17
I.2.6	Classification selon la granulométrie :	17
I.2.7	Classification selon la Propreté et teneur en fines :	17
I.2.8	Classification selon la Nature minéralogique :	18
I.3	Critères d'acceptabilité des sables pour leur emploi en construction :	18
I.3.1	Les sables de dunes	18
I.4	Les ciments	19
I.5	Les adjuvants	20
I.6	Eau de gâchage	20
I.7	Travaux réalisés sur les mortiers dunaires- alluvionnaires :	20
I.7.1	Travaux de bentireche bakhta et bouzidi souade	20
I.7.2	Travaux de KHIRANI Abderrahmane et rai Laid.....	25
I.7.3	Travaux de ammi hamou hamza et talli mohamed	28
II.	Caractérisation des matériaux utilisés et dispositif expérimentaux	36
II.1	Introduction.....	36
II.2	Caractérisation des matériaux utilisés.....	36
II.2.1	Mortier	36
II.3	Formulation des mortiers	46
II.4	Techniques expérimentales	47
II.4.1	Essais sur mortiers frais	47
II.4.2	Essais sur mortiers durci	47

II.5	Confection des mortiers	49
II.5.1	Essais expérimentales réalisés	49
II.5.2	Essai de maniabilité	50
Conclusion générale.....		53

Liste des tableaux

Tableau 1-1 :	Compositions retenues des mortiers avec adjuvant	21
Tableau 1-2 :	résistance de R_c et R_t et retrait de différent mélange.....	21
Tableau 1-3 :	Compositions des mortiers en fonctions du rapport E/C.....	22
Tableau 1-4 :	Variation de dosage de sable alluvionnaire et sable dunaire en fonction de la R_c, R_t et le retrait	23
Tableau 1-5 :	Variation de la résistance à la compression en fonction de pourcentage $MgSO_4$	23
Tableau 1-6 :	Variation de la résistance à la traction en fonction de pourcentage $MgSO_4$	24
Tableau 1-7 :	Compositions des mortiers en fonctions du rapport E/C	25
Tableau 1-8 :	résistance de R_c et R_t et retrait de différent mélange.....	26
Tableau 1-9 :	Variation de la résistance à la compression en fonction de pourcentage $MgSO_4$	27
Tableau 1-10 :	variation de la résistance à la traction en fonction de pourcentage de $MgSO_4$	27
Tableau 1-11 :	Compositions des mortiers en fonctions du rapport E/C($C=350g/m^3$).....	28
Tableau 1-12 :	Compositions des mortiers en fonctions du rapport E/C($C=450g/m^3$).....	29
Tableau 1-13 :	Variation de la résistance à la compression en fonction du temps selon le dosage de ciment.....	29
Tableau 1-14 :	Variation de la résistance à la flexion en fonction du temps selon le dosage de ciment.....	30
Tableau 1-15 :	Evolution du retrait et expansion ($\mu m/m$) en fonction du temps	31
Tableau 1-16 :	Variation de la résistance à la compression en fonction de l'âge dans les milieux d'attaques	32
Tableau 1-17 :	Variation de la résistance à la flexion en fonction du temps dans les milieux d'attaques	33
Tableau 2-1 :	Analyse granulométrique pour chaque type de sable	37
Tableau 2-2 :	Module de finesse pour chaque type de sable.	38
Tableau 2-3 :	Masse volumiques absolue pour chaque type de sable.....	39
Tableau 2-4 :	Masses volumiques apparente pour des sables utilisés.	40
Tableau 2-5 :	Compacité pour chaque type de sable.....	40
Tableau 2-6 :	Porosité pour chaque type de sable.	40
Tableau 2-7 :	Valeurs préconisées pour l'équivalent de sable	41
Tableau 2-8 :	Valeurs de l'équivalent de sable de différents sables.....	42
Tableau 2-9 :	Caractéristiques des différents sables utilisés.....	42
Tableau 2-10 :	Analyse chimique du ciment BISEKRIA.....	43
Tableau 2-11 :	Caractéristique physico-mécanique du ciment BISEKRIA.	43
Tableau 2-12 :	Analyse chimique du ciment Matine	44
Tableau 2-13 :	Caractéristique physico-mécanique du ciment MATINE.....	44
Tableau 2-14 :	Composition chimique de l'eau de gâchage [17].....	45
Tableau 2-15 :	Caractéristique physique de l'adjuvant employé	46
Tableau 2-16 :	Composition du Mortier élaboré.....	46
Tableau 2-17 :	Classe de consistance selon la durée d'écoulement.....	50
Tableau 2-18 :	Rapport E/C et temps d'écoulement de chaque type de ciment.....	51

Liste des figures

Figure 1.1 : Composition du mortier	13
Figure 1.2 : Types de dunes. : Barkhanes ; dunes paraboliques ; Dunes longitudinales.	19
Figure 1.3 : Variation de la résistance à la compression et flexion en fonction de rapport E/C	22
Figure 1.4 : Variation de retrait en fonction de rapport E/C	22
Figure 1.5 : Variation de dosage de sable alluvionnaire et sable dunaire en fonction de la R_c, R_t et le retrait	23
Figure 1.6 : variation de la résistance a la compression en fonction de $MgSO_4$	24
Figure 1.7 : Variation de la résistance a la traction en fonction de $MgSO_4$	25
Figure 1.8 : Variation de la résistance à la compression et flexion en fonction de rapport E/C	26
Figure 1.9 : Variation de retrait en fonction de rapport E/C	26
Figure 1.10 : Variation de la résistance à la compression en fonction de pourcentage $MgSO_4$	27
Figure 1.11 : Variation de la résistance à la traction en fonction de pourcentage $MgSO_4$	28
Figure 1.12 : Résistance à la compression en fonction du dosage en ciment (mode I) et (mode II)	29
Figure 1.13 : Résistance à la flexion en fonction du dosage du ciment (mode I) et (mode II)	30
Figure 1.14 : Evolution du retrait et expansion ($\mu m/m$) en fonction du temps	31
Figure 1.15 : Variation de la résistance à la compression en fonction du temps dans $MgSO_4$ et dans Na_2SO_4	32
Figure 1.16 : Variation de la résistance à la flexion en fonction du temps dans les milieux d'attaques	33
Figure 2.1 : Les différents types de sables utilisés	36
Figure 2.2 : Courbes Granulométriques des sables	37
Figure 2.3 : Mesure de masse volumique absolue avec la méthode de Pycnomètre	39
Figure 2.4 : mesure de la masse volumique apparente pour chaque type de sable.	40
Figure 2.5 : Essai d'équivalente de sable. [15]	41
Figure 2.6 : Sika viscocrete tempo544	46
Figure 2.7 : Maniabilimètre B (180x90x90mm).	47
Figure 2.8 : Dispositif de flexion par trois points.	48
Figure 2.9 : Presse utilisé pour essais de flexion	48
Figure 2.10 : Dispositif de l'écrasement par compression.	49
Figure 2.11 : Presse utilisé pour essais d'écrasements	49
Figure 2.12 : Séquence de malaxage du mortier	49
Figure 2.13 : Principe de fonctionnement de la maniabilité	50
Figure 2.14 : Rapport E/C en fonction de temps d'écoulement	51

Résumé

De par son importance dans la composition des bétons et mortiers, le sable naturel, notamment le sable alluvionnaire a subi une surexploitation irrationnelle. Celle-ci a eu un impact environnemental qui a causé des problèmes aux domaines publics naturel. Actuellement les travaux de recherche sur de nouveaux matériaux de construction se sont orienté vers la valorisation des matériaux locaux. Le travail que nous présentons s'inscrit dans la thématique de la valorisation des ressources locales en matière de construction. Il s'agit précisément de l'utilisation du sable dunaire, abondant au sud Algérien, pour la confection de mortiers cimentaires utilisables dans les travaux de construction et plus particulièrement pour la réparation des structures en béton armé. Les résultats qui devaient être obtenus après avoir consulté plusieurs travaux effectués sur les mortiers ainsi que les différentes formulations avec l'introduction du sable dunaire ; on a pu préconiser d'axer notre étude sur la confection d'un mortier à base d'un mélange constitué de 60% de sable dunaire et 40% de sable alluvionnaire pour une même classe de ciment à trois types différents. L'objectif de ce travail est de faire un complément de formulation des mortiers de sable dunaire de façon à obtenir l'effet de la variation de la classe de ciment en utilisant trois modèles de même classe mais d'origine différentes. De ce fait, la substitution partiel du sable alluvionnaire par le sable dunaire nous a permis d'augmentation des performances mécanique .

Abstract

Due to its importance in the composition of the concrete and the mortars, natural sand, particularly alluvial sand has undergone an irrational overexploitation in Algeria. This had a negative environmental impact that can causes a lot of problems especially in the natural public areas. Currently, research work on new construction materials are oriented towards the valorization of local materials. The work we are presenting falls under an enhancing value of local construction resources themes. This is precisely the use of dune sand, abundant in southern of Algeria, in order to making cement mortars that can be used in construction work and particularly for the repair of reinforced concrete structures. The results which should be obtained after consulting several works carried out on mortars as well as the different formulations with the introduction of dune sand. We were able to focusing our study on making a mortar based on a mixture consisting of 60% of dune sand and 40% of alluvial sand for the same class of cement recommended with three different types. The objective of this work is to make a complementary formulation of dune sand mortars as soon as obtaining effect of varying the cement class using three models of the same class with different origin. As a result, the substitution of alveolar sand by dune sand allowed us to increase mechanical performa

ملخص

نظراً لأهميتها في تكوين الخرسانة والملاط ، فإن الرمال الطبيعية ، وخاصة الرمال الغرينية ، خضعت لاستغلال مفرط غير منطقي في الجزائر. كان لهذا تأثير بيئي سلبي يمكن أن يسبب الكثير من المشاكل خاصة في المناطق الطبيعية العامة. حالياً، يتم توجيه العمل البحثي حول مواد البناء الجديدة نحو تجميع المواد المحلية. يندرج العمل الذي نقدمه في إطار تعزيز قيمة موضوعات موارد البناء المحلية. هذا بالتحديد هو استخدام الكثبان الرملية ، بكثرة في جنوب الجزائر ، من أجل صناعة ملاط أسمنتي يمكن استخدامه في أعمال البناء وخاصة لإصلاح الهياكل الخرسانية المسلحة. النتائج التي يجب الحصول عليها بعد الاطلاع على العديد من الأعمال المنفذة على الملاط وكذلك التركيبات المختلفة مع إدخال الكثبان الرملية. تمكنا من تركيز دراستنا على صنع ملاط يعتمد على خليط يتكون من 60% من الكثبان الرملية و 40% من الرمل الغريني لنفس فئة الأسمنت الموصى بها بثلاثة أنواع مختلفة. الهدف من هذا العمل هو صنع تركيبة تكميلية لمونة الكثبان الرملية بمجرد الحصول على تأثير تغيير فئة الأسمنت باستخدام ثلاثة نماذج من نفس الفئة بأصل مختلف. نتيجة لذلك ، سمح لنا استبدال الرمل السنخي برمل الكثبان بزيادة الأداء الميكانيكي

Note importante

Le présent travail ne correspond pas au programme initial En effet les circonstances exceptionnelles (COVID 19) ont fait que le programme expérimental n'as pas été exécuté pour cause de fermeture du laboratoire

Nous présentons dans ce qui suit un essai de synthèse sommaire de travaux en relation avec le thème initialement prévue

INTRODUCTION GENERALE

La valorisation des matériaux locaux présente une solution aux problèmes d'environnement et peut contribuer à la diminution des coûts de la construction. Parmi ces matériaux se distingue le mortier de sable dunaire, vu l'abondance du sable de dune surtout dans le SAHARA qui couvre près de 60% du territoire national.

Toute construction est généralement réalisée par les éléments dont il faut assurer la liaison et la solidarisation ainsi que la stabilité de l'ouvrage ; ces opérations se font à l'aide d'un liant (chaux ou ciment) mélangé à du sable, de l'eau et d'éventuels additifs pour obtenir un mortier qui se distingue du béton par l'absence de gravillons.

La surexploitation des sables alluvionnaires dans les matériaux de constructions ont généré un impact négatif sur l'environnement, il est devenu plus que nécessaire de trouver un substitut afin d'y remédier à cet état de fait.

De nombreux chercheurs étudient la possibilité d'exploiter les sables de dune qui est un matériau local présent en abondance. L'idée de promouvoir et d'introduire ce sable dans la confection des bétons et mortiers s'avère très intéressante du point de vue économique et environnemental.

On retrouve différentes compositions de mortiers dans le secteur du bâtiment qui sont obtenus en utilisant différents paramètres liant (type et dosage) adjuvant, ajouts et dosage en eau.

Après avoir consulté plusieurs travaux effectués sur les mortiers ainsi que les différentes formulations avec l'introduction du sable dunaire on a pu préconiser l'axe de notre étude sur la confection d'un mortier à base d'un mélange mixte de sable dunaire et alluvionnaire pour une même classe de ciment à trois types de ciments à savoir El Matine de Msila ; El Biskria provenant de l'usine de Biskra et El Awtad provenant d'El Beidha.

Plusieurs études ont été effectuées sur les mortiers afin de savoir leurs formulations et de déterminer leurs caractéristiques et leur comportement.

Le mortier que nous étudions est constitué d'un mélange à 60% de sable dunaire et de 40% de sable alluvionnaire.

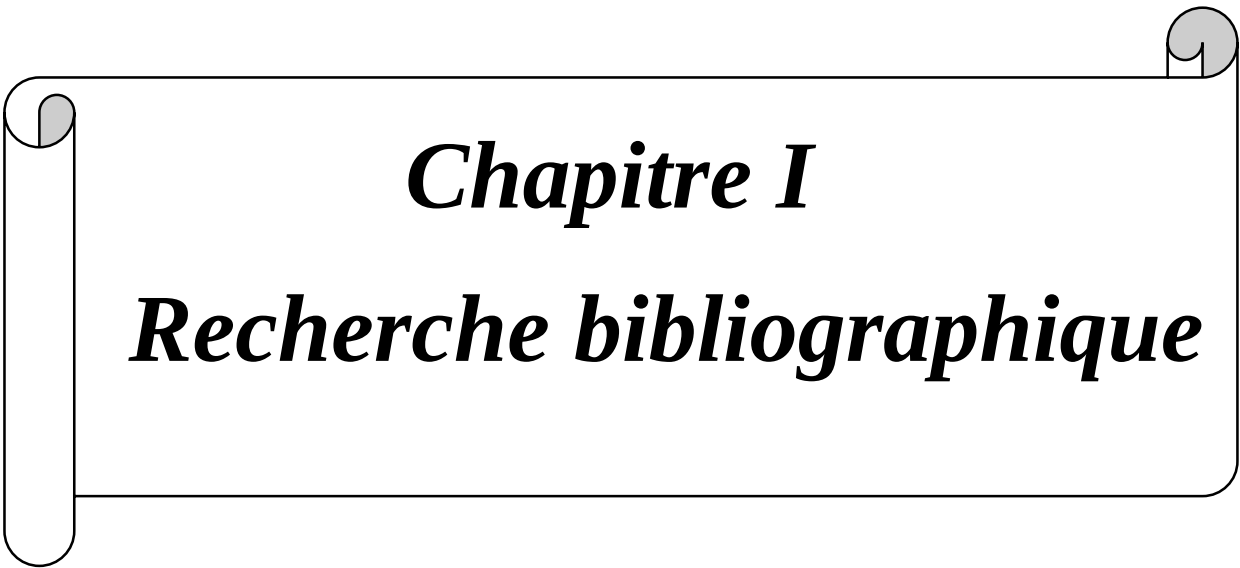
L'objectif de ce travail était de faire un complément de formulation des mortiers de sable dunaires tel que l'on cherche l'effet de la variation de la classe de ciment en utilisant trois types de ciment de même classe mais d'origine différentes.

Le mémoire de fin d'étude s'articule autour de deux chapitres à savoir

Le premier chapitre : Une recherche bibliographique qui donne un aperçu général sur les principaux constituants du mortier, concernent les différents paramètres technologiques qui influent sur les caractéristiques du mortier.

Le deuxième chapitre : Consacré à l'étude expérimentale, nous présentons dans ce chapitre les caractéristiques des matériaux utilisés (sable de dune et alluvionnaire, ciment) et les méthodes d'essais réalisés sur les mortiers.

.

A decorative frame resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both with rounded ends and a slight shadow effect.

Chapitre I

Recherche bibliographique

Chapitre I

Recherche bibliographique

I Introduction

Dans ce premier chapitre de notre travail nous allons essayer de faire une description générale issue de notre recherche bibliographique sur toutes les principales notions à traiter dans notre étude. Nous allons donner une présentation générale sur les propriétés des différents types de sables utilisés dans le domaine de construction en génie civil.

Notamment leurs origines, leurs classifications et leurs granulométries. Nous allons également donner un aperçu sur les mortiers. Nous allons surtout basé sur leurs applications dans la construction, les différents types et les principales caractéristiques.

Dans ce chapitre nous allons faire aussi une synthèse sur les différents travaux de recherche qui ont été fait sur le thème de notre étude, plus particulièrement en ce qui concerne la valorisation de sable de dune pour la confection des mortiers, où nous allons exposer les principaux résultats obtenus.

I.1 Les mortiers

I.1.1 Définition

Le mortier est l'un des matériaux de construction que l'on utilise pour solidariser les éléments entre eux assurer la stabilité de l'ouvrage, combler les interstices entre les blocs de construction. En général le mortier est le résultat d'un mélange de sable, d'un liant (ciment ou chaux) et d'eau dans des proportions données, différant selon les réalisations et d'adjuvant. [1]

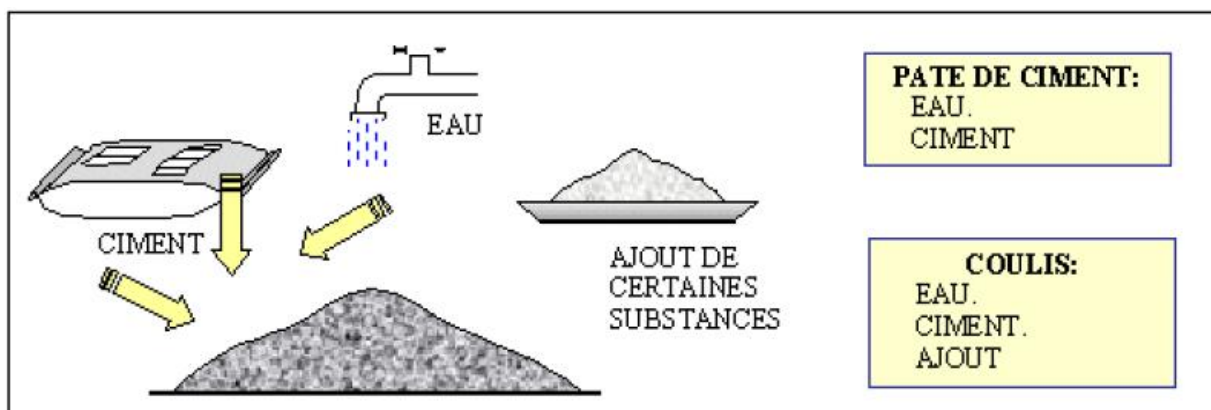


Figure 0.1 : Composition du mortier

I.1.2 Différents types des mortiers

Les mortiers se partagent en différents types [2]

I.1.2.1 Les mortiers de ciment

Les mortiers de ciment, très résistants, prennent et durcissent rapidement. De plus un dosage en ciment suffisant les rend pratiquement imperméables. Les dosages courants sont de l'ordre de 300 à 400 kg de ciment pour 1m³ de sable.

I.1.2.2 Les mortiers de chaux

Les mortiers de chaux sont gras et onctueux. Ils durcissent plus lentement que les mortiers de ciment surtout lorsque la chaux est calcique.

I.1.2.3 Les mortiers bâtards

Le mélange de ciment et de chaux permet d'obtenir conjointement les qualités de ces deux liants. Généralement on utilise la chaux et le ciment par parties égales ; mais on mettra une quantité plus ou moins grande l'un ou de l'autre suivant l'usage et la qualité recherchée.

I.1.2.4 Mortier réfractaire

Il est fabriqué avec du ciment fondu qui résiste à des températures élevées. Il est utilisé pour la construction des cheminées et barbecues.

I.1.2.5 Mortier rapide

Il est fabriqué avec du ciment prompt, il est rapide et résistant pour les scellements.

I.1.3 Application du mortier

Dans la maçonnerie en fondation ou en élévation, on emploie normalement le mortier moyen de chaux hydraulique, de liant à maçonner ou de ciment à maçonner ou le mortier maigre de ciment de fer.

- ✓ Pour les maçonneries peu chargées, on pourra utiliser le mortier maigre de chaux de liant ou de ciment à maçonner ; en revanche, pour les maçonneries fortement chargées, le mortier moyen de ciment portland sera recommandé. Le mortier moyen de ciment de laitier ou de haut fourneau pourra être utilisé en fondation, il y a serait même recommandé en présence d'eaux nocives, mais il ne devra pas être employé en élévation.
- ✓ Pour le jointoiement on utilisera un mortier gras du même liant qui a servi à hourder la maçonnerie.
- ✓ Pour les enduits aériens et crépis, le mortier moyen est recommandé, car il protégera mieux que le mortier maigre et il sera moins susceptible de décollement, fissuration et faïençage que le mortier gras. On utilise principalement le mortier de chaux hydraulique et de mortier portland.
- ✓ Pour les enduits mouilles ou enterrés, n'importe quel mortier moyen convient.
- ✓ Pour les enduits étanches, le mortier devra être gras on peut utiliser le ciment de laitier ou de haut fourneau, mais on emploie surtout le portland ou le ciment de fer. Pour les chapes ordinaires, on utilisera le même mortier que pour les enduits aériens, mais pour les chapes de dallages, soumise à une usure rapide, et pour les chapes étanches, il faudra un mortier gras de ciment de fer ou portland.

- ✓ Pour les enduits et chapes étanches, soumis à la forte sous-pressure le mortier très gras de ciment de laitier ou de haut fourneau pourra être utilisé en fondation. 3

I.2 Les sables

I.2.1 Définition

On définit les sables comme étant la fraction des granulats pierreux dont les grains ont des dimensions comprises entre 80 μm et 05 mm ; il s'agit d'une définition globale, dont les bornes varient d'une classification à une autre. Ce sont aussi les matériaux dont le diamètre maximal est inférieur à 6,3mm et dont le passant à 80 microns n'excède pas 30% [2].

Dans le sens le plus courant, on entend par "sable" les éléments de dimensions 0 à 5 mm, non compris les fillers. A cette définition se rattachent les sables de concassage ; mais lorsqu'on dit sable, on pense essentiellement aux sables naturels abondants dans de nombreux pays et dont les réserves sont quasi inépuisables. En fait, la définition granulométrique du sable est plus compliquée, elle varie suivant les époques et diffère suivant les pays et selon la destination [2].

I.2.2 Origine des sables :

Les sables rencontrés sont le résultat d'une décomposition chimique ou d'une désintégration mécanique des roches suivies par un processus de transport qui est l'origine de leurs caractéristiques physico chimiques. Les sables ainsi disponibles sont le résultat d'un processus souvent complexe d'érosion et de sédimentation. Il comporte, à des degrés divers, une décomposition surplace des différentes roches suivie d'un transport fluvial et parfois éolien. Les différents processus qui conduisent de la roche massive aux sables sont suffisamment agressifs vis-à-vis des minéraux pour que seul subsistent les plus résistants ; c'est ainsi que la plus grande partie des formations sableuses est constituée de quartz qui devient de plus en plus abondant à mesure que la taille des grains décroît. La fraction comprise entre 0,2mm et 0,5mm est le plus souvent constituée de quartz à plus de 75%. Selon l'importance et la nature de leur transport, ces grains de sable peuvent présenter un aspect différent à savoir :

- ✓ Grains émoussés et luisants (usure due au déplacement par l'eau) ;
- ✓ Grains ronds et mats (déplacement par le vent) ;
- ✓ Grains non usés.

Selon leur histoire géologique, les sables se distinguent les uns des autres par une multitude d'aspects : granulométrie, teneur, nature et caractéristiques des fines, composition chimique et minéralogique, forme des grains, dureté, ...etc. (4)

I.2.3 Différents types de sable

Les sables se différencient par un grand nombre de paramètres et on peut distinguer deux types de sables : les sables naturels et ceux issus d'une chaîne d'élaboration.

I.2.3.1 Les sables issus d'une chaîne d'élaboration (sables artificiels)

Ce sont des matériaux produits dans une chaîne d'élaboration de granulats, et qui peuvent se trouver en excédent pour la production recherchée (gravier ou gravillon), ils peuvent être soit:

- Des sables roulés de dessablage qui résultent du criblage primaire d'un tout venant.
- Des sables de concassage qui sont très souvent l'excédent de la production d'une carrière ou d'une ballastière, ces derniers sont de plus en plus utilisés en technique routière.

D'autres produits industriels ne répondant pas exactement à ces définitions ont des caractéristiques permettant de les assimiler à ces sables (cendres volantes silicoalumineuses) ; leurs méthodologies d'étude et d'utilisation

I.2.3.2 Les sables naturels

Ce sont des matériaux qui existent, dans certaines régions, en abondance dans la nature. Ils sont le résultat d'un processus complexe d'érosion et de sédimentation. Leur formation s'effectue en trois étapes successives : la décomposition sur place des différents est comparable.

Roches suivie d'un transport qui les amène à un dépôt où ils demeurent sous différentes formes

I.2.4 Sables du Sahara

Le sable est l'un des matériaux les plus abondants au Sahara et parfois le seul dans de vastes zones. Les différents types de sables sahariens sont [4] :

I.2.4.1 Dépôt alluvionnaire

Les sables de rivière rencontrés se trouvent soit dans des oueds à écoulement fréquent de la bordure de l'Atlas (dépôts actuels), soit dans des lits d'anciens oueds dont l'écoulement remonte à des époques géologiques antérieures. Les principaux types retenus pour les usages routiers sont les suivants :

- Sable graveleux ou non à granulométrie assez étalée et avec fines (15 à 30 %). On l'utilise pour la couche de fondation et la couche de base (technique du sable-argile).
- Gros sable de préférence graveleux à granulométrie étalée pour enrobés (enrobés à froid lorsqu'il y a assez de grossiers ou sable enrobé à chaud).

I.2.4.2 Sables éoliens

Les dunes sont constituées de sable fin voir très fin, à granulométrie serrée ou très serrée.

I.2.4.3 Sables de regs

Le reg est une formation de surface qui recouvre de vastes zones plates ou à relief très mou. L'action du vent a balayé le sable fin et enrichi la surface d'éléments plus gros tels les cailloux, gravier, gros sable, qui se trouvent disposés d'une manière régulière

I.2.4.4 Sables géologiques en place

On peut ranger sous cette dénomination des formations continentales de sols fins, tels les sables argileux du continental intercalaire appelé parfois albien, qui affleurent à la bordure ouest et sud du Sahara central et oriental (Reggane, Adrar, In Salah, plateau du Tahouratine).

I.2.4.5 Sables gypseux

Nous rangeons dans une catégorie spéciale et en raison de leur large utilisation routière, des sables contenant des proportions variables de gypse et étant soit des sables géologiques en place, soit des dépôts alluvionnaires

I.2.4.6 Sables gypso-calcaires

Dans les plateaux entre Ouargla et Hassi Messaoud, on trouve sous une dalle de calcaire assez dure de surface, un mélange de cailloux calcaires mi-durs et de sable gypso-calcaire. Ce tout venant a été utilisé pour la route Ouargla/ Hassi Messaoud. Ces sables n'ont pas été utilisés seuls jusqu'ici [4].

I.2.5 Classification des sables :

L'intérêt de la classification est de regrouper en familles les matériaux qui présentent des points communs soit dès leur genèse, soit dans leur comportement lié à un usage précis. Il est utile de classer les sables, afin de pouvoir préciser à priori et pour un sable donné, les divers procédés de traitement qui conviennent mieux à son utilisation dans un domaine et selon ses spécifications. On conçoit de ces conditions qu'il n'y a pas une classification, mais des classifications selon l'usage envisagé, chacune répondant à une fonction. Il existe de ce fait des classifications géologiques, pédologiques et géotechniques.

I.2.6 Classification selon la granulométrie :

✓ Sable grossier :

Plus de 20% des éléments sont supérieurs à 2mm et plus de 50% des éléments supérieurs à 80µm sont compris entre 0,5 et 5mm. Ces sables ont des propriétés qui se rapprochent des graves.

✓ Sable moyen :

Moins de 20% des éléments sont supérieurs à 2mm et plus de 50% des éléments supérieurs à 80µm sont compris entre 0,2 et 2mm.

✓ Sable fin :

Plus de 75% des éléments supérieurs à 80 µm, sont inférieurs à 0,5mm. Ces sables doivent être notablement corrigés pour acquérir des propriétés comparables à celles des graves [5].

I.2.7 Classification selon la Propreté et teneur en fines :

Elle est appréciée par la valeur de l'équivalent de sable [6].

I.2.8 Classification selon la Nature minéralogique :

En général, les sables peuvent être classés comme suit :

- Sables siliceux.
- Sables silico-calcaires.
- Sables calcaires.

I.3 Critères d'acceptabilité des sables pour leur emploi en construction :

Le choix des matériaux de construction de base, tels que les sables qui rentrent dans la confection des mélanges composés, doit être dicté par un certain nombre de considérations afin d'atteindre les objectifs recherchés (résistance, durabilité...). Selon le rôle du sable, ces considérations sont plus ou moins sévères. Il paraît nécessaire d'établir une détermination physique plus approfondie. Pour cette étude, un certain nombre de caractères physiques ont été retenus [7]. Ce sont :

- La granulométrie.
- Le module de finesse.
- La densité apparente et la densité réelle
- La Propreté.
- L'analyse chimique

I.3.1 Les sables de dunes

I.3.1.1 Définition

Le sable est un produit de la désagrégation lente des roches sous l'action des agents d'érosion tels que l'air, la pluie etc. Les déserts de sable, ou ergs, se localisent dans les vastes cuvettes d'épandage ou des puissantes accumulations alluviales se sont concentrées par de grands écoulements liés aux périodes pluviales du début du quaternaire. Les grands ergs coïncident avec des zones où des vents saisonniers de directions variées se compensent. Les dunes existent sous trois formes [8] :

- ✓ **Barkhane** est une dune en forme de croissant, à convexité au vent. Elle naît là où l'apport de sable est faible et sous des vents unidirectionnels
- ✓ **D'une parabolique** est une dune dissymétrique en forme de fer à cheval à concavité au vent souvent plus ou moins fixée par la végétation Sa disposition par rapport à la direction du vent est donc inverse de celle de la barkhane. La dune parabolique est peu mobile et généralement ne migre guère une fois qu'elle est formée.
- ✓ **Siouf ou Sif**, dunes en forme de sabre, sont des ondulations longitudinales s'amincissant vers une extrémité

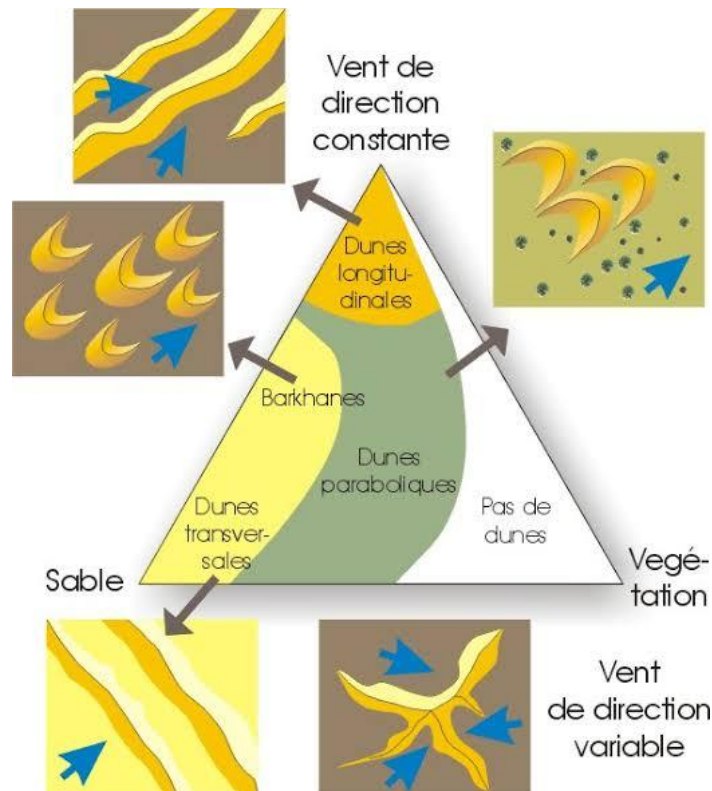


Figure 0.2 : Types de dunes. : Barkhanes ; dunes paraboliques ; Dunes longitudinales.

La flèche bleue indique la direction du vent dominant

I.4 Les ciments

Les ciments sont des poudres obtenues à partir d'un mélange de calcaire et d'argile broyés puis soumis à une cuisson à une température de 1450°C. Le constituant de base d'un ciment est le clinker. Le laitier, les cendres volantes, la pouzzolane et les fillers sont ajoutés au clinker, en proportion diverses pour constituer les catégories de ciments avec ajouts. [9]

La présentation des caractéristiques des matériaux utilisés, la composition des mélanges et les procédures expérimentales vont nous permettre de mieux analyser les résultats et d'avoir une meilleure compréhension de l'influence des différents paramètres étudiés sur le comportement physico-mécanique et rhéologique des mortiers confectionnés.

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.

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

I.5 Les adjuvants

Ce sont des produits chimiques organiques ou inorganiques, incorporés en faibles quantités, moins de 5% de la masse du ciment sous forme de poudre ou de solution, avant ou pendant le malaxage, dans le but de modifier certaines propriétés du béton, qu'il soit à l'état frais, pendant la prise et le durcissement ou à l'état durci. Les adjuvants sont classés par la norme NF EN 934-2 : [10]

Il existe plusieurs types d'adjuvants dont la classification est la suivante

- Adjuvants modifiant la prise et le durcissement : accélérateurs et retardateurs de prise.
- Adjuvants modifiant la résistance aux actions physiques et chimiques : hydrofuges de masse et produits de cure (les produits de cure sont des produits qui ne rentrent pas dans la fabrication du béton mais ils sont utilisés après la mise en œuvre du béton).
- Adjuvants modifiant la rhéologie et la teneur en air : réducteurs d'eau plastifiants, superplastifiants et entraîneurs d'air.

Les adjuvants privilégiés à l'utilisation pour le béton de sable sont les réducteurs d'eau plastifiant et superplastifiant qui lui confèrent une meilleure plasticité, améliorant sa maniabilité et augmentant sa résistance par suite d'une réduction de la teneur en eau. [11]

I.6 Eau de gâchage

Est un ingrédient essentiel du béton, il joue deux fonctions principales : confère au béton sa maniabilité à l'état frais et assure l'hydratation des grains de ciment pour une prise et un durcissement. La quantité d'eau nécessaire ou plus précisément le rapport eau/ciment a une forte influence sur la porosité du béton, sa perméabilité, les résistances mécaniques, la durabilité, etc... [12]

L'eau de gâchage peut avoir plusieurs origines, mais seule l'eau potable est présumée conforme aux exigences de la norme NF EN 1008 [13]

I.7 Travaux réalisés sur les mortiers dunaires- alluvionnaires :

Nous citons ci-dessous une partie des travaux de trois auteurs différents sur les formulations et résultats obtenus, des mortiers à base d'un mélange mixte de sable dunaire et alluvionnaire

I.7.1 Travaux de bentireche bakhta et bouzidi souad

Le but de ce travail est l'étude du comportement mécanique des poutres en béton armé réparées par un mortier à base de sable dunaire et alluvionnaire.

I.7.1.1 Matériaux utilisés

- **Le Sable :** sable alluvionnaire. sable dunaire
- **L'adjuvant :** L'adjuvant utilisé est un superplastifiant algérien de type « MEDAPLAST (SP40) »
- **Le ciment :** (CPJ CEM II 42.5) provenant de la cimenterie de M'sila dosage de 350 kg/m³

I.7.1.2 Synthèse des résultats

Les résultats de l'étude des sables utilisés et le ciment permettent de conclure que les sables utilisés sont très propres qui conviennent parfaitement pour des bétons de haute qualité.

I.7.1.3 Composition des mortiers frais avec adjuvant

Les compositions retenues dans la suite du travail sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 0-1 : Compositions retenues des mortiers avec adjuvant

Constituants	Dosage de constituants (Kg/m ³)		
Composition	MSDA3	MSDA2	MSDA1
Ciment	350	350	350
Sable	SA=350	SA=210	SA=105
	SD=735	SD=840	SD=945
Eau	112	113.75	115.5
E/C	0.32	0.325	0.33

Les éprouvettes ont été d'abord conservées sous l'eau pendant 28 jours ensuite certains de ces éprouvettes ont été disposées dans les milieux d'attaques et l'eau distillée.

I.7.1.4 Evolution de résistance

Nous avons procédé aux essais nécessaires pour déterminer l'effet du rapport E/C sur la Rc et Rt. Et le retrait pendant 28j Les résultats sont présentés ci-après :

Tableau 0-2 : résistance de Rc et Rt et retrait de différents mélanges

Mélange	E/C	Compression(MPa)	Flexion(MPa)	Retrait(MPa)
MSDA1	0.33	27.3	6.08	1.46
MSDA2	0.325	30.05	7.08	1.03
MSDA3	0.32	32.46	7.92	1
MSDA4	0	33.93	8.93	0

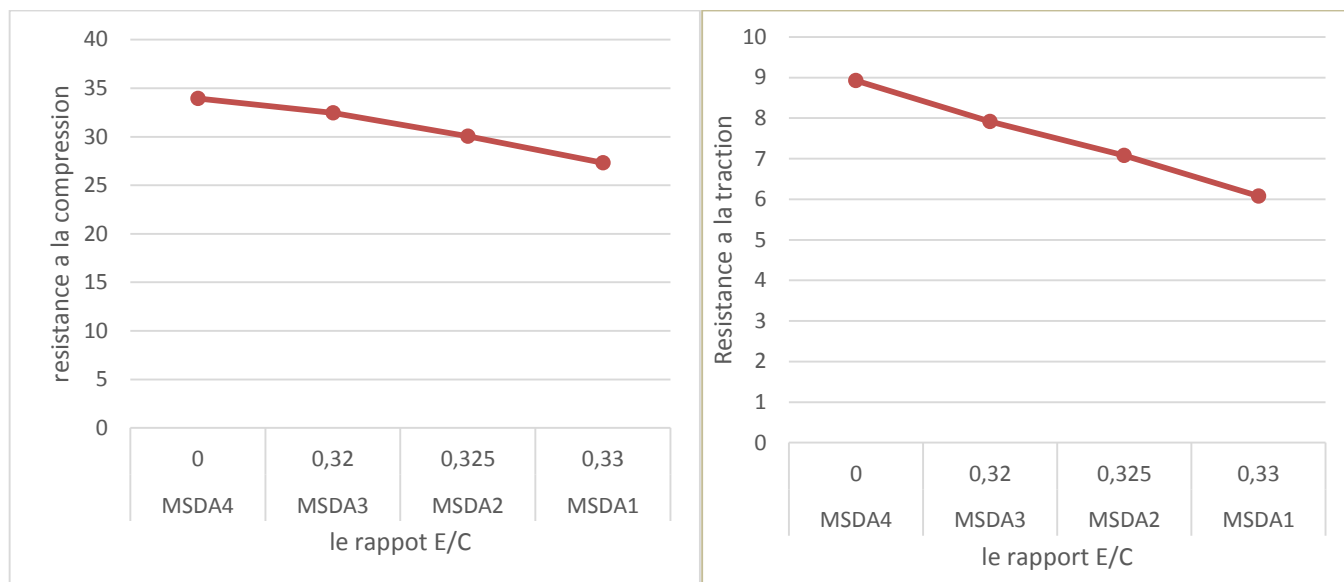


Figure 0.3 : Variation de la résistance à la compression et flexion en fonction de rapport E/C

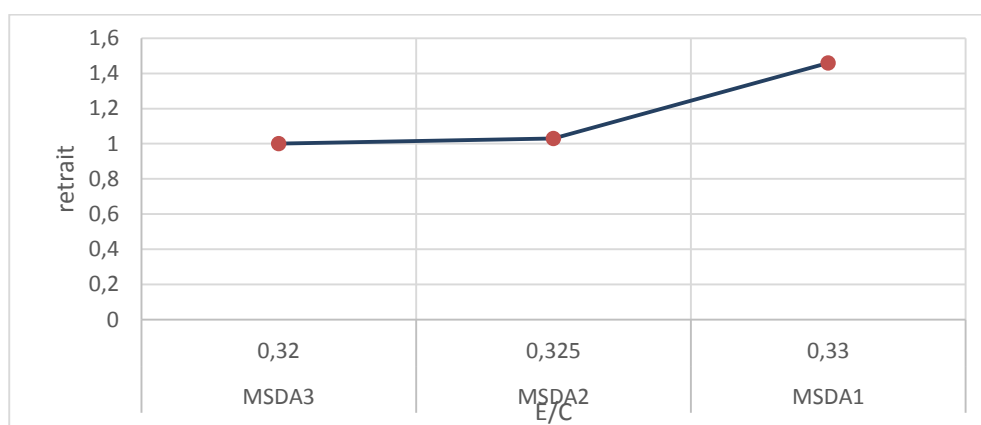


Figure 0.4 : Variation de retrait en fonction de rapport E/C

Tableau 0-3 : Compositions des mortiers en fonctions du rapport E/C

Constituant	Ciment g/m	Sable g/m3	C/S	E/C
MSD	350	1050	1/3	0.72
MSA	350	1050	1/3	0.50
MSDA4	350	40%SA+60%SD	1/3	0.63
MSDA3	350	30%SA+70%SD	1/3	0.64
MSDA2	350	20%SA+80%SD	1/3	0.65
MSDA1	350	10%SA+90%SD	1/3	0.66

Tableau 0-4 ; Variation de la résistance Rc Rt et le retrait en fonction de dosage de sable alluvionnaire et sable dunaire

Mélange	Compression(MPa)	Flexion (MPa)	Retrait (MPa)
MSDA1	27.3	6.08	1.46
MSDA2	30.05	7.08	1.03
MSDA3	32.46	7.92	1
MSDA4	33.93	8.93	0

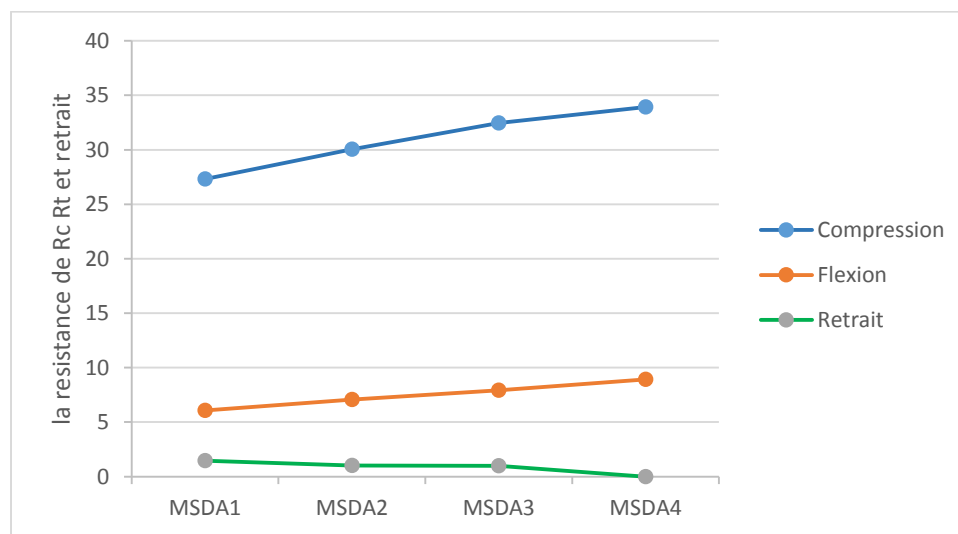


Figure 0.5 ; Variation de dosage de sable alluvionnaire et sable dunaire en fonction de la Rc,Rt et le retrait

I.7.1.5 Durabilité

I.7.1.5.1 Evolution de la résistance

Les tableaux représentent la variation des résistances à la compression et à la traction pour les différents types de mortiers en fonction du pourcentage de MgSo4 après 28 jours de conservation

Tableau 0-5 : Variation de la résistance à la compression en fonction de pourcentage MgSo4

MSDA1		MSDA2		MSDA3		MSDA4	
Rc (MPa)	MgSo4 %	Rc (MPa)	MgSo4 %	Rc (MPa)	MgSo4 %	Rc (MPa)	MgSo4 %
12.47	2.5	13.25	2.5	13.81	2.5	15.35	2.5
11.95	5	12.5	5	13.3	5	10.77	5

Tableau 0-6 : Variation de la résistance à la traction en fonction de pourcentage $MgSO_4$

MSDA1		MSDA2		MSDA3		MSDA4	
Rt (MPa)	$MgSO_4$ %	Rt (MPa)	$MgSO_4$ %	Rt (MPa)	$MgSO_4$ %	Rt (MPa)	$MgSO_4$ %
3.86	2.5	3.9	2.5	5.21	2.5	4.05	2.5
3.45	5	3.6	5	4	5	3.02	5

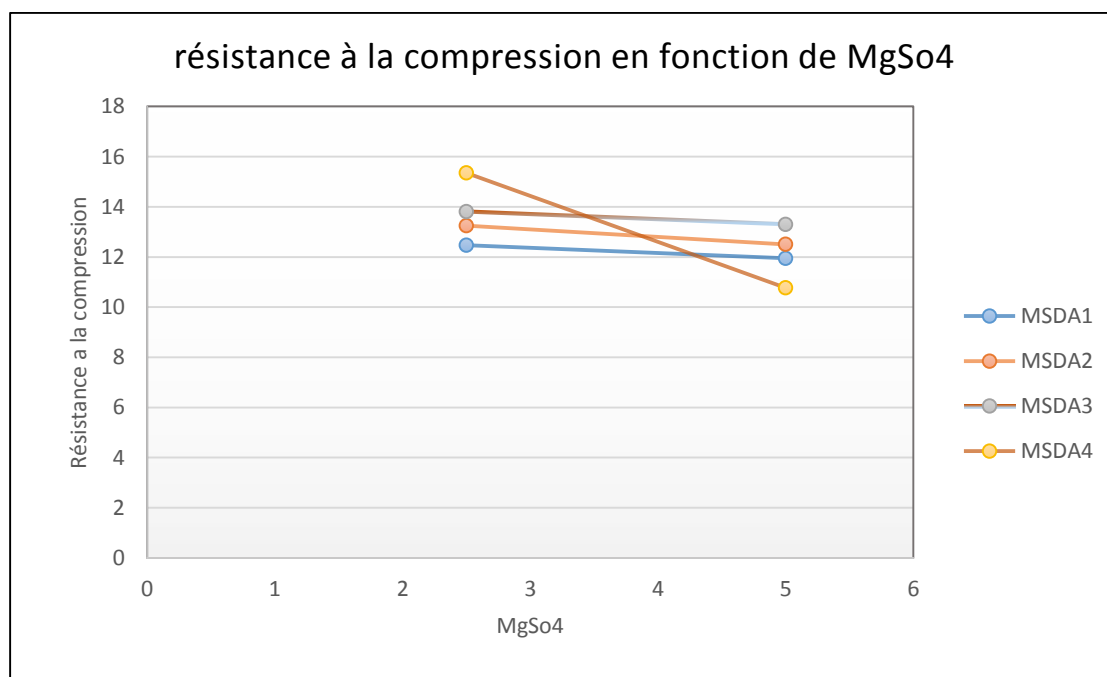


Figure 0.6 : variation de la résistance a la compression en fonction de $MgSO_4$

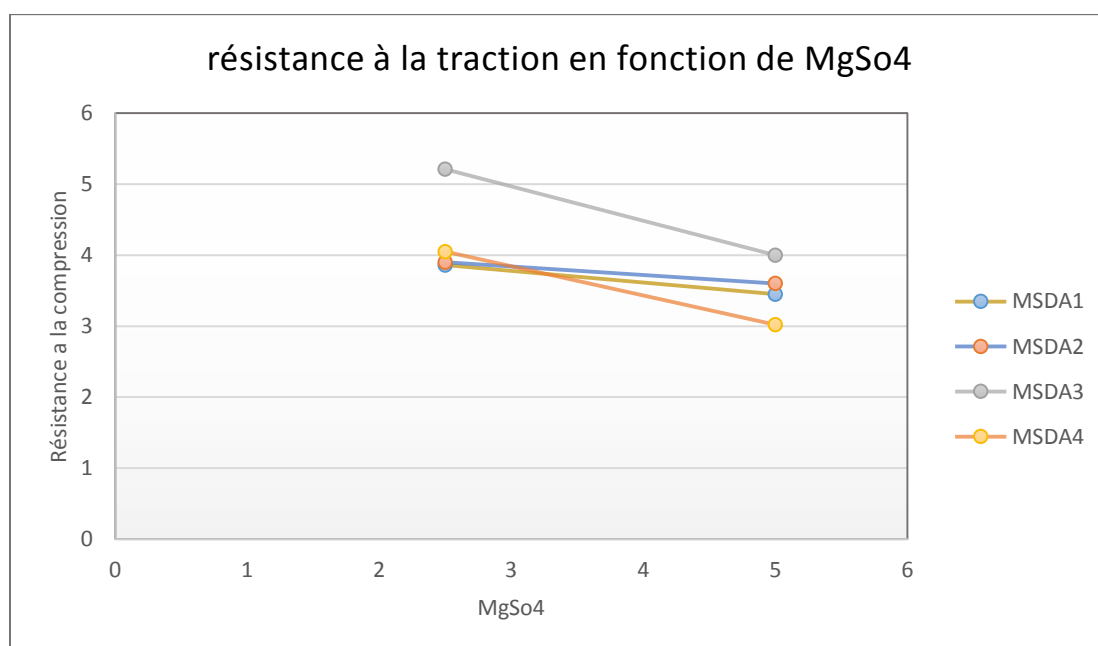


Figure 0.7 : Variation de la résistance a la traction en fonction de MgSo4

I.7.1.6 Discussion

D'après la figure On remarque que la résistance à la traction et à la compression augmente en fonction de dosage de sable alluvionnaire et diminution de rapport E/C

I.7.2 Travaux de KHIRANI Abderrahmane et rai Laid

Qui traite le thème " Etude d'influence du facteur d'échelle sur les performances des poutres en béton armé réparées par un mortier à base d'un mélange de sables dunaire et alluvionnaire "

L'objectif de leur travail d'étudier l'influence de l'échelle sur les comportements mécaniques d'une poutre en béton armé réparées par un mortier à base de sable de dune..

I.7.2.1 Matériaux utilisés

- **Le Sable :** sable alluvionnaire. sable dunaire
- **L'adjuvant :** L'adjuvant utilisé est un superplastifiant algérien de type« MEDAPLAST (SP40)»
- **Le ciment :** ciment « EL-KAOUI » (CPA-CEM I 42.5 R-ES)

I.7.2.2 Synthèse des résultats

Les résultats de l'étude des sables utilisé et le ciment permettent de conclure que les sables utilisés sont très propre qui conviennent parfaitement pour des bétons de haute qualité.

I.7.2.3 Composition du mortier

Le tableau suivant récapitule la composition des mélanges réalisés

Tableau 0-7 : Compositions des mortiers en fonctions du rapport E/C

Constituant	Ciment (Kg/m ³)	Sable (Kg/m ³)		E/C	% SP40	C/S
		SD	SA			
MSAD	450	810	540	0,60	/	1/3
MSDAP	450	810	540	0,48	2% M _{ciment}	
MSD	350	1050	/	0,72	/	
MSA	350	/	1050	0,50	/	

Evolution de résistance à la compression

Les résultats d'essai de la résistance à la compression et la résistance a la traction et le retrait en fonction de rapport E/C sont représentés sur les figures ci-dessous:

Tableau 0-8 : résistance de Rc et Rt et retrait de différent mélange

Mélanges	E/C	Compression (MPa)	Flexion (MPa)	Retrait (MPa)
MSDA4P	0.48	38.26	6.74	5.72
MSA	0.50	37.40	8.08	6.02
MSDA4	0.60	34.77	6.13	6.23
MSD	0.72	15.30	5.27	6.87

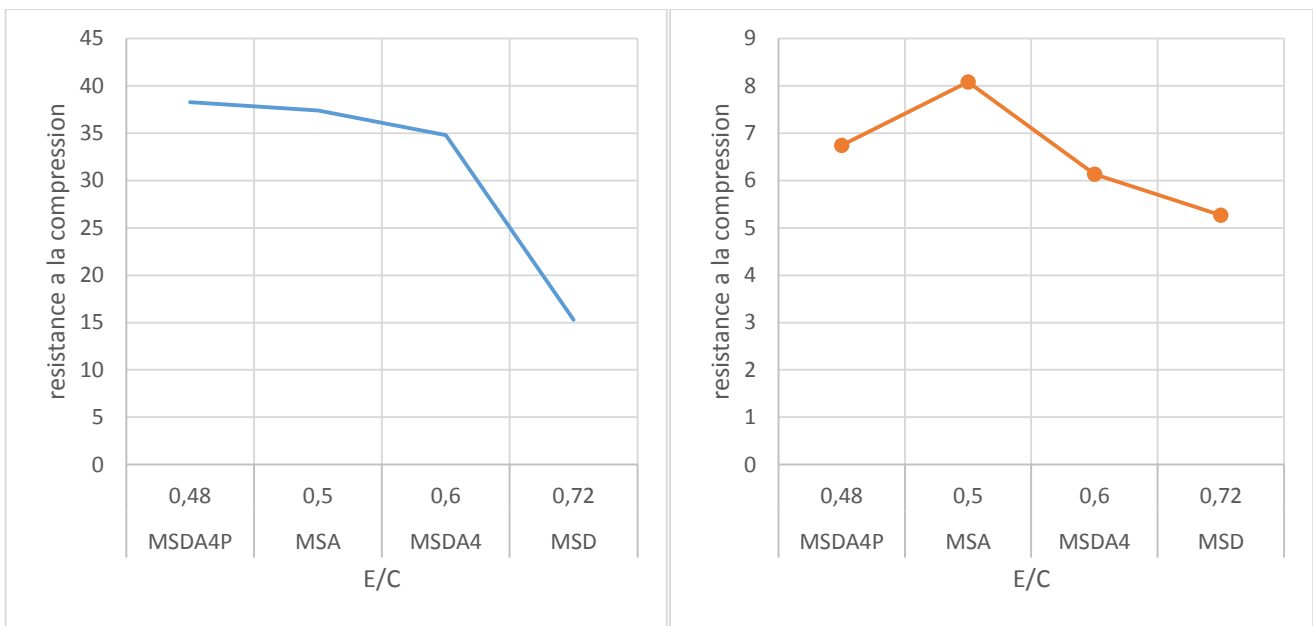


Figure 0.8: Variation de la résistance à la compression et flexion en fonction de rapport E/C

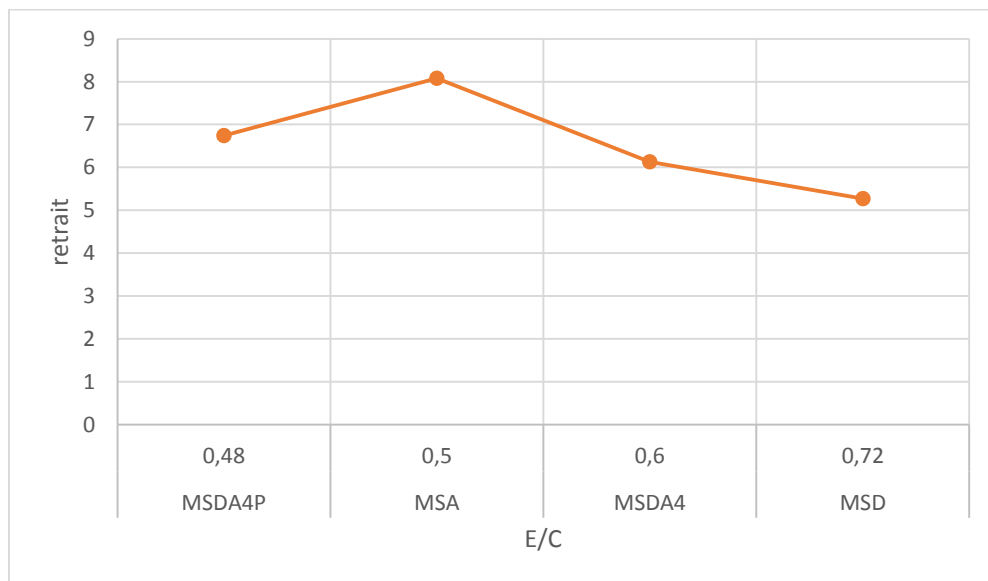


Figure 0.9: Variation de retrait en fonction de rapport E/C

*Commentaire

Les mortiers à base de sable dunaire présentent de bonnes résistances mécaniques

Rc à 28 jours est 34.7 Mpa sans adjuvants et 38.26 Mpa pour mortiers avec adjuvants

Rf à 28 jours est 6.13 Mpa sans adjuvants et 6.74 Mpa pour mortiers avec adjuvants

I.7.2.4 Durabilité

I.7.2.4.1 Evolution de la résistance

Les tableaux représentent la variation des résistances à la compression et à la traction pour les différents types de mortiers en fonction du pourcentage de MgSo4 après 28 jours de conservation

Tableau 0-9: Variation de la résistance à la compression en fonction de pourcentage MgSo4

MSDA		MSDAP	
Rc(MPa)	MgSo4%	Rc(MPa)	MgSo4%
29.08	2.5	33.94	2.5
30.96	5	33.07	5

Tableau 0-10: variation de la résistance à la traction en fonction de pourcentage de MgSo4

MSDA		MSDAP	
Rt(MPa)	MgSo4 %	Rt(MPa)	MgSo4 %
7.93	2.5	9.61	2.5
7.98	5	8.37	5

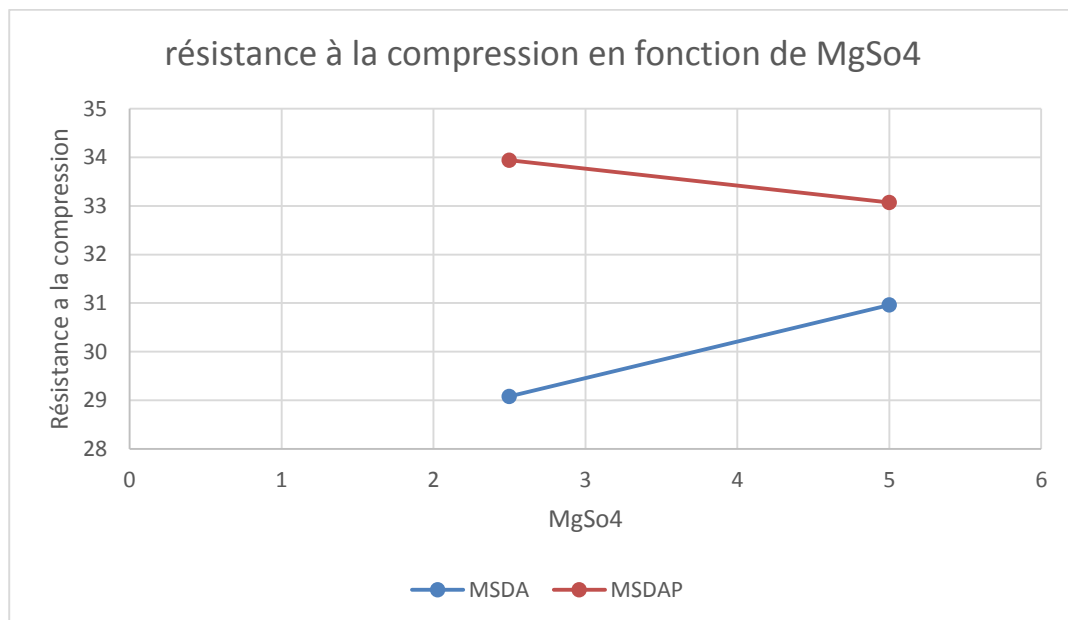


Figure 0.10: Variation de la résistance à la compression en fonction de pourcentage MgSo4

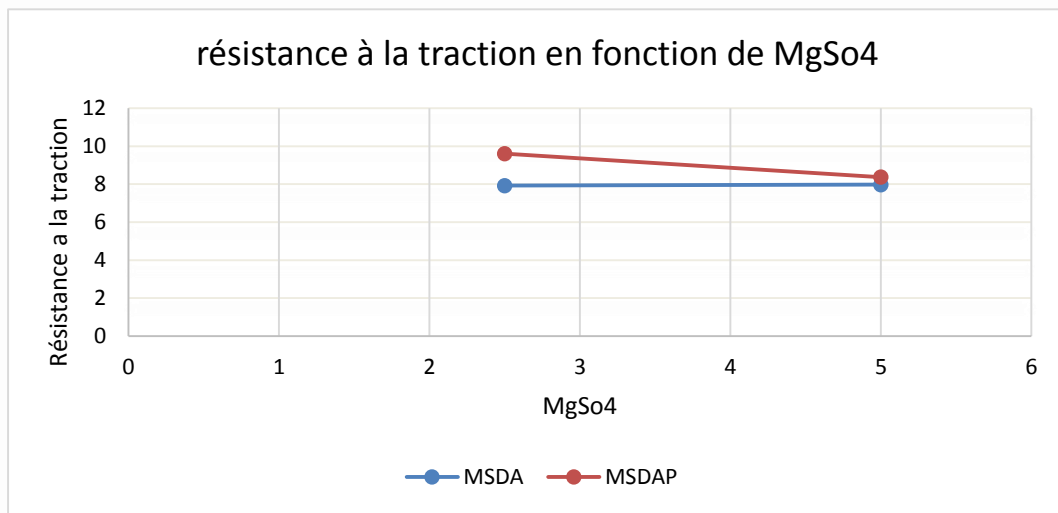


Figure 0.11: Variation de la résistance à la traction en fonction de pourcentage MgSo4

I.7.3 Travaux de ammi hamou hamza et talli mohamed

Qui traite le thème " amélioration de la capacité portante de poutres en béton arme renforcées par des mortiers cimentaires " L'objectif de leur travail consiste à réparer des spécimens de poutres en béton armé confectionnés dans le laboratoire et soumise à un chargement en flexion jusqu'à perte de la capacité portante.

I.7.3.1 Matériaux utilisés

- **Le Sable :** sable alluvionnaire. sable dunaire
- **L'adjuvant :** L'adjuvant utilisé est un superplastifiant algérien de type « Medaplast SP40 »
- **Le ciment :** (CPJ CEM II 42.5) provenant de la cimenterie de Msila le dosage en ciment 450 Kg/m³

I.7.3.2 Synthèse des résultats

Composition du mortier

Le tableau suivant récapitule la composition des mélanges réalisés

Tableau 0-11 : Compositions des mortiers en fonctions du rapport E/C(C=350g/m³)

Mélange	Ciment (kg/m ³)	Sable (Kg/m ³)		Rapport E/C	%SP40	C/S
		SD	SA			
MSDA4	350	630	420	0.6	/	1/3
MSDA4P	350	630	420	0.55	1.9%M _{ciment}	
MSA4	350	/	1050	0.50	/	

Tableau 0-12 : Compositions des mortiers en fonctions du rapport E/C(C=450g/m³)

constituant	Ciment (kg/m ³)	Sable (kg/m ³)		Rapport E/C	% SP40	C/S
		SD	SA			
MSAD4	450	570	380	0.55	/	1/3
MSAD4P	450	570	380	0.4	1.8%M _{ciment}	

I.7.3.3 Evolution de résistance à la compression

Tableau 0-13: Variation de la résistance à la compression en fonction du temps selon le dosage de ciment

L'age (jour)	Resistance a la compression (Mpa)							
	C=450 (Kg/m ³)				C=350(Kg/m ³)			
	MSDA4 (modeI)	MSDA4 (modeII)	MSDA4P (mode I)	MSDA4P (modeII)	MSDA4 (modeI)	MSDA4 (modeII)	MSDA4P (mode I)	MSDA4P (modeII)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	21.31	23.86	24.12	26.81	16.73	18.71	22.78	25.01
14	25.93	27.55	32.16	35.29	24.55	27.50	27.86	30.21
21	30.01	32.44	36.85	39.30	26.99	29.17	30.94	34.38
28	33.11	34.39	38.02	40.39	28.32	29.97	38.20	38.25
65	33.75	35.25	38.75	41.91	28.92	30.75	39.05	39.36

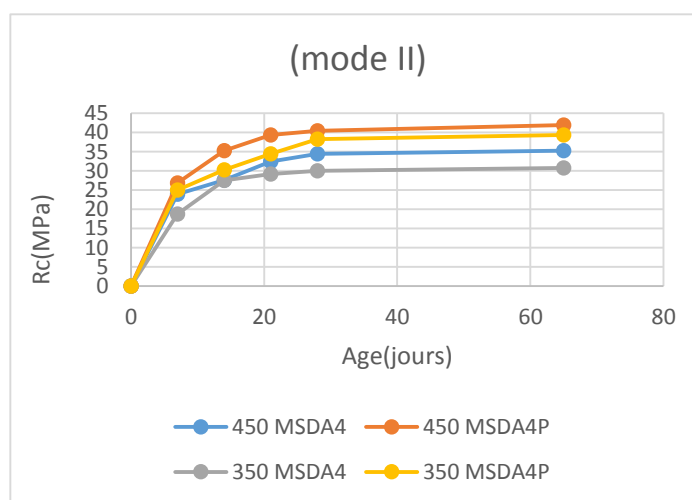
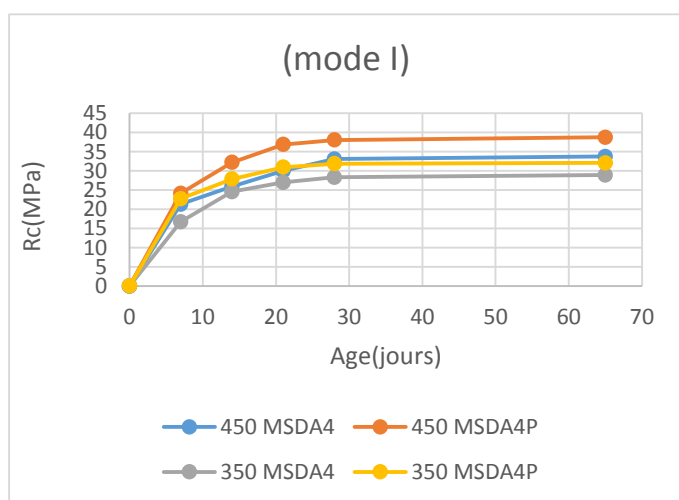


Figure 0.12 : Résistance à la compression en fonction du dosage en ciment (mode I) et (modeII)

Les figures 1.12 présentant l'évolution de la résistance à la flexion en fonction du dosage en ciment montrent que, en plus du fait que, le cas de R_c , quel que soit le type du mortier, la résistance flexion évolue positivement avec l'âge.

Tableau 0-14 : Variation de la résistance à la flexion en fonction du temps selon le dosage de ciment

L'age (jour)	Resistance a la traction (Mpa)							
	C=450 (Kg/m ³)				C=350(Kg/m ³)			
	MSDA4 (modeI)	MSDA4 (modeII)	MSDA4P (mode I)	MSDA4P (modeII)	MSDA4 (modeI)	MSDA4 (modeII)	MSDA4P (mode I)	MSDA4P (modeII)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	3,91	4,72	4,46	5 ,38	3,80	3,46	4,22	4,40
14	4,38	5,75	5,75	7 ,22	4,12	4,88	5,68	5,21
21	5,23	6,86	6,18	7,54	4,80	5,84	6,02	6,74
28	5,63	7,06	6,80	7,88	5,50	6,69	6,53	7,35
65	6,20	7,42	7,72	8,08	6	7,20	7,13	7,80

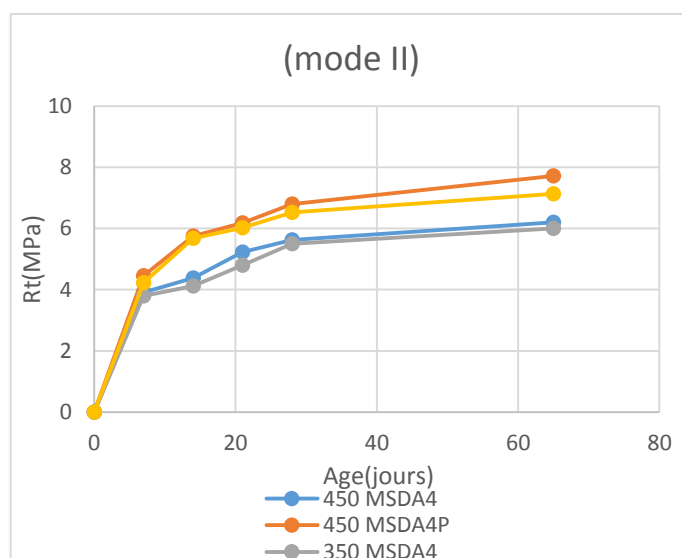
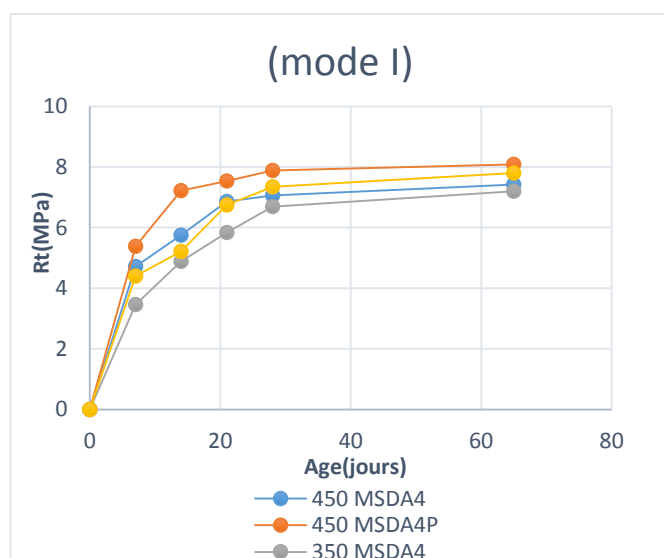


Figure 0.13: Résistance à la flexion en fonction du dosage du ciment (mode I) et (mode II)

I.7.3.4 Variation de retrait

Les mesures de retrait sont déterminées sur des éprouvettes conservées à l'air libre et l'eau à l'intérieur du laboratoire. La variation du retrait en fonction du temps est présentée dans le tableau

Tableau 0-15 : Evolution du retrait et expansion ($\mu\text{m}/\text{m}$) en fonction du temps

L'âge (jour)	Retrait et expansion $\times 10^2$ ($\mu\text{m}/\text{m}$)			
	MSDA4 (mode I)	MSDA4 (mode II)	MSDA4P (mode I)	MSDA4P (mode II)
16	3,27	-1,32	3,28	-0,98
24	3,48	-1,46	3,35	-1,23
28	4,08	-1,58	3,44	-1,27
60	4,16	-2,31	3,51	-1,29

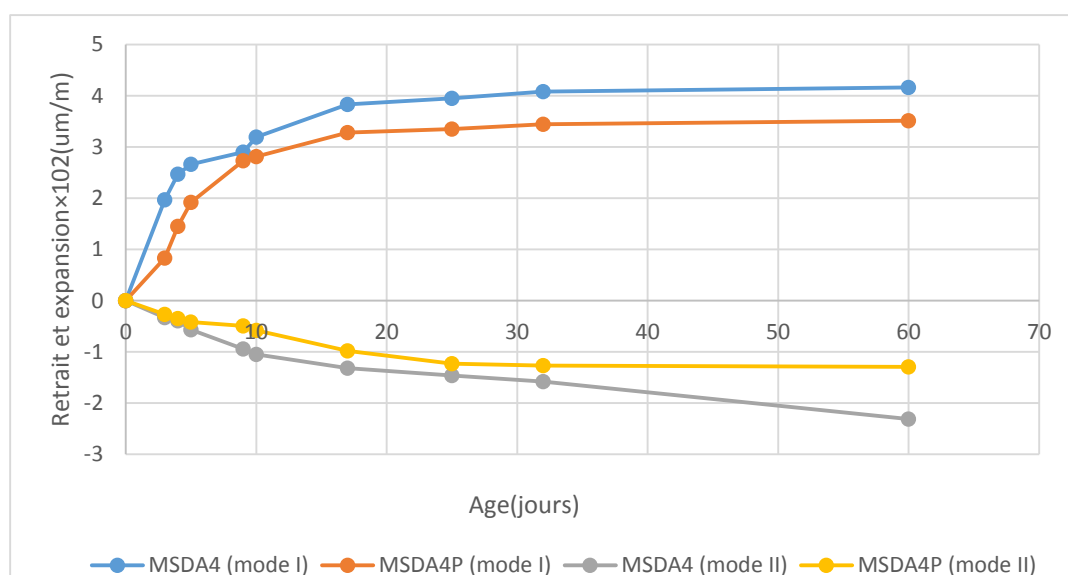


Figure 0.14 : Evolution du retrait et expansion ($\mu\text{m}/\text{m}$) en fonction du temps

La figure 0.14 représente la variation dimensionnelle (retrait ou expansion selon le cas).

Le premier point à relever concerne l'influence du mode de cure sur la déformation qui s'exprime par un retrait à l'air libre et une expansion dans l'eau.

La seconde observation est relative au taux d'augmentation des deux types de déformation qui se caractérise par une certaine vitesse pendant 04 semaines pour se stabiliser ensuite.

Un autre point important à relever tient au fait, que l'adjuvant modère la cadence du retrait et de l'expansion, du moins pendant la durée d'observation.

Il a été relevé également que le retrait de MSDA4 (4,08 à 28jours) est nettement inférieur à celui de MSA au même âge (6,02). Ce fait remarquable peut être dû au fait que le mélange entrant dans la composition de MSDA4 favorise une compacité optimale qui contribue à compenser les effets de la finesse du sable dunaire donc à réduire le retrait

I.7.3.5 Durabilité

Evolution de la résistance à la compression et la résistance à la flexion

La figure suivante représente la variation des résistances à la compression et à la flexion pour le mortier étudié avec et sans adjuvant en fonction de la durée d'immersion dans les deux solutions de sulfate après les durées mentionnées dans le tableau

Tableau 0-16 : Variation de la résistance à la compression en fonction de l'âge dans les milieux d'attaques

L'âge (jours)	Résistance à la compression (MPa)			
	MSDA4 (MgSO ₄ 10%)	MSDA4P (MgSO ₄ 10%)	MSDA4P (NaSO ₄ 10%)	MSDA4 (NaSO ₄ 10%)
28=0	29,7	32,25	32,25	29.80
37	28,75	30,29	27,68	29,78
47	28,02	29,84	26,89	28,68
57	26,04	29,32	25,12	28

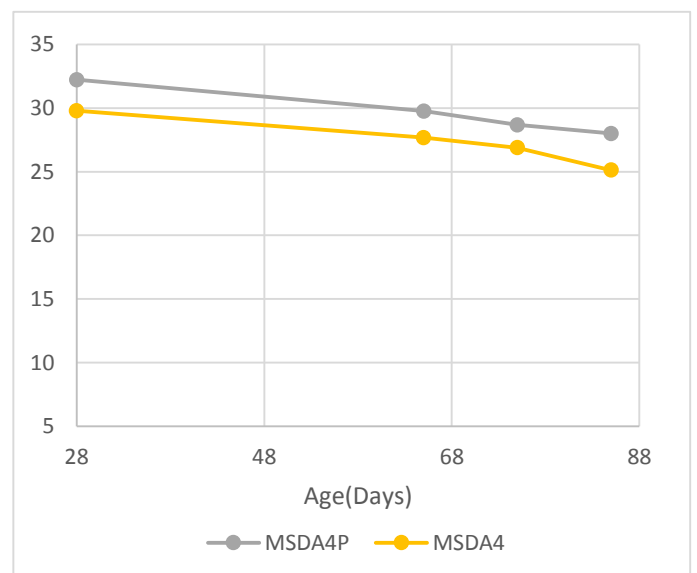
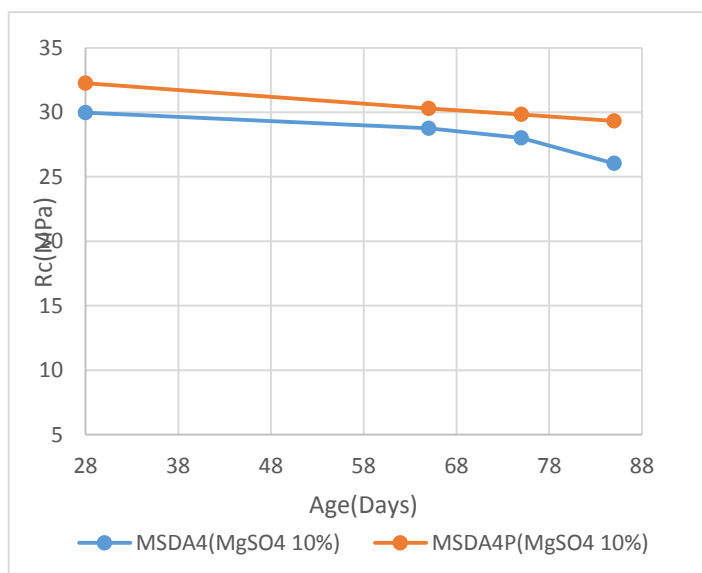


Figure 0.15 : Variation de la résistance à la compression en fonction du temps dans MgSo4 et dans Na₂So4

Tableau 0-17 : Variation de la résistance à la flexion en fonction du temps dans les milieux d'attaques

L'Age (jours)	Résistance à la flexion (MPa)			
	MSDA4 (MgSO ₄ 10%)	MSDA4P (MgSO ₄ 10%)	MSDA4 (NaSO ₄ 10%)	MSDA4P (NaSO ₄ 10%)
28=0	5,5	6,5	6,5	5,5
37	8,1	6,35	6,75	7,6
47	7,98	6,23	6,45	7,01
57	7,74	5,89	6,13	6,79

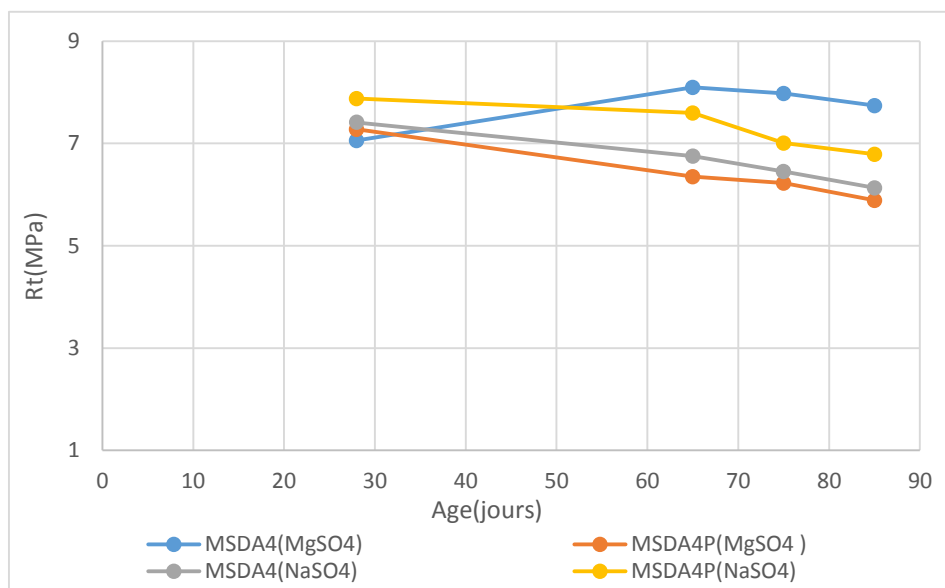


Figure 0.16 : Variation de la résistance à la flexion en fonction du temps dans les milieux d'attaques

Conclusion

- L'introduction de sable alluvionnaire diminue le rapport E/C, et améliore les qualités de mortier.
- L'exposition aux agents d'attaque tels que les sulfates provoque une diminution R_c et R_t .
- Le retrait le plus faible est obtenu pour le mortier MSDA et MSDAP pour lequel l'ajout d'un pourcentage de sable alluvionnaire diminue le retrait parce qu'il est moins fins donc ce qui favorise compacité du squelette élevée d'où le retrait plus réduit.
- La meilleure résistance en flexion et en compression observée correspond au mortier du sable mélange (MSDA)

- la résistance en compression d'environ 30MPa dépasse par l'entremise de l'adjuvant 33MPa. En plus si on modifie le dosage en ciment de façon adéquate la résistance avoisine la valeur de 42 MPa dépassant largement celle d'un mortier conventionnel.

De ce qui précède il a été constaté que l'effet de l'adjuvant dépend du type d'attaque pour la résistance à la compression pendant que le taux le plus élevée est atteint dès les premiers délais dans les deux.

Sans adjuvant le Mortier MSDA4 est plus sensible à l'attaque de MgSO_4 qu'à celle de NaSO_4

Le MgSO_4 paraît être le plus hostile car il provoque dans certaines situations des pertes de résistance en compression

A decorative frame resembling a scroll, with a vertical bar on the left and rounded corners on the right, containing the chapter title.

Chapitre II

Programme expérimentale

Chapitre II

Caractérisation des matériaux utilisés et dispositif expérimentaux

II.1 Introduction

Dans le présent chapitre, nous allons exposer les différents essais nécessaires à la caractérisation des matériaux (sable alluvionnaire, sable dunaire, ciment) ainsi les résultats obtenus. Par la suite on procèdera à quelques essais relatifs au mortier au niveau du laboratoire de recherche de génie civil à l'université de Laghouat.

II.2 Caractérisation des matériaux utilisés

II.2.1 Mortier

II.2.1.1 Le sable

Afin d'étudier l'influence du sable sur le comportement mécanique des mortiers, nous avons choisi deux types de sables :

- Un sable de dunes provenant de la région nord de la ville de Laghouat c'est un sable fin d'origine éolienne, il est noté SD
- Un sable alluvionnaire provenant d'Oued M'Zi de Laghouat, il est noté SA.



Sable Alluvionnaire



Sable Dunaire

Figure II.1 : Les différents types de sables utilisés

II.2.1.1.1 Caractéristiques physiques

A. Analyse granulométrique (NF P18-560)

L'analyse granulométrique permet de déterminer et d'observer les différents diamètres de grains qui constituent un granulat. Pour cela l'analyse consiste à séparer et classer à l'aide de tamis ces grains selon leur diamètre. Les grains ainsi isolés peuvent être pesés pour déterminer la proportion de chacun dans le granulat. La représentation graphique de l'analyse permet d'observer et d'exploiter ces informations

très simplement. Les manipulations et les conditions de manipulation sont décrites par la norme NF EN 933- 1.

Elle concerne les granulats d'un diamètre supérieur à 100 micromètres (0.001mm). Le refus désigne la partie des grains retenue dans un tamis. Le refus cumulé représente tous les grains bloqués jusqu'au tamis considéré (les grains du tamis considéré plus les grains bloqués dans les tamis de mailles supérieures). Le tamisât ou passant désigne la partie qui traverse le tamis.

Les masses cumulées des différents refus sont exprimées en pourcentage par rapport à la masse initiale de l'échantillon de granulat. Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités soit numériquement soit graphiquement. Cela permet d'observer la proportion de refus cumulé ou de tamisats jusqu'à un diamètre de grain par rapport au granulat. (La représentation graphique est plus explicite).

Le résultat d'analyse granulométrique de 1000 grammes d'un sable alluvionnaire et 2000 grammes pour un sable dunaire sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau II-1: Analyse granulométrique pour chaque type de sable

Tamis (mm)	5	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	0.08	Fond		
Tamisât SA%	100	94.3	86.74	74.66	22.66	2.93	0.86	0.36		
Tamis (mm)	2	0,63	0,5	0,315	0,25	0,2	0,16	0,125	0,1	0,08
Tamisât SD%	100	99.82	99.17	68.47	19.72	5.17	1.75	0.77	0.5	0.175

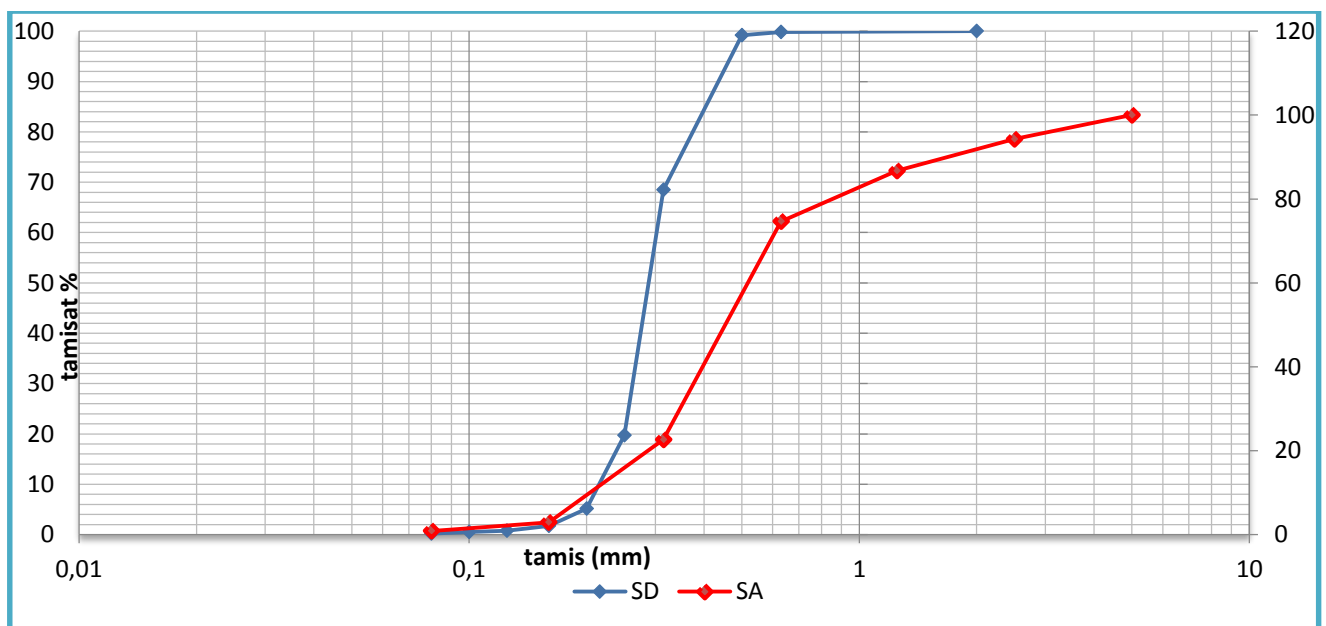


Figure II.2 : Courbes Granulométriques des sables

Commentaire des résultats

D'après les courbes granulométriques des sables étudiés, on remarque que la granulométrie correspondant au sable alluvionnaire (SA) est clairement plus étalée

Par contre la granulométrie de SD est serré et très peu étalé; cela nous laisse à préjuger que le sable SA pourrait donner des performances mécaniques meilleures que le sable SD.

Module de finesse

Par le module de finesse (MF).

Plus le module de finesse est faible, plus le sable est fin :

$1.8 \leq MF \leq 2.2$; le sable convient bien pour obtenir une bonne ouvrabilité et une résistance satisfaisante.

$2.2 \leq MF \leq 2.8$; le sable convient bien pour obtenir une ouvrabilité satisfaisante et une bonne résistance avec des risques de ségrégations limités.

$2.8 \leq MF \leq 3.2$; le sable convient bien pour obtenir une moins bonne ouvrabilité et une résistance élevée avec des risques de ségrégations

A partir de l'analyse granulométrique on peut déduire le module de finesse de sable qui définit comme le 1/100 de la somme des refus exprimés en pourcentage sur les différents tamis de la série suivante : 0.16 ; 0.315 ; 0.63 ; 1.25 ; 2.5 ; 5.

$$M_f = \frac{\sum \text{des refus sur les tamis (0.16-0.315-0.63-1.25-5)}}{100} \quad (2.1)$$

Tableau II-2 : Module de finesse pour chaque type de sable.

Type de sable	SD	SA
Module de finesse M_f	1.53	2.19

B. Masses volumiques (NFP 18-555)

La masse volumique d'un corps se définit comme étant le rapport de la masse d'un volume donné. Comme on distingue volume absolu et volume apparent, il faut aussi distinguer de même masse volumique absolue et masse volumique apparente.

• Masse volumiques absolue (spécifique) :

La méthode utilisée est la méthode de l'éprouvette graduée. La masse volumique absolue est la masse par unité de volume d'un matériau (tous vide déduit) est donnée selon la norme NFP 18-555 par la relation

suivante :

$$\rho_{\text{abs}} = \frac{M_1}{V_1 - V_2} \quad (2.2)$$

Avec M_1 : masse de échantillon étudiée (Kg)

V_1 : volume d'eau initial (m^3)

V_2 : Volume total (eau+échantillon) (m^3)

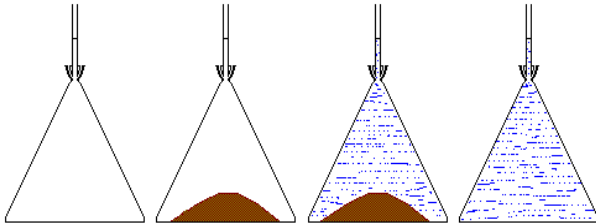


Figure II.3 : Mesure de masse volumique absolue avec la méthode de Pycnomètre

La masse volumique absolue de sable (SA et SD) est représentée dans le tableau suivant :

Tableau II-3 : Masse volumiques absolue pour chaque type de sable.

Type de Sable	SD	SA
$\rho_{\text{abs}} \text{ (kg/m}^3\text{)}$	2614,9	2500

- Masse volumique apparente (NFP 18-555)**

La masse volumique apparente est la masse de l'unité de volume du matériau à l'état naturel (tous vides inclus). Elle est donnée selon la norme NFP 18-555[18] comme suit :

$$\rho_{\text{app}} = \frac{M_1 - M_2}{V_{\text{ap}}} \quad (2.3)$$

M_1 : Masse totale (matériaux avec récipient) (kg) ;

M_2 : Masse du récipient vide (kg) ;

V_{ap} : Volume du récipient égale à 1 litre.

La masse volumique d'un ensemble de grains est fortement influencée par la composition granulométrique, la forme des grains, le degré de tassement ainsi que la teneur en eau lorsque les grains sont petits. La masse volumique apparente des sables ou des graviers peuvent varier entre 1400 à 1650 kg/m^3 .

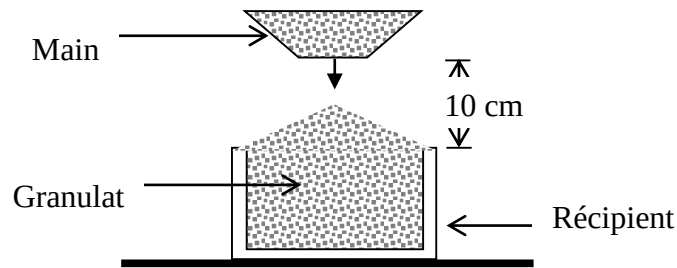


Figure II.4 : mesure de la masse volumique apparente pour chaque type de sable.

La masse volumique apparente de sable (SA et SD) est représentée dans le tableau suivant :

Tableau II-4 : Masses volumiques apparente pour des sables utilisés.

Type de Sable	SD	SA
$\rho_{app}(kg/m^3)$	1521	1540

C. Compacité :

La compacité C_p , est le rapport du volume de matière pleine au volume total. Elle est définie par la relation :

$$C_p = \frac{\text{Volume de matière pleine}}{\text{volume totale apparent}} \quad (2.4)$$

Le tableau II.5 représenté la compacité pour chaque type de sable

Tableau II-5 : Compacité pour chaque type de sable.

Type de Sable	SD	SA
$C_p \%$	58.17	61.6

D. Porosité

Par définitions la compacité et la porosité sont des valeurs complémentaires :

$$P=1-C_p \quad (2.5)$$

Tableau II-6 : Porosité pour chaque type de sable.

Type de Sable	SD	SA
$P\%$	45	39

Rappelons que **G. DREUX [14]** admet pour un sable de béton traditionnel une compacité de l'ordre de 60% à 70%.

E. Essai d'équivalent de sable (NF P 18-598)

Cet essai consiste à plonger un poids défini de sable dans une éprouvette normalisée remplie par une solution flocculante, après agitation, on laisse décanter le mélange pendant 20 minutes, ensuite on mesure la hauteur du sédiment (H1) et du sédiment + flocculant (H2).

Selon la norme NF P 18-598. L'équivalent de sable est donné par les relations ci-dessous :

$$ES_v = \frac{h'_2}{h_1} \cdot 100\% \quad (2.6)$$

$$ES_p = \frac{h_2}{h_1} \cdot 100\% \quad (2.7)$$

Hauteur h_1 : Sable propre + éléments fins.

Hauteur h_2 et h'_2 : Sable propre seulement.

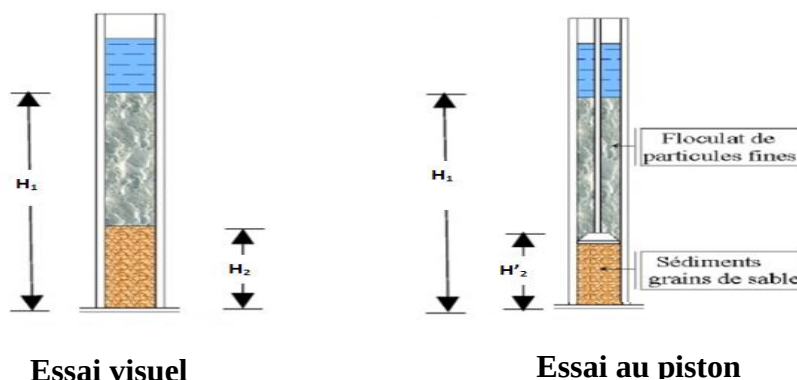


Figure II.5 : Essai d'équivalence de sable. [15]

Tableau II-7 : Valeurs préconisées pour l'équivalent de sable

ES à vue	ES piston	Qualité de sable
$ES_v < 65$	$ES_p < 60$	« Sable argileux » risque de retrait ou de gonflement à rejeter pour des bétons de qualité.
$65 \leq ES_v \leq 75$	$60 \leq ES_p \leq 70$	« Sable légèrement argileux » de propreté admissible pour bétons de qualité courante quand on ne craint pas particulièrement de retrait.
$75 \leq ES_v \leq 85$	$70 \leq ES_p \leq 80$	« Sable propre » à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité
$ES_v \geq 85$	$ES_p \geq 80$	« Sable très propre » l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau

Tableau II-8 : Valeurs de l'équivalent de sable de différents sables

Type de sable	SD	SA
Equivalent de sable. ESP (avec piston)	82	86.3

***Commentaires des résultats :**

Ces sables sont très propres puisque nous avons eu un équivalent de sable au piston supérieur à 80 et visuel supérieur à 85 pour les deux sables SA et SD.

- Synthèse des résultats**

Les principales caractéristiques physiques des sables utilisés (SD, SA) sont représentées dans le tableau 2.9 :

Tableau II-9 : Caractéristiques des différents sables utilisés

Caractéristiques	Unité	SD	SA
Masse volumique apparente	(kg /m ³)	1521	1540
Masse volumique absolue	(kg /m ³)	2614.9	2500
Module de finesse	/	1.53	2.19
Compacité Cp	(%)	58.17	61.6
Porosité P	(%)	45	39
Equivalent de sable .ES	(%)	82	86.3

II.2.1.2 Le ciment :

Les ciments, encore appelés liants hydrauliques, sont des poudres fines chimiques constituées de silicates et d'aluminates de chaux qui s'hydratent en présence d'eau pour donner naissance à un matériau solide, qui conserve sa résistance et sa stabilité même dans l'eau.

Nous avons utilisé 3 types de ciment :

- ✓ Bèskria ciment Portland de type CEM I 42.5 R d'une classe de resistance de 42,5 MPa provient des usines Bèskria.
- ✓ *EL MATINE* ciment portland composé (CPJ CEM II 42.5) provenant de la cimenterie de Hamame Dhala de M'sila de (Algerian ciment compagny : ACC), avec une résistance réelle de 42.5 MPa.
- ✓ *EL AWTAD* provenant de El Baidha

Des essais ont été effectués pour déterminer quelques propriétés physiques, chimiques et mécaniques des ciments employés.

Le ciment « Biskria »

Le ciment utilisé est de type CEM I/42,5 provenant de l'usine Biskria de BISKRA, utilisé pour les bétons de bâtiment. Ses propriétés physico-chimiques sont données dans les (tableau 2.10) , et la propriété mécanique sont données dans le tableau (tableau 2.11).

- **Caractéristiques chimiques** : les analyses chimiques et minéralogiques du ciment sont représentées dans les tableaux suivants.

Tableau II-10 : Analyse chimique du ciment BISEKRIA

$SiO_2(\%)$	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	Cl^-	$Pert f$
21.31	3.68	5.53	63.00	1.96	2.50	0.49	0.20	< 0.010	0.920

- **Caractéristiques physiques** :

Tableau II-11: Caractéristique physico-mécanique du ciment BISEKRIA.

%H ₂ O		29
Début de prise		170-190 min
Fin de prise		230-280 min
Exp		1.0
Résistance à la flexion (MPa)	2j	3.9
	7j	6.6
	28j	8.6
Résistance à la compression (MPa)	2j	19.2
	7j	35.1
	28j	49.4

Le ciment « El matine »

Présente des performances mécaniques et des caractéristiques physicochimiques conformes à la norme NA 442, EN 197-1 et à la norme NF P 15-301194

- **Caractéristiques chimiques** : les analyses chimiques et minéralogiques du ciment sont représentées dans les tableaux suivants.

Tableau II-12: Analyse chimique du ciment Matine

$SiO_2(\%)$	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	Cl^-	$Pert f$
17.8	4.4	2.6	61.2	1.8	2.6	0.6	0.10	< 0.010	9.3

Caractéristiques physiques :**Tableau II-13:** Caractéristique physico-mécanique du ciment MATINE

%H ₂ O		28.4
Début de prise		195.0 min
Fin de prise		260.0 min
Exp		1.0
Résistance à la flexion (MPa)	2j	4.4
	7j	6.1
	28j	7.3
Résistance à la compression (MPa)	2j	22.1
	7j	36.1
	28j	46.6

- Masse volumique absolue :**

Mode opératoire :

La détermination de la masse volumique absolue est réalisée à par le voluménomètre de Le Chatelier (ASTM C 188-72), et un liquide inerte vis-à-vis de la poudre (liant). Ce sera par exemple du tétrachlorure de carbone ou du benzène ou l'éthanol.

- Remplir le voluménomètre d'alcool à brûler jusqu'à ce que le niveau du liquide parvienne entre les graduations 0 et 1.
- Utiliser à cet effet l'entonnoir à long col pour éviter de mouiller les parois intérieures du voluménomètre.
- Noter alors le niveau initial : N_0 .
- Introduire à l'aide de la spatule 64 g de ciment, en évitant de laisser le ciment se déposer sur les parois.
- Si des amas de ciment se forment, désobstruer l'intérieur du voluménomètre à l'aide de la tige métallique.
- Une fois la totalité du ciment introduite, bouché le voluménomètre.

- Incliner le volumétre à 45° par rapport au plan de travail.
- Faire rouler le volumétre par un mouvement de va-et-vient pour chasser l'air. Laisser reposer verticalement. Noter alors le niveau final N1.
- Effectuer une nouvelle fois l'ensemble du mode opératoire pour réaliser la deuxième mesure.

Selon leur nature, la masse volumique absolue des ciments est comprise entre 2,90 et 3,15 g/cm³.

La masse volumique absolue est donnée par le rapport : $\gamma_{app} = \frac{M}{N_1 - N_0}$ (2.8)

- La masse volumique du ciment *EL MATINE (CPJ CEM II 42.5)* est de **3,04 g/cm³**
- La masse volumique du ciment *BISKRIA (CPJ CEM II 42.5)* est de **3.05g/cm³**.
- La masse volumique du ciment *EL AWTAD* est de **3.04 g/cm³**

II.2.1.3 L'eau de gâchage

Nous avons utilisé l'eau potable du robinet de laboratoire de recherche de département de Génie civil, université Ammar Thélidji Laghouat. Le P.H mesuré est voisin de 7,5 ; le rapport de la composition chimique de l'eau est fourni par le laboratoire de l'A.D.E. (Algérienne des eaux de Laghouat ex EGPAL).

Tableau II-14: Composition chimique de l'eau de gâchage [17]

Nature du point d'eau		Robinet	
Ca ⁺² en mg/l	104	Balance Cations M ;ég /l 17.81	5.20
Mg ⁺² en mg/l	97		8
Na ⁺ en mg/l	102.30		4.45
K ⁺ en mg/l	6.64		0.14
Cl ⁻ en mg/l	148		4.17
SO ₄ ⁻² en mg/l	520		10.82
HCO ₃ ⁻ en mg/l	94		2.52
NO ₃ ⁻ en mg/l	12.40		0.20
Résidu sec à 110°C 1172 mg/l	PH 7.77	Conductivité en 1/10 mm à 25°C 16.77	Dureté totale 43.25
Test chlore (ml d'eau de javel à 15°/m ³) 0.30 ml /l		T.A.C 7.80	S.A.F 75
Minéralisation 1010.60	M.O milieu Acide en O ² 8.53		SiO ₂ 4.45 mg/l
Cations	Ca ⁺² = 15%	Mg ⁺² = 23.2%	Na ⁺ +K ⁺ = 13.40%
Anions	HCO ₃ ⁻ = 4.5%	SO ₄ ⁻² = 53.8%	Cl ⁻ +NO ₃ ⁻ = 12.6%

2.2.1.4. L'adjuvant tempo 544 :

Il s'agit d'un super-plastifiant réducteur d'eau appelé « **SIKAVISCORETE TEMPO 544** » (Figure 2.6), qui permet de réduire significativement le rapport E/C, ce qui améliore la durabilité du béton durci (diminution de la perméabilité, augmentation des résistances mécaniques, diminution du retrait). La fiche technique de l'adjuvant employé est donnée en annexes

Tableau II-15 : Caractéristique physique de l'adjuvant employé

Superplastifiant	Ions chlorures	Forme	Couleur	PH	Densité
Sika viscocrete	$\leq 0,1 \%$	Liquide	Brun	$5 \pm 1,0$	$1,085 \pm 0,01$



Figure II.6: Sika viscocrete tempo544

II.3 Formulation des mortiers

Afin de suivre le comportement mécanique des mortiers, nous avons considéré pour chaque type de ciment deux compositions différentes, dont la variable est le type du ciment, ces deux compositions sont :

- Composition1 : Un mortier du sable mélange (alluvionnaire-dunaire) sans plastifiant (SP40), ce mortier est noté MSA4D.
- Composition2 : Un mortier du sable mélange (alluvionnaire-dunaire) avec plastifiant (SP 40), ce mortier est noté MSA4DP.

L'étude de la composition de notre matériau pour l'élaboration du mortier à étudier, est de composition de rapport C/S=1/3, pour 3 éprouvettes prismatiques de dimension 4x4x16 cm

Tableau II-16: Composition du Mortier élaboré

Composition	Sable dunaire	Sable alluvionnaire	Ciment	E/C
1/3	810	540	450	Selon la maniabilité

II.4 Techniques expérimentales

II.4.1 Essais sur mortiers frais

- Essai d'écoulement (Essai au maniabilimètre B) (NF P18-452 et P 15-437).

Le temps d'écoulement est mesuré à l'aide d'un maniabilimètre B (figure 2.7), conformément à la norme NF P18-452. Cette grandeur est caractérisée par la mesure d'écoulement qui est autant plus grande que la consistance du mortier est épaisse.



Figure II.7 : Maniabilimètre B (180x90x90mm).

II.4.2 Essais sur mortiers durci

- **Essais de résistance à la traction par flexion (EN 196-1).**

Le comportement mécanique de tous les mortiers a été étudié en flexion simple (3 points) et en compression uni axiale sur des éprouvettes prismatiques 40mm×40mm×160 mm d'un mortier.

L'essai permet de déterminer la contrainte de traction d'un mortier, Il est mené conformément à la norme européenne EN 196-1. [16]

Trois échantillons sont testés en flexion simple sur une machine d'essais de résistance à la traction par flexion de marque "CONTROLS" permettant d'appliquer des charges jusqu'à 100 KN avec une vitesse de mise en charge de 50 N/s ±10N/s. Cet essai est réalisé sur cet appareil en plaçant l'éprouvette 40x40x160 mm symétriques sur ces deux mâchoires. Ces dernières servent d'appuis et une troisième est destinée à

appliquer un moment fléchissant à mi-longueur. L'essai est répété sur trois éprouvettes identiques afin de trouver la résistance en traction par flexion R_t .

Il est mené conformément à la norme européenne EN 196-1.

On effectue la lecture de la charge P en KN sur l'écran de l'appareil.

La résistance à la rupture en traction par flexion est donnée au moyen de la formule suivante :

$$R_t = 1,5 \frac{F_t L}{b^3} \quad [\text{MPa}]$$

L : Distance entraxe des rouleaux d'appuis de l'éprouvette 40x40x160 mm ($L = 100$ mm)

R_t : Résistance à la traction en MPa.

F_t : Charge à la rupture en N.

b : Largeur de la section carrée du prisme en mm ($b = 40$ mm).

La figure (2.8) et (2.9) montrent le dispositif de flexion :

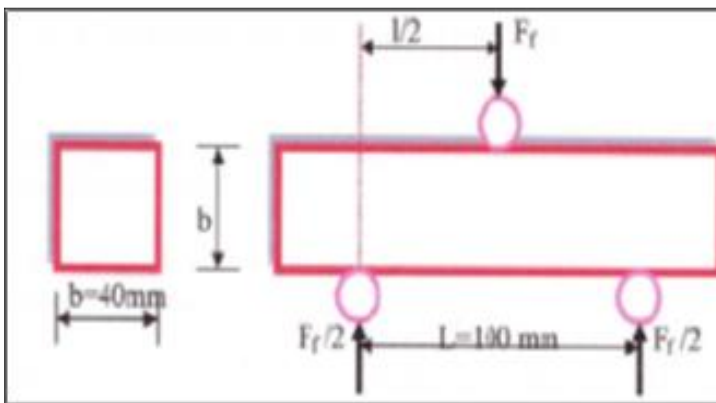


Figure II.8 . Dispositif de flexion par trois points.



Figure II.9 . Presse utilisé pour essais de flexion

- **Essais de résistance à la compression**

L'essai consiste à comprimer jusqu'à écrasement un échantillon du matériau étudié. Les six morceaux d'éprouvettes obtenus après rupture en flexion sont alors soumis à une compression uniaxiale sur le bâti de compression de la même presse avec une vitesse de mise en charge de $2400 \text{ N/s} \pm 200 \text{ N/s}$, l'augmentation de la charge d'écrasement se fait automatiquement et la force de rupture est affichée sur l'écran de l'appareil où l'on effectue la lecture en KN.

La résistance à la compression est donnée par la relation suivante :

$$R_c = F_c / b^2 \quad (\text{MPa})$$

La figure (2.10) et (2.11) montrent le dispositif de l'écrasement par compression :

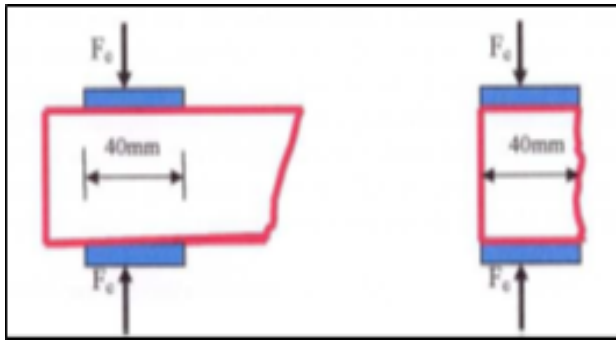


Figure II.10 . Dispositif de l'écrasement par compresseur **Figure II.11** . Presse utilisé pour essais d'écrasements

II.5 Confection des mortiers

II.5.1 Essais expérimentales réalisés

II.5.1.1 Essais à l'état frais

- **Malaxage**

Le malaxage joue un rôle précieux dans la fabrication des mortiers, d'où la nécessité de maîtriser et respecter son mode et son temps.

La séquence de malaxage est la même pour tous les mélanges de mortier.

- Malaxer à sec le ciment et le sable pendant environ une (une) minute afin d'homogénéiser le mélange (on a utilisé un malaxeur à mortier de 51 de capacité)
- Malaxer pendant une (1) minute avec la première quantité d'eau (Eau1 = 70% Eau)
- Malaxer pendant une (1) minute avec le restant de l'eau de gâchage (Eau2 = 30% Eau mélangé avec le SP40).
- Malaxer le mélange pendant 3 minutes.

La séquence de malaxage du mortier est mentionnée sur la figure 2.12

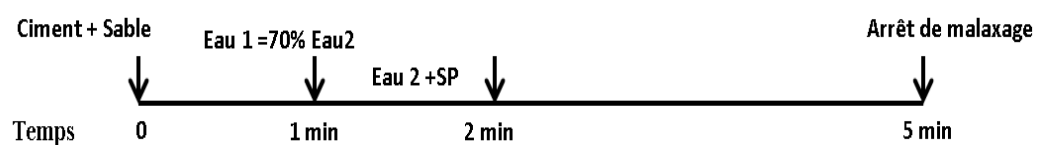


Figure II.12 : Séquence de malaxage du mortier

II.5.2 Essai de maniabilité

Pour la caractérisation de la maniabilité de mortier, nous avons utilisé le maniabilimètre pour mortier afin de mesurer le temps d'écoulement du mortier notant le rapport E/C qui correspond à un mortier plastique souhaitable pour une mise en œuvre facile.

Elle nous permis d'apprécier la fluidité d'un mortier qui est l'objet des essais définis par les normes NF P 18 - 452 et NF P 15 -437

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

L'appareil utilisé est appelé Maniabilimètre LCL, Il consiste en un boîtier parallélépipédique métallique (7.5cm×7.5cm×15cm), posé sur des supports en caoutchouc, équipé d'un vibreur et muni d'une cloison amovible. Ci-dessous le principe de fonctionnement de la maniabilité

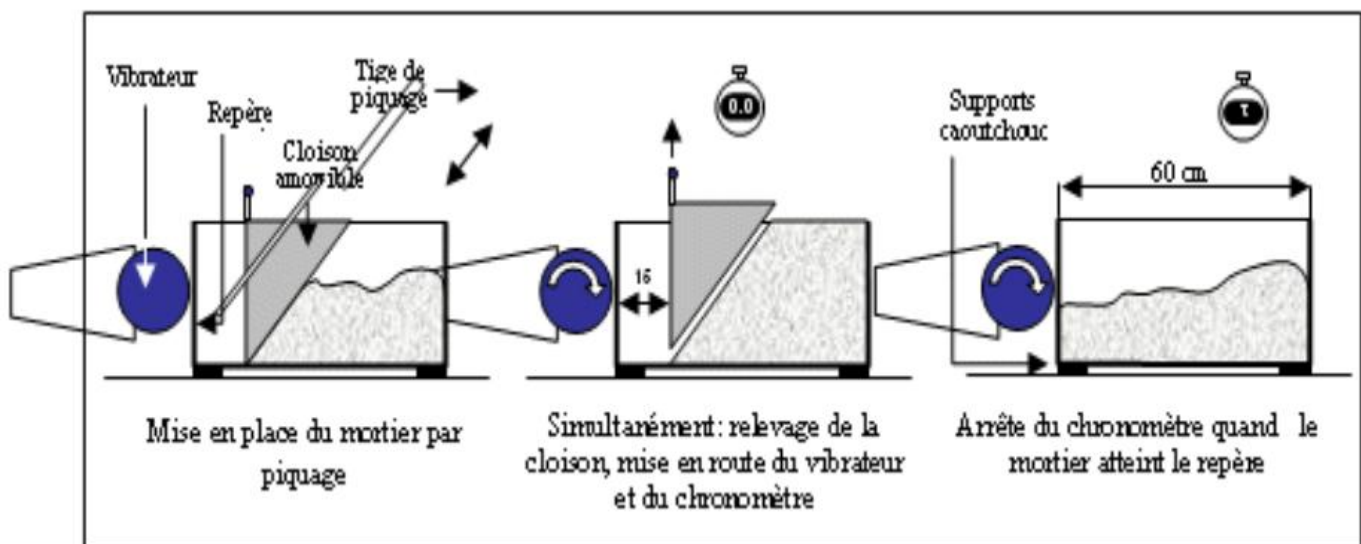


Figure II.13 . Principe de fonctionnement de la maniabilité

Tableau II-17 : 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	$t \leq 10$

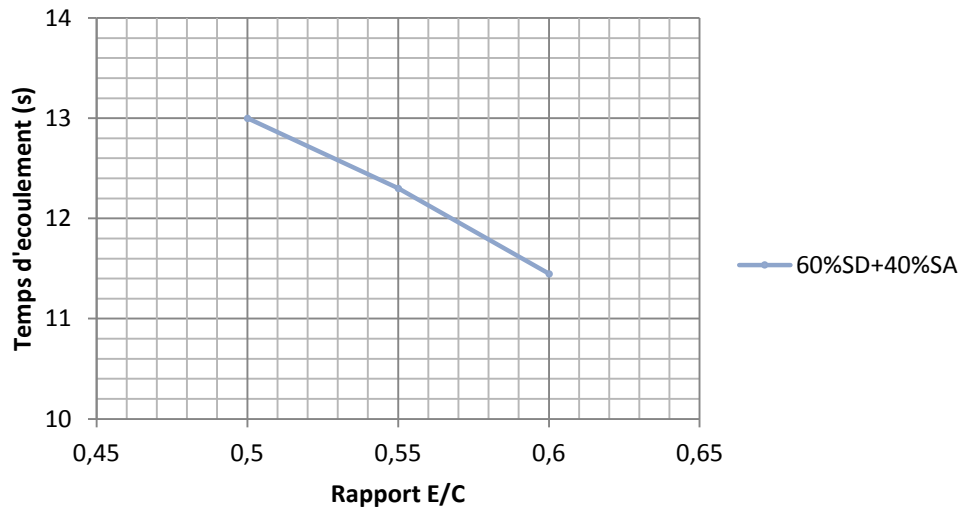


Figure II.14: Rapport E/C en fonction de temps d'écoulement

Les résultats du rapport E/C en fonction du type du ciment sans et avec adjuvant du sable dunaire et alluvionnaire sont présentés dans le tableau 2.18

Tableau II-18 : Rapport E/C et temps d'écoulement de chaque type de ciment

Type de ciment	Sable dunaire				Sable alluvionnaire			
	Sans adjuvant		Avec adjuvant		Sans adjuvant		Avec adjuvant	
	Temps d'écoulement	E/C	Temps d'écoulement	E/C	Temps d'écoulement	E/C	Temps d'écoulement	E/C
El-Biskria	8 :98	0,66	10 :13	0,46	8 :17	0,55	9,09	0,40
El Matine	8 :15	0,66	9 :20	0,47	11 :19	0,57	8,66	0,40
El Awtad	11 :80	0,64	8 :43	0,47	8 :55	0,62	10,59	0,37

Le tableau ci-dessus représente l'évolution du temps d'écoulement des différents ciments utilisés en fonction du rapport E /C, l'augmentation des fines entraîne une augmentation du temps d'écoulement, ceci est dû à l'augmentation de la surface spécifique du ciment qui demande plus d'eau.

L'utilisation d'un adjuvant réducteur d'eau s'avérerait nécessaire pour fixer le rapport E/C qui correspondra à la résistance à la compression maximale du ciment utilisé, tout en recherchant le dosage SP correspondant à la bonne maniabilité.

Conclusion générale

Ce travail devait faire l'Object d'étude d'un complément de formulation des mortiers de sable dunaires par l'effet de la variation de la classe de ciment en utilisant trois modèles de ciment de la même classe et d'origine différentes. L'étude de la formulation et les caractérisations physico mécanique des mortiers de sable alluvionnaire-dunaire formulé avec un rapport $C/S=1/3$, pour une même classe de ciment 42,5 à savoir El Matine de Msila ; El Biskria provenant de l'usine de Biskra et El Awtad provenant d'El Beidha nous a permis de comparer avec un certain nombre de travaux réalisés sur les mortiers alluvionnaire-dunaire. Suite aux inconvénients et handicapes générés par la crise sanitaire Covid 19 traversée, l'impossibilité d'établir la partie expérimentale nous a mené à conclure ce qui suit :

Les mortiers de sable dunaire-alluvionnaire permettent d'avoir une meilleure résistance mécanique jusqu'à 40,82 MPa à 28 jours ;

Les meilleures résistances en traction par flexion des mortiers étudiés à 28 jours atteignent 8,93 MPa ;

L'adjuvant utilisé est un bon plastifiant a permis d'augmenter la maniabilité et améliorer les performances des mortiers ;

La substitution du sable alluvionnaire a permis d'avoir un mortier plus compact avec la réduction du dosage en eau ;

Le retrait augmente avec l'augmentation du dosage en ciment puisqu'une plus grande quantité de pâte de ciment hydraté est responsable du retrait .Pour les mortiers étudiés des différents auteurs cités, le retrait varie de 6,87 à 1,46 $\mu\text{m}/\text{m}$. Le retrait dépend de la composition et de la nature des constituants des mortiers ;

La substitution du sable alluvionnaire par le sable dunaire a présenté une augmentation des performances mécaniques des mortiers d'une part et d'autre part a permis la diminution de la surexploitation du sable alluvionnaire qui est tarissable

Références

- [1] BOUALI .K, Elaboration et caractérisation thermomécanique des mortiers à base d'ajouts de déchets de briques réfractaires mémoire de magister, Université M'hmed Bougara, Boumerdes, 2014
- [2] CIMBÉTON, « Collection technique Ciments et bétons, » Conception et réalisation : Amprincipe Paris, Édition 2005
- [3]-**M. Nicot Pierre**. Interactions mortier-support : éléments déterminants des performances et de l'adhérence d'un mortier, thèse de doctorat, université de Toulouse. 2008.
- [4] CHAUVIN, J.J. Les sables : guide technique d'utilisation routière. ISTED, 74 p. France, 1987
- [5] Ayachi A.M, Etude des propriétés mécaniques du béton de sable de dunes, Université KasdiMerbah , Ouargla, 2011
- [6] AZZOUZ .H, Etude des bétons à base des sables de dune, Université Mohamed Kheidar , Biskra, 2009
- [7] AFNOR, granulats, équivalent de sable, Norme Française, Paris, France, septembre 1998.
- [8] Chavaillon. J, Étude stratigraphique des formations quaternaires du Sahara Nord Occidental- de Colomb-Béchar à Reggane -. Edition du CNRS, 394p Paris 1964
- [9] Adam M. Neville (2000) : propriétés des bétons. Traduit par le CRIB Edition Eyrolles, Paris.
- [10] NF EN 934-2 (sept. 2002) Adjuvant pour béton, mortier et coulis-Adjuvants pour béton Définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage (indice de classement p18-342)
- [11] SABLOCRETE, 1994, Bétons de sable, caractéristiques et pratiques d'utilisation, ENPC, Paris France.
- [12] Perov.N avril 2003 : effets combinés de différents facteurs sur l'expansion des bétons causés par la formation différée de l'ettringite , Thèse de doctorat à l'université Sherbrooke Canada.
- [13] NF EN 1008 (juill. 2003) Eau de gâchage pour bétons
- [14] G. DREUX, J. FESTA, "Nouveau guide du béton et de ses constituants", 8 édition, Edition Eyrolles, Paris 1989.
- [15] NF EN 196 – 6 : Méthodes d'essais des ciments : Détermination de la finesse. Indice de classement, Août 1990.
- [16]. **R. Dupain, R. Lanchan, J.C. Saint-Arroman** (février 2009) : "Granulats, sols, ciment et bétons", Edition Casteilla.
- [17] L.AZZOUZ, M.BOUHICHA et S.KENAI, "Etude physico-mécanique du béton de sable de dunes

chargé de granulats de briques" 1er Congrès National de génie civil, Laghouat 2002

