

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL ET D'HYDRAULIQUE

## Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de  
MASTER

Spécialité : Génie Civil  
Option : ECBR

Présente par :

Khemgani Ahmed Sofiane  
Ben châa Ahmed

*Thème:*

*Performance des additions minérales sur  
le retrait des mortiers dans le climat chaud*

Encadré par : Mr. Mennaai Amor

Soutenu publiquement devant le jury composé de:

DAHMANI Saci	Doctorant	UKMO	President
CHAIB Hachem	Doctorant	UKMO	EXAMINATEUR

PROMOTION: 2017-2018

# REMERCIEMENT

Nous dédions ce modeste travail A ma chère mère et à mon cher père.

A mes frères et sœurs, et amis de proche Ou lointain, qui nous ont aidés à réaliser  
ce travail par la permission de Dieu.

Nos dédicaces s'adressent également à tous les enseignants de l'université

**kadis-Merbah ouargla**

et particulièrement à ceux de la faculté de génie civil et hydraulique et surtout à ceux  
qui nous ont épaulés pendant la réalisation de ce travail et surtout notre encadreur

**Mr.Mennai Amor** une fois de plus merci.

Nos dédicaces s'adressent également à tous les amis de la promo M2 E.C.B.R  
sans exception.

**Ben châa Ahmed / Khemgani Ahmed Sofiane**

## المخلص

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد كمية مساهمة الإضافات المعدنية على الأداء الميكانيكي والفيزيائي وإنكماش الملاط. الأمر الذي يعتبر خطوة مهمة في معرفة السلوك الميكانيكي لهذا الملاط في مناخ حار. الخصائص التي قمنا بدراستها هي تماسك وتوقيت الأخذ بالنسبة للإسمنت مع وجود وبدون مؤخر للأخذ وخبث الأفران و الألياف وكذلك مقاومة الضغط والشد عن طريق الانحناء، الكتلة الحجمية و التغير البعدي للعينات في الحالة الصلبة للملاط. قمنا بوضع منهجية تجريبية تمكننا من الحفاظ على الحجم أثناء تكوين الملاط. النتائج المتحصل عليها تبين أن مساهمة الإضافات المعدنية لا يجب أن تتجاوز نسب محددة من وزن الإسمنت في مناخ حار كما تبين أن نشاط الرابطة داخل الملاط تنتج عنه تأثيرات فيزيائية وميكانيكية تؤثر بشكل جانبي على خصائص الملاط. كلمات مفتاحية: ملاط , مقاومة الضغط , مقاومة الشد بالانحناء، خبث الأفران ، الألياف ، الإنكماش .

## Résumé

L'objectif de cette étude est de quantifier la contribution de l'addition minérale sur les performances mécaniques et physiques et le **Retrait** des mortiers. Cette étude c'est une étape importante pour la suite de notre travail sur le comportement mécanique de ces mortiers en climat chaud.

Les propriétés qui nous allons étudier c'est la consistance de la pâte du ciment et le temps de prise avec et sans adjuvants, et aussi la résistance en compression et la traction par flexion, la masse volumique et la variation dimensionnelle à l'état durci des matrices cimentaires.

Nous avons mis au point une méthodologie expérimentale spécifique permettant de conserver le volume de matrice cimentaire dans les formulations des mortiers.

Les résultats obtenus montrent que la contribution de l'addition de pourcentage qui introduire dans la formulation des mortiers ne dépasse pas des valeur bien déterminer de poids du ciment dans le climat chaud, et aussi montre que l'activité liante de matrice cimentaire résulte essentiellement des effets : physiques, et mécaniques. Ces effets agissent de manière complémentaire sur les propriétés des mortiers.

Mots-clés : La formulation – mortier – résistance à la compression – retrait

## Abstract

The objective of this study is to quantify the contribution of mineral addition to the mechanical and physical performance of mortars. This study is an important step in the continuation of our work measuring the mechanical behavior of these mortars in hot climate. The studied properties that will be studied are the consistency of the cement paste and the setting time with and without additives, and the compressive strength and the flexural tensile strength, and shrinkage (dimensional variation ) in the state Hardened cementitious matrices. We have developed a specific experimental methodology to preserve the volume of the cement matrix of the mortar formulations and its initial porosity. The results obtained show that the contribution of the percentage addition of any addition to introduce into the mortar formulation does well-determined value by weight of the cement in the hot climate, And also to the binder activity of the cementitious matrix results essentially from the physical and mechanical effects. These effects act in a complementary manner on the properties of the concretes.

Keywords : mortars- the compressive strength- shrinkage

# TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX  
LISTE DES FIGURES  
NOMENCLATURE  
INTRODUCTION GENERALE

## Chapitre 1

## Recherche Bibliographie

<b>I.1 INTRODUCTION.....</b>	<b>2</b>
<b><u>I.2 Le retrait.....</u></b>	<b>2</b>
<b><u>I.2.1 Définition .....</u></b>	<b>2</b>
<b><u>I.2.2 Causes de retrait du mortier .....</u></b>	<b>3</b>
<b><u>I.2.3 Les types de retrait.....</u></b>	<b>3</b>
<b><u>I.2.4 Le mortier renforcé.....</u></b>	<b>4</b>
<b>I.3 Les mortiers.....</b>	<b>6</b>
<b><u>I.3.1 Matière première de mortier .....</u></b>	<b>6</b>
<b><u>I.3.2 LES DIFFÉRENTS TYPES DE MORTIERS.....</u></b>	<b>6</b>
<b><u>I.3.4 CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES MORTIERS.....</u></b>	<b>6</b>
<b><u>I.3.5 CARACTÉRISTIQUES DU MORTIER DURCI.....</u></b>	<b>8</b>
<b>I.4 Le sable .....</b>	<b>8</b>
<b><u>I.4.1 Sable de dune.....</u></b>	<b>9</b>
<b><u>I.4.2 Diverses utilisations .....</u></b>	<b>9</b>
<b>I.5 Liants.....</b>	<b>10</b>
<b><u>I.5.1 Différents liants .....</u></b>	<b>10</b>
<b><u>I.5.2 CIMENT.....</u></b>	<b>10</b>
<b><u>I.5.2.1 Fabrication.....</u></b>	<b>10</b>
<b><u>I.5.2.2 Classification des ciments industriels.....</u></b>	<b>10</b>
<b>I.6 L'eau de gâchage.....</b>	<b>11</b>
<b>I.7 Additions.....</b>	<b>11</b>
<b><u>I.7.1 Le fumée de silice .....</u></b>	<b>12</b>
<b><u>I.7.2 Les fibres polypropylènes.....</u></b>	<b>12</b>
<b><u>I.7.2.1 Types des fibres utilisées dans le domaine de la construction.....</u></b>	<b>13</b>
<b>I.8 Adjuvants.....</b>	<b>13</b>
<b><u>I.8.1 Le retardateur de prise.....</u></b>	<b>13</b>
<b>I.9 CONCLUSION .....</b>	<b>14</b>

<b>II.1 INTRODUCTION</b> .....	16
<b>II.2 Caractéristiques des Matériaux utilisés:</b> .....	16
<b>II.3 Sable</b> .....	16
<b>II.3.1 Caractéristiques de Sable :</b> .....	16
<b>II.3.1.1 Analyse granulométrique " NFP18-554"</b> .....	16
<b>II.3.1.2 Modules de finesse " NF P18 -304"</b> : .....	22
<b>II.3.1.3 Equivalent de sable " NF P 18 -598"</b> :.....	23
<b>II.3.1.4 Masses volumiques (NF P18-301) :</b> .....	25
<b>II.3.1.5 Les analyses chimiques de sable</b> .....	26
<b>II.4 Le Ciment :</b> .....	26
<b>II.4.1 Caractéristiques du Ciment :</b> .....	27
<b>II.4.1.1 Essai de consistance de ciment (EN 196-3) :</b> .....	27
<b>II.4.1.2 Essai de prise (EN 196-3) :</b> .....	29
<b>II.4.1.3 Analyse chimique de ciment :</b> .....	31
<b>II.4.1.4 Propriétés physiques de Ciment</b> .....	31
<b>II.5 L'eau de gâchage :</b> .....	31
<b>II.6 Le fumées de silice</b> .....	32
<b>II.7 L'adjuvant</b> .....	33
<b>II.8 Les fibres</b> .....	33
<b>II.8.1 Propriétés de Fibre polypropylène</b> .....	33
<b>II.9 Formulation</b> .....	33
<b>II.9.1 FORMULATION DE MORTIER NORMAL (NF -P 15-403)</b> .....	34
<b>II.9.2 Les Formulations proposée</b> .....	34
<b>II.10 Préparation des matériaux</b> .....	35
<b>II.10.1 PREPARATION DES EPROUVETTES</b> .....	35
<b>II.10.2 Le malaxage</b> .....	36
<b>II.10.3 Coulage des éprouvettes</b> .....	36
<b>II.10.4 Finissions des éprouvettes</b> .....	37
<b>II.10.5 Démoulage des éprouvettes</b> .....	37
<b>II.10.6 Conservation des éprouvettes</b> .....	38
<b>II.11 RESISTANCE A LA TRACTION PAR FLEXION (NF P 15-471)</b> .....	38
<b>II.12 RESISTANCE A LA COMPRESSION</b> .....	39
<b>II.13 LA MASSE VOLUMIQUE APPARENTE (EN 1015-10)</b> .....	39
<b>II.14 Mesure du retrait:</b> .....	40
<b>II.15 Conclusion</b> .....	40

<b>III.1 INTRODUCTION .....</b>	<b>42</b>
<b>III.2 RESISTANCE A LA COMPRESSION.....</b>	<b>42</b>
<b>III.3 RESISTANCE A LA TRACTION PAR FLEXION (NF P 15-471).....</b>	<b>45</b>
<b>III.4 L'évolution de la Retrait .....</b>	<b>48</b>
<b>III.5 LA MASSE VOMLUMIQUE APPARENTE (EN 1015-10).....</b>	<b>50</b>
<b>III.5 LA MASSE VOMLUMIQUE APPARENTE (EN 1015-10).....</b>	<b>50</b>
<b>III.6 CONCLUSION.....</b>	<b>51</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau (II.1) : Résultats d'analyse granulométrique du sable de dune .....	18
Tableau (II.2) : Résultats d'analyse granulométrique du sable de dune. ....	19
Tableau (II.3) : Résultats d'analyse granulométrique du mélange (40% SD + 60% SC). ....	20
Tableau (II.4) : Résultats d'essai de module de finesse.....	22
Tableau (II.5): les valeurs d'équivalent de sable indiquent la nature et qualité du sable.....	24
Tableau (II.6) : les valeurs l'équivalent des sables obtenue.....	25
Tableau (II.7) Résultats de calcul de la masse volumique. ....	26
Tableau (II.8): Résultats d'Analyse chimique de sable dunes .....	26
Tableau (II.9): Caractéristiques physiques de ciment .....	30
Tableau (II.10): Analyse chimique et Minéralogique de EL-MATINE .....	31
Tableau (II.11): Analyse chimique et Minéralogique de EL-MATINE .....	31
Tableau (II.12) : Analyse chimique de l'eau .....	31
Tableau (II.13) : Analyse chimique de fumée de silice. ....	32
Tableau (II.14): caractéristiques générales de MEDAPLAST HP(Annexe. A) .....	32
Tableau (II.15) : Caractéristiques générales de MEDARETARD GR (Annexe. B).....	33
Tableau (II.16) : les différents compositions proposée.....	34
Tableau (III.1) : Résultats de résistance à la compression (MPa). ....	42
Tableau (III.2) : Résultats de résistance à la compression (MPa). ....	45
Tableau (III.3) : la masse volumique (g/cm <sup>3</sup> ).....	50

## LISTE DES FIGURES

Figure (I.2) : Déformomètre .....	5
Figure (I.3) : Déformomètre .....	5
Figure (I.4) : Dune .....	9
Figure (II.1) : Colonne de tamis. ....	18
Figure (II.2) : Courbe d'analyse granulométrique du Sable de dune. ....	19
Figure (II.3) : Courbe d'analyse granulométrique du Sable de dune. ....	20
Figure (II.4) : Courbe d'analyse granulométrique du mélange .....	21
40% SD et 60% SC.....	21
Figure (II.5) : Fuseau granulométrique de sable 0/5 mm .....	21
Figure (II.6) : Essai d'équivalent de sable. ....	24
Figure (II.7): Sac de ciment utilisé .....	27
Figure (II.8): appareil de Vicat .....	28
Figure (II.9) : essai de prise .....	30
Figure (II.10): huilage des moules.....	35
Figure (II.11): malaxage électrique .....	36
Figure (II.12): table de vibration .....	36
Figure (II.13): finitions des éprouvettes .....	37
Figure (III.14): démoulage des éprouvettes.....	37
Figure (III.15): conservation des éprouvettes dans l'air libre. ....	38
Figure(III.16) : Dispositif pour l'essai de compression. ....	39
Tableau (III.1) : Résultats de résistance à la compression (MPa). ....	43
Figure (III.1) : l'évolution de la résistance à la compression.7J.....	43
Figure (III.2) : l'évolution de la résistance à la compression.14J.....	43
Figure (III.3) : L'évolution de la résistance à la compression.21J .....	44
Figure (III.4) : l'évolution de la résistance à la compression.21J.....	44
Figure (III.5) : l'évolution de la résistance à la traction par flexion 7J .....	46
Figure (III.6) : l'évolution de la résistance à la traction par flexion 14J .....	46
Figure (III.7) : l'évolution de la résistance à la traction par flexion 21J .....	47
Figure (III.8) : l'évolution de la résistance à la traction par flexion 28J .....	47
Figure (III.9) : Variation dimensionnelle de 7 jours.....	48
Figure (III.10) : Variation dimensionnelle de 14 jours.....	48
Figure (III.11) : Variation dimensionnelle de 28 jours.....	49
Figure (III.12) : comparaison de la Variation dimensionnelle Total .....	49

## NOMENCLATURE

MF : module de finesse (%)

ES: équivalent de sable

$\rho_s$  : Masse volumique absolue (kg/m<sup>3</sup>)

M<sub>s</sub>: Masse des grains solides (g)

V<sub>1</sub> : Volume de l'eau (ml)

V<sub>2</sub> : Volume total (grains + vide) (ml)

$\rho_a$  : Masse volumique apparente (kg/m<sup>3</sup>)

M : Masse totale de l'échantillon (g)

V : Volume total de l'échantillon. (ml)

E : quantité d'eau (ml)

C : ciment

MR : MEDARETARD GR.

SD : sable de dune

SC : sable de construction

FS : fumé de silice

MEDAPLAST HP

F : les fibres polypropylènes

h : Hauteur (cm)

t: le temps (s)

a : est le côté de la section carrée de l'éprouvette (cm)

L : est la distance entre les appuis (cm)

S : section transversale de l'éprouvette (cm<sup>2</sup>)

P : la charge appliqué (KN)

$\sigma_c$  : contrainte de compression (MPa)

P<sub>c</sub> : la charge de rupture à la compression (MPa)

R<sub>f</sub> : est la résistance en flexion (MPa)

RT: resistance a la traction par flexion.

$\delta$  : La masse volumique de l'éprouvette (g/cm<sup>3</sup>).

## INTRODUCTION GENERALE

L'étude de la composition d'un béton ou de mortier, dans nos jours consiste à ne sont pas fabriqués seulement ; ils incorporent très souvent, au moyenne d'un des produits suivants : additions minérales; adjuvants organiques ; les différents types des fibres. Définir le mélange optimal dont on dispose, ainsi que le dosage en ciment et en eau, afin de réaliser un mortier dont les qualités soient celles recherchées pour la construction des ouvrages.

La résistance mécanique d'un mortier durci augmente en fonction de l'évolution du processus d'hydratation. L'incorporation des additions minéraux est maintenant une technique importante en améliorant les propriétés du mortier telle que la fluidité, la résistance, la durabilité aussi. Ces additions minérales affectent de manière significative la rhéologie des matériaux cimentaires à l'état frais, qui est directement relié avec le développement de la résistance, la durabilité des matériaux durcis et minimiser le phénomène de **retrait**.

Néanmoins, pour profiter absolument de ces avantages et ainsi choisir la meilleure solution permettant d'optimiser la formulation, il est nécessaire de connaître les caractéristiques de ces nouveaux composants (additions minérales et adjuvants) et leurs actions sur les propriétés des mortier. Cependant nous rencontrons aujourd'hui plus spécialement dans le bâtiment et travaux publics, un produit dont les propriétés et le comportement correspondant à ceux des matériaux composites. Il s'agit du béton de fibres polypropylène composé d'une matrice cimentaire et des fibres apportant une armature à celle-ci. Il s'agit d'un matériau présentant notamment une résistance à la traction plus élevé par rapport à la résistance de compression Généralement, lorsqu'un problème de compatibilité ciment- adjuvants-additions se pose sur chantier, il se règle en remplaçant l'adjuvant ou le ciment ou même parfois les deux, sans connaître vraiment les causes de cette incompatibilité..

L'objectif de notre travail est de quantifier la contribution liante de l'addition minérale sur les performances mécaniques et physiques des mortiers, ainsi que l'optimisation empiriquement les différents ingrédients et leurs influence sur la performance de la pate de mortier pour différents taux de substitution de ces additions. Les caractéristiques les plus importantes d'un mortier est la facilité avec laquelle on peut leur faire adopter les formes les plus variées.

C'est pour cela nous adaptons le plan de travail suivant :

Nous allons commencer le premier chapitre qui est une synthèse bibliographique sur les différents ingrédients utilisés pour la formulation de mortier. Et les différents types et les causes de retrait avec les différents types de classements des additions minéraux,

## INTRODUCTION GENERALE

en plus les différents types des adjuvants organiques et leurs l'utilisation, les différents types des mortiers, type et choix d'un mortier en fonction de la performance.

On passe au deuxième chapitre qui caractérise les différents matériaux, ainsi leurs propriétés qui sont incorporer dans le mélange de mortier à l'état frais et à l'état durci ; les caractéristiques physique, on a proposé un plan d'expérience des différentes compositions, ainsi que la quantité d'eau à l'aide d'un Maniabilimètre, ainsi le mode de conservation dans le climat chaud.

La contribution du troisième chapitre consiste principalement à présente des résultats expérimentaux de la résistance à la compression et à la traction par flexion, et la masse volumique, les variation dimensionnelle de notre éprouvettes. Et en fin nous allons finaliser notre travail par une conclusion générale, et quelques recommandations pour le développement futur.

# CHAPITRE I

## **I.1 INTRODUCTION**

Le mortier est 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 se compose de ciment ou de chaux, de sable, d'eau et d'adjuvant. Toutes ces opérations se font à l'aide d'un liant toujours mélangé à du sable, de l'eau et éventuellement : un adjuvant – pour obtenir un « mortier », qui se distingue du béton par l'absence de gravillons. Dans ce chapitre, nous présenterons les différents constituants des mortiers et on va prendre par détaille chacun de ces composants et aussi les types des adjuvants utilisées et aussi les additions qu'on peut ajouter pour améliorer les caractéristiques, ensuite on a cité les différent types de mortier et finalement donner des résultats des autres mémoires pour comparer avec notre résultat dans les chapitres suivants.

Les caractéristiques principales des mortiers sont : Ouvrabilité ; prise ; résistances mécaniques Retraits et gonflements, etc.

## **I.2 Le retrait**

### **I.2.1 Définition**

Le retrait du béton peut être défini comme la déformation d'un élément de béton libre de toute sollicitation mécanique extérieure dans une ambiance thermodynamique constante, ainsi on distingue le retrait dans une ambiance sèche et le gonflement dans une ambiance saturée. La prédiction de cette déformation est d'une très grande importance pour l'étude de la durabilité et de l'aptitude au fonctionnement à long terme des structures en béton (ponts, ouvrages hydrauliques, etc.). En effet, elles peuvent être à l'origine de la fissuration, de pertes de précontrainte, d'une redistribution des contraintes, et même, plus rarement, de la ruine de l'ouvrage

Cette variation dimensionnelle dépend de plusieurs paramètres tels que la composition du béton, la qualité de ses constituants, la taille des éléments ainsi que les conditions extérieures de conservation. . [1]

Lorsque l'on observe une pièce en béton, et même son gâchage, on constate qu'en l'absence de toute force extérieure, elle change de volume. Cette propriété, qui a pris le nom de retrait. Il est, en réalité, la résultante de mouvements complexes qu'il est intéressant d'analyser,

Il est important de préciser qu'il existe plusieurs types de retrait.

### I.2.2 Causes de retrait du mortier

Puisque le retrait est dû en grande partie, à l'évaporation de l'eau, deux conditions s'imposent pour limiter le retrait :

⇒ L'emploi minimal d'eau de gâchage,

⇒ La protection contre la dessiccation pendant et après la prise.

Les autres causes sont dues aux causes suivantes :

- **Liant**

A sa composition chimique et physique, et même au dosage utilisé. En effet pour Des ciments de mêmes natures, le retrait augmente avec la finesse de mouture et avec l'augmentation du dosage en ciment.

- Propriétés du béton ou du mortier : les retraits sont influencés aussi par la nature et la granulométrie des agrégats, la consistance, le mode de mise en œuvre, les produits D'addition...

- La température : l'action de température est complexe. Le béton, comme tous les matériaux, subit d'une part l'effet de la dilatation calorifique, d'autre part, les variations thermiques de l'atmosphère entraînent une modification de la concentration en vapeur d'eau. Si par exemple, la température s'élève, l'atmosphère devient plus sèche et provoque un certain retrait. [2]

### I.2.3 Les types de retrait

Lorsque l'eau se retire d'un corps poreux qui n'est pas parfaitement rigide, une contraction volumétrique se produit dans le béton ou le mortier, qu'il soit à l'état frais ou à l'état durci, pour cela il existe deux formes principales de retrait : retrait avant la prise et retrait après la prise.

On peut identifier cinq formes de retrait :

1. La première forme, qui est la plus connue, est le **retrait de séchage** qui se développe dans le béton durci.
2. Cependant, chronologiquement, le retrait de séchage est précédé par le **retrait plastique**, qui se développe dans des bétons qui perdent de l'eau alors qu'ils sont encore à l'état plastique.

En général, cette perte d'eau se fait par évaporation dans l'air sec ambiant, mais elle peut être aussi la conséquence d'une absorption par un béton ou un sol sous-jacent sec.

3. Un troisième type de retrait est celui qui se produit dans du béton qui durcit par suite du développement de la réaction d'hydratation. Étant donné que ce retrait a lieu dans toute la masse du béton et pas seulement dans la partie du béton en contact avec le milieu ambiant, on l'appelle parfois retrait d'auto-dessiccation et quelquefois aussi retrait chimique. On emploie aussi l'expression **retrait endogène** et c'est l'expression que nous utiliserons par la suite dans cet article.
4. Le quatrième type de retrait que l'on peut observer dans un béton est une conséquence de la diminution de la température du béton au moment de sa prise, ou juste après, quand les dimensions globales de l'élément ont été fixées. Il vaudrait mieux parler dans ce cas de contraction thermique, mais, pour des raisons d'homogénéité de vocabulaire, on utilisera l'expression **retrait thermique**.
5. En outre, la réaction de la pâte de ciment hydraté avec le gaz carbonique de l'air en présence d'humidité cause une contraction que l'on appelle le **retrait de carbonatation**.

Quand certaines de ces formes, ou toutes ces formes de retrait se développent dans un béton Simultanément ou séquentiellement, on parle alors de **retrait total**. [3]

### I.2.4 Le mortier renforcé

Les variations dimensionnelles importantes enregistrées pour la formulation du béton de sable de dune non- renforcé dans un climat chaud nous ont amené à procéder par l'incorporation des fibres dans cette composition pendant la phase du malaxage. La figure ci-dessus montre la tendance des résultats obtenus. [4]

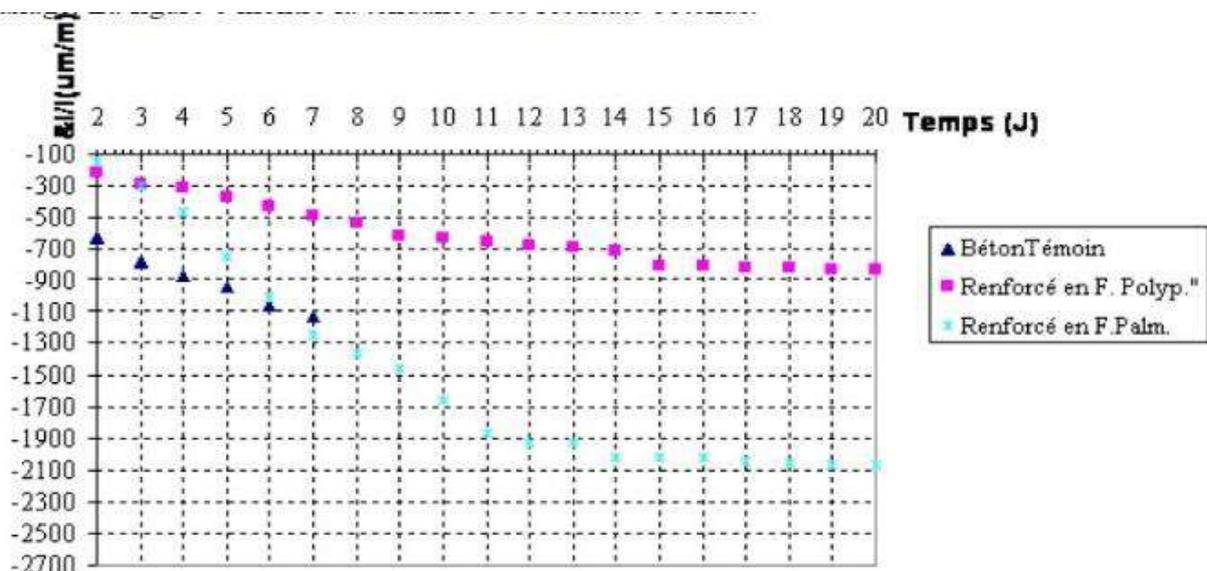


Figure (I.1) : Evolution des valeurs de retrait en fonction du type de renfort utilisé  
Fibres de polypropylène, fibre de palmier dattier

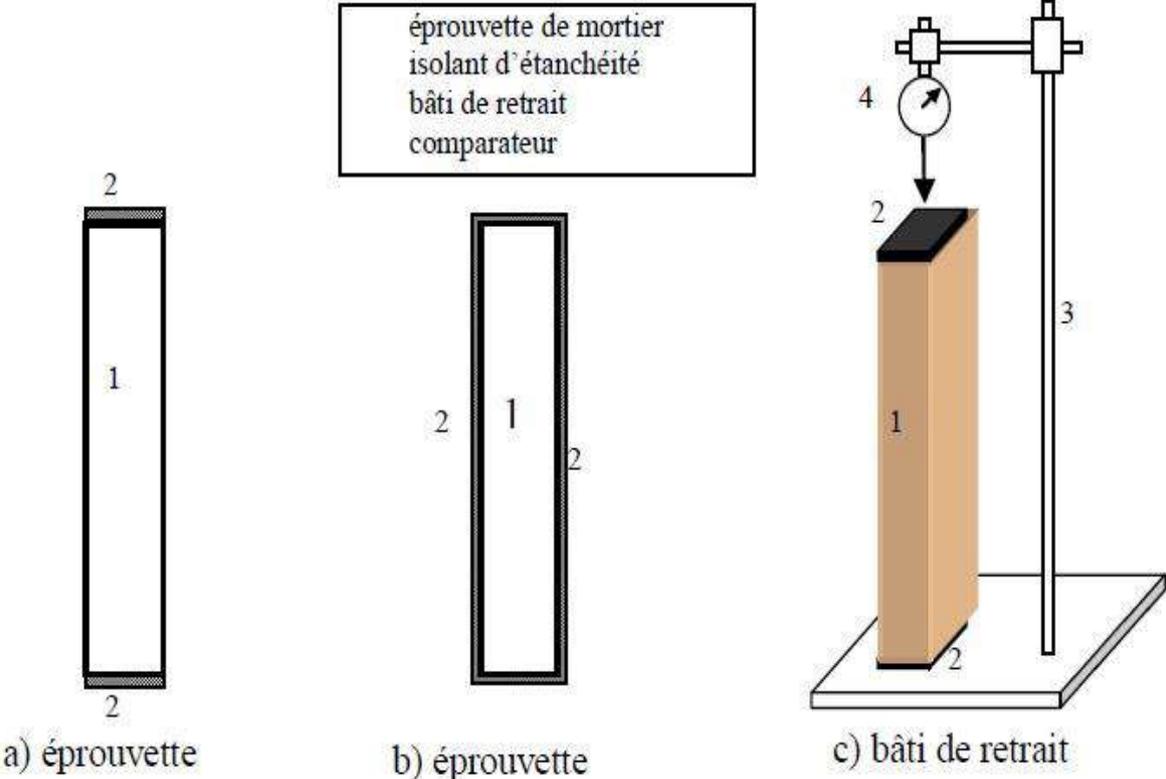


Figure (I.2) : Déformomètre

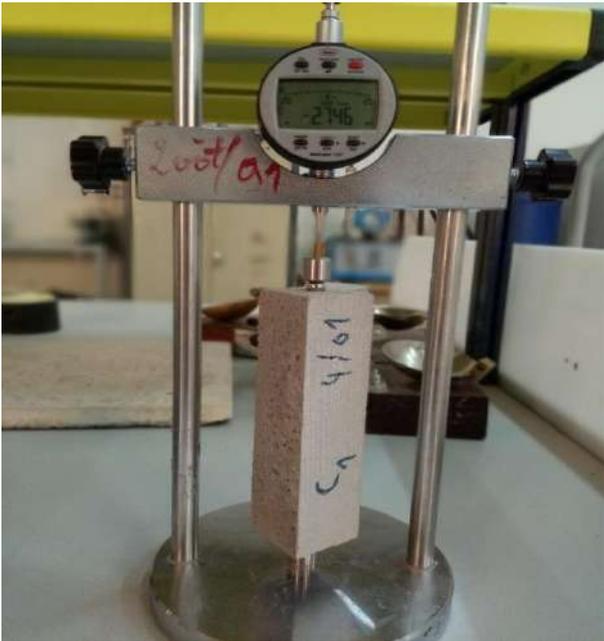


Figure (I.3) : Déformomètre

### **I.3 Les mortiers**

#### **I.3.1 Matière première de mortier**

Les composants essentiels du mortier sont le sable, un liant minéral et l'eau. Pour optimiser le mortier, on peut utiliser des adjuvants et des additions minérales.

Dans l'aperçu qui suit, c'est surtout la large gamme d'adjuvants qui saute aux yeux. L'influence de ces derniers sur le mortier est très importante et les possibilités sont nombreuses. Le dosage doit toutefois se faire avec précision, ce qui ne pose aucun problème dans une usine ou une centrale de mortier. Par contre, l'ajout d'adjuvants sur chantier présente des risques.

#### **I.3.2 LES DIFFÉRENTS TYPES DE MORTIERS**

Dans les travaux publics on utilise différents types de mortier :

- **Les mortiers de ciment** : Les mortiers de ciments sont très résistants, prennent et durcissent rapidement. Le dosage du rapport entre le ciment et le sable est en général volumétrique de 1/3 et le rapport de l'eau sur ciment est environ 0,5. De plus, un dosage en ciment les rend pratiquement imperméables.
- **Les mortiers de chaux** : Les mortiers de chaux sont moins résistants par rapport aux mortiers de ciment (gras et onctueux). La durée du durcissement des mortiers de chaux est plus lente que pour les mortiers de ciments.
- **Les mortiers bâtards** : Ce sont les mortiers, dont le liant est le mélange de ciment et de chaux.

Généralement, on utilise la chaux et le ciment par parties égales, mais des fois on prend une quantité plus ou moins grande de l'un ou l'autre suivant l'usage et la qualité recherchée.

#### **I.3.4 CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES MORTIERS**

Les caractéristiques principales des mortiers sont : Ouvrabilité ; prise ; résistances mécaniques retraits et gonflements, etc.

##### **a) Mortiers fabriqués sur chantier**

Ils sont préparés avec le ciment et le sable du chantier. Le ciment est un ciment courant CPA ou CPJ et parfois des ciments spéciaux comme le ciment alumineux fondu. On emploie également des chaux hydrauliques et parfois des liants à maçonner. Le sable est le plus souvent roulé (nature silicocalcaires) parfois concassé et le gâchage s'effectue à la pelle ou à l'aide d'une petite bétonnière. Ces mortiers ne sont donc pas très réguliers et les sables

peuvent être différents d'une livraison à l'autre, mais de toutes façons ils doivent être propre et de bonne granulométrie.

### **b) Mortier industriel**

Ce sont des mortiers que l'on fabrique à partir de constituants secs, bien sélectionnés, conditionnés en sacs, contrôlés en usine et parfaitement réguliers. Pour utiliser ce type de mortiers, il suffit de mettre la quantité d'eau nécessaire et malaxer pour ensuite les mettre en œuvre. Les mortiers peuvent contenir des liants et des sables variés ainsi que certains adjuvants et éventuellement des colorants. Les fabricants de mortiers industriels proposent une gamme complète de produits répondant à tous les besoins :

- Mortiers pour enduits de couleur et d'aspect varié,
- Mortiers d'imperméabilisation,
- Mortier d'isolation thermique,
- Mortier de jointoiement,
- Mortier de ragréage,
- Mortier de scellement, mortier pour chapes,
- Mortier-colle pour carrelages, sur fond de plâtre ou de ciment, etc.,

A chaque domaine d'application correspond un type de mortier pouvant être consacré à :

- la protection et la décoration (sous-enduits, enduits de parement colorés, enduits monocouche),
- la pose des carrelages (mortiers colles et mortiers de joints),
- la préparation des sols (chapes, réparations, enduits de lissage, d'égalisation),
- les assemblages (éléments de maçonnerie, fixation des éléments de cloisons et de doublage),
- l'isolation et l'étanchéité (systèmes d'isolation thermique par l'extérieur, d'imperméabilisation, d'étanchéité, d'isolation phonique, d'ignifugation),
- les travaux spéciaux (gunitage, réparations d'ouvrages d'art et de génie civil, scellement et calages, coulis d'injection, cuvelages). [5]

### **I.3.5 CARACTÉRISTIQUES DU MORTIER DURCI**

Les essais sont souvent effectués sur prisme de 4\*4\*16cm conservés dans l'eau à 20°C. Les éprouvettes sont brisées en traction par flexion puis en compression. Les rapports (résistance en compression/résistance en traction par flexion) augmentent en fonction de temps.

Les résistances des mortiers dépendent de très nombreux facteurs :

- La nature et dosage en ciment ;
- Le rapport E/C ;
- La granulométrie et la nature du sable ;
- L'énergie de malaxage et mise en œuvre ; [6]

### **I.4 Le sable**

Le sable forme le squelette inerte du mortier durci. Il doit présenter une bonne répartition granulométrique et être propre, c'est-à-dire ne contenir ni matériau organique ni particules argileuses. Bien que le maçon choisisse traditionnellement un sable fin, il est également possible de confectionner du mortier correctement ouvrable avec du sable moyen à gros ( $D_{max} = 5 \text{ mm}$ ). Un tel mortier exigera moins de liant et donnera néanmoins de bons résultats sur le plan de la résistance mécanique. De plus, il aura un retrait limité.

La présence d'une quantité réduite de matériaux fins ou d'adjuvants est nécessaire pour se prémunir contre le ressuage de l'eau de gâchage.

Le sable fin, et surtout le sable argileux (sable jaune gras) exige un dosage trop élevé en eau — et donc en liant également, ce qui augmente la sensibilité au retrait. Les particules argileuses absorbent beaucoup d'eau et la structure du mortier durci peut, de ce fait, être sensible au gel.

### I.4.1 Sable de dune

Les dunes se forment dans des zones où le sable est riche et non fixé par la végétation (désert, plage, lit fluvial à l'étiage). Il est transporté aux ras du sol par saltation, puis s'accumule quand la compétence du vent chute (versant sous le vent). Une dune peut se déplacer par érosion du versant au vent et accumulation sur le versant opposer. [7]

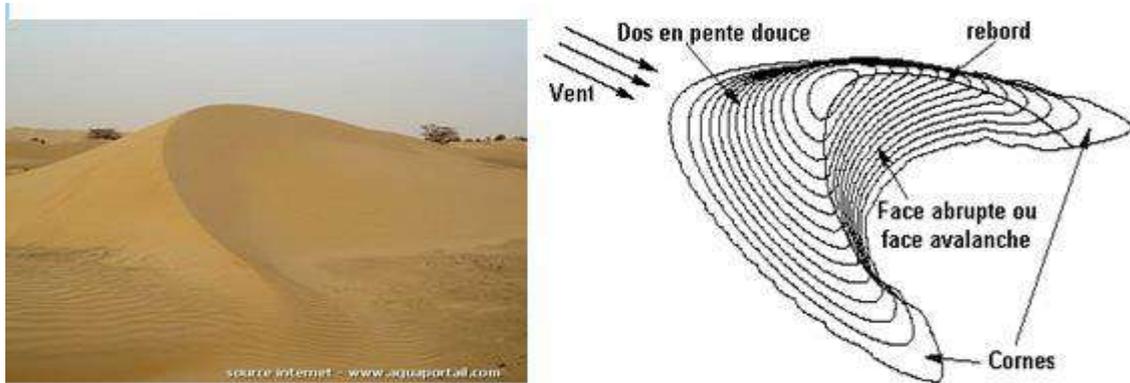


Figure (I.4) : Dune

### I.4.2 Diverses utilisations

Les sables sont un élément essentiel du processus sédimentaire et représentent une ressource très importante du point de vue économique : remblais, granulats pour béton, matériaux de construction, sables siliceux pour l'industrie. Ces derniers (appelés autre fois sable industriels) constituent l'essentiel de la matière première de l'industrie du verre, des moules, des noyaux de fonderie ; ils entrent aussi dans la fabrication des céramiques et des mortiers spéciaux. Le sable est aussi le milieu naturel où s'accumulent les minéraux lourds alluvionnaires. Les placers d'ilménite (Oxyde naturel de fer et de titane, que l'on trouve dans certains schistes cristallins), ou « sables noirs », sont importants économiquement pour la fabrication des pigments de la peinture blanche (gisements côtiers en Australie) et comme source du titane-métal.

Les sables jouent également un grand rôle comme réservoirs potentiels pour les nappes d'eau (aquifères) ou les hydrocarbures. Il importe que l'exploitation du sable, souvent anarchique, soit réglementée pour éviter de perturber de fragiles équilibres naturels: érosion des plages dont l'alimentation naturelle en sable a été coupée; destruction à terre de la nappe phréatique, etc. [7]

## **I.5 Liants**

Les liants servent agglomérer les grains de sable. Ce sont de fines matières minérales sous forme de poudre : liants hydrauliques (réagissant avec l'eau) ou hydraulité latente; liants pouzzolaniques (réagissant avec la chaux); liants durcissant par réaction avec le CO<sub>2</sub> de l'air. En pratique, ce sont le ciment, la chaux, et des matières hybrides présentant les caractéristiques des deux. Dans certains concepts, la notion de "liant" est étendue l'ensemble des matières fines inertes et liantes, adjuvants et polymères.

### **I.5.1 Différents liants**

- Les ciments normalisés (gris ou blanc);
- Les ciments spéciaux (alumineux fondu, prompt, ..)
- Les liants à maçonner ;
- Les chaux hydrauliques naturelles ;
- Les chaux éteintes

### **I.5.2 CIMENT**

#### **I.5.2.1 Fabrication**

La fabrication du ciment Portland se fait à partir de la pierre calcaire et de l'argile. Ces matériaux sont extraits des carrières, concassés et stockés, puis l'analyse chimique est faite pour déterminer le dosage des matières premières. Après avoir été dosées, les matières premières sont broyées et mélangées. La poudre ainsi obtenue est introduite dans l'extrémité supérieure d'un four rotatif légèrement incliné.

#### **I.5.2.2 Classification des ciments industriels**

Les ciments sont classés en fonction de leur composition, en cinq types principaux selon les normes NF P 15-301 et EN 197-1

- \* **CPA-CEM I** : ciment Portland artificiel (CPA dans la notation française)
- \* **CPJ-CEM II** : ciment Portland composé (CPJ)
- \* **CHF-CEM III** : ciment de haut fourneau
- \* **CPZ-CEM IV** : ciment pouzzolanique
- \* **CLC-CEM V** : ciment au laitier et aux cendres (ciment composé)

En plus des ciments courants cités précédemment, il existe des ciments courants à caractéristiques

Complémentaires comme le cas des ciments résistant aux sulfates (CRS), ciments pour travaux à la mer, ciments pour travaux au contact d'eaux très pures. [8]

## **I.6 L'eau de gâchage**

L'eau de gâchage est un élément essentiel pour la fabrication du mortier. Elle est ajoutée lors du mélange afin d'hydrater le ciment et permet de lier les constituants du béton entre eux. L'eau rend également le mélange bien plus maniable, ce qui facilite l'application du béton. Élément indispensable pour obtenir du mortier, l'eau utilisée doit absolument être propre et ne doit pas être ajoutée avec excès. Si ces deux conditions ne sont pas respectées, votre béton risque d'être fragile et ses performances seront altérées.

Il est possible de les utiliser après passage dans des bassins de décantation:

- les eaux de pluie et de ruissellement, les eaux pompées, tant qu'elles restent conformes aux prescriptions de la norme conviennent également. À côté, les catégories d'eaux ne devant pas être utilisées comprennent :
- les eaux usées:
- les eaux vannes ou contenant des détergents:
- les eaux industrielles susceptibles de contenir des rejets organiques ou chimiques [9]

## **I.7 Additions**

Les additions pour le béton sont définies dans la norme **NF EN 206-1**. Par additions, on entend de fines matières minérales sous forme de poudre, d'une granularité comparable à celle du ciment. On distingue les additions inertes (type I : farine de quartz, filler calcaire,...) et les additions à hydraulicité latente (scories) ou pouzzolaniques (type II : pouzzolanes naturelles et sous-produits de l'industrie, comme les cendres volantes de charbon pulvérisé et les fumées de silice). Les additions ont une influence favorable sur l'onctuosité et le pouvoir de rétention d'eau. Si on en utilise trop, la résistance du mortier diminue fortement. [10]

### I.7.1 Le fumée de silice

Les fumées de silice sont des particules très fines (environ  $1\mu\text{m}$ ) présentant une très forte teneur en silice amorphe. Elles proviennent de la réduction de quartz de grande pureté par du charbon dans des fours à arc électrique utilisés pour la production de silicium.

Elles font l'objet des normes *NF P 18-502* et *EN 13263-1*. Ces normes fixent les spécifications auxquelles doivent satisfaire les fumées de silice destinées à la confection des bétons.

Les fumées de silice sont utilisées pour leur rôle correcteur de composition granulair, pour optimiser la compacité par remplissage des vides du béton en complément des autres composants et pour leurs qualités pouzzolaniques. Les fumées de silice sont des additions de type II. Leur masse volumique absolue est comprise entre **2100 et 2400 kg/m<sup>3</sup>**. Elles sont réparties en deux classes A et B en fonction de caractéristiques physico-chimiques (teneur en Ca O, teneur en sulfate, en chlorure et en carbone libre) et physiques (masse volumique absolue et aire massique). [10]



Figure (I.5) : Fumée de silice

### I.7.2 Les fibres polypropylènes

Le polypropylène est un polymère cristallisable de la famille des polyoléfin, découvert en 1954. Ils sont obtenus suivant le processus d'extrusion, étirage qui confère une orientation prépondérante aux molécules et qui engendre les propriétés mécaniques élevées.

Ces fibres se présentent le plus souvent en faisceaux qui une fois introduits dans le matériau se séparent et se répartissent dans la masse du béton. Leurs longueurs les plus courantes varient de 10 à 15 mm pour des diamètres compris entre 15 et 250 microns, leur masse volumique est d'environ  $0.9\text{ kg/cm}^3$  et leur résistance à la traction est sensiblement le quart de celle des fibres métalliques. [11]

Les fibres de polypropylènes sont surtout utilisées dans la fabrication de pieux de fondation, de panneaux de revêtement, d'éléments flottants de débarcadère et amarres pour les marines, de matériaux de réparations des routes, et de couches de lest pour les tuyaux sous-marins.

Les études menées avec ce type de fibres ont montré que ce matériau présentait des propriétés mécaniques comparables à celle d'un béton renforcé par des fibres de verres.

- l'amélioration de la cohésion à l'état frais ;
- la limitation du faïençage et des fissurations dues au retrait plastique ;
- l'augmentation de la résistance aux chocs ;
- une meilleure imperméabilité à l'état durci ;
- une réduction des risques de ségrégation et de ressuage.



Figure (I.6) : Les fibres polypropylène

### I.7.2.1 Types des fibres utilisées dans le domaine de la construction

Plusieurs types des fibres sont utilisés dans la construction, parmi eux nous citons :

- a) Les fibres métalliques (acier, fonte) ;
- b) Les fibres organiques (polypropylènes, polyesters, polyamides et polystyrènes) ;
- c) Les fibres minérales (amiante, verre, carbone) ;
- d) Les fibres végétales (Jute, sisal, coir, bois, bambou, palmier) ;
- e) Les fibres animales (poil, laine, soie). [11]

### I.8 Adjuvants

L'emploi d'adjuvants doit répondre à la norme **NF EN 934-2 [2009]**. Les adjuvants sont par définition, des substances ajoutées au mortier en très petites quantités, soit sous forme de poudre, soit en solution aqueuse, afin d'améliorer le comportement du mortier frais ou du mortier durci. Certains adjuvants ont une action similaire à celle exercée dans le béton, mais quelques types d'adjuvants sont spécialement destinés aux mortiers (cf. normes EN 934-2 et 3) [12]

Tableau (II.17) : Types des adjuvants avec leur abréviation et les effets principaux selon

## SN EN 93

<i>Adjuvant</i>	<i>Effet recherché</i>	<i>Effet secondaire possible</i>
<i>Plastifiant /retardateur d'eau</i>	<i>A consistance égale augmentation de la résistance et réduction d'eau modérées</i>	<i>Entraîneur d'air retardateur</i>
<i>Superplastifiant /haut réducteur d'eau</i>	<i>A consistance égale : augmentation forte de résistance et réduction d'eau importante</i>	<i>Entraîneur d'air, retardateur</i>
	<i>A rapport (<math>E_{eff}/C</math>) égal : augmentation forte de l'affaissement et de l'étalement</i>	<i>Entraîneur d'air diminution faible de résistance</i>
<i>Réducteur de prise</i>	<i>A consistance égale : augmente le temps de prise</i>	<i>Augmentation de résistance à 28j</i>
<i>Accélérateur de prise</i>	<i>A consistance égale : diminue le temps de prise</i>	<i>Diminution faible de résistance à 28j</i>
<i>Accélérateur de durcissement</i>	<i>A consistance égale : augmente la résistance du béton jeune</i>	<i>Entraîneur d'air diminution faible de résistance à 28j</i>
<i>Hydrofuge de masse</i>	<i>Absorption capillaire diminuée</i>	<i>Diminution faible de résistance à 28j</i>
<i>Entraîneur d'air</i>	<i>A consistance égale : teneur en air de 4 à 6% en volume, facteur d'espacement <math>\leq 200\mu m</math></i>	<i>Diminution sensible de la résistance</i>
<i>Rétenteur d'eau</i>	<i>A consistance égale : diminution du ressuage</i>	<i>Diminution de la résistance</i>
<i>Multifonction</i>	<i>Association de plusieurs fonctions</i>	

### I.8.1 Le retardateur de prise

Est un adjuvant pour matériaux cimentaires tels que les coulis, les mortiers de ciment et les bétons de ciment. Il est utilisé pour ralentir la réaction d'hydratation du ciment et donc sa prise. Ceci permet d'augmenter son temps de travail. L'hydratation du ciment est la réaction chimique qui a lieu entre le ciment et l'eau. Les retardateurs de prise sont ajoutés aux matériaux cimentaires à des ratios entre 0,2 et 0,5% de la masse de ciment utilisé [13]

## **I.9 CONCLUSION**

Cette synthèse bibliographique à montre que nombreux produits peuvent être utilisés dans La formulation du mortier et aussi le béton pour :

- Améliorer certaines propriétés mécaniques et physiques.
- Et aussi l'effet, l'action des additions minérales sur la matrice cimentaire
- Les différents types des adjuvants utilisés pour les formulations des bétons/mortiers.

Dans cette revue bibliographique, notre objectif était de définir les différents constituants du mortier,

les mécanismes d'action, et sa caractérisation.

- Les différents types des mortiers et ces classes.
- Les différents types de retrait et ses causes.
- Type et choix d'un mortier en fonction de la Performance.

Notre recherche bibliographique s'appuie sur la normalisation française et européenne a permis de dégager les principaux arguments sur lesquels nous appuyons notre approche méthodologique.

# CHAPITRE II

## **II.1 INTRODUCTION**

La caractérisation des matériaux de construction nécessite la connaissance de la nature de ses composants. Par ailleurs, la détermination des dosages optimaux, ainsi que l'illustration des certaines interprétations ne pourraient être possible que si les différents constituant sont bien caractérisés. Des essais physiques, chimiques, et mécaniques ont été effectués au sein des laboratoires suivants :

- Laboratoire L.T.P. S d'Ouargla.
- Laboratoires de département de Génie Civil et d'hydraulique d'Universitaire Kasdi Merbah Ouargla.

## **II.2 Caractéristiques des Matériaux utilisés**

### **II.3 Sable**

On utilisé deux sables:

- **Le Sable de construction:** l'échantillon utilisé est prélevé de gisement **Hassi Sayeh**, c'est un sable alluvionnaire de classe granulaire (0/5).
- **Le Sable de dune:** l'échantillon utilisé est prélevé de dune SIDI KHOULED Ouargla de classe granulaire (0/3).

#### **II.3.1 Caractéristiques de Sable**

##### **II.3.1.1 Analyse granulométrique " NFP18-554"**

Il est défini par la norme NFP 18-554; l'analyse granulométrique par tamisage c'est un ensemble des opérations aboutissant à la séparation selon leur grosseur des éléments constituant l'échantillon, en employant des tamis à maille carrée afin d'obtenir une représentation de la répartition des particules à l'état sec en fonction de leur dimension.

#### **a-But de l'essai**

L'analyse granulométrique s'intéresse à trois buts :

- Déterminer les dimensions des grains.
- Déterminer les proportions de grains de même dimension
- En déduire le Module de finesse (Mf) de sable.

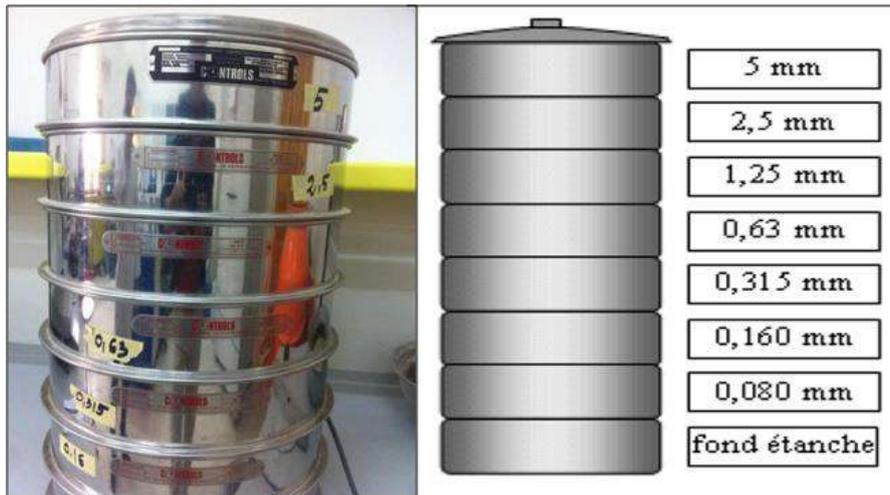


Figure (II.1) : Colonnes de tamis.

Tableau (II.1) : Résultats d'analyse granulométrique du sable de dune

Masse d'échantillon	Tamis (mm)	Refus Partiel (g)	Refus Cumulés (g)	Pourcentage Passant (%)
<b>2000 g</b>	5	0	0	100
	2.5	0	0	100
	1.25	0	0	100
	0.63	15	15	99.25
	0.315	460	475	76.25
	0.16	1180	1655	17.25
	0.08	280	1935	3.25
	Fond	65	2000	0

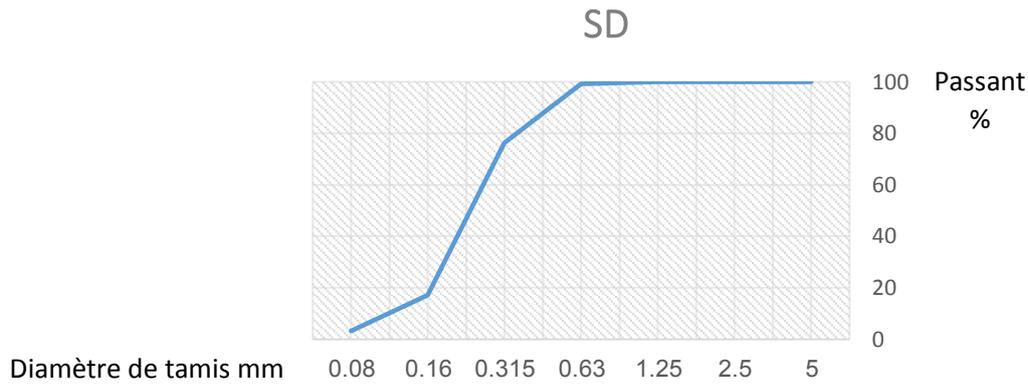


Figure (II.2) : Courbe d'analyse granulométrique du Sable de dune.

Tableau (II.2) : Résultats d'analyse granulométrique du sable de construction

Masse d'échantillon	Tamis (mm)	Refus Partiel (g)	Refus Cumulés (g)	Pourcentage Passant (%)
<b>2000 g</b>	5	25	25	98.75
	2.5	60	85	95.75
	1.25	160	245	87.75
	0.63	500	745	62.75
	0.315	945	1690	15.5
	0.16	275	1965	1.75
	0.08	25	1990	0.5
	FOND	10	2000	0

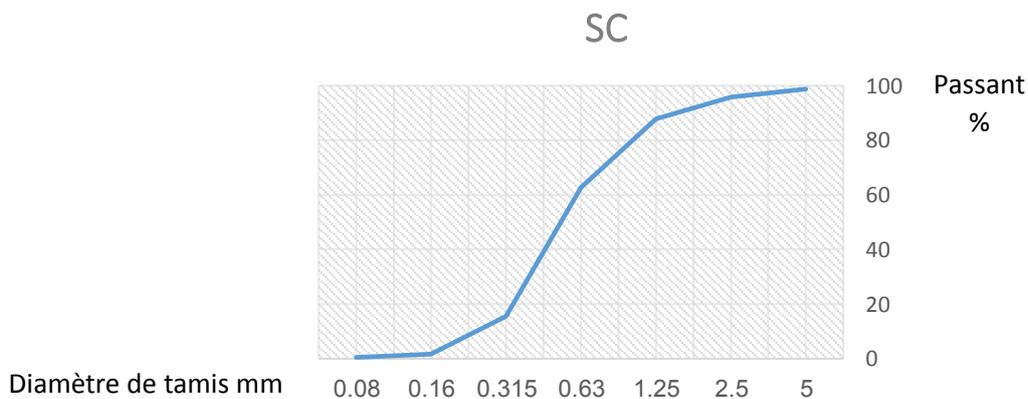


Figure (II.3) : Courbe d'analyse granulométrique du Sable de construction

Tableau (II.3) : Résultats d'analyse granulométrique du mélange  
(40% SD + 60% SC).

Masse d'échantillon	Tamis (mm)	Refus Partiel (g)	Refus Cumulés (g)	Pourcentage Passant (%)
<b>1000 g</b>	5	5	5	100
	2.5	25	30	100
	1.25	65	95	100
	0.63	160	255	87.25
	0.315	325	580	71
	0.16	307	887	55.65
	0.08	55	942	52.9
	FOND	56	998	50.1

60% SC + 40% SD

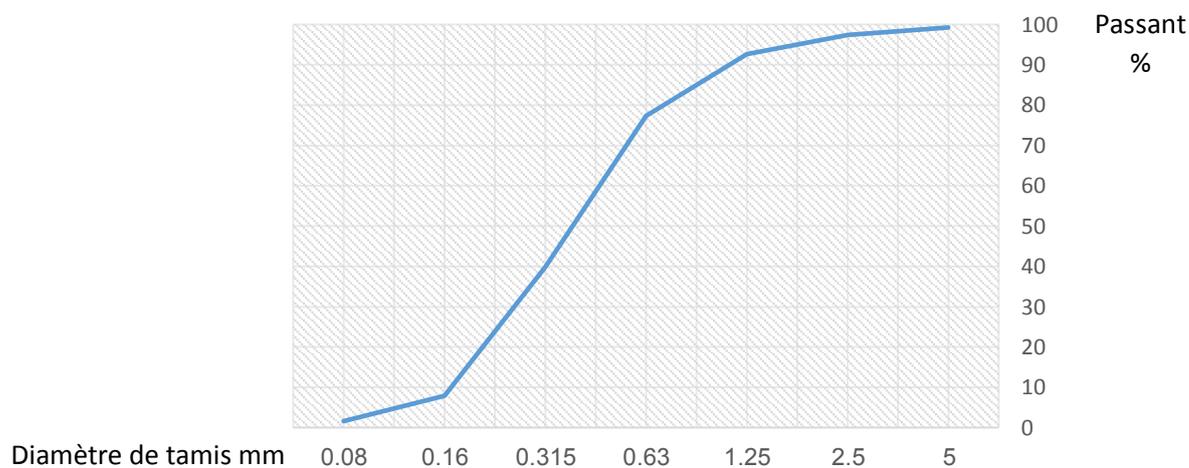


Figure (II.4) : Courbe d'analyse granulométrique du mélange  
40% SD et 60% SC.

### II.3.1.2 Modules de finesse " NF P18 -304"

C'est un module qui nous permet de caractériser la finesse des différents types de sable par la somme des pourcentages des refus cumulés pour les tamis de série suivant (0.16 ,0.315, 0.63 ,1.25, 2.5, 5 mm).

Les sables doivent présenter une granulométrie telle que les éléments fins ne soient ni en excès, ni en trop faible proportion. S'il y a trop de grains fins, il sera nécessaire d'augmenter le dosage en eau du béton tandis que si le sable est trop gros, la plasticité du mélange sera insuffisante et rendra la mise en place difficile. Le caractère plus ou moins fin d'un sable peut être quantifié par le calcul du module de finesse ( $M_f$ ).

$$M_f = \frac{\sum RC}{100}$$

RC : refus cumulé en (%) sous les tamis de module 5 à 0,16.

Lorsque  $M_f$  est comprise entre :

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

Pour les sables utilisés dans notre étude on a trouvé la valeur suivante :

Tableau (II.4) : Résultats d'essai de module de finesse.

	sable de construction	sable dunes	SC 60%+SC40%
module de finesse ( $M_f$ )	2,37	1.1	1.83

### II.3.1.3 Equivalent de sable " NF P 18 -598"

Il est défini par la norme NFP 18-598; cet essai permettant de mesurer la propreté d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fin, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins 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 les sables éléments sableux plus grossiers, une procédure normalisée permet de déterminer 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. On lave l'échantillon, selon un processus normalisé, et on laisse reposer le tout. Au bout de 20 minutes, on a mesuré les éléments suivants :

- Hauteur **h1**: sable propre + éléments fins,
- Hauteur **h2**: sable propre seulement.

On en déduit l'équivalent de sable qui, par convention, est :

$$ES = \frac{h2}{h1} \times 100$$

Selon que la hauteur **h2** est mesurée visuellement ou à l'aide d'un piston, on détermine **Es<sub>v</sub>** (équivalent de sable visuel) ou **Es<sub>p</sub>** (équivalent de sable au piston).

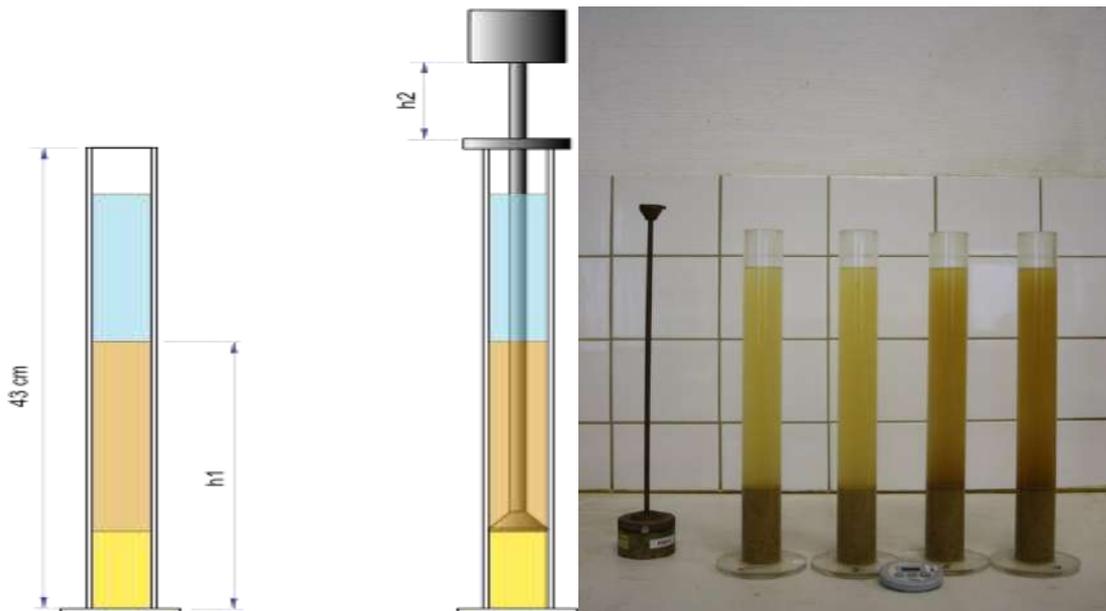


Figure (II.6) : Essai d'équivalent de sable.

Tableau (II.5): les valeurs d'équivalent de sable indiquent la nature et qualité du sable.

E.S à visuel	E.S au piston	Nature et qualité du sable
ES < 65%	ES < 60%	<b>Sable argileux</b> : risque de retrait ou de gonflement. Sable à rejeter pour des bétons de qualité ou vérification plus précise de la nature des fines par un essai au bleu de Méthylène
65% ≤ ES < 75%	60% ≤ ES < 70%	<b>Sable légèrement argileux de propreté admissible</b> : pour les bétons de qualité courante quand le retrait n'a pas de conséquence notable sur la qualité du béton
75% ≤ ES < 85%	70% ≤ ES < 80%	à faible proportion de fines argile uses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.
ES ≥ 85%	70% ≤ ES < 80%	<b>Sable très propre</b> : L'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra compenser par une augmentation du dosage en eau.

Tableau (II.6) : les valeurs l'équivalent des sables obtenue

		ES	Limite de valeur	Observation
<b>Sable de Dune</b>	ESV%	97	E.S.V ≥ 85%	Sable très propre
	ESP%	90	E.S.P ≥ 80%	
<b>Sable de Construction</b>	ESV%	88.18	E.S.V ≥ 85%	Sable Propre
	ESP%	83.63	E.S.P ≥ 80%	
<b>SC 60%</b>	ESV%	91.70	E.S.V ≥ 85%	Sable Propre
<b>SC40%</b>	ESP%	86.1	E.S.P ≥ 80%	

### II.3.1.4 Masses volumiques (NF P18-301)

#### a- Masse volumique absolue

Cet essai est régi par la norme NF P18-301, elle est définie comme étant la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister entre les grains.

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_2 - V_1}$$

$\rho_s$  : Masse volumique absolue kg/m<sup>3</sup>

$M_s$ : Masse des grains solides

$V_1$  : Volume de l'eau

$V_2$  : Volume total (grains + vide).

#### b- Masse volumique apparente

Cet essai est régi par la norme NF P18-301, elle est définie comme étant la masse de l'unité de volume apparente du corps, c'est-à-dire celle du volume constitué par la matière du corps et les vides qu'elle contient

$$\rho_a = \frac{M}{V}$$

$\rho_a$  : Masse volumique apparente g/cm<sup>3</sup>

$M$  : Masse totale de l'échantillon

$V$  : Volume total de l'échantillon.

Les résultats des essais de la masse volumique apparente  $\rho_a$  et la masse volumique absolue  $\rho_s$  des sables sont enregistré dans le tableau :

Tableau (II.7) Résultats de calcul de la masse volumique.

	Masse volumique Absolue ( $\rho_s$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	Masse volumique Apparent ( $\rho_a$ ) (g/cm <sup>3</sup> )
Sable de dune	2.44	1.50
Sable de construction	2.92	1.58
SD 40% SC 60%	2.7	1.53

### II.3.1.5 Les analyses chimiques de sable

#### But de l'essai

- Identifier les éléments constitutifs de sable (chlorures, carbonates, sulfate)
- Déterminer le pourcentage des composants chimiques de sable

Les analyses chimiques de sable sont réalisées au laboratoire LTP Sud de Ouargla.

Tableau (II.8): Résultats d'Analyse chimique de sable dunes

sable	% INSOLUBLES NF P 15 -461	% SULFATES BS 1377	CARBONATES % NF P 15461 -068	% CHLORURES Méthode de Mohr
De dune	92.44	0.91	1.1	0.23
Constriction	83.12	2.47	2.6	3

## II.4 Le Ciment

Nous avons choisi, le ciment, **Ciment CPJ – CEM II/B 42,5 NA 442**

**ELMATINE** est un ciment gris de hautes résistances initiales et finales, résultat de la mouture du clinker obtenu par cuisson jusqu'à la fusion partielle (clinkérisation) d'un mélange convenablement dosé et homogénéisé de calcaire et d'argile. Ce ciment est constitué d'oxydes minéraux dont les principaux sont la chaux (CaO) à fonction basique et la silice (SiO<sub>2</sub>) à caractère acide. On trouve également l'alumine (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) et le fer (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Ils sont rendus aptes à réagir entre eux et avec l'eau par traitement thermique à des températures comprises entre 1300 et 1500°C. En présence d'eau a lieu la réaction d'hydratation consistant en la formation d'un réseau résistant (propriété hydraulique) constitué principalement de micro-cristaux de silicates de calcium hydratés.

**EL-MATINE** présente des performances mécaniques et des caractéristiques physico-chimiques conformes à la norme NA 442, EN 197-1 et à la norme NF P 15-301194.



Figure (II.7): Sac de ciment utilisé

## II.4.1 Caractéristiques du Ciment

### II.4.1.1 Essai de consistance de ciment (EN 196-3)

On procède par tâtonnements :

- Préparer 0.5 kg de ciment, une pâte pure de rapport E/C=0,5. Verser l'eau dans la cuve du malaxeur contenant le ciment ;
- Mettre le malaxeur en marche et déclencher le chronomètre;
- La pâte est alors rapidement introduite dans le moule tronconique posé sur une plaque de verre, sans tassement ni vibration excessive.
- Il faut enlever l'excès de pâte par un mouvement de va-et-vient effectué avec une truelle maintenue perpendiculairement à la surface supérieure du moule. Puis l'ensemble est placé sur la platine de l'appareil de Vicat.
- La sonde est amenée à la surface de l'échantillon et relâchée sans élan (sans vitesse). La sonde alors s'enfonce dans la pâte. Lorsqu'elle est immobilisée (ou après 30 s d'attente), relever la distance « d » séparant l'extrémité de l'aiguille de la plaque de base.
- La pâte sera à consistance normale si «  $d = 6\text{mm} \pm 1\text{mm}$  »: si «  $d > 7\text{mm}$  »: il n'y a pas assez d'eau, si «  $d < 5\text{mm}$  »: il y a trop d'eau.
- Dans les 2 cas, jeter la pâte, nettoyer et sécher le matériel et recommencer avec une nouvelle quantité d'eau.

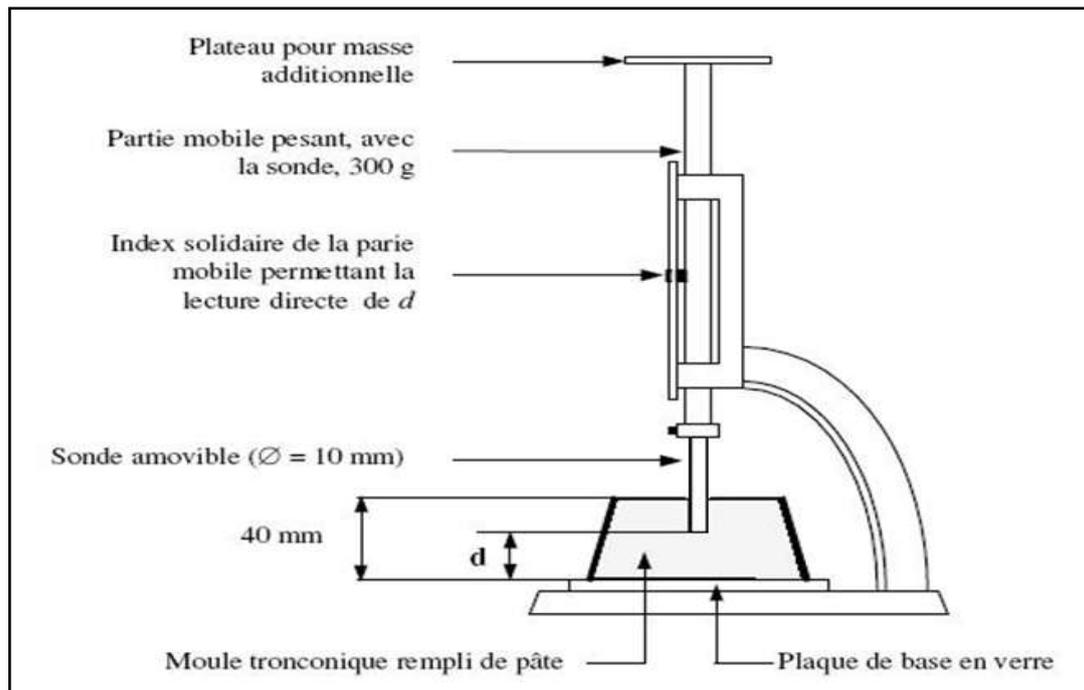


Figure (II.8): appareil de Vicat

### II.4.1.2 Essai de prise (EN 196-3)

#### a. Définition et But de l'essai

La présence de régulateur de prise dans la masse des liants hydrauliques offre à ces derniers, après gâchage, une prise qui commence après quelques heures. Il est donc nécessaire de connaître le temps de début de prise des liants hydrauliques en vue de déterminer le temps disponible pour la mise en œuvre in situ des mortiers et des bétons dont ils sont confectionnés. Les essais se font à l'aide de l'aiguille de Vicat qui donne deux repères pratiques : le début de prise et la fin de prise.

#### b. Matériel utilisé

C'est le même appareil qui est utilisé (dans les mêmes conditions) à l'exception de la sonde qui cisaille l'échantillon, le diamètre est beaucoup plus petit ( $\Phi = 1.13 \text{ mm}$ ). Mode opératoire. Une fois la pâte à consistance normale obtenue, on procède au changement de la sonde de Vicat par l'aiguille de Vicat et on l'amène à la surface de l'échantillon et relâchée sans élan (sans vitesse). L'aiguille alors s'enfonce dans la pâte lorsqu'elle est immobilisée (ou après 30 s d'attente), relever la distance  $d$  séparant l'extrémité de l'aiguille de la plaque de base.

- Recommencer l'opération à des intervalles de temps convenablement espacés (~ 10-15min) jusqu'à ce que  $d = 4\text{mm} \pm 1\text{mm}$ .
- Cet instant mesuré à 5 mn près est le temps de début de prise pour le ciment testé.

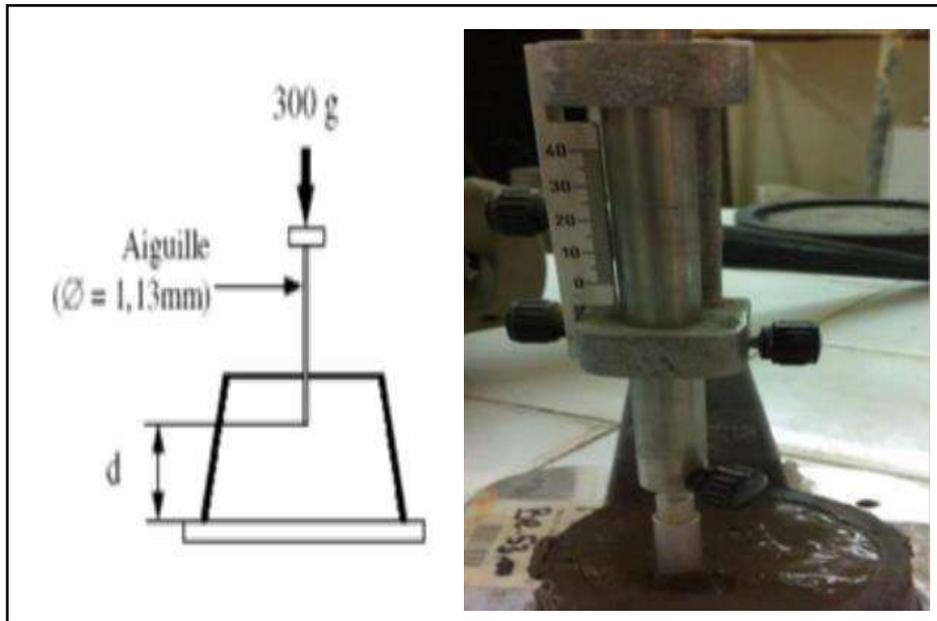


Figure (II.9) : essai de prise

Tableau (II.9): Caractéristiques physiques de ciment

Propriété	Ciment – CPJ
Masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )	3.05
E/C	0.5
Début de prise (h)	2.45
Fin de prise (h)	4.00
Fin de prise avec Retardateur (h)	7.30
Résistance maximale à la compression à 28j (MPa)	42.5

### II.4.1.3 Analyse chimique de ciment

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

Tableau (II.10): Analyse chimique et Minéralogique de EL-MATINE

analyse chimique de ciment (%)				Analyse minéralogique de ciment(%)	
PAF	SO3	MgO	NA5042	C3S	C3A
10.0	2.5	1.7	0.03	60	7.5

### II.4.1.4 Propriétés physiques de Ciment

Tableau (II.11): Analyse chimique et Minéralogique de EL-MATINE

Propriétés physiques	Norme
Consistance normal %	26.5
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm <sup>2</sup> /g) (NA231)	3700- 5200
Retrait à 28 jours μm	<1000
Expansions (mm)	<3.0

## II.5 L'eau de gâchage

L'eau utilisée pour le gâchage et la confection des éprouvettes du béton d'étude est celle de robinet (eau OUARGLA).

Tableau (II.12) : Analyse chimique de l'eau

Salinity	o <sub>2</sub> dissent	PH	température
1.24 psu	0.5 %	7.71	17.87 c°

Le PH qui égale à 7,71. Donc selon la norme NF P 18-305, les résultats des analyses de l'eau de gâchage obtenus sont conformes à celle exige par la norme en vigueur, donc l'eau de gâchage ne présente aucune agressivité

**II.6 Le fumées de silice**

Les fumées de silice appelée MEDAPLAST HP C’est un sous-produit de la fabrication du silicium (Si) et du Ferro silicium (Si Fe). Du point de vue chimique la fumée de silice est composée essentiellement de silice (SiO<sub>2</sub>). Elle se présente sous forme de sphères ayant un diamètre variant entre 0,1 et 2μ. Ce qui veut dire 100 fois moins grande qu’une particule de ciment. Vu sa finesse, la fumée de silice dans le béton remplit les vides qui se trouvent entre les particules de ciment, ce qui donne un béton dense : c’est l’adhérence parfait pate granulats. En présence d’un superplastifiant, l’addition de la fumée de silice réduit considérablement le ressuage.

La fumée de silice est utilisée dans la confection des BHP et les bétons coulés sous l’eau. Son dosage dans le béton (ex : BHP) peut atteindre jusqu’à 10% du poids du ciment.

Tableau (II.13) : Analyse chimique de fumée de silice.

<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>SO<sub>3</sub></b>	<b>Cl-</b>
> 85(%)	< 2,5 (%)	< 0,2 (%)

Tableau (II.14): caractéristiques générales de MEDAPLAST HP(Annexe. A)

Aspect	Densité (g.cm <sup>-3</sup> )	Densité absolu (g.cm <sup>-3</sup> )	Surface spécifique	Humidité (m <sup>2</sup> /gr)	Taille des particules
poudre	0.5	2.3 ± 0.1	> 15 (%) <	< 1	0,1μ



Figure (II.10) : Fumée de silice

## II.7 L'adjuvant

On utilise un retardateur de prise appelé. Le **MEDARETARD GR** est un retardateur de prise très puissant pour bétons et mortiers. En plus de sa fonction principale il est aussi un réducteur d'eau. Il est compatible avec tous les types de ciments.

Tableau (II.15) : Caractéristiques générales de MEDARETARD GR (Annexe. B)

aspect	couleur	Densité (g.cm <sup>-3</sup> )	ph	Teneur de choleur
Liquide	jaunâtre	1.17±0.01	8.0±8.5	<0.7g/l

## II.8 Les fibres

Les fibres utilisées sont appelées SDC sont des fibres en polypropylène qui, ajoutées au béton et au mortier, réduisent les fissurations et le faïençage. Les chapes réalisées avec l'addition du SDC présentent de meilleures résistances à l'abrasion et aux choc.

### II.8.1 Propriétés de fibre

Les fibres dans le béton ou mortier créent un réseau fibré de haute densité, qui :

- Améliorent la cohésion à l'état frais
- Réduisent les fissurations de retrait et le <cracking>
- Résistent aux milieux alcalins
- Augmentent les résistances a l'abrasion et aux chocs, pouvant atteindre des valeurs 100 fois supérieures à celle du témoin.

Caractéristiques	L	Densité	Point de fusion	E	Allongement	Section des fibres
	6mm	0.91	160C°	3-3.5 N/mm2	20-25%	30µm2

Tableau (II.16) : Caractéristiques générales de fibre SDC (Annexe. C)

## **II.9 Formulation**

Après avoir choisir les différents composants nécessaires à notre travail, et obtenir les informations de la recherche bibliographie, et après avoir déterminer les différentes caractéristiques on cherche à trouver la proportion des différents constituants répondant aux critères techniques, à partir des matériaux locaux disponible dans le marché.

Ensuite on procède à chercher le dosage convenable à chaque composition pour laquelle on obtient une maniabilité acceptable et une bonne propriété mécanique.

Et en fin nous allons présenter le protocole de la confection des éprouvettes utilisées dans notre étude.

### **II.9.1 FORMULATION DE MORTIER NORMAL (NF –P 15-403)**

Le mortier doit être composé en masse, d'une partie de ciment, de trois parties de sable et d'une demi partie d'eau, Le mortier normal est un mortier qui sert à définir certaines caractéristiques d'un ciment et notamment sa résistance. Ce mortier est réalisé conformément à la norme décrit le sable utilisé pour les essais ainsi que le malaxeur Après avoir tenir compte les informations données par les fiches techniques de nôtres matériaux concernant les intervalles de pourcentage de ces matériaux nous avons proposé pour notre travail les 16 compositions suivantes

### **II.9.2 Les Formulations proposée**

Pour la composition du mortier de sable témoin, nous vous utilisé un dosage en ciment et sable correspondant à celui qui est un mortier normalisé; c'est à dire une part de ciment et trois part de sable. Concernant le dosage en eau nous vous utilisé de maniabilité, pour la détermination de la quantité d'eau qui correspond à un mortier "plastique".

Les différents formulations proposée dans le tableau suivante.

Tableau (II.17) : les différentes compositions proposées

composition	Sable C %	Sable D %	Ciment%	Eau%	Fumée S %	Fibre Polypro %	Retar prise %
C1	100	0	100	100	0	0	0
C3	60	40	100	100	0	0	0
C4	60	40	90	100	10	0	0
C6	60	40	100	100	0	1	0
C5	60	40	100	95	0	0	5
C7	60	40	90	100	10	1	0
C8	60	40	90	95	10	0	5
C9	60	40	100	95	0	1	5
C10	60	40	90	95	10	1	5
C11	60	40	85	95	15	1	5
C12	60	40	95	95	5	1	5
C13	60	40	100	95	0	1	5
C2	0	100	100	100	0	0	0
C14	0	100	95	95	5	1	5
C15	0	100	90	95	10	1	5
C16	0	100	85	95	15	1	5

## II.10 Préparation des matériaux

On pèse les quantités nécessaires des différents matériaux : sable de dune, fumée de silice, ciment, fibres, adjuvant ; eau. Par une balance électronique sensible.

### II.10.1 PREPARATION DES EPROUVETTES

Les essais sont effectués sur des éprouvettes prismatiques en mortier de dimensions (4×4×16) cm<sup>3</sup>, à raison de trois éprouvettes par essai et compactés mécaniquement à l'aide d'une table à choc. Les moules ont été couverts de film plastique et stockés dans l'environnement du laboratoire. Après 24 heures, les échantillons ont été démoulés et conservés jusqu'à la période de l'essai dans l'eau à une température de 20 ± 1°C.



Figure (III.11): huilage des moules

Les résistances mécaniques des mortiers ont été déterminées à l'âge de 7, 14, 21 et 28 jours selon la norme EN 196-1. Les liants ont été préparés à partir de différents pourcentages d'ajouts. Toutes les substitutions sont faites relativement à la masse de ciment.

### **II.10.2 Le malaxage**

Après peser les quantités nécessaire le ciment et l'ajout et aussi les retardateurs de prise et le sable on met ensuite la quantité d'eau nécessaire, et on lance l'opération. Après 240s la quantité bien malaxer par un malaxeur électrique est prêt pour le coulage sur le moule.



Figure (III.11): malaxage électrique

### **II.10.3 Coulage des éprouvettes**

Cette opération est exécutée en deux couches successives suivant la norme compactées et vibrées à l'aide d'une table de vibration pendant (60 seconde) pour chaque couche.



Figure (III.12): table de vibration

### II.10.4 Finissions des éprouvettes

Après avoir coulé et vibrer les éprouvettes, une opération de finissions est exécutée sur le parement supérieur des éprouvettes pour obtenir des surfaces lisses.

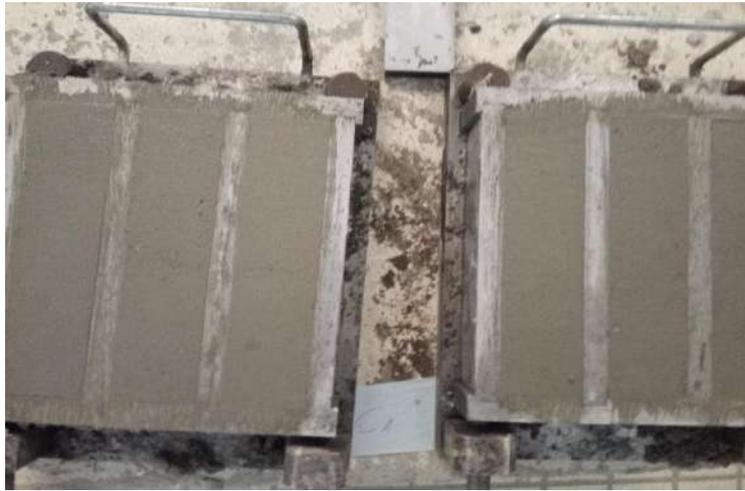


Figure (III.13): finissions des éprouvettes

### II.5 Démoulage des éprouvettes

Après le coulage nous laissons les moules pendant 24 heures afin de rendre les éprouvettes prêtes à démouler de leur moule



Figure (III.14): démoulage des éprouvettes.

### II.10.6 Conservation des éprouvettes

Après le démoulage les éprouvettes seront mise en conservation, pour notre étude on a Conservé les éprouvettes à l'extérieur dans l'air libre pendant 7, 14, 28 jours.



Figure (III.15): conservation des éprouvettes dans l'air libre.

### II.11 RESISTANCE A LA TRACTION PAR FLEXION (NF P 15-471)

C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à briser en flexion une éprouvette prismatique de côté (a) et de longueur (4a). Avec une charge applicable sur cette éprouvette est P.

L'essai est exécuté sur des éprouvettes (4x4x16). La machine d'essai contrôle à une capacité de 5000KNet une vitesse de chargement de 0.1MPa par seconde.

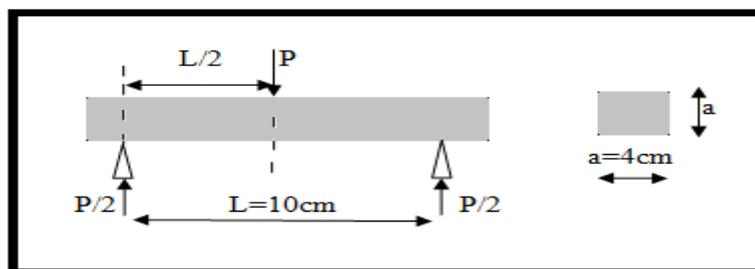
$$Rf = \frac{1,5PL}{a^3}$$

: est la résistance en flexion, en newtons par millimètre carré ou en MPa.

a : est le côté de la section carrée du prisme, en millimètres.

P: est la charge appliquée au milieu du prisme à la rupture, en newtons.

L : est la distance entre les appuis, en millimètres.



Figure(III.16) : Dispositif pour l'essai de traction par flexion.

## II.12 RESISTANCE A LA COMPRESSION (NF P 18-406)

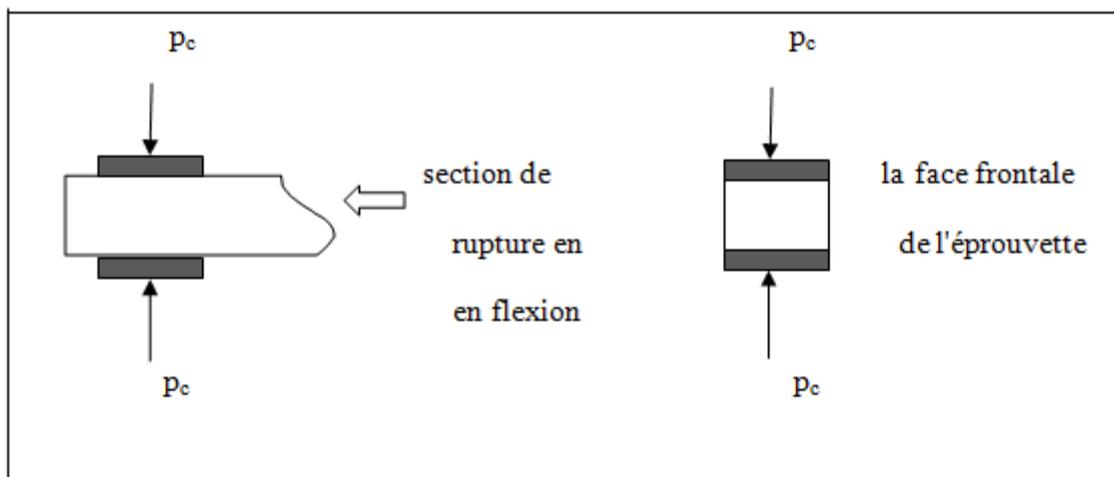
L'essai de la compression s'effectue après avoir l'essai de traction par flexion, cette dernière rend l'éprouvette en deux parties égales. Cet essai est réalisé sur un appareil de compression universel de type Oehlgass (NF P 18-406), fonctionnant avec un système de pression hydraulique. L'unité de mise en charge est composée d'un bâti rigide supportant deux plateaux. La mise en charge est réalisée par pression hydraulique qui fait déplacer la partie supérieure vers le bas jusqu'à la rupture. Les éprouvettes de compression sont des parallélépipèdes de dimensions (4\*4\*16) cm<sup>3</sup>, qui sont préparées à partir des éprouvettes de flexion. L'éprouvette est centrée entre deux plateaux métalliques de façon que l'axe vertical de l'éprouvette coïncide avec l'axe des blocs de chargement. La charge est appliquée à l'éprouvette de manière continue avec une vitesse environ de 5 KN/mn.

$$\sigma_c = P_c / S$$

$\sigma_c$  : contrainte de compression ;

$P_c$  : la charge de rupture à la compression ;

$A$  : section transversale de l'éprouvette ( $A = a \times a$ ).



Figure(II17) : Dispositif pour l'essai de compression.

## II.13 LA MASSE VOMLUMIQUE APPARENTE (EN 1015-10)

La détermination de la masse volumique d'une éprouvette se conduit comme suit :

- On pèse la masse d'une éprouvette  $M$ .
- Les dimensions de l'éprouvette pour notre cas c'est : 4\*4\*16 cm<sup>3</sup>.
- La masse volumique est obtenue par la formule suivant :

$$\delta = M/V$$

### **II.14 Mesure du retrait**

Afin de bien valoriser les ajouts minéraux utilisés en cimenterie, nous avons procédé à la quantification de leurs effets sur les déformations différées dues à la dessiccation. Les mesures des déformations différées concernent les éprouvettes séchant à l'air libre pour la mesure du retrait de dessiccation et les éprouvettes isolées pour la mesure du retrait endogène. Pour faciliter le travail expérimental, nous avons choisi d'effectuer l'étude de retrait sur des mortiers. Où nous avons utilisé des éprouvettes prismatiques de dimensions (4 x 4x 16 cm<sup>3</sup>), selon la norme (NFP 15 -433). Ces éprouvettes sont équipées de plots métalliques à chaque extrémité et placées verticalement dans le déformètre, qui permet le suivi de la variation de la longueur de l'échantillon. Les mesures se font après le démoulage et durant 28 jours.

### **II.15 Conclusion**

Pour la recherche expérimentale dans notre travail; on a déterminé les matériaux utilisés(sable de dune, sable de construction, ciment, adjuvant, l'addition, et l'eau de gâchage)par les essais suivante : Analyse granulométrique ; équivalent de sable ; les masse volumique ; vicat ; absorption d'eau ...,sont bien caractérisés .On a choisi la méthode très simple pour la formulation et confection des éprouvettes de Mortier ; Ces différentes formulations seront utilisées études des propriétés physiques et mécaniques (Retrait, la résistance à la compression et la résistance à la flexion par traction, Masse volumique) effectués sur les éprouvettes de mortier.

# CHAPITRE III

### III.1 INTRODUCTION

La partie expérimentale de notre travail consiste à une confection des éprouvettes à base de sable de dune, des fumées de silice, et des fibres polypropylène puis des différents essais ont été effectués sur les éprouvettes à savoir :

- Résistance à la traction par flexion et la résistance à la compression ; la masse volumique.
- Par la suite les analyses et les interprétations des résultats, nous ont permis de choisir la composition la plus convenable dans un climat chaud.

### III.2 RESISTANCE A LA COMPRESSION

$$\sigma_c = \frac{P_c}{A}$$

$\sigma_c$  : contrainte de compression (MPa);

$P_c$  : la charge de rupture à la compression (N) ;

$A$  : section transversale de l'éprouvette ( $A = a \times a$ )  $\text{mm}^2$ .

Les résultats de l'essai de compression sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau (III.1) : Résultats de résistance à la compression (MPa).

Compression (MPa)				
COMPOSITON	7J	14J	21J	28J
C1	16.25	18.75	20.63	31.88
C2	15.63	16.88	18.75	21.25
C3	19.38	21.88	23.75	27.50
C4	8.75	11.25	13.13	16.25
C5	3.75	5.00	5.00	5.00
C6	18.75	24.38	26.25	28.13
C7	11.88	17.50	19.38	21.25
C8	1.88	3.13	3.13	4.38
C9	2.50	3.75	4.38	4.38
C10	3.75	3.75	3.75	5.00
C11	1.88	1.88	3.13	4.38
C12	1.88	1.88	3.13	3.75
C13	1.88	3.13	4.38	4.38
C14	1.88	1.88	3.13	3.75
C15	1.88	3.13	5.00	5.00
C16	1.88	1.88	3.13	5.00

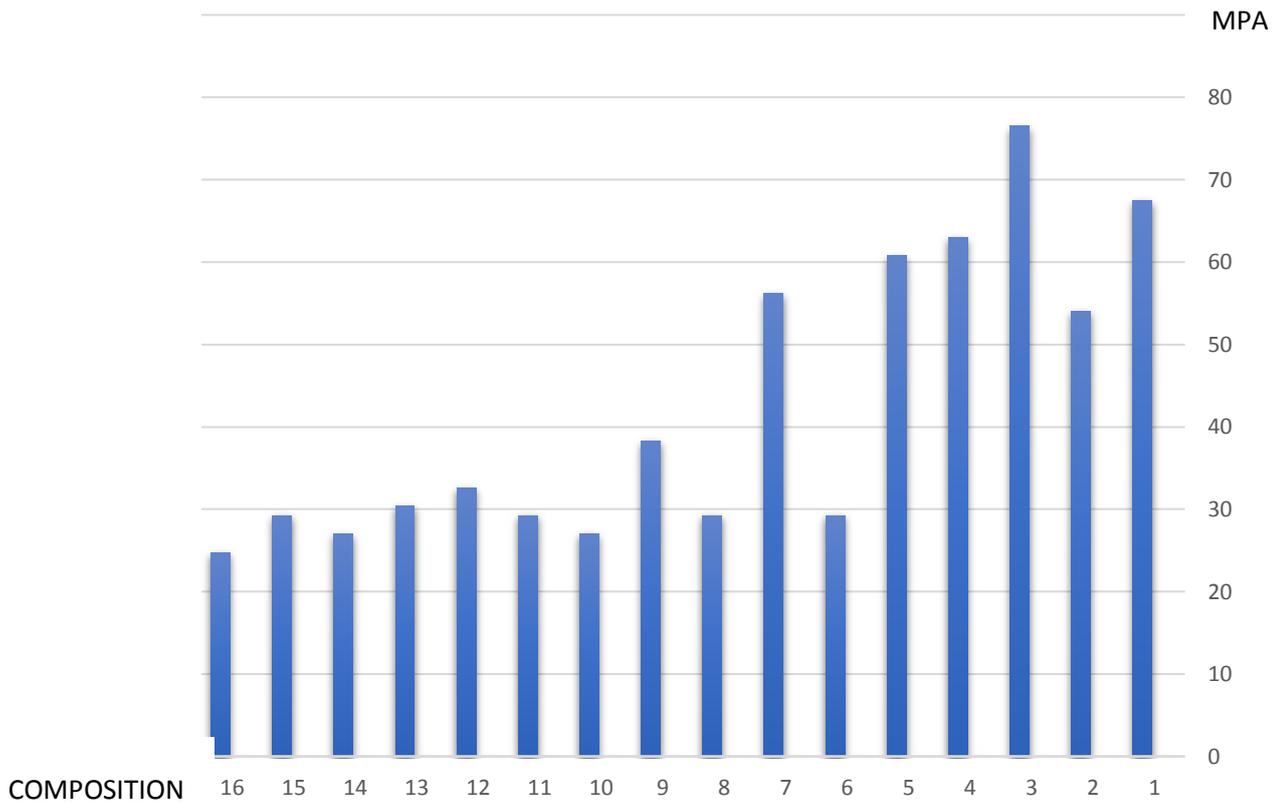


Figure (III.1) : l'évolution de la résistance à la compression.7J

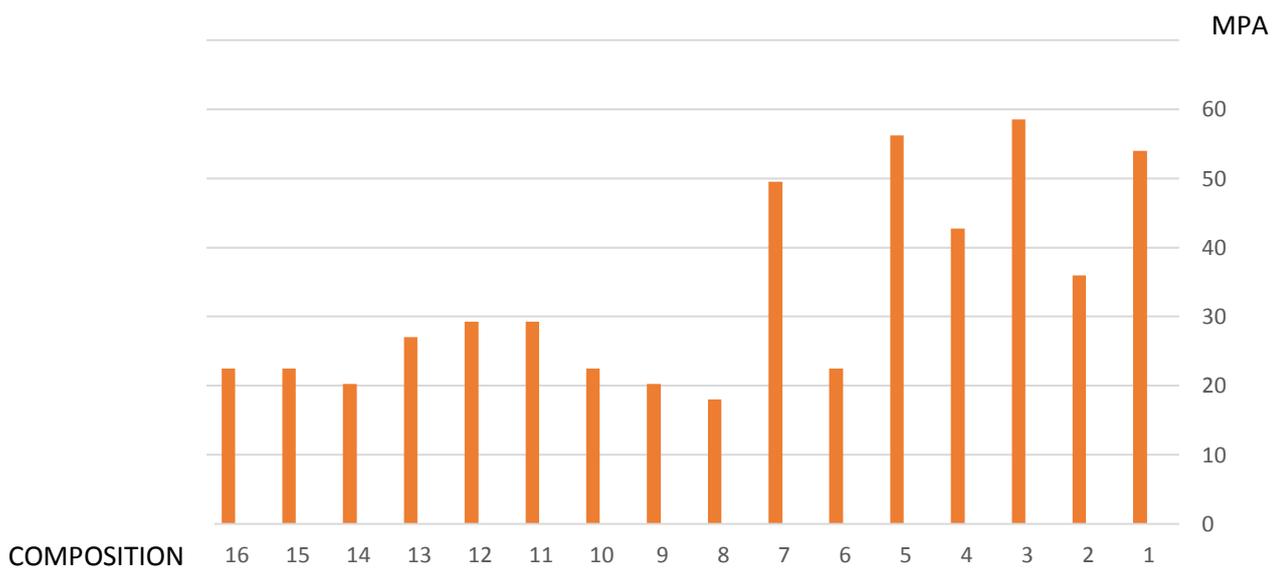


Figure (III.2) : l'évolution de la résistance à la compression.14J

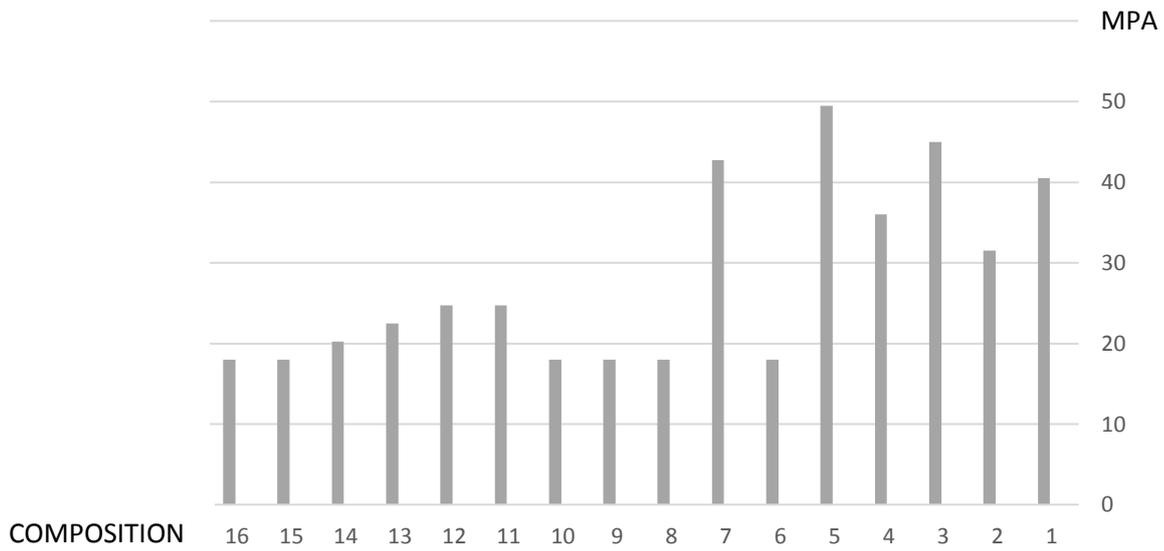


Figure (III.3) : L'évolution de la résistance à la compression.21J

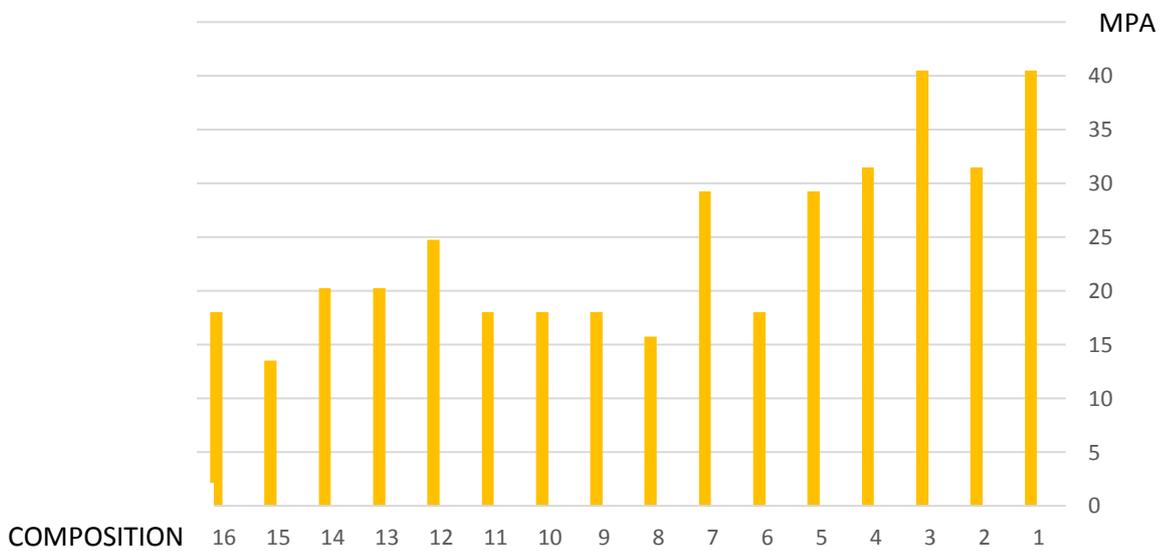


Figure (III.4) : l'évolution de la résistance à la compression.21J

### III.3 RESISTANCE A LA TRACTION PAR FLEXION (NF P 15-471)

$$Rf = \frac{1,5PL}{a^3}$$

Où :

est la résistance en flexion, en newtons par millimètre carré ou en MPa.

a : est le côté de la section carrée du prisme, en millimètres.

P: est la charge appliquée au milieu du prisme à la rupture, en newtons.

L : est la distance entre les appuis, en millimètres.

Tableau (III.2) : Résultats de résistance à la compression (MPa).

Traction par flexion (MPa)				
COMPOSITON	7J (MPa)	14J (MPa)	21J (MPa)	28J (MPa)
C1	4.22	4.22	5.63	7.03
C2	3.28	3.28	3.75	5.63
C3	4.22	4.69	6.09	7.97
C4	3.28	3.75	4.45	6.56
C5	1.88	1.88	2.34	3.05
C6	3.05	5.16	5.86	6.33
C7	3.05	4.45	5.16	5.86
C8	1.64	1.88	1.88	3.05
C9	1.88	1.88	2.11	3.98
C10	1.88	1.88	2.34	2.81
C11	1.88	2.58	3.05	3.05
C12	2.58	2.58	3.05	3.40
C13	2.11	2.34	2.81	3.16
C14	2.11	2.11	2.11	2.81
C15	1.41	1.88	2.34	3.05
C16	1.88	1.88	2.34	2.58

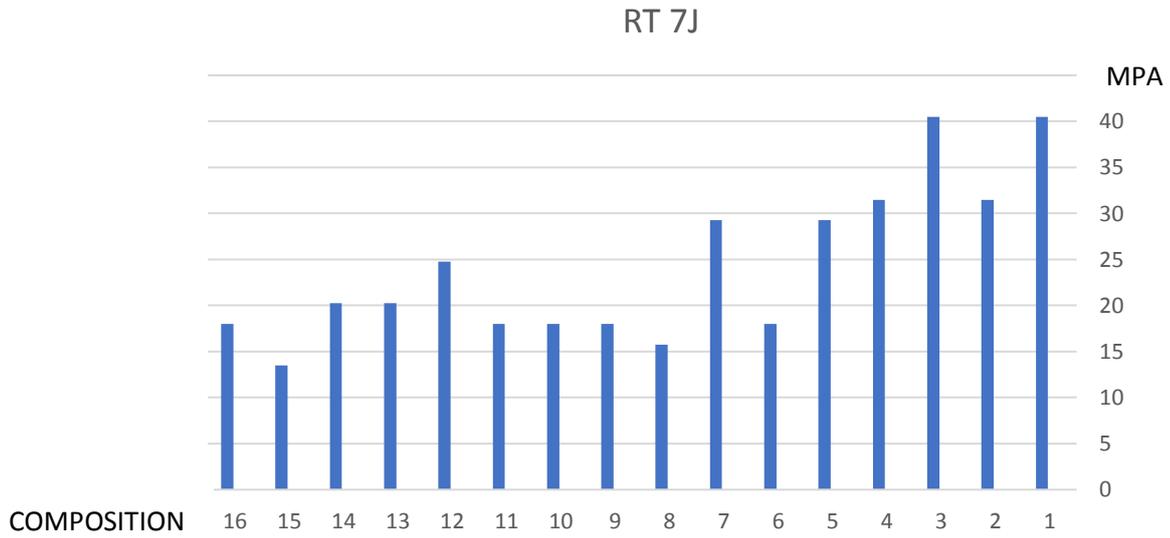


Figure (III.5) : l'évolution de la résistance à la traction par flexion 7J

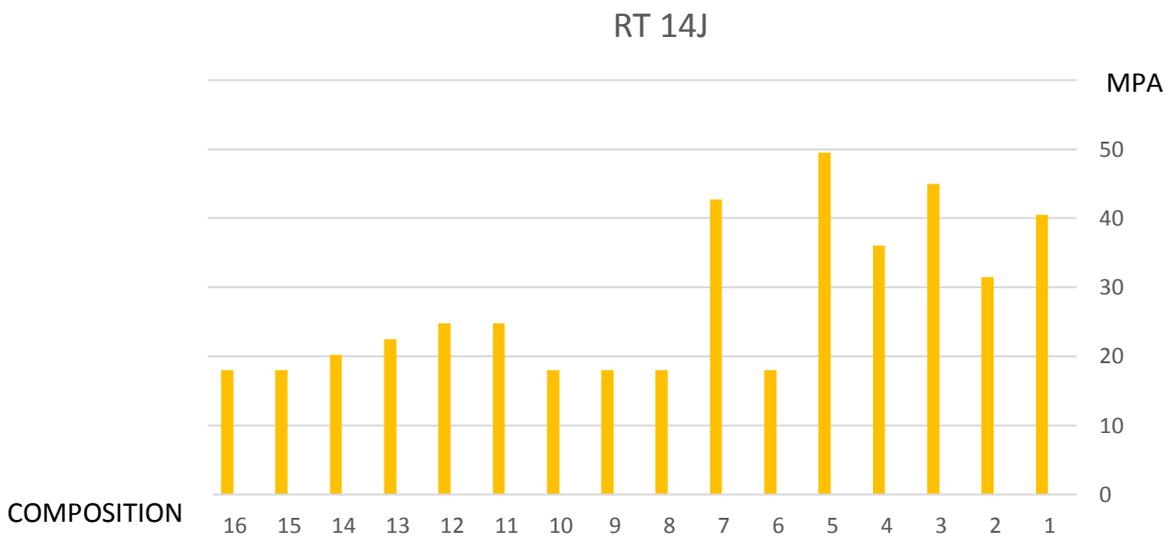


Figure (III.6) : l'évolution de la résistance à la traction par flexion 14J

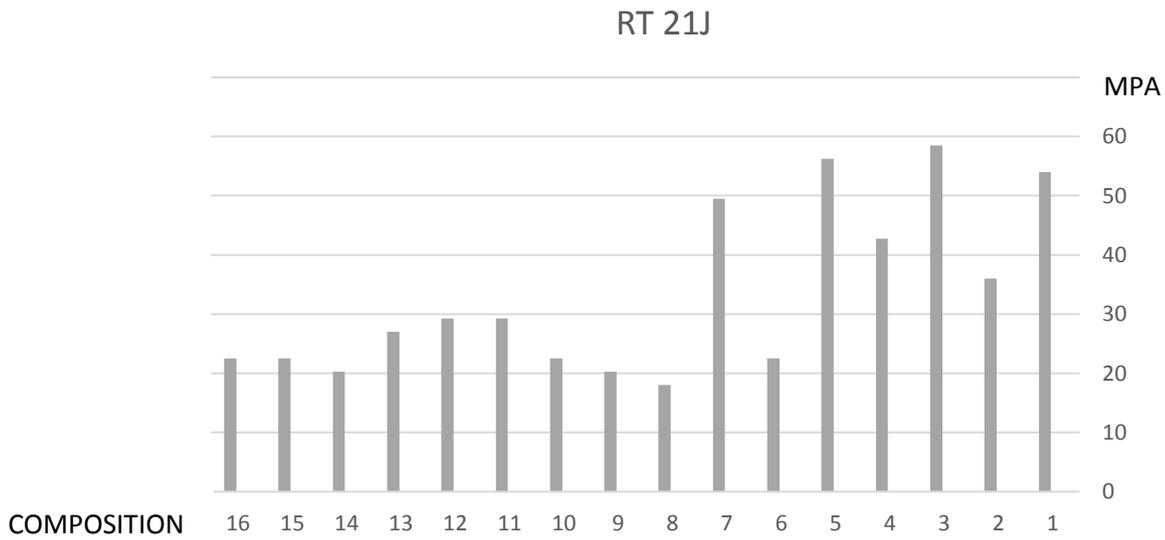


Figure (III.7) : l'évolution de la résistance à la traction par flexion 21J

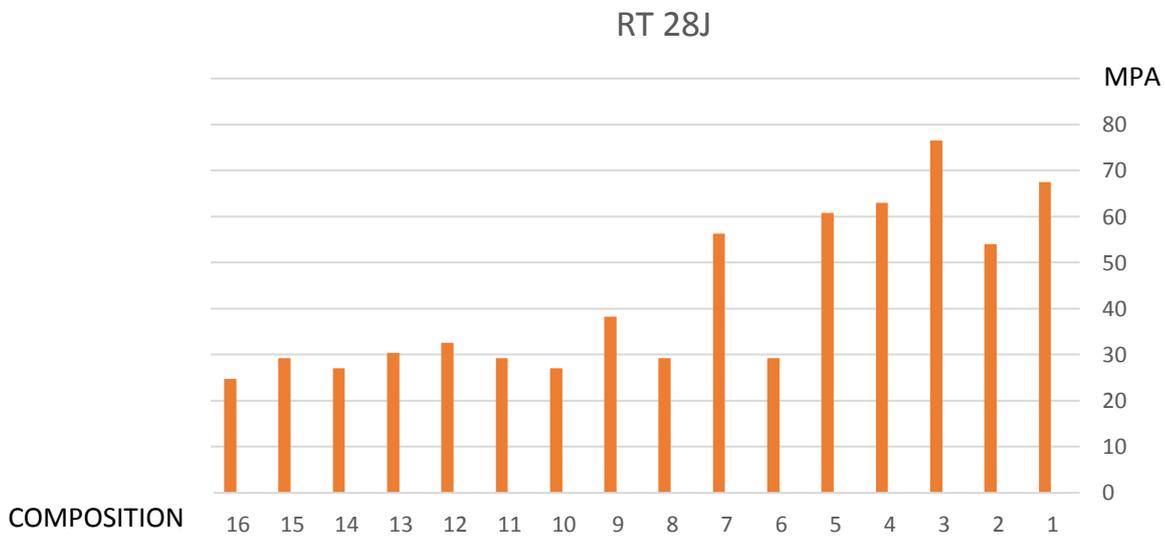


Figure (III.8) : l'évolution de la résistance à la traction par flexion 28J

III.4 L'évolution de la Retrait

$$R_t = (R_x - L_0) / L_0$$

R<sub>t</sub> : pourcentage de Retrait par rapport longueur de moule.

R<sub>1</sub>: la valeur de Retrait obtenue.

L<sub>0</sub> : longueur de Moule

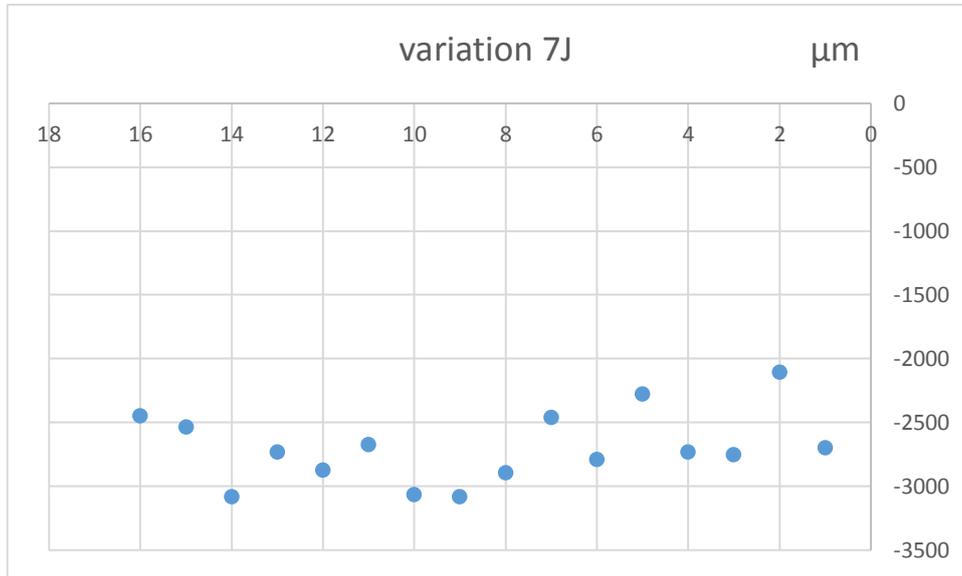


Figure (III.9) : Variation dimensionnelle de 7 jours

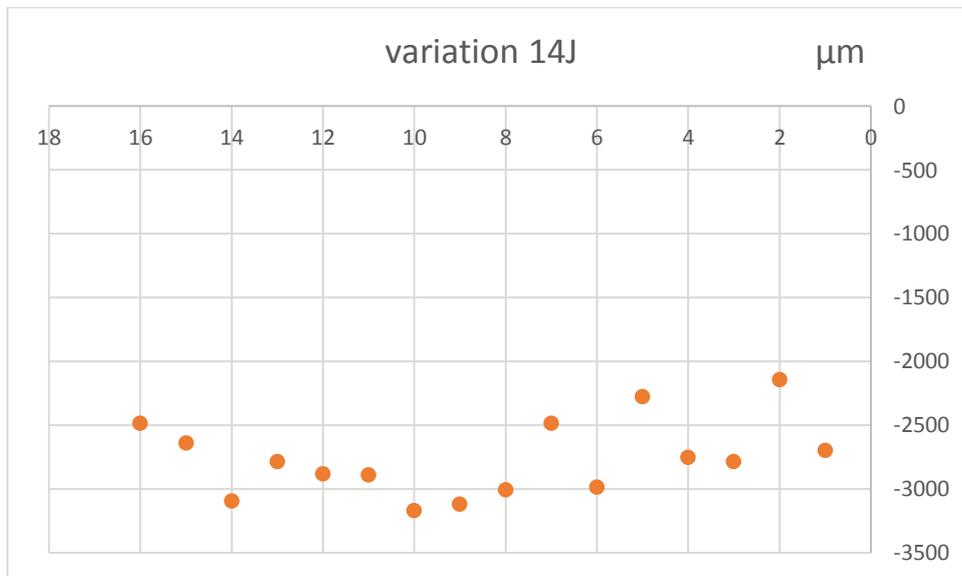


Figure (III.10) : Variation dimensionnelle de 14 jours

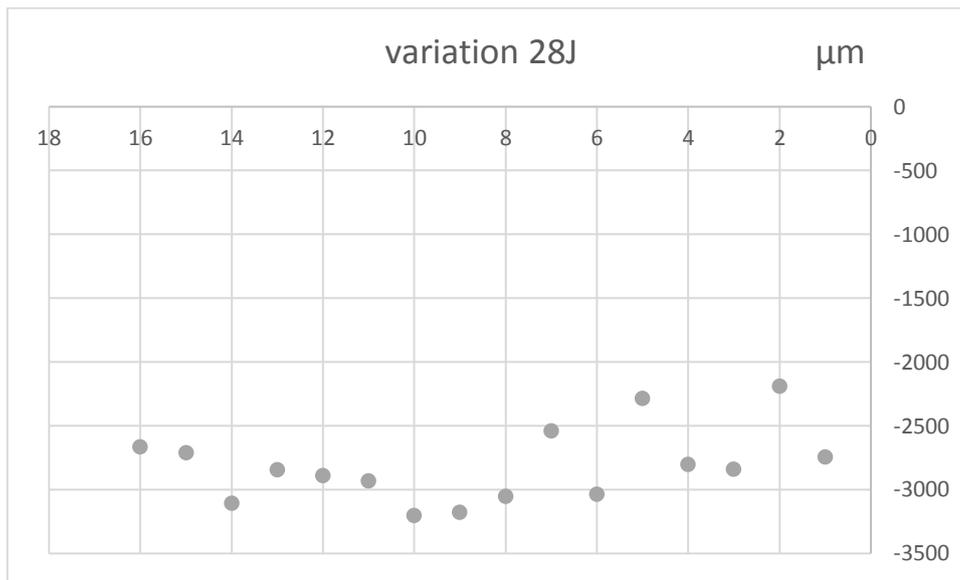


Figure (III.11) : Variation dimensionnelle de 28 jours

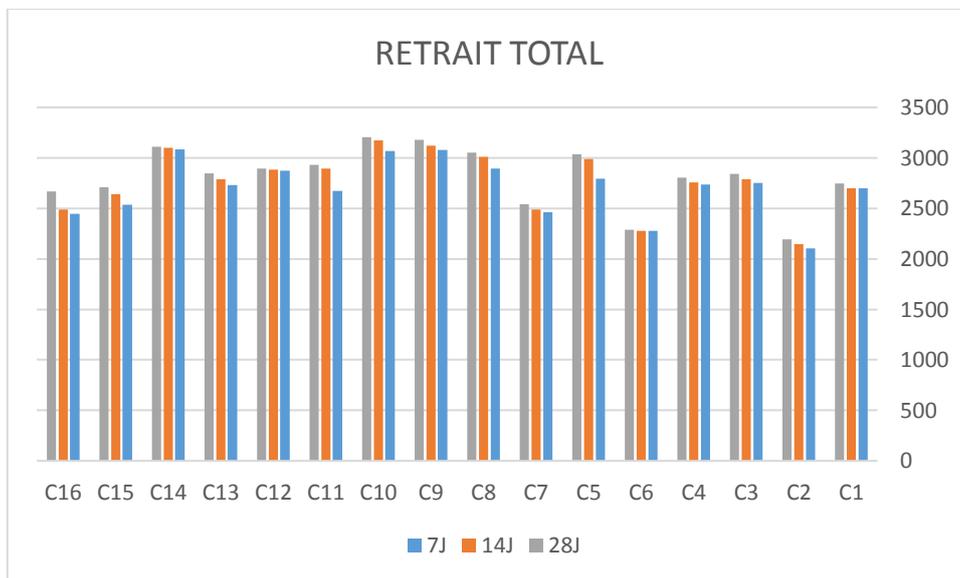


Figure (III.12) : comparaison de la Variation dimensionnelle Total

**III.5 LA MASSE VOMLUMIQUE APPARENTE (EN 1015-10)**

La détermination de la masse volumique d'une éprouvette se conduit comme suit :

- On pèse la masse d'une éprouvette M.
- Les dimensions de l'éprouvette pour notre cas c'est : 4\*4\*16 cm<sup>3</sup>.
- La masse volumique est obtenue par la formule suivant :

$$\delta = M/V$$

Les résultats de l'essai sont résumés au tableau suivant :

Tableau (III.3) : la masse volumique (g/cm<sup>3</sup>).

COPOSITION	28J
C1	2.106
C2	1.968
C3	2.052
C4	1.937
C6	1.949
C5	1.987
C7	1.899
C8	1.930
C9	1.807
C10	1.792
C11	1.960
C12	1.926
C13	1.845
C14	1.937
C15	1.830
C16	1.792

On voit que :

- L'ajout de Fumée de silice avec Fibre polypropylène (C7 & C6) augmente la résistance a la compression.
- L'ajout de retardateur diminue la résistance à la compression dans le temps d'étude.
- L'ajout de 5% du retardateur Fumée de silice et Fibre polypropylène dans le composition (C12) est augmenté la résistance a la traction par flexion.
- L'absence du retardateur dans les compositions (C7 & C6) augmente la résistance a la traction par flexion.
- Le fumé de silice il joue un rôle de remplir les vides intergranulaires.
- La présence de 5% du retardateur et 10%-15% du fumée de silice augmente la masse volumique pour la composition C5 & C8 & C11
- L'ajout de Fibre polypropylène dans (C6&C7) diminue le phénomène de Retrait avec une petite variation dimensionnelle par rapport le composition témoin.
- La présence du retardateur est augmenté la variation dimensionnelle.

### **III.6 CONCLUSION**

D'apes ce qu'on a vu dans ce chapitre tel que les essais et leurs résultats ainsi que l'interprétation de chacune on peut arriver à dire que:

- Le fumé de silice augmente la résistance compression et la traction par flexion et diminue le Retrait.
- Le retardateur de la prise diminue la résistance compression et la traction par flexion.
- La compatibilité entre la matrice cimentaire et le retardateur de prise c'est un facteur très important sur la rhéologie de la pâte et le temps d'écoulement.
- Les fibres polypropylène donnés les bons résultats dans nos différents essais.
- Nous constatons que la composition (**C06**) est la plus convenable dans un climat chaud car elle présente la plus grande résistance à la compression, à la traction et **le Retrait**.

## Conclusion & recommandations

### Conclusion générale

Nous avons tous d'abord, présenté dans cette étude consacrée au comportement mécanique et le **retrait** des mortiers en climat chaud. dans un premier temps un aperçu général sur les différents matériaux disponible localement pour la formulation de mortier, comme les différents types de ciment, et ainsi les différents types des additions minérales comme le fumé de silice; ainsi que les différentes familles des superplastifiant utilisée comme un extrait sec dans la formulation quel que soit le mortier et le béton. Nous avons présenté les différents types de mortier et leurs utilisations. Comme aussi les différentes normes pour caractérisée les matériaux utilisés de la formulation de mortier, ainsi que les différents modes opératoires utilisé pour la confection des éprouvettes. Ainsi que pour le second parti, les principales caractéristiques des matériaux utilisées pour la formulation des mortiers, nous avons aussi présenté un essai de consistance avec et sans des superplastifiant, La contribution des additions minérale sur la performance finales des matériaux cimentaire (résistance mécaniques ; propriété physique ;le retrait...) dépendent essentiellement sur le milieu de conservation, et aussi sur le taux de pourcentage de substitution d'une parité de ciment et remplacer par le fumé de silice et les fibres polypropylène. Donc nous avons proposé, le taux de contribution d'addition minéral sur la formulation de mortier comme un point d'étude réalisée sur la formulation des mélanges de matrice cimentaire avec et sans des additions.

- quantifier la contribution de l'addition minérale aux performances physiques et mécaniques des mortiers
- Le taux de pourcentage qui introduire dans la composition des mortiers, c'est un facteur très important sur les résultats de compression et traction par flexion et la variation dimensionnelle.
- Le milieu de conservation des éprouvettes c'est le climat chaud, il est influe sur le comportement de mortier.
- Les additions fines, joues un rôle de remplir les vides intergranulaires.

### Recommandations

Les résultats obtenus montrent que la contribution de l'addition minérale sur les performances mécaniques et physiques de la matrice cimentaire, donc nous avons recommandé quelques axes de recherche pour finaliser cette étude :

- Etude l'influence des additions minérales sur le besoin d'eau ;
- Effet des additions sur le besoin en adjuvant ;
- Effet de l'influence de la température sur les propriétés thermomécaniques ;
- L'influence de taux le pourcentage des fibres et les additions sur la pate cimentaire et, sur le besoin d'eau.

# MEDAPLAST HP

Conforme à la norme NFP 18-502

## Ajout à base de micro silice

### DESCRIPTION

Le **MEDAPLAST HP** est un ajout en poudre pour confection de bétons à hautes performances (BHP). Il permet :

- D'obtenir des bétons durables à résistances mécaniques élevées
- D'obtenir des bétons résistants aux agressions chimiques et atmosphériques

### DOMAINES D'APPLICATION

- Bétons à hautes performances
- Autoroutes, pistes d'aéroport
- Ouvrages d'art, ouvrages hydrauliques
- Bétons très sollicités
- Bétons soumis aux impacts et aux chocs
- Bétons soumis à des milieux agressifs
- Sols industriels
- Silos

### PROPRIÉTÉS

Grâce à ses propriétés le **MEDAPLAST HP** permet :

#### Sur béton frais :

- Améliorer la cohésion
- Éviter le ressuage et la ségrégation

#### Sur béton durci :

- Augmenter les résistances mécaniques
- Obtenir des bétons possédant une excellente imperméabilité
- Augmenter la résistance à l'érosion et à l'abrasion
- Obtenir des bétons résistants aux agressions chimiques
- Augmenter la durabilité du béton

L'ajout d'un superplastifiant est recommandé (**MEDAPLAST SP, SP40**) afin d'améliorer la fluidité du béton et de diminuer le rapport E/C. Le béton obtenu, une fois appliqué, ne présente aucun ressuage.

### CARACTÉRISTIQUES

- Aspect ..... Poudre
- Densité ..... 0,5
- Densité absolu..... $2,3 \pm 0,1$
- Composants :
  - SiO<sub>2</sub>..... > 85(%)
  - SO<sub>3</sub> ..... < 2,5 (%)
  - Cl- ..... < 0,2 (%)
- Surface spécifique..... > 15 (m<sup>2</sup>/gr)
- Humidité par étuve à 105°C ..... < 1 (%)
- Taille des particules ..... < 0,1 (microns)

### MODE D'EMPLOI

Le **MEDAPLAST HP** est mélangé à sec avec les composants du béton, avant l'ajout de l'eau de gâchage, pendant 1 minute au moins. Après ajout de l'eau de gâchage mélanger encore pendant 2 minutes au minimum.

Malaxer ensuite jusqu'à homogénéisation du béton.

Il est nécessaire de procéder à une cure de plusieurs jours du béton obtenu (**MEDACURE**) surtout par temps chaud ou en présence de vents.

#### DOSAGE

Le dosage du **MEDAPLAST HP** varie de 5 à 10% du poids du ciment. Ce dosage dépend des performances recherchées.

### CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Le **MEDAPLAST HP** est conditionné en sacs de 2 kg et 25 kg . Disponible aussi en Bigbag.

Délai de conservation :

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

### PRÉCAUTION D'EMPLOI

Manipulation non dangereuse.

Se référer à la Fiche de Données de Sécurité disponible sur : [www.granitex-dz.com](http://www.granitex-dz.com)

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



**Granitex**

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



# MEDARETARD GR

Conforme aux normes EN 934-2 / NA 820

Retardateur de prise pour béton et mortier

## DESCRIPTION

Le **MEDARETARD GR** est un retardateur de prise très puissant pour bétons et mortiers. En plus de sa fonction principale il est aussi un réducteur d'eau. Il est compatible avec tous les types de ciments.

## DOMAINES D'APPLICATION

Le **MEDARETARD GR** est recommandé pour :

- Le bétonnage par temps chaud
- Le béton transporté sur de longues distances
- Le béton pompé
- Le bétonnage interrompu de quelques heures (par suite de déplacement de coffrage, de grue, etc.)
- Le bétonnage de pieux de fondation
- Le béton de masse
- Le béton prêt à l'emploi.

## PROPRIÉTÉS

Le **MEDARETARD GR** agit sur les ciments par effet de ralentissement et de diminution du dégagement de chaleur dû à l'hydratation.

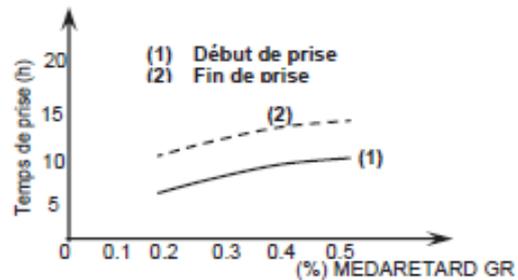
Grâce à son action, le **MEDARETARD GR** permet :

### Sur béton frais :

- Retarder le début de prise des béton et mortiers
- Améliorer la maniabilité du béton
- Réduire la quantité d'eau de gâchage nécessaire
- Réduire la ségrégation et le ressuage

### Sur béton durci :

- Augmenter la compacité et l'étanchéité
- Augmenter les résistances mécaniques
- Diminuer le retrait et le fluage



Temps de prise (E/C= 0.28) (20°C)

	Temps de prise		Résistance à la compression (MPa)	
	Début	Fin	7 J	28 J
Béton témoin	2h59	3h56	40,0	46,0
Béton dosé à 0.3 %	8h10	9h55	43,5	54,5

Temps de prise et résistances mesurées (béton dosé à 350 kg/m<sup>3</sup> CPJ CEM II/A 42.5)

## CARACTÉRISTIQUES

- Aspect ..... Liquide
- Couleur ..... Jaunâtre
- Densité ..... 1,17 ± 0,01
- pH ..... 8,0 ± 8,5
- Teneur en chlore ..... < 0,1 g/l

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.



Granitex

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



Annexe (B): fiche technique de MEDARETARD GR



**mono**

### DESCRIPTION:

Elle empêche la formation des fissures dans le béton appliqué, pendant le processus de raidissement. Elle manifeste des propriétés de liaison entre les agrégats dans le mélange de béton de sorte que les microfissures sont empêchés de croître.

Elle fournit également un avantage de coût dans le budget du projet en réduisant la quantité de rebond des applications de béton projeté d'environ 4%.

Selon la norme EN 14889-2, il suffit d'utilisé de 600 g a 900 g par mètre cube.

### TYPES D'EMBALLAGE:

- 600 g et 900 g de sacs solubles dans l'eau
- Sac en nylon de 5 kg
- Gros sac
- Mélangeur
- Emballage sur mesure

### CONSEILS TECHNIQUES:

Nos spécialistes techniques sont à votre disposition pour vous aidez à utiliser correctement les produits Polyfibers®.

### SERVICE DE DESIGN:

Pour toutes les exigences de conception de plancher en béton, veuillez joindre votre contact des produits Polyfibers®.

### AVANTAGES:

- Contrôle et réduction des fissures même plastiques dû au retrait
- Résistance aux alcalis
- Améliore la durabilité de la surface
- Gain de résistance à la traction
- Facile à intégré dans du béton
- Rentable, sans coût de main-d'œuvre supplémentaire
- Empêche le renforcement de l'effet de corrosion



LONGUEURS DISPONIBLES	DOMAINES D'UTILISATION
Mono 3 (3 mm)	Mono 3 (3 mm)
Mono 6 (6 mm)	Mortiers de réparation, Plâtres, Autres produits chimiques de construction
Mono 12 (12 mm)	Béton, béton projeté, Tunneling, projets résidentiels de bâtiment, béton de revêtement
Mono 18 (18 mm)	Applications pour sols industrielles, béton, applications préfabriquées

<b>Composition</b>	<b>100% polypropylène</b>
<b>Type</b>	<b>Mono filament</b>
<b>Impureté</b>	<b>Ne contient pas d'oléfine ni de polyamide ou de matériaux recyclés</b>
<b>Apparence</b>	<b>Fibre individuelle</b>
<b>Coupe transversale</b>	<b>Ronde</b>
<b>Standards</b>	<b>TSE EN 14889 Partie II Type 1.A. Et ASTM C - 1116 - 1997 Type III</b>
<b>Emballages</b>	<b>En vrac / sac en papier</b>
<b>Ténacité</b>	<b>6,5 - 7,0 grammes / denier - haute ténacité</b>
<b>Résistance à la traction (TS)</b>	<b>600 - 700 MPa</b>
<b>Module d'Young (TS/E)</b>	<b>3.000 - 3.500 MPa</b>
<b>Élongation (E)</b>	<b>20 - 25 %</b>
<b>Densité spécifique</b>	<b>0.91 grammes / cm<sup>3</sup></b>
<b>Couleur</b>	<b>Transparent</b>
<b>Point de ramollissement</b>	<b>150 Celsius</b>
<b>Point de fusion</b>	<b>160 Celsius</b>
<b>Réaction aux acides</b>	<b>Stable</b>
<b>Réaction aux oxydants</b>	<b>Stable</b>
<b>Solvants organiques</b>	<b>Fond par des solvants chlorés à haute température</b>
<b>Résistance biologique</b>	<b>Stable</b>
<b>Compatibilité au ciment</b>	<b>Excellent</b>
<b>Réaction aux alcalins</b>	<b>Stable</b>
<b>Stabilisateur UV</b>	<b>Optionnel</b>
<b>Résistance à l'abrasion</b>	<b>Stable</b>
<b>Récupération de l'humidité</b>	<b>70% d'humidité relative à 21 ° C = &lt;0,10%</b>
<b>Antibactérien</b>	<b>Optionnel</b>
<b>Champ d'application</b>	<b>Intérieur et extérieur</b>

Ce produit est conçu suivant les spécifications des normes TSE EN 14889 et ASTM C-1116, il est compatible avec tous les types de ciments portland.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- [1] Itim Ahmed, ETUDE DES DEFORMATIONS DE RETRAIT D'UN MORTIER CONTENANT DIFFERENTES ADDITIONS MINERALES, Université Hassiba Benbouali Chlef, 26 – 27 octobre 2010
- [2] AKCHICHE Hamida, Contribution à la modélisation du retrait et du fluage des bétons et mortiers renforcés par des fibres de palmier dattier en régions désertiques, mémoire de magister , université de Ouargla 2007
- [3] Pierre-Claude Aïtcin, Les différents types de retrait du béton, 1997
- [4] A. Bouaziz, Valorisation du sable de dune dans les formulations des mortiers et des bétons, article *Université de Biskra*, 29 au 31 mai 2013
- [5] M. Nicot Pierre. Interactions mortier-support : éléments déterminants des performances et de l'adhérence d'un mortier, thèse de doctorat, université de Toulouse. 2008.
- [6] LAKHDARI Selma. Effets des adjuvants fluidifiants sur les caractéristiques physicomécaniques et rhéologiques des mortiers à base des sables des carrières, 7-Dec-2015
- [7] AZZOUZ Hocine, Etude des bétons à base des sables de dune univ de Biskra.
- [8] BAIKER Mohamed Cherif Contribution à l'étude des Caractéristiques physico-mécaniques d'une brique a base du sable des dunes et les copeaux de bois. Mai 2016
- [9] eau de gâchage et adjuvants .chapitre 3. Disponible sur : <http://ensh.dz/files/Cours/1011/Mat%C3%A9riaux%20de%20construction/Eau%20et%20adjuvants.pdf>
- [10] Collection Technique Cimbéton Guide de prescription des ciments pour des constructions durables, Cas des bétons coulés en place, T 47
- [11] MIMOUNI M. "Les renforts fibreux utilisés dans les matériaux de construction" Algérie equipment; 15, Sept.1994.
- [12] Thomas Point. Influence des hydroxypylyguars sur les propriétés du mortier de ciment à l'état frais 27 juin 2014. Disponible sur: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00936958/document>
- [13] Holcim. Guide pratique du béton : concevoir et mettre en oeuvre des bétons durables. Suisse.2009. Disponible sur : [www.holcim.ch/fileadmin/templates/CH/doc/.../Guide\\_pratique\\_f.pdf](http://www.holcim.ch/fileadmin/templates/CH/doc/.../Guide_pratique_f.pdf).
- [14] DREUX G., FESTA J. "Nouveau guide du béton et ses constituants" Edition Eyrolles, Huitième Edition, Mai 1998.

[15]GRANITEX. Guide produits