

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

**FACULTE DE TECHNOLOGIE**  
**DEPARTEMENT DE GENE CIVIL**

N° :



**DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE**  
**FILIERE : GENE CIVIL**  
**OPTION : MATERIAUX**

**Mémoire présenté pour l'obtention**  
**Du diplôme de Master Académique**

**Par: GUETTAB Abdenour**

**BISSET Mokhtar**

**Intitulé**

**MORTIER AU CIMENT BLANC AVEC**  
**FILLER DE MARBRE**

**Soutenu devant le jury composé de:**

Pr. BENCHIKH Mohamed

Université M'sila

Président

Dr. MAZA Mekki

Université M'sila

Rapporteur

Mme. BELOUADAH Messaouda

Université M'sila

Examinatrice

**Année universitaire : 2016 /2017**

## **Remerciements**

*Tout d'abord qu'il nous soit permis de remercier et d'exprimer mes  
gratitudes envers Dieu " الله " de nous avoir donné le courage et  
la patience durant toutes ces années d'études.*

*Nous remercions chaleureusement Monsieur MAZZA Mekki d'avoir  
toujours été présent à nos côtés durant les trois derniers mois. Ce fut  
avec grand plaisir d'avoir pu discuter, expliquer ou concevoir de  
nouvelles approches.*

*Merci pour votre patience et votre soutien.*

*Nous voudrions également remercier Pr NACERI Abd El Ghani  
d'avoir dirigé cette étude*

*Nous tenons à remercier chaleureusement les membres du jury,  
auxquels nous exprimons toutes nos gratitudes.*

*Nous remercions toutes les personnes du laboratoire de bétons de  
l'Université de M'sila et ceux du laboratoire de l'université El  
Bachir El Ibrahimy à Bordj Bou Arreridj et en particulier :  
Abd Errahim – Farid- Ameer pour leurs aides et leurs soutiens.*

*Nous tenons aussi à exprimer nos sincères remerciements à  
l'ensemble des enseignants du Département de Génie Civil à  
l'Université de M'sila pour leurs efforts voués*

*à nous transmettre le savoir.*

*Nous remercions également toute personne qui a contribué de prêt  
ou de loin pour réaliser ce travail, et nous présentons nos excuses à  
ceux que nous avons oubliés de citer.*

## **Dédicaces**

*Avec l'aide du tout Puissant, j'ai pu réaliser ce modeste travail*

*Que je dédie :*

*À mes parents qui m'ont constamment soutenu pendant toute ma vie et qui m'ont toujours encouragé à repousser mes limites. Sans oublier avec eux ma sœur où je peux la considérée comme les parents dans l'esprit de responsabilité et de compassion, que dieu les gardes.*

*A la lumière de ma vie, ma joie et ma fierté, je ne vie que par ses rires, son regard et son innocence mon fils ; Sohaib Abd Errahman, et que dieu le protège pour moi.*

*A ma femme qui ma soutenue, je ne pourrai jamais la remercier assez  
Pour ce qu'elle fait pour moi. Que dieu la protège*

*A mes frères, Qui sont très présents pour me soutenir.*

*A mes chers amis : Alilou, Yacine, Dahel, A Nour, Nordinne, Bilal, Fouad, Salim, Khouthri AG, Ameer, Samir « rougé », Dr Farid...*

*Et à toutes les personnes que j'aime.*

*Et sans oublier bien sûr, mes collègues les policiers de tous grades, tous les hommes des services de sécurité et les martyrs du devoir national d'où Je tiens spécialement à singulariser*

*Mon frère Khaled que la miséricorde d'Allah soit sur lui.*

**BISSET Mokhtar - Adel .**

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A ma très chère mère, Que dieu la protège pour moi,*

*Je ne pourrai jamais la remercier assez pour ce qu'elle fait pour moi.*

*A mon très cher père, Je voudrais partager ce succès avec lui,*

*Que dieu le protège et le garde.*

*A mes frangins, Qui sont très présents pour me soutenir.*

*A ma femme qui m'a soutenu dans tous les moments.*

*A ma petite jolie fille RITADJ Que dieu la protège.*

*A ma famille et mes chers amis- Adel, Ali, Samir, Noredine Géo,*

*Yahia, Antar, Sofiane.....*

*A toutes les personnes que j'aime.*

**GUETTAB Abdenour**

## ***Liste Des Figures :***

- ***Chapitre II: Etude Bibliographique.***

<b>Figure II.1 :</b> cycle de fabrication du ciment .....	5
<b>Figure II.2 :</b> Microphotographie d'un clinker .....	5
<b>Figure II.3 :</b> Quelques Différents éléments minéraux.....	12
<b>Figure II.4 :</b> Quelques différents domaines d'utilisations du ciment blanc .....	13
<b>Figure II.5 :</b> Mécanisme des floculations avec et sans superplastifiants .....	17
<b>Figure II.6 :</b> Transformations de quelques minéraux – métamorphisme .....	18
<b>Figure II.7 :</b> L'amélioration de la granulométrie réduit le volume de la pâte, et la porosité ..	23
<b>Figure II.8 :</b> Un échantillon des pigments « poudres ».....	24

- ***Chapitre III: Caractéristiques Des Matériaux Utilisés.***

<b>Figure III.1 :</b> Courbe granulométrique des sables .....	32
<b>Figure III.2 :</b> Courbe de porosité du sable de dune en fonction des fillers de marbre .....	33
<b>Figure III.3 :</b> Courbe de porosité du sable de dune en fonction du sable concassé .....	34
<b>Figure III.4 :</b> Courbe de porosité du sable mixte en fonction du fillers de marbre .....	34
<b>Figure III.5 :</b> Diagramme de diffraction X du filler de marbre .....	37
<b>Figure III.6 :</b> Moules prismatique (4x4x16) .....	39
<b>Figure III.7 :</b> Malaxeur pour mortier .....	39
<b>Figure III.8 :</b> conservation des éprouvettes du mortier dans l'eau .....	39
<b>Figure III.9 :</b> Pesage des éprouvettes .....	39
<b>Figure III.10 :</b> Appareil de compression et de flexion .....	39
<b>Figure III.11 :</b> Aspect d'un éprouvette du mortier après écrasement .....	39

- ***Chapitre IV : Résultats et discussions.***

<b>Figure IV.1 :</b> Réduction d'eau en fonction du filler de marbre.....	47
<b>Figure IV.2 :</b> Réduction d'eau en fonction de la porosité .....	47
<b>Figure IV.3 :</b> Réduction d'eau en fonction d'adjuvant .....	48
<b>Figure IV.4:</b> Rapport E/C en fonction du filler .....	48
<b>Figure IV.5 :</b> Rapport E/C en fonction d'adjuvant .....	49
<b>Figure IV.6 :</b> Absorption d'eau à 7 jours en fonction du filler de marbre .....	49
<b>Figure IV.7 :</b> Absorption d'eau à 7 jours en fonction d'adjuvant .....	50
<b>Figure IV.8 :</b> Masse volumique du mortier à 28 jours en fonction du filler .....	50
<b>Figure IV.9 :</b> Masse volumique du mortier à 28 jours en fonction de la porosité .....	51
<b>Figure IV.10 :</b> Masse volumique du mortier à 7 jours en fonction de l'adjuvant .....	51

## ***LISTE DES FIGURES***

---

<b>Figure IV.11</b> : Résistance en compression du mortier à 28 jours en fonction des fillers .....	52
<b>Figure IV.12</b> : Résistance en flexion du mortier à 28 jours en fonction des fillers .....	52
<b>Figure IV.13</b> : Résistance à la compression du mortier à 28 jours en fonction de la porosité ....	53
<b>Figure IV.14</b> : Résistance en flexion du mortier à 28 jours en fonction de la porosité .....	53
<b>Figure IV.15</b> : Résistance à la compression du mortier à 28 jours en fonction de l'adjuvant ....	54
<b>Figure IV.16</b> : Résistance en flexion du mortier à 28 jours en fonction de l'adjuvant .....	54
<b>Figure IV.17</b> : Caractéristique principale du mortier à base de sable mixte en fonction de l'adjuvant .....	55
<b>Figure IV.18</b> : Absorption et masse volumique du mortier à base du sable mixte à 28 jours ....	56
<b>Figure IV.19</b> : Résistance mécanique à 28 jours du mortier à base du sable mixte .....	56
<b>Figure IV.20</b> : Réduction d'eau du mortier à base du sable de dune et mortier à base du sable mixte 14 jours .....	57
<b>Figure IV.21</b> : Absorption et masse volumique du mortier à base du sable de dune et mortier à base du sable mixte 14 jours .....	57
<b>Figure IV.22</b> : Résistance mécanique du mortier à base du sable de dune et mortier à base du sable mixte 14 jours .....	58

***Liste Des Tableaux***

• **Chapitre II: Etude Bibliographique.**

**Tableau II.1** : Composition chimique et minéralogique du clinker ..... 6  
**Tableau II.2** : caractéristique mécanique des ciments courants ..... 9  
**Tableau II.3** : Les anhydres et les hydrates de ciment ..... 9  
**Tableau II.4** : Composition Chimique du Clinker Blanc et Gris ..... 11  
**Tableau II.5** : Résistances à la compression en MPa..... 13

• **Chapitre III: Caractéristiques Des Matériaux Utilisés.**

**Tableau III.01** : caractéristiques physiques du sable de dune, sable concassé et filler ..... 28  
**Tableau III.02** : caractéristiques physiques du sable de dune avec filler de marbre ..... 29  
**Tableau III.03** : caractéristiques physiques du sable mixte ..... 29  
**Tableau III.04** : caractéristiques physiques du sable mixte (80% SD+20% SC) avec filler ..... 30  
**Tableau III.05** : équivalent de sable, teneur et absorption d'eau du sable de dune ..... 30  
**Tableau III.06** : Analyse granulométrique du sable d'Oued Souf (Djamaa)..... 31  
**Tableau III.07**: Analyse granulométrique du sable concassé (sable de marbre) ..... 31  
**Tableau III.08** : Analyse granulométrique du sable mixte (80% SD+20% SC)..... 32  
**Tableau III.09** : Caractéristiques du ciment CPJ CEM II /A-L 52,5N (EL MALAKI) ..... 35  
**Tableau III.10** : Analyse chimique du sable de dune (Djamaa) ..... 36  
**Tableau III.11** : Analyse chimique des fillers de marbre ..... 36  
**Tableau III.12** : Analyse minéralogique de filler de marbre ..... 37  
**Tableau III.13** : Caractéristiques chimiques et minéralogique du ciment CPJ EL MALAKI .... 37  
**Tableau III.14** : Caractéristiques du MEDAPLAST SP 40..... 38  
**Tableau III.15** : Caractéristiques chimiques de l'eau de gâchage ..... 38

• **Chapitre IV : Résultats et discussions.**

**Tableau IV.1** : composition du mortier à base de sable de dune (réduction et absorption d'eau) ..... 43  
**Tableau IV.02** : La masse volumique du mortier à base de sable de dune ..... 44  
**Tableau IV.03** : La résistance mécanique du mortier à base de sable de dune ..... 44  
**Tableau IV.04** : La réduction et absorption d'eau du mortier à base de sable mixte..... 45  
**Tableau IV.05** : La masse volumique de mortier à base de sable mixte ..... 45  
**Tableau IV.06** : La résistance à la flexion et à la compression de mortier à base de sable mixte .....46  
**Tableau IV.07**: Fluidité, masse volumique et la résistance mécanique des mortiers à 14 jours .46

## Sommaire

- Remerciements et Dédicaces	
- Table des matières	
- Liste des tableaux	
- Liste des figures	
- Résumé	
	• <b><u>Chapitre I: introduction générale.</u></b>
I - Introduction générale.....	1
	• <b><u>Chapitre II: Etude Bibliographique.</u></b>
- Introduction .....	3
II. 1- Mortier.....	3
II.1.1- Définition.....	3
II.1.2- Les différents types des mortiers .....	4
II.2- Ciment .....	4
II.2.1-Principe de fabrication des ciments courants .....	4
II.2.2-Les Constituants du ciment.....	5
II.2.3- Propriétés des ciments .....	6
II.2.4-L'hydratation du ciment .....	9
II.2.5 -Hydratation des composants du ciment portland.....	9
II.3- Ciment blanc .....	10
II.3.1- Choix des matières premières.....	11
II.3.2- Maîtrise de la couleur .....	12
II.3.3- Propriétés physiques et mécaniques .....	12
II.4- Sable .....	14
II. 4.1- Origine des sables.....	14
II. 4.2 - Propriétés physiques .....	14
II. 4.3- Classification des sables .....	15
II. 4.4-Sable de concassage.....	15
II. 5- Les adjuvants.....	16
II. 6- L'eau.....	17
II. 7-Le Marbre.....	18
II. 8- Les additions « les ajouts » .....	18
II.8.1 - Définition des additions.....	18
II.8. 2- Les types des additions .....	18
II.8.3-Les fillers calcaires .....	20

## **SOMMAIRE**

---

II.8.4- Les principaux effets des additions dans les matériaux cimentaires .....	20
II.8.5- Intérêt d'utilisation des ajouts minéraux .....	21
II.8.6- Intérêt d'utilisation des ajouts minéraux dans le génie civil .....	21
II.9 - La porosité.....	22
II.9.1 -pour diminuer la perméabilité.....	22
II.9.2- La réduction de la porosité dépend de la mise en œuvre du béton.....	23
II.10-Pigments de coloration « Les colorants ».....	24
II.10.1- Définition.....	24
II.10.2-Qualités et propriétés des pigments pour bétons apparent .....	24
II.10.3 -Différentes variétés de pigments .....	24
II.11 -Les déchets .....	25
II.11.1- Les principaux objectifs d'utilisation des déchets.....	25
- Conclusion.....	26
<b>• Chapitre III: Caractéristiques Des Matériaux Utilisés.</b>	
- Introduction.....	27
III.1. Les principales caractéristiques des matériaux utilisés .....	27
III.1.1. Caractéristique physique des matériaux utilisés .....	28
A -Sables et filler.....	28
a- Masse volumique, porosité, compacité, indice des vides .....	28
b- Analyse granulométrique.....	30
b.1- Sable de dune (Djamaa) .....	31
b.2- Sable concassé (sable de marbre).....	31
b.3- Sable mixte (80% SD+20% SC) .....	32
B – Ciment.....	35
III.1.2. Caractéristiques chimique et minéralogique des matériaux utilisés.....	36
A - Sable de dune d'Oued Souf.....	36
B - Filler de marbre .....	36
C–Ciment.....	37
D - L'adjuvant .....	38
E - L'eau de gâchage .....	38
- Conclusion .....	40
<b>• Chapitre IV : Résultats et discussions.</b>	
- Introduction.....	41
IV.1- Les principaux paramètres de la matrice cimentaire .....	41
a- Fluidité .....	41
b- Réduction ou excès d'eau .....	41
c- Absorption d'eau.....	41

## ***SOMMAIRE***

---

d- La masse volumique .....	42
e- La résistance mécanique .....	42
IV.2- Résultats.....	43
a- Mortier à base du sable de dune.....	43
b- Mortier à base du sable mixte avec filler de marbre.....	45
c - Comparaisent des résultats .....	46
IV.3. Discussion des résultats .....	46
a- Mortier a base du sable de dune.....	46
b- Mortier à basse du sable mixte fillerisé avec adjuvant .....	55
c - Mortier à base du sable de dune avec adjuvant et mortier à basse du sable mixte fillerisé avec adjuvant.....	56
- Conclusion.....	59
• <b><i>Conclusion générale et perspective</i></b> .....	60
- Annexe	
- Références bibliographiques	

## *Résumé*

Notre recherche actuelle s'est orientée à la valorisation des matériaux en générale, et en particulier les matériaux locaux et dont le but d'emploi judicieux de ces matériaux, et devant la crise économique qui touche notre payé est qu'il faut la Coexiste avec, et en même temps assuré l'équilibre de la nature par la résolution du problème de pollution qui permet à la survie de plusieurs espèces qui constituent les maillons important pour l'équilibre de la nature.

L'objectif de notre travail consiste à améliorer le squelette granulaire du sable de dune, par ajout de filler de marbre « déchet de marbre comme matériau recyclé et valorisé » tamisé moins que 80 micron (  $\mu\text{m}$  ), en utilisant au même temps une autre variante qu'il s'agit des proportions différentes de super plastifiant « MEDAPLAST SP 40 » 1– 2 %, mais ont gardons toujours une fluidité ci-inclus, tous sa pour but d'améliorer plusieurs paramètres et caractéristiques mécaniques et rhéologiques de la matrice cimentaire, pour aboutir à la confection et la performance d'un mortier au ciment blanc avec filler « poudre de marbre ».

Pour que notre étude soit plus précieuse on a utilisé une autre variante qui s'appuis à l'utilisation d'un sable mixte constitué de sable de dune et de sable concassé issue d'un léger concassage et criblage des déchets de marbre, avec différentes proportions étudiées et choisie suite leur porosité optimale, afin de comparés tous ces résultats entre eux.

**Mots clés** : mortier, ciment blanc, poudre de marbre, Adjuvant, recyclage, résistance mécanique.

## ملخص

تم توجيه دراستنا الحالية إلى إعادة تثمين المواد بشكل عام، وبخاصة المواد المحلية حيث يتم إلى اللجوء إلى التحكم العقلاني الأمثل بغية توظيف هذه المواد أحسن استعمال، هذا من جهة و من جهة أخرى نظرا للأزمة الاقتصادية التي تعيشها البلاد التي من شأنها أن تؤثر في مختلف المشاريع التي تضطر على اثرها التعايش معها في الوقت الراهن، و في نفس الوقت لضمان التوازن في الطبيعة من خلال حل مشكلة التلوث التي تؤثر في العديد من الفصائل والكائنات مما يجعلنا وصلات رئيسية لتوازن الطبيعة.

والهدف من هذا العمل هو تحسين البنية الحبيبية لرمل الكثبان، وذلك بإضافة حشو الرخام " نفايات الرخام كمادة معاد تدويرها تثمينها" و ذلك بتمريره عبر مصفاة أقل من 80 ميكرون ( $\mu$  م)، في نفس الوقت نقوم باستخدام متغيرات أخرى و المتمثلة في نسب مختلفة من المواد المضافة - الملدنات المتفوقة جدا- " MEDAPLAST SP 40 " بنسب 2- %، ولكن مع الحفاظ دائما على سيولة محصورة، و كل هذا لأجل هدف تحسين العديد من المعاملات، الخصائص الميكانيكية، الانسيابية و السيولة الخاصة بالمصفوفة الإسمنتية، و ذلك بغية الوصول إلى إعداد وتحسين أداء ملاط إسمنت أبيض بإضافة حشوات "مسحوق الرخام".

ولجعل دراستنا قيمة أكثر استخدمنا متغير آخر يركز على استخدام الرمال المختلطة المكونة أو المتحصل عليها من الكثبان الرملية من جهة والرمل المسحوق الناتج عن سحق طفيف و فرز نفايات الرخام من جهة أخرى، بدمجها مع بعض بنسب مختلفة مدروسة و مجربة حسب المسامية المثلى المتحصل عليها، في الأخير يتم مقارنة كل النتائج السابقة فيما بينها.

**كلمات البحث:** الملاط، الإسمنت الأبيض، مسحوق الرخام، مادة مضافة، إعادة التدوير، المقاومة الميكانيكية.

## Abstract

Our current research has focused on the valorization of materials in général, and in particular local materials, and the purpose of judicious use of these materials, and before the economic crisis that affects our pay is that Coexist with, And at the same time assured the balance of nature by solving the problem of pollution which allows the survival of several species which constitute the important links for the balance of nature.

The objective of our work is to improve the granular skeleton of sand dune by adding marble filler "marble waste as recycled and recovered material" sieved less than 80 micron ( $\mu\text{m}$ ), using at the same time another Variant that it is the different proportions of superplasticiser "MEDAPLAST SP 40" 1- 2%, but still keep a fluidity included, all its purpose is to improve several parameters and mechanical and rheological characteristics of the matrix Cement, to achieve the manufacture and performance of a white cement mortar with filler "marble powder".

In order to make our study more valuable, another variant has been used which is based on the use of a sand mixed with dune sand and crushed sand resulting from a light crushing and screening of the marble waste, Proportions studied and chosen following their optimal porosity, in order to compare all these results between thème.

**Key words:** mortar, white cement, marble powder, adjuvant, recycling, mechanical strength.

# **Chapitre I:**

## ***Introduction générale***

### ***Chapitre I : Introduction générale***

Devant les besoins croissant des ressources en matériaux et aux exigences de préservation de l'environnement dans une vision de développement durable, il est devenu nécessaire et pertinent de prospecter et d'étudier toutes les possibilités de réutilisation et de valorisation des déchets et sous produits industriels notamment dans le domaine de génie civil.

Le besoin universel de conserver les ressources, de protéger l'environnement et de bien utiliser l'énergie doit nécessairement se faire ressentir dans le domaine de la technologie du béton. Par conséquent, on accordera beaucoup d'importance à l'usage de déchets et de sous produits pour la fabrication du ciment et du béton, d'où le recyclage et la valorisation des déchets est devenu une actualité mondiale.

La connaissance des divers propriétés physiques, chimiques, minéralogiques et mécaniques des matériaux, est une exigence primordiale dans toute opération de construction ou de réparation, dont le but tout d'abord l'emploi judicieux de ces matériaux, ensuite pour faire un choix répondant à leur destination, et en fin pour que ces matériaux soient malaxés d'une façon correcte afin de produire un mélange homogène à grande échelle et possédant par conséquent des propriétés uniformes.

Maintenant L'incorporation des additions minérales est une technique importante en améliorant les propriétés du béton et du mortier telle que la fluidité, la résistance, la durabilité, etc..., 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. Néanmoins, pour profiter pleinement 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 bétons.

Dans ce travail de recherche, nous proposons l'introduction d'ajout « filler de marbre » avec différentes pourcentages comme addition pour but d'améliorer la granulométrie du sable de dune et aussi d'un sable mixte constitué du « sable de dune avec des proportions de sable concassé de marbre », et surtout d'atteindre une porosité très faible et connaître son effet sur les

différentes paramètres et caractérisations du mortier à l'état frais et durci, et aussi l'effet d'utilisation de l'adjuvant afin d'améliorer les caractéristiques physico mécaniques du mortier.

### **Objectif de l'étude :**

Le premier objectif de ce mémoire vise à atteindre principalement l'amélioration des caractéristiques mécaniques et physiques du mortier au ciment blanc, Plusieurs paramètres sont pris en considération dans cette étude, à savoir : L'effet des fillers, l'effet de l'adjuvant et la diminution du rapport E/C (restriction de la fluidité donc variation du rapport E/C), pour aboutir à la confection d'un mortier à base de matériaux locaux caractérisé par une bonne résistance mécanique, une porosité minimale et une durabilité acceptable.

L'objectif secondaire est de contribuer à l'utilisation des déchets de marbre « filler de marbre » dans le mortier au ciment blanc. Cela permet d'éliminer les déchets par recyclage et utilisation d'où la protection de l'environnement, et aide à résoudre certains problèmes liés au manque de granulats, bien que la valorisation des déchets de marbre qui est une matière première locale, recyclée, disponible en Algérie soit dans la nature « carrières » ou dans les unités et les ateliers de fabrication ou de transformations, n'est pas chère, facile à broyer et même on peut l'obtenir sous forme de poudre du au polissage et sciage du marbres.

### **Organisation du mémoire**

Le contenu du mémoire englobe les chapitres suivants :

- **Le premier chapitre** : est une introduction générale.
- **Le deuxième chapitre** : Est une recherche bibliographique traitant les Différentes matériaux constituant le mortier au ciment blanc avec filler « poudre de marbre », ainsi quelques explications et définitions des différents aspects.
- **Le troisième chapitre** : est consacré à la caractérisation des constituants et à la formulation des différents types de mortiers.
- **Le quatrième chapitre** : Contient l'interprétation des résultats des essais obtenus à partir de l'expérimentation.
- **En fin**, une conclusion générale et quelques recommandations et perspectives.

# **Chapitre II:**

## *Étude bibliographique*

**CHAPITRE II : Etude bibliographique.****Introduction :**

L'objectif de cette synthèse bibliographique est de passer en revue les connaissances actuelles les plus pertinentes sur l'action des additions minérales dans les matériaux cimentaires afin d'éclaircir en particulier la façon dont elles contribuent à l'activité liante du ciment et comment cette contribution liante est prise en compte dans les méthodes de formulation des mortiers ou des bétons avec additions minérales.

Notre recherche bibliographique s'appuie sur les études les plus récentes dans le domaine ainsi que sur la normalisation française et européenne dont la lecture critique a permis de dégager les principaux arguments sur lesquels nous appuyons notre approche méthodologique pour la formulation des mortiers incorporant des additions minérales, des adjuvants et le rôle de la porosité des granulats.

Plusieurs paramètres sont pris en considération dans cette étude, à savoir : L'effet des fillers. L'effet de l'adjuvant et l'effet de la porosité, pour aboutir à la confection d'un mortier à base de matériaux locaux « recyclé » caractérisé par une bonne résistance, une porosité minimale et une durabilité acceptable.

**II. 1- Mortier :****II. 1.1-Définition :**

Dans toute construction, il est indispensable de réunir entre eux les différents éléments (blocs de béton, briques, moellons, etc.) au moyen d'un mortier de ciment ou de chaux, un mortier est un mélange, durci ou non, de sable, de liant (ciment) et d'eau, avec ou sans adjuvants et/ou additifs. Le mortier a pour rôle : [1].

- De solidariser les éléments entre eux.
- D'assurer la stabilité de l'ouvrage.
- De combler les interstices entre les blocs de construction.
- Fabriquer des éléments décoratifs et esthétiques.

**II.1.2- Les différents types des mortiers :** Selon les constitutions « matière liantes » on peut distinguer :

- **Les mortiers de ciments :** les mortiers de ciments très résistants, ils présentent une meilleure résistance à la compression et sa prise est plus rapide. En revanche, ils sont davantage sujets au retrait.
- **Les mortiers de chaux :** les mortiers de chaux sont gras et onctueux. Ils durcissent plus lentement que les mortiers de ciments.
- **Les mortiers bâtards :** Le mortier bâtard est composé de ciment et de chaux aérienne ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), plus élastique et plus facile à mettre en œuvre que le mortier de ciment pur. Son retrait est en outre moins marqué. Le temps de durcissement relativement long, surtout en cas de menace de gel.
- **Les mortiers (légers) isolants :** Un mortier léger ou isolant permet d'améliorer quelque peu la résistance thermique de la maçonnerie. Son poids volumique sec après durcissement est inférieur à 1.300 kg/m. [2]

### **II.2- Ciment :**

Le ciment est un liant hydraulique et le constituant de base des bétons et mortiers. À la manière d'une « colle », il permet d'agglomérer entre eux les grains de sable et les granulats.

Le ciment est un produit moulu du refroidissement du clinker qui contient un mélange de silicates et d'aluminates de calcium portés à 1450-1550 °C, température de fusion. Le ciment usuel est aussi appelé liant hydraulique, car il a la propriété de s'hydrater et durcir en présence d'eau, et par ce que cette hydratation transforme la pâte liante, qui a une consistance de départ plus ou moins fluide, en un solide pratiquement insoluble dans l'eau. Ce durcissement est dû à l'hydratation de certains composés minéraux, notamment des silicates et des aluminates de calcium.

#### **II.2.1-Principe de fabrication des ciments courants :**

Le principe de la fabrication du ciment est le suivant : calcaires et argiles sont extraits des carrières, puis concassés, homogénéisés, portés à haute température (1450 °C) dans un four. Le produit obtenu après refroidissement rapide (la trempe) est le clinker.

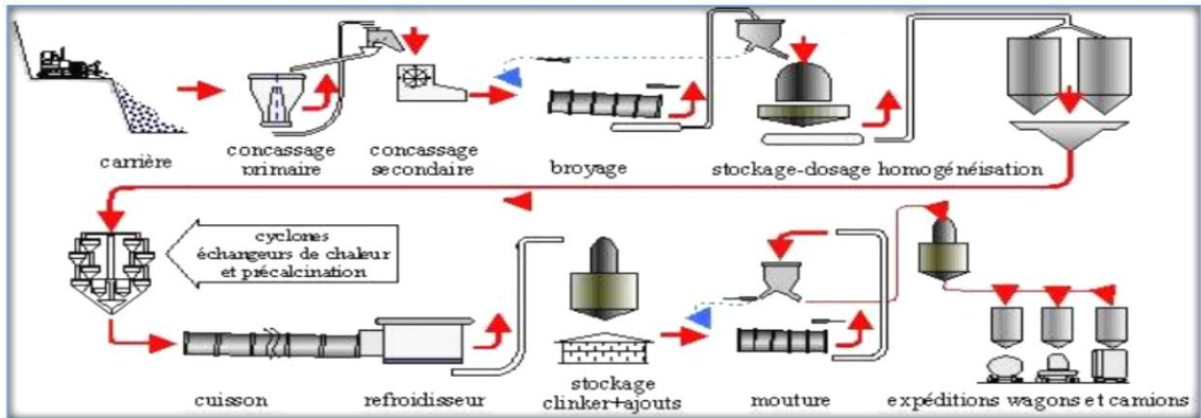


Figure II.1 : cycle de fabrication du ciment.

II.2.2-Les Constituants du ciment :

a-Clinker :

C'est un produit obtenu par cuisson jusqu'à fusion partielle (clinkérisation) du mélange calcaire plus argile, dosé et homogénéisé et comprenant principalement de la chaux (CaO) de la silice (SiO<sub>2</sub>) et de l'alumine (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Le mélange est en général constitué à l'aide de produits naturels de carrière (calcaire, argile, marne). C'est le clinker qui, par broyage, en présence d'un peu de sulfate de chaux (gypse) jouant le rôle de régulateur, donne des Portland. [3]

Les éléments simples (CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) se combinent pour donner les constituants minéraux suivants (Figure (II.2)).

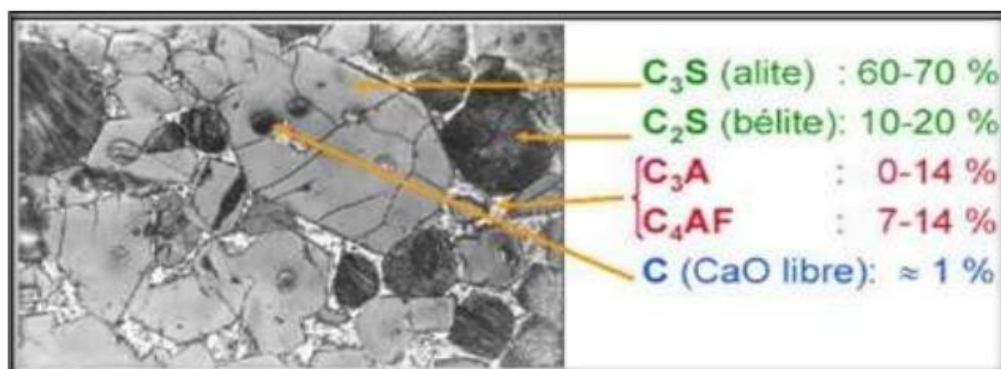


Figure II.2 : Microphotographie d'un clinker.

Les compositions chimiques et minéralogiques du clinker sont comprises dans les limites données par Le tableau- II.1 ci –dessous :

**Tableau II.1:** Composition chimique et minéralogique du clinker [4].

Composants Minéralogiques	Teneurs limites (%)	Teneur moyenne (%)
C <sub>3</sub> S	40-70	60
C <sub>2</sub> S	00-30	15
C <sub>3</sub> A	02-15	08
C <sub>4</sub> AF	00-15	08
Oxydes	-	-
CaO	60-69	65
SiO <sub>2</sub>	18-24	21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	04-08	06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	01-08	03
MgO	< 05	02
K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	< 02	01
SO <sub>3</sub>	< 03	01

***b-Le gypse(CaSO4) :***

L'addition de gypse au clinker a pour but de régulariser la prise du ciment, notamment de ceux qui contiennent des proportions importantes d'aluminate tricalcique. Grâce à ce gypse, la prise du ciment, c'est-à-dire le début de son durcissement, s'effectue au plus tôt une demi-heure après le début de l'hydratation. Sans gypse, la prise serait irrégulière et pourrait intervenir trop rapidement.

**II.2.3- Propriétés des ciments :** ce sont les caractéristiques physiques - chimiques et les caractéristiques mécaniques.

***a-Caractéristique physiques:***

***a.1-Comportement physico –chimique de la pâte :***

Le ciment est essentiellement constitué de :

- Silicate tricalcique : C<sub>3</sub>S
- Silicate bicalcique : C<sub>2</sub>S
- Aluminate tricalcique- : C<sub>3</sub>A
- Aluminoferrite tétracalcique: C<sub>4</sub>AF

Une fois la poudre de ciment mélangée à l'eau, les réactions d'hydratation se développent, il se produit alors une cristallisation qui aboutit à un nouveau système de constituants hydratés stables avec formation de cristaux en aiguilles plus ou moins enchevêtrées produisant la prise.

Cette réaction chimique accompagne d'un dégagement de chaleur plus ou moins important selon les ciments et la rapidité de prise.

#### ***a.2-Prise :***

La prise du ciment c'est-à-dire le passage de la pâte de ciment (ciment + eau) d'une consistance fluide à un état solide est une phase essentielle dans la fabrication du béton ou mortier puisqu'elle donne sa cohésion au matériau. La norme spécifie, suivant les ciments, un temps de prise minimal de :

- 1h30 pour les ciments des classes 32,5 et 32.5R.
- 1h pour les ciments des classes 42,5-42,5R-52,5-52,5R.

D'une façon générale les temps de prise sont supérieurs à ces valeurs minimales, l'ordre de grandeur étant de 2h 30 à 3h30 pour la grande majorité des ciments, ces valeurs s'entendant pour une température ambiante de 20°C

#### ***a.3-Durcissement :***

Une fois la prise amorcée, le phénomène l'hydratation se poursuit, c'est la période de durcissement rapide qui se poursuit pendant des mois voire des années au cours desquelles les résistances mécaniques continuent de croître.

Lorsqu'on désire un durcissement rapide, on choisit des ciments de classe élevée et de préférence de classe « R » c'est-à-dire ayant la caractéristique complémentaire. « Rapide ». Il est également possible d'utiliser du ciment alumineux fondu CA, qui après quelques jours a atteint la quasi-totalité de sa résistance [5].

#### ***a.4-Chaleur d'hydratation :***

La dissolution des différents constituants est exothermique et selon leurs pourcentages relatifs, le dégagement de chaleur est donc plus ou moins important, c'est le cas par exemple des ciments riches en C<sub>3</sub>A que l'on s'intéresse à les temps chaud. Suivant les ciments, cette chaleur est comprise à 12 heures, approximativement, entre 65 j/g par exemple pour certains CHF-CEM III/B et 300 j/g pour certains CPA-CEM I.

***a.5-Finesse de mouture :***

La finesse de mouture, également appelée finesse Blaine, exprimée en  $\text{cm}^2/\text{g}$ , représente la surface spécifique ou surface développée d'une masse de 1kg de ciment. Elle est d'une façon générale, comprise entre 3000 et 3500  $\text{cm}^2/\text{g}$ , certains ciments prompts naturels « CNP » ont un Blaine supérieure à 4500  $\text{cm}^2/\text{g}$  [5].

Plus la finesse est grande, plus les résistances sont précoces et élevées, mais par contre, plus les risques de retrait et par conséquent de fissuration ainsi que d'éventement du Ciment sont accrus.

***a.6-Retrait :***

Lorsque l'élément du béton ou mortier se trouvera dans une atmosphère ayant une humidité relative inférieure à celle d'équilibre de l'élément, les dimensions de ce dernier diminuent ; **c'est le retrait.**

On mesure le retrait sur des éprouvettes prismatiques de mortier de  $4 \times 4 \times 16$  cm, conservées dans l'air à une température de  $20\text{C}^\circ$  et une hygrométrie de 50%. [5].

Les principaux paramètres agissant sur le retrait sont :

- La nature du ciment.
- La finesse de mouture.
- Le dosage en ciment, dans le béton.
- Le dosage en eau.
- La propreté et nature des granulats.

***a.7-Gonflement***

Si l'élément se trouve dans une atmosphère à humidité relative supérieure à celle d'équilibre de l'élément, les dimensions de ce dernier augmentent, c'est le gonflement. Ce qui entraîne l'apparition des tensions internes.

***b - caractéristiques mécaniques des ciments courants :***

Les ciments courants sont classés en fonction de leurs résistances mécaniques à la compression exprimées en MPa à 28 jours, la norme spécifiant une limite inférieure et une limite supérieure dont les valeurs sont les suivantes :

**Tableau II.2:** caractéristique mécanique des ciments courants [5].

Classe de ciment	Résistance à 2 jours (MPa)	Résistance minimale à 28 jours (MPa)	Résistance maximale à 28 jours (MPa)
32.5	-	≥ 32.5	≤ 52.5
32.5 R	≥ 13.5	≥ 32.5	≤ 52.5
42.5	≥ 12.5	≥ 42.5	≤ 62.5
42.5 R	≥ 20	≥ 42.5	≤ 62.5
52.5	≥ 20	≥ 52.5	-
52.5 R	≥ 30	≥ 52.5	-

**II.2.4-L'hydratation du ciment :**

L'hydratation du ciment fait intervenir les réactions de ses constituants avec l'eau de gâchage. Les anhydres du ciment vont réagir avec l'eau du gâchage pour former des hydrates. Ces anhydres se sont principaux minéraux de clinker purs cités auparavant.

Les anhydres et les hydrates cités dans ce paragraphe sont résumés dans le tableau II.3. [6]

**Tableau II.3:** Les anhydres et les hydrates de ciment

Notation abrégée	Formule chimique en oxyde	Dénomination
C <sub>3</sub> S	(CaO) <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub>	Silicate tricalcique
C <sub>2</sub> S	(CaO) <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub>	Silicate bicalcique
C <sub>3</sub> A	(CaO) <sub>3</sub> -AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Aluminate tricalcique
C <sub>4</sub> AF	(CaO) <sub>4</sub> -AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Aluminoferrite tétracalcique
CH	Ca(OH) <sub>2</sub>	Portlandite
C-S-H	(CaO) <sub>x</sub> -SiO <sub>2</sub> -(H <sub>2</sub> O) <sub>y</sub>	Silicate de calcium hydraté
C <sub>3</sub> A.(C $\bar{S}$ ) <sub>3</sub> .H <sub>32</sub>	(CaO) <sub>6</sub> - AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -(SO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> -(H <sub>2</sub> O) <sub>32</sub>	Ettringite ou « Aft »
C <sub>3</sub> A.(C $\bar{S}$ ) <sub>3</sub> .H <sub>12</sub>	(CaO) <sub>6</sub> - AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -(SO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> -(H <sub>2</sub> O) <sub>12</sub>	Monosulfoaluminate de calcium hydraté ou « Afm »
C <sub>2</sub> AH <sub>8</sub>	(CaO) <sub>2</sub> -AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -(H <sub>2</sub> O) <sub>8</sub>	Aluminate dicalcique hydraté
C <sub>3</sub> AH <sub>6</sub>	(CaO) <sub>3</sub> -AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub>	Aluminate tricalcique hydraté
C <sub>4</sub> AH <sub>13</sub>	(CaO) <sub>4</sub> -AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -(H <sub>2</sub> O) <sub>13</sub>	Aluminate tétracalcique hydraté

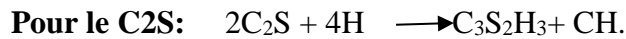
**II.2.5 -Hydratation des composants du ciment portland :**

**a. - Hydratation des silicates :**

Au contact de l'eau, les silicates tricalciques (C<sub>3</sub>S) et les silicates bicalciques (C<sub>2</sub>S) se dissolvent sous forme d'ions Ca<sup>2+</sup>, OH<sup>-</sup> et H<sub>2</sub> SiO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Qui interagissent entre eux et forment des silicates de calcium hydratés (C-S-H) et de la portlandite (Ca (OH)<sub>2</sub>). Ces réactions sont

exothermiques et peuvent servir de catalyseur à la réaction d'hydratation. Dans le cas du C<sub>2</sub>S, la cinétique d'hydratation est plus lente et la quantité de Portlandite formée est plus faible [7].

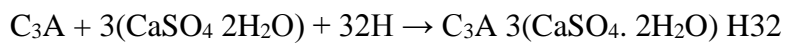
À titre indicatif, les équations des réactions d'hydratation des silicates peuvent s'écrire :



***b- Hydratation des aluminates :***

L'aluminate tricalcique est le composé du ciment le plus réactif avec l'eau. C'est parce que l'hydratation des aluminates est très rapide que les cimentiers ajoutent du sulfate sous forme de gypse au clinker pour contrôler ces réactions [7].

***c- Hydratation de l'aluminate tricalcique C<sub>3</sub>A :*** La réaction est donnée par:



***d- Hydratation de L'aluminoferrite tétracalcique C<sub>4</sub>AF :***

Le C<sub>4</sub>AF réagit avec le gypse avec un mode semblable que celui de C<sub>3</sub>A, mais dans ce cas, la réaction est beaucoup plus lente.

***II.3- Ciment blanc :***

Le ciment blanc est un ciment Portland, il est fabriqué à partir des matières premières brutes particulièrement choisies qui sont généralement la craie pure et l'argile blanche (kaolin) contenant de très petites quantités d'oxyde de fer et d'oxyde de manganèse.

Le ciment blanc est fréquemment choisi par les architectes pour son utilisation dans la fabrication du béton Blanc, blanc cassé ou coloré, qui sera exposé, à l'intérieur ou à l'extérieur des édifices, au regard du public. [ 8 ]

Il est bien connu que la fabrication du ciment blanc exige un contrôle rigoureux et précis durant l'ensemble des étapes du processus technologique afin d'empêcher la contamination du produit avec le fer, le manganèse, et le titane. Le ciment blanc se caractérise par une teneur extrêmement basse de C<sub>4</sub>AF (moins de 1,5%) et une teneur élevée de C<sub>3</sub>S et de C<sub>2</sub>S. La composition chimique du clinker de ciment Portland blanc en comparaison à celle du clinker du ciment gris est donnée dans le tableau II.4

**Tableau II.4** : Composition Chimique du Clinker Blanc et Gris. [ 8 ]

Composition	Clinker Gris	Clinker Blanc normal	Clinker blanc Minéralisé
SiO <sub>2</sub>	20,8	23,1	23,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,5	6,2	2,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,61	0,28	0,27
CaO	65,6	67,8	68,0
MgO	2,13	0,83	0,48
K <sub>2</sub> O	0,91	0,14	0,12
Na <sub>2</sub> O	0,19	0,05	0,04
SO <sub>3</sub>	0,87	0,89	0,65
LOI	0,24	0,5	0,9

Le processus de fabrication du ciment blanc est tout à fait semblable à celui du ciment portland gris. Le processus inclut le choix des matières premières, la préparation du mélange cru, la cuisson du clinker, le blanchiment et le refroidissement et le broyage. La production se fait selon des conditions précises, qui sont contrôlées à chaque étape, afin d'éviter les contaminations possibles et les changements peu désirés.

Cependant, la principale différence technologique réside dans la combinaison du refroidissement et du blanchiment, nécessaires pour améliorer la blancheur du ciment et garantir l'homogénéité de la couleur.

### ***II.3.1-Choix des matières premières :***

Puisque la composition chimique du ciment blanc exige l'absence de C<sub>4</sub>AF, la pureté des sources d'approvisionnement du silicium, calcium et l'aluminium est une exigence essentielle pour fabriquer le ciment blanc de haute qualité.

Pour le grade élevé du ciment blanc, le calcaire doit contenir moins de 0,15% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et moins de 0,015% de MnO; l'argile (kaolin) doit contenir 65-80% de SiO<sub>2</sub>, pas plus de 1% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, moins de 0,8% de TiO<sub>2</sub> et seulement des traces de MnO. Généralement, le kaolin approprié contient 70-73% de SiO<sub>2</sub>, 18-20% de l'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,4-1% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, et 0,8% de TiO<sub>2</sub> et sans aucune trace de MnO. Le sable de quartz doit contenir au moins 96% de SiO<sub>2</sub>, et 0,2% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.



Kaolin

oxyde de manganèse  $MnO$ oxyde de Fer  $Fe_2O_3$ Dioxyde de titane  $TiO_2$ Dioxyde de silicium  $SiO_2$ **Figure II.3** : Quelques Différents d'éléments minéraux.

Les kaolins sont des argiles blanches, friables et réfractaires, composées principalement de kaolinite, soit des silicates d'aluminium.

### ***II.3.2- Maîtrise de la couleur :***

La couleur des minéraux naturels dépend de la présence des éléments chromophores colorants. Le Fe, Co, Ni, Mn, Cr, Ti et le Cu sont des chromophores bien connus et responsables de la couleur minérale. Parmi eux le  $Fe^{3+}$  est le chromophore le plus puissant: il fournit une forte intensité de coloration caractérisant les nuances de rouge, de pourpre, et jaune. Le  $Fe^{2+}$  fournit des nuances de vert et de bleu et le  $Cr^{3+}$  offre des nuances de rouge ou vert.

### ***II.3.3- Propriétés physiques et mécaniques :***

Les ciments blancs doivent répondre à toutes les performances physiques et mécaniques exigées par la norme EN 197 (Ciments). Au lieu de reproduire les spécifications de cette norme.

Tableau II.5 : Résistances à la compression en MPa.

Classes	à 2 jours	à 7 jours	à 28 jours
CEM II/A-LL42.5 N	28	41	52
CEM I 42.5 N LA	25	42	57
CEM I 52.5 N LA	32	50	64
CEM I 52.5 R LA	40	-	66

❖ *Différentes applications du ciment blanc :*

**Ouvrages en béton esthétiques** : comme les éléments architecturaux tels qu'appuis de fenêtre, seuils de porte, piliers d'entrée, couronnements de murs, corniches, bandeaux, escaliers, etc. ; décoration extérieure comme allées en béton (désactivé, bouchardé, etc.), murets, bancs ...etc.

**Mortiers** : maçonnerie apparente ; – jointoiement de carrelage ; chape décorative...etc.



Chaises



linteaux



éléments des façades et toitures



Esthétique « fontaines »



éléments de revêtements



éléments colorés



Architecturale « façades »



revêtements des sols colorés



Architecturale – génie civil  
« Façades -structures »

Figure II.4 : Quelques différents domaines d'utilisations du ciment blanc.

**II.4- Sable**

On définit les sables comme étant la fraction des granulats pierreux dont les grains ont des dimensions comprises entre 80 µm et 05 mm.[09]

**II. 4.1-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 à l'origine de leurs caractéristiques physico -chimiques [10].

Les sables ainsi disponibles sont le résultat d'un processus souvent complexe d'érosions et de sédimentation. 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 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, pétro-logique et minéralogique, forme des grains, dureté.... etc. [10]

**II. 4. 2 - Propriétés physiques :**

- La masse volumique apparente est généralement comprise entre 1450 et 1650 Kg/m<sup>3</sup>
- La masse volumique absolue entre 2500 et 2700 Kg /m<sup>3</sup>.
- La granularité est déterminée par l'essai d'analyse granulométrique.

Selon l'épaisseur des grains, on distingue :

- Les sables fins : l'épaisseur est comprise entre 0.08 et 0.3 mm
- Les sables moyens : l'épaisseur est comprise entre 0.31 et 1.25 mm
- Les sables grossiers : l'épaisseur est comprise entre 1.25 et 5 mm.
- Propreté et teneur en fines : ces deux propriétés sont quantifiables par la valeur de l'équivalent de sable. [10]

**II. 4.3- Classification des sables :****a- Classification des sables selon leurs provenances :**

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

- **Sable de rivière** : il est obtenu par dragage des lits des cours d'eau. Il doit être dur et propre pour qu'on puisse l'utiliser dans les bétons.
- **Sable de mer** : il provient des côtes de la mer. Pour l'utiliser dans les bétons, il faut qu'il ne soit pas trop fin et qu'il soit lavé de son sel.
- **Sable de carrière** : il contient souvent de l'argile qui enrobe les grains et les empêche d'adhérer aux liants.
- **Sable artificiel** : il est obtenu par concassage des roches (calcaire durs, grès...). Pour qu'il soit utilisable dans les bétons, il faut limiter le pourcentage des fines.
- **Sable de dune** : C'est un sable très fin, qu'on retrouve un peu partout au Sahara. [11]

**b- Classification des sables 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. [11]

**II. 4.4-Sable de concassage :**

Granulats fins de calcaire, de grès ou de porphyre dont les dimensions se situent entre 0 et 6 mm. [12]

**a- les applications du sable concassé :**

Les sables de concassage se composent de la fraction fine de granulats provenant du concassage et du criblage de pierres et de roches naturelles. Leurs dimensions se situent entre 0 et 6 mm. Le taux de particules inférieures à 63 microns présentes dans les sables est fonction du processus de fabrication. Des taux particulièrement bas conviennent mieux à certaines applications alors que d'autres demandent un minimum de fines particules.

Les sables de concassage sont disponibles dans les carrières (calcaire, grès et porphyre), L'utilisation des sables est déterminée par la dimension des grains et les caractéristiques

intrinsèques (mécaniques et chimiques) de la roche dont ils proviennent. En règle générale, ils utilisent pour des sous-fondations et fondations, dans des applications liées au ciment par exemple du béton, et pour la production de mélanges bitumineux.

Les sables sont des produits d'érosions des roches que l'on extrait en carrières dans des dépôts sédimentaires ou dans les lits des rivières. Ce sont des sables roulés adaptés à la réalisation d'enduits car plus faciles à talocher que le sable concassé. [12]

### **II. 5- Les adjuvants :**

Un adjuvant est un produit d'addition destiné à renforcer d'une manière définitive certaines qualités ou améliorer certaines caractéristiques d'un béton hydraulique. [13]

Aussi, Les adjuvants sont des produits solubles dans l'eau, qui incorporés aux bétons à des doses qui doivent être inférieures ou égale à 5% du poids du ciment permettant d'améliorer certains de ses propriétés. [14]

Ils fournissent au formulateur de béton une gamme étendue, variée et nuancée de possibilités pour faciliter la mise en œuvre des bétons, adapter leur fabrication par temps froid ou chaud, réduire les coûts de mise en œuvre, améliorer les propriétés des mortiers / bétons durcis, voire même lui conférer des propriétés nouvelles. Il existe plusieurs types d'adjuvant qui sont régis par la norme NF EN 934-2, mais ceux qui conditionnent l'ouvrabilité du béton sont les **super-plastifiants**.

Ces produits ont une influence sur la mise en œuvre du mortier ou sur les réactions chimiques générées par la liaison du mortier.

On peut classer ces adjuvants en trois principaux groupes agissant sur des propriétés différentes :

- le degré d'hydratation avec les retardateurs de prise.
- la maniabilité et la porosité avec les rétenteurs d'eau et les super plastifiants.
- la résistance vis-à-vis du gel-dégel avec les entraîneurs d'air.

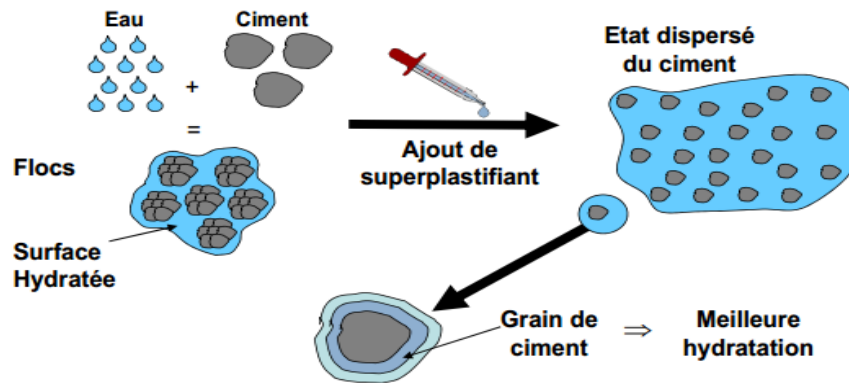
❖ Parmi les divers adjuvants du béton on peut citer :

\*Les plastifiants et super plastifiants ou hauts réducteurs.

\* Les entraîneurs d'air.

\* Accélérateur de prise et de durcissement.

- \* Retardateur de prise.
- \* Agent de cure interne.
- \* Antigél.
- \* Inhibiteur de corrosion.
- \* Agent réducteur de bullage.
- \* Agent hydrophobe.
- \* Hydrofuge de masse.
- \* Accélérateur de durcissement.



**Figure II.5** : Mécanisme des floculations avec et sans super-plastifiants.

## II.6- L'eau

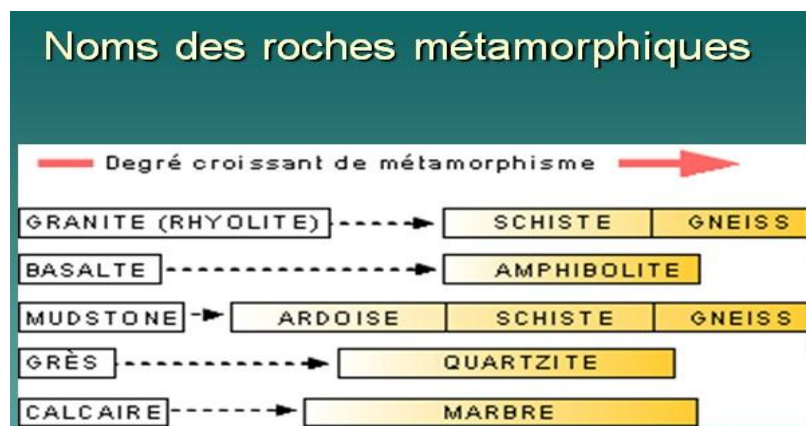
L'eau est un des ingrédients essentiels du béton, elle intervient à toutes les étapes de la vie du matériau par ses propriétés physico-chimiques et mécaniques. L'eau introduite dans le béton/mortier lors de sa fabrication va remplir deux fonctions essentielles : **une fonction physique** qui confère au béton/mortier frais des propriétés rhéologiques permettant son écoulement et son moulage et **une fonction chimique** qui contribue au développement de la réaction d'hydratation. L'aspect fondamental du dosage en eau reste celui de la recherche d'un optimum sur un objectif contradictoire : une meilleure résistance obtenue en réduisant la quantité d'eau et une amélioration de l'ouvrabilité en augmentant la teneur en eau. C'est lors de la recherche de cet optimum que les adjuvants peuvent jouer un rôle.

Le rapport E/C est un critère important des études de béton, c'est un paramètre essentiel de l'ouvrabilité du béton et de ces performances : résistance à la compression, durabilité.

Toutes les eaux ne peuvent pas être utilisées pour gâcher le béton. Certes, l'eau potable distribuée par le réseau du service public est toujours utilisable mais, de plus en plus souvent, nous sommes placés devant la nécessité d'utiliser une eau non potable. La norme XP P 18-303 [Afnor, 2002], a permis de préciser à quelles conditions une eau est utilisable. [15]

**II.7-Le Marbre :**

Le marbre est une roche métamorphique dérivant d'un calcaire ou d'une dolomie sédimentaire ayant été transformée généralement par métamorphisme régional ou plus rarement par métamorphisme de contact. Dans ce processus de transformation de la roche originelle, les structures sédimentaires sont effacées et la roche carbonatée recrystallise en un amas de cristaux de calcite et/ou de dolomie engrenés de dimensions millimétriques à centimétriques. Les intercalations argileuses, les minéraux détritiques ou les oxydes minéraux présents dans le carbonate originel donnent alors au marbre diverses colorations et veinages polychromes du plus grand effet esthétique. [16].



**Figure II.6 :** Transformations de quelques minéraux - métamorphisme

**II.8- Les additions « les ajouts » :**

**II.8.1 - Définition des additions :**

Dans le domaine du génie civil, le terme « Addition » désigne, à partir des années 1990 une catégorie de produits minéraux utilisés dans la confection des bétons et des mortiers. La plus récente norme européenne EN 206 -1 (septembre 2004), définit les additions comme matériaux minéraux finement divisés et pouvant être ajoutés au béton pour améliorer certaines de ses propriétés ou pour lui conférer des propriétés particulières.

❖ Elle spécifié également qu'il existe deux types d'additions :

- les additions quasiment inertes (type I)
- et les pouzzolanes ou additions à caractère hydraulique latent (type II).

**II.8. 2- Les types des additions :**

**a-Addition type II (Les ajouts minéraux actifs) :** les plus courants utilisé sont les pouzzolanes, La fumée de silice, Le laitier de haut fourneau, Les cendres volantes.

**a.1- La pouzzolane** : Les pouzzolanes sont des matériaux, naturels ou artificiels.

- ✓ **Pouzzolane naturelle** : Est un produit d'origine volcanique essentiellement composé de silice, d'alumine et d'oxyde de fer ayant naturellement des propriétés pouzzolanique.
- ✓ **Pouzzolane artificielle** : C'est une matière essentiellement composée de silice, d'alumine et d'oxyde de fer ayant subi un traitement thermique pour lui assurer des propriétés pouzzolaniques. Les roches traitées thermiquement : argiles, schistes, latérite, bauxite.

**a.2- La fumée de silice** : Les fumées de silice sont des particules très fines (taille moyenne des graines environ 1µm) présentant une très forte teneur en silice amorphe. Elles proviennent de la réduction de quartz de grande pureté par du charbon dans les fours à arc électrique utilisés pour la production de silicium et d'alliage Ferro silicium.

**a.3- Le laitier de haut fourneau** : Ou le laitier broyé comme il voudrait peut-être mieux l'appeler est un sous-produit de la fabrication de la fonte brusquement refroidi par aspersion d'eau, c'est un matériau comporte de l'oxyde de calcium dans des proportions de l'ordre de 40 à 50 %, de la silice entre 25 à 35%, de l'alumine entre 12 à 30% ainsi que la magnésie et d'autres oxydes en très faibles quantités, tous ces éléments étant pratiquement les mêmes que ceux du clinker.

**a.4- Les cendres volantes** : Les cendres volantes sont des poudres fines constituées principalement de particules vitreuses de forme sphérique, issues de la combustion du charbon pulvérisé en présence ou non de CO<sup>-</sup>combustibles, ayant des propriétés pouzzolaniques et composées essentiellement de SiO<sub>2</sub> et de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ; la proportion de SiO<sub>2</sub>réactive constituant au moins 25 % de la masse. [17]

***b-Addition type I (Les ajouts minéraux inertes) :***

Les additions calcaires conformes à la norme NF P 18 508.

Les additions siliceuses conformes à la norme NF P 18 509.

Les fillers « fillers siliceux de classe B, C » conforme à la norme NF P 18 501.

Avant 1994 les additions sont plutôt désignées par le terme « ajout ». Ce terme était beaucoup plus utilisé pour les ciments et les ajouts étaient introduits en substitution partielle du clinker lors de la fabrication du ciment. Par contre le terme « additions » était utilisé pour désigné un apport ou une substitution du ciment par des ajouts lors de la formulation de béton au même titre que les autres constituants du béton (granulats, eau). Seules les additions utilisées dans la fabrication des ciments trouvent une définition qualitative générale dans les normes spécifiques aux ciments (NF P 15-301 1981). [17]

Actuellement le terme addition selon la plus récente norme européenne EN 206 -1, seulement les additions de type I et certaines additions de type II, sont répertoriées et font l'objet d'ajout au ciment ou au béton.

Le terme addition était beaucoup plus associé à l'adjectif ajout minéral. Plusieurs produits qui correspondent à la désignation « additions » pour béton peuvent être considérés comme fines, poudres minérales ou encore récemment **fillers**.

### **II.8.3-Les fillers calcaires :**

Sont des produits obtenus par broyage fin de roches naturelles (calcaires, basalte, bentonite, etc.) Présentant une teneur en carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  supérieure à 75%. Ces produits désignés dans le commerce comme fillers sont des poudres fines à granulométries contrôlées et dont les plus gros grains ne dépassent pas 80  $\mu\text{m}$ .

Les fillers se différencient les uns des autres par :

- ✓ Leur origine, leurs compositions chimiques et minéralogiques, leurs défauts de structure, les impuretés qu'ils contiennent.
- ✓ Leur finesse, la forme des grains, leur état de surface.
- ✓ Leur dureté, leur porosité.

Un filler est dit calcaire s'il contient au moins 90% de carbonate de calcium. Dans les autres cas, le filler est désigné par le nom de sa roche d'origine.

### **II.8.4- Les principaux effets des additions dans les matériaux cimentaires :**

De par leur réactivité en présence de ciment et leur finesse les additions minérales provoquent des modifications significatives dans les propriétés des matériaux cimentaires.

#### **a - L'effet filler :**

L'effet « filler » appelé aussi effet « granulaire » est par définition l'incorporation d'addition minérale dans un matériau cimentaire en mesure de modifier le squelette granulaire du mélange. L'incorporation d'une addition minérale peut avoir des conséquences favorables et compenser un déficit en particules fines dans la mesure où les particules parviennent à remplir d'une partie du volume des vides du squelette granulaire et libérer l'eau contenue dans les pores. Si la quantité d'eau est réduite. Pour conserver la même maniabilité, alors la résistance mécanique peut s'améliorer. Cet accroissement de la résistance est appelé « **l'effet filler** ».

***b - L'effet physico-chimique et microstructurale :***

L'effet physico-chimique et microstructural appelé aussi effet physique de surface concerne les modifications induites par les multiples interactions entre les particules d'additions minérales et le processus d'hydratation du ciment et sur la structuration des produits hydratés. [17]

***c - L'effet chimique :***

L'effet chimique concerne la capacité des additions, caractérisées par des propriétés pouzzolaniques et/ou hydrauliques, à réagir avec l'eau et les constituants anhydres ou résistance mécanique au même titre que les produits hydratés du ciment pour former de nouvelles phases minérales qui contribuent à la résistance mécanique au même titre que les produits hydratés du ciment.

***II.8.5-. Intérêt d'utilisation des ajouts minéraux :***

L'utilisation d'ajouts minéraux dans les industries du ciment et du béton présente des avantages techniques, économiques et environnementaux.

***a - Intérêt des points de vue techniques :***

- \* L'incorporation de particules très fines permet d'améliorer sa maniabilité.
- \* Les ajouts cimentaires améliorent généralement la résistance mécanique, l'imperméabilité et la ténacité aux attaques chimiques.

***b -Intérêt des points de vue économiques :***

- \* Le ciment est un grand consommateur d'énergie, son remplacement par des ajouts minéraux réduit le prix du béton en utilisant moins de combustible.

***c - Intérêt des points de vue environnementaux :***

- \* La production d'une tonne de ciment Portland libère dans l'atmosphère une quantité quasi équivalente de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>). En effet, la substitution d'une fraction de clinker permet d'obtenir des ciments aux propriétés mécaniques exploitables, ce qui permet une diminution de rejets de CO<sub>2</sub>.

***II.8.6. Intérêt d'utilisation des ajouts minéraux dans le génie civil :***

- \* L'introduction des ajouts dans la confection du ciment présente un facteur bénéfique car la consommation en clinker baisse en fonction des taux d'ajouts, est aussi La réaction pouzzolanique étant à base de produits de faible coût et la durabilité est garantie. [18] \* Des

sous-produits industriels tels que les cendres volantes et fumées de silice sont des déchets d'usine.

\* Les pouzzolanes naturelles n'est pas nécessaire de les pulvériser ou de les soumettre à un traitement thermique avant de s'en servir. Pour des raisons d'épargne d'énergie, il y a tout lieu de croire que l'utilisation de ces matériaux se poursuivra et se développera de plus en plus.

- L'utilisation des fillers calcaires est généralement favorable à l'amélioration de la maniabilité d'un mortier ou d'un béton. Il est alors possible de réduire la quantité d'eau du mélange, entraînant en répercussion une hausse de la résistance : **c'est l'effet filler**. [19].

- Cependant, le prix de ces additions est relativement élevé comparativement aux additions calcaires et siliceuses. D'autant plus que dans les granulats et notamment le sable produit par concassage, les fillers peuvent déjà exister.

### **II.9 - La porosité :**

La porosité est le rapport du volume vide au volume total.  $P = \frac{V_v}{V_t}$ .

Cette porosité gouverne de nombreuses propriétés du béton/mortier : Presque toutes les caractéristiques mécaniques, Ainsi plus la porosité diminue, plus la résistance à la compression augmente et plus la perméabilité diminue. [20]

L'approche LCPC développée en France au LCPC par **Larrard et Sedran** est basée sur le modèle d'empilement compressible qui passe par l'optimisation de la porosité du système formé par les grains solides, d'après les auteurs, un arrangement optimal du squelette granulaire permet d'obtenir une meilleure résistance et une plus grande ouvrabilité. Le modèle permet de prévoir la compacité du squelette granulaire à partir des caractéristiques des constituants telles que la densité apparente, les proportions du mélange, les distributions granulaires et la compacité propre. Les auteurs ont modélisé le comportement à l'état frais du béton à partir de la compacité de son squelette granulaire. [20]

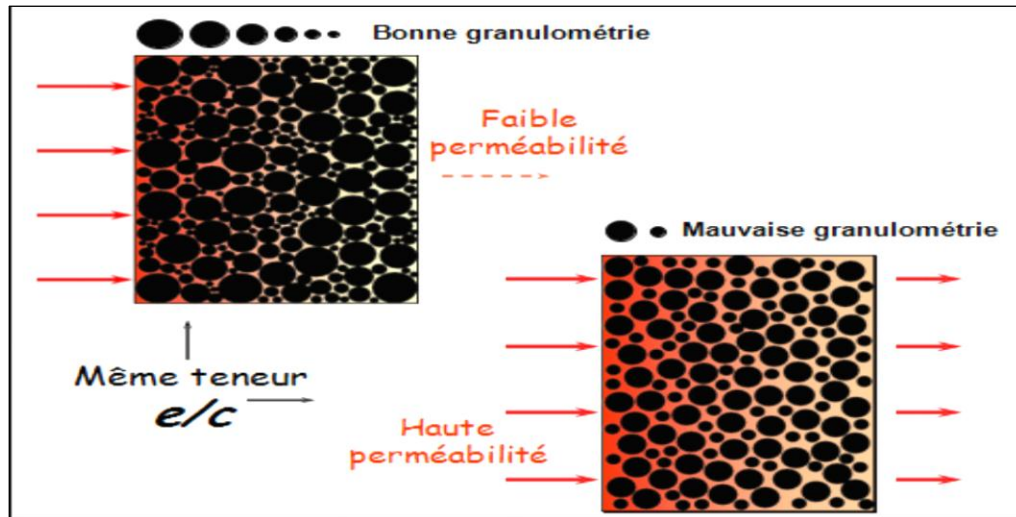
#### **II.9.1 -pour diminuer la perméabilité :**

##### **01- Réduction de la quantité de pâte :**

- Diminuer le rapport E/C « dosage en ciment constant, la réduction du rapport E/C diminue la quantité de pâte, donc la porosité totale.

- Améliorer la composition granulométrique « Améliorer la répartition granulométrique des granulats réduit le volume de la pâte, et donc la porosité totale. »

**02- Améliorer la qualité de la pâte :** - Une diminution du rapport E/C améliore la qualité de la pâte, réduit la porosité totale, réduit la connectivité, et augmente le resserrement et la tortuosité.



**Figure II.7 :** L'amélioration de la granulométrie réduit le volume de la pâte, et la porosité.

### II.9.2- La réduction de la porosité dépend de la mise en œuvre du béton :

- dosage en ciment adéquat.
- une faible teneur en eau.
- une granulométrie optimale.

**La durabilité du béton** est en relation directe avec la pénétration des agents agressifs dans le réseau poreux du béton. La structure poreuse des bétons/mortiers est constituée de pores, capillaires et de pores d'hydrates.

- ❖ - Les cinq (05) principales causes physico-chimiques de dégradation du béton sont :
  - La carbonatation,
  - L'attaque par les chlorures,
  - L'attaque par les sulfates,
  - Les cycles gel-dégel,
  - L'alcali-réaction.

**II.10-Pigments de coloration « Les colorants » :****II.10.1- Définition :**

Les pigments sont des éléments fins dont le but est de modifier la teinte des mortiers et des bétons dans lesquels ils sont dispersés. Ils se présentent soit sous forme liquide, soit en poudre. Leur dosage, exprimé en pourcentage du poids du ciment, doit être compris entre 3 et 6% quand ils sont associés à un ciment gris, et 3 % quand ils sont associés au ciment blanc.



**Figure II.8 :** Un échantillon des pigments « poudres »

**II.10.2-Qualités et propriétés des pigments pour bétons apparent :**

- Stabilité chimique vis-à-vis du ciment, des granulats et des adjuvants.
- Insolubilité dans l'eau.
- Insensibilité à la lumière.
- Insensibilité aux températures extrêmes auxquelles est soumis le béton.
- Pouvoir colorant suffisant pour limiter le dosage en pigment. Un fort pourcentage de Pigment risque d'affecter les résistances mécaniques du béton.

**II.10.3 -Différentes variétés de pigments :**

**a.1 –Pigments de synthèse :** Ce sont principalement des oxydes de fer, chrome, cobalt ou titane. Choisir des oxydes purs de préférence aux mélanges colorants plus chargés. Rechercher des pigments à fort pouvoir colorant (le pouvoir colorant dépend non seulement de la nature et de la pureté du pigment mais aussi des finesses et de son pouvoir de dispersion).

**a.2- -Pigments naturels :** Ce sont des «terres» colorées naturellement par des oxydes ou hydroxydes métalliques (fer notamment). Les plus connus sont les ocres. Il existe des pigments naturels convenablement traités et affinés qui donnent de bons résultats tant esthétiques que techniques. Leur pouvoir colorant, en revanche, sera toujours inférieur à celui

des oxydes purs. On s'assurera au près du producteur de la qualité de ses installations de traitement et de contrôle et on respectera ses indications en matière de mise en œuvre.[21]

### ***II.11 -Les déchets***

Un déchet et un résidu d'un processus de fabrication, de production, de transformation ou d'utilisation, ou il s'agit d'une substance, d'un matériau d'un produit ou d'un quelconque bien meuble abandonné ou ben dès trié à être.

#### ***II.11.1- Les principaux objectifs d'utilisation des déchets :***

- Réduire la production des déchets. (solides- poussière de marbre )
- Valoriser les déchets par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie
- Assurer l'information du public sur les effets pour l'environnement et la santé publique. [22]

- **CONCLUSION :**

Cette partie théorique nous permet de conclure que le mortier est un matériau hétérogène dont le choix des composants est en fonction des critères qui lui sont recherchés. Ces critères sont essentiellement les résistances mécaniques, la fluidité, elles dépendent de la porosité et de la qualité et des composants. Même d'apprécier le recyclage des déchets, qui est une actualité mondiale très importante.

# **Chapitre III:**

## ***Caractéristiques des matériaux utilisés***

**CHAPITRE III : Caractéristiques des matériaux utilisés****Introduction :**

Nous présenterons dans ce chapitre, les principales caractéristiques des matériaux utilisés pour la confection du mortier comme suit :

- ✓ Le sable de dune et de fraction (0/5) de la région d'Oued Souf (Djamaa).
- ✓ Le sable concassé (sable de marbre) provenant de l'unité de transformation de marbre (SETIF).
- ✓ Fillers de marbre (poudre) provenant de l'unité de transformation de marbre (SETIF).
- ✓ Le ciment EL MALAKI de la cimenterie LAFARGE de Hammam Dhalàa.
- ✓ L'adjuvant : **MEDALAST SP 40** (super-plastifiant) de la société Granitex - Alger.
- ✓ L'eau potable du laboratoire de l'université de Bordj Bou Arreridj.

**III.1. Les principales caractéristiques des matériaux utilisés :**

Les matériaux ont été soumis à plusieurs essais au laboratoire de Génie civil de l'université de M'Sila et l'université de Bordj Bou Arreridj suivant les normes algériennes **NA**, européenne **EN** et françaises **AFNOR**.

❖ Masse volumique absolue des granulats.....	NF P 18-555
❖ Masse volumique absolue des fillers.....	NF P 18-558
❖ Teneur en et degré d'absorption d'eau .....	NF P 18-555
❖ Masse volumique apparent.....	NF P 18-554
❖ Porosité, compacité et indice des vides.....	NF P 18-554
❖ Equivalent de sable.....	NF P 18-598
❖ Analyse granulométrique.....	NF P 18-560
❖ Ciment.....	NA 442
❖ Les adjuvants.....	NF EN 934-2
❖ Eau de gâchage.....	NF P 18-303

**III.1.1. Caractéristique physique des matériaux utilisés :**

Les principales caractéristiques physiques des matériaux utilisés sont données brièvement comme suite :

**A. Sables et filler :** les analyses effectuées sur les différents sables et filler de marbre regroupées dans les tableaux suivants :

**a- La Masse volumique, porosité, compacité et indice des vides :**

- ❖ **Masse volumique :** on cite les trois essais de la masse volumique :
  - **Masse volumique (absolue) :** C'est la masse de l'unité de volume de la substance, c'est-à-dire le rapport entre sa masse et son volume absolu.
  - **Masse volumique apparente à l'état lâche :** C'est la masse du matériau par unité de volume y compris des vides existant entre les grains.
  - **Masse volumique apparente à l'état compact :** C'est la masse du matériau par unité de volume après compactage compris les vides restant entre les grains. Généralement elle est supérieure à la masse volumique à l'état lâche.
  
- ❖ **Porosité :** C'est le volume des vides entre les grains du sable.
  
- ❖ **Compacité :** La compacité d'un matériau est une proportion de son volume réellement occupé par la matière solide qui le constitue, c'est-à-dire le rapport du volume absolu des grains au volume apparent du matériau.
  
- ❖ **L'indice des vides :** L'indice des vides est le rapport entre le volume du vide et le volume de solide.

**Tableau N° III.1:** caractéristiques physiques du sable de dune, sable concassé et fillers de marbre.

Dénomination	Masse volumique			Porosité (%)		Compacité (%)		indice des vides (e)	
	Absolue	Apparente		Etat lâche	Etat compact	Etat lâche	Etat compact	Etat lâche	Etat compact
		Etat lâche	Etat compact						
S. de dune (0/5)	2,54	1,58	1,67	37,68	34,13	62,33	65,87	0,60	0,52
S. concassé (0/5)	2,63	1,62	1,78	38,42	28,38	61,58	67,62	0,62	0,48
Fille de marbre <80µ	2,70	1,67	1,71	38,04	36,67	61,96	63,33	0,61	0,57

**Tableau N°III.2 :** caractéristiques physiques du sable de dune avec l’ajout de filler de marbre.

Dénomination	Masse volumique		Porosité (%)		Compacité (%)		indice des vides (e)		
	Absolue	Apparente		Etat lâche	Etat compact	Etat lâche	Etat compact	Etat lâche	Etat compact
		Etat lâche	Etat compact						
SD+ 5% de filler	2,48	1,57	1,76	36,72	29,22	63,28	70,75	0,58	0,41
SD + 10 % de filler	2,42	1,58	1,77	34,89	26,74	65,11	73,26	0,54	0,37
SD + 15 % de filler	2,38	1,58	1,79	33,60	24,67	66,40	75,33	0,50	0,33
SD + 20 % de filler	2,48	1,56	1,76	37,37	28,51	62,63	71,49	0,59	0,40
SD + 25% de filler	2,50	1,53	1,76	38,79	29,76	61,21	70,24	0,63	0,42
SD + 30% de filler	2,40	1,34	1,73	44,01	27,75	55,99	72,24	0,79	0,38

**Tableau N° III.3 :** caractéristiques physiques du sable mixte.

Dénomination	Masse volumique		Porosité (%)		Compacité (%)		indice des vides (e)		
	Absolue	Apparente		Etat lâche	Etat compact	Etat lâche	Etat compact	Etat lâche	Etat compact
		Etat lâche	Etat compact						
Sable mixte (80% SD+20%SC)	2,63	1,62	1,77	38,51	33,11	61,49	66,89	0,63	0,49
Sable mixte (60%SD+40%SC)	2,67	1,62	1,78	39,24	33,37	60,76	66,63	0,65	0,50
Sable mixte (50% SD+50%SC)	2,72	1,63	1,79	40,12	34,29	59,89	65,71	0,67	0,52
Sable mixte (40% SD+60%SC)	2,64	1,62	1,77	38,88	33,16	61,12	66,84	0,64	0,50
Sable mixte (20% SD+80%SC)	2,73	1,61	1,76	41,14	35,37	58,86	64,63	0,70	0,55

**Tableau N° III.4 :** caractéristiques physiques du sable mixte (80% SD+20% SC) avec l’ajout de filler.

Dénomination	Masse volumique		Porosité (%)		Compacité (%)		indice des vides (e)		
	Absolue	Apparente		Etat lâche	Etat compact	Etat lâche	Etat compact	Etat lâche	Etat compact
		Etat lâche	Etat compact						
Sable mixte (80% SD+20%SC)	2,63	1,62	1,77	38,51	33,11	61,49	66,89	0,63	0,49
Sable (80%SD+20%SC) +5% filler.	2,59	1,61	1,75	37,86	32,54	62,14	67,47	0,61	0,48
Sable (80%SD+20%SC) +10% filler	2,54	1,61	1,82	36,59	28,54	63,42	71,46	0,58	0,40
Sable (80%SD+20%SC) +15% filler	2,49	1,62	1,83	35,11	26,60	64,89	73,41	0,54	0,362
Sable (80%SD+20%SC) +20% filler	2,66	1,59	1,79	40,28	32,70	59,72	67,30	0,66	0,49
Sable (80%SD+20%SC) +25% filler	2,62	1,56	1,77	40,58	32,30	59,42	67,7	0,68	0,48

**Tableau III.5 :** Equivalent de sable, teneur et absorption d’eau du sable de dune.

Dénomination	Equivalent du sable		Teneur en eau W moy (%)	Absorption d’eau A moy (%)
	ESV moy (%)	ESP moy (%)		
Sable de dune (0/5)	79,14	68,17	0.38	2.83

- **Commentaire :** Le sable de dune d’Oued Souf, est un sable propre, faible pourcentage de la farine argileux convient parfaitement pour les mortiers et les bétons de haute qualité.

**b. Analyse granulométrique :** L’analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des éléments d’un matériau, elle comprend deux opérations :

- *Tamissage.*

- *Sédimentation.*

Les résultats de cette étude permettent de prévoir certaines propriétés du matériau comme la perméabilité, l’aptitude au compactage et l’utilisation comme fillers.

**b).1. Sable de dune (Djamaa) :**

**Tableau III.6 :** Analyse granulométrique du sable d'Oued Souf (Djamaa).

Tamis (mm)	Refus partiel (g)	Refus cumulés		Tamisât (%)
		(g)	(%)	
5	0,00	0,00	0,00	100,00
2,5	10,50	10,50	1,05	98,95
1,25	57,50	68,00	6,80	93,20
0,630	221,50	289,50	28,95	71,05
0,315	438,50	728,00	72,80	27,20
0,160	242,50	970,50	97,05	2,95
0,08	27,00	997,50	99,75	0,25
Fond	2,50	1000	100	00
		<i>Mf=2.07</i>		

**b).2. Sable concassé (sable de marbre) :**

Les déchets de marbre ont été soumis au traitement physique tel qu'un léger concassage et tamisage pour obtenir un sable concassé.

**Tableau III.7 :** Analyse granulométrique du sable concassé (sable de marbre).

Tamis (mm)	Refus partiel (g)	Refus cumulés		Tamisât (%)
		(g)	(%)	
5	0,00	0	0,00	100,00
2,5	233,00	233	23,30	76,70
1,25	227,00	460	46,00	54,00
0,630	184,00	644	64,40	35,60
0,315	131,00	775	77,50	22,50
0,160	93,00	868	86,80	13,20
0,08	50,00	918	91,80	8,20
Fond	82,00	1000	100	00
		<i>Mf=2.98</i>		

b).3. *Sable mixte (80% SD+20% SC) :*

Après la détermination de la porosité minimale des différents taux de sable de dune et sable concassé l'analyse granulométrique de la mixture idéale est donnée comme suit :

Tableau III.8 : Analyse granulométrique du sable mixte (80% SD+20% SC).

Tamis (mm)	Refus partiel (g)	Refus cumulés		Tamisât (%)
		(g)	(%)	
5	0,00	0,00	0,00	100,00
2,5	39,00	39,00	3,90	96,10
1,25	77,00	116,00	11,60	88,40
0,630	189,00	305,00	30,50	69,50
0,315	340,00	645,00	64,50	35,50
0,160	267,00	912,00	91,20	8,80
0,08	58,00	970,00	97,00	3,00
Fond	30,00	1000	100	00

*M<sub>f</sub>*=2.02

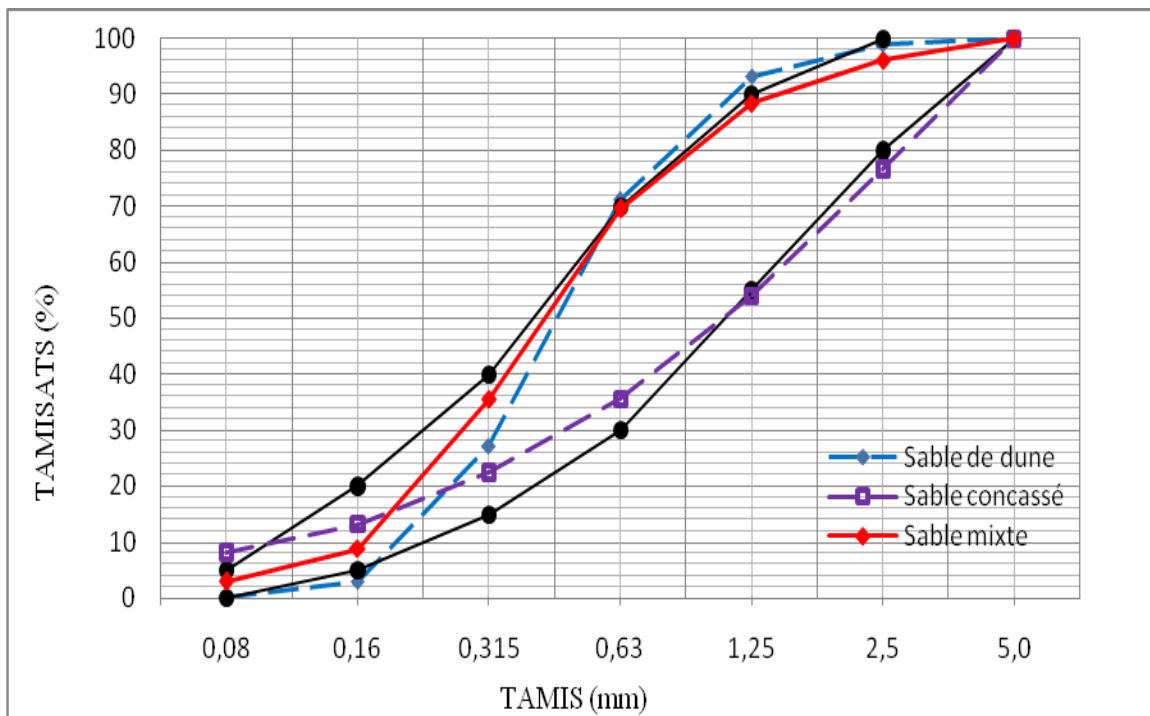


Figure III.1. Courbe granulométrique des sables.

- **Commentaire** : les courbes qui sont présentés dans la figure III.1 sont exprimées comme suite :

**1. *Sable de dune (0/5)* :**

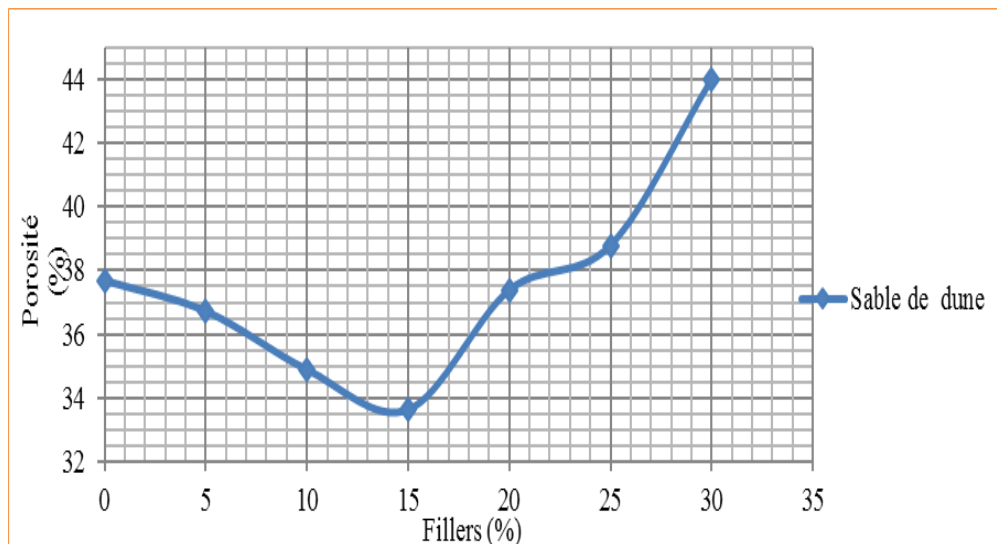
- La classe granulaire vraie du sable de dune est la classe **(0/1,25)**.
- Courbe granulométrique continuée s'insert dans le fuseau de spécification avec un excès dans les éléments fins entre fraction (0,63/2,5mm).
- Le module de finesse *MF* égale à 2,07 ; donc est un sable fin.

**2. *Sable concassé- sable de marbre (0/5)* :**

- La classe granulaire vraie du sable concassé est la classe **(0/5)**.
- La courbe granulométrique est continuée s'insert dans le fuseau de spécification au seuil minimal.
- Le module de finesse *MF* égale 2,97 ; donc est un sable grossier.

**3. *Sable mixte (80% SD+20% SC)*:**

- La classe granulaire du sable mixte est la classe **(0/1,25)**.
- Courbe granulométrique s'insert dans le fuseau de la spécification (au seuil maximal).
- Le module de finesse du sable mixte *MF* égale 2,02 ; donc est un sable fin.



**Figure III.2.** Courbe de porosité du sable de dune en fonction des fillers de marbre.

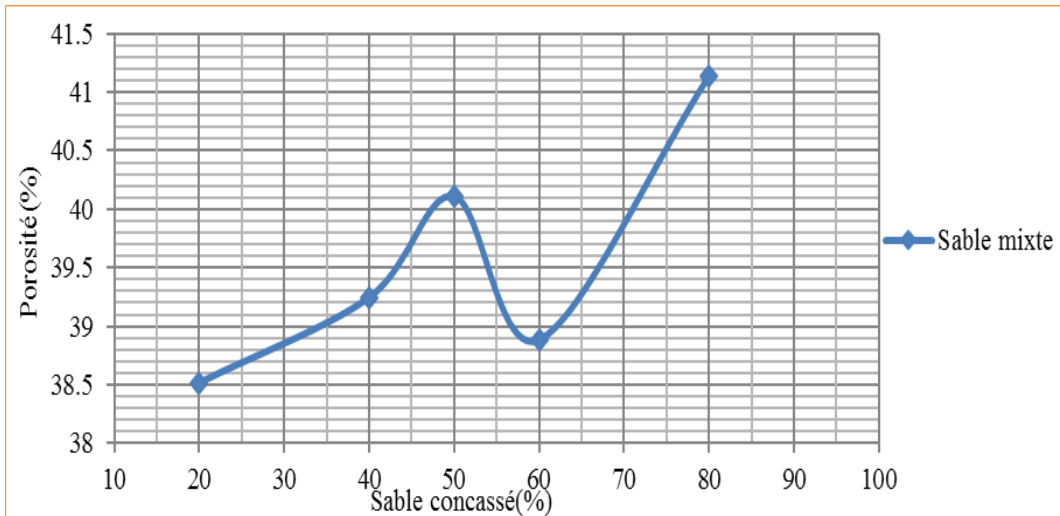


Figure III.3. Courbe de porosité du sable de dune en fonction du sable concassé.

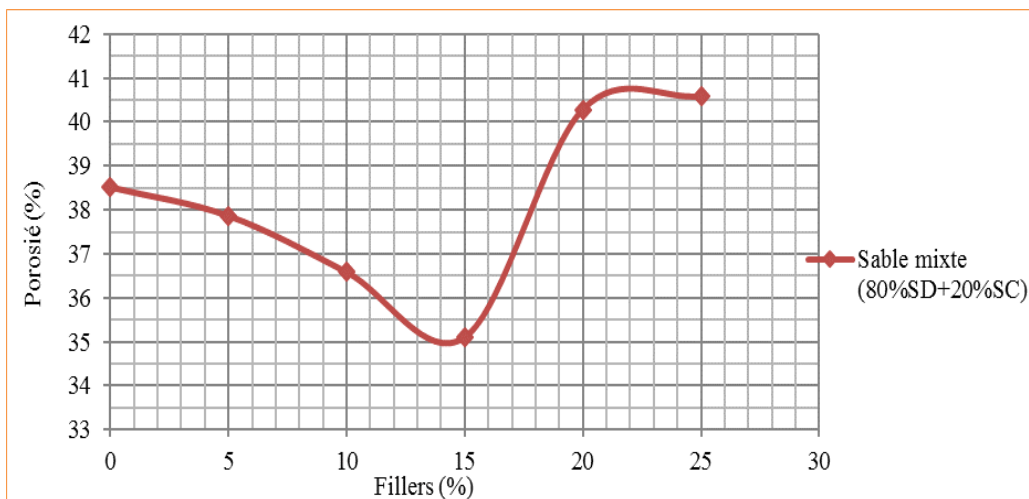


Figure III.4. Courbe de porosité du sable mixte en fonction du filler de marbre.

- **Commentaire :** les courbes qui sont présentés dans les figures (III.2 - III.3 et III.4) sont illustrés comme suite :

**1. Sable de dune en fonction du filler de marbre :**

- Une diminution de la porosité remarquable jusqu'à un taux de filler 15%, la porosité va augmenter graduellement, (voire figure III.2).

**2. Sable de dune en fonction du sable concassé :**

- La courbe de porosité apparente par une augmentation jusqu'au 50% du sable concassé, puis elle va diminuée jusqu'à un taux de 60% de sable concassé au delà de cette valeur la courbe revienne vers le haut (voire figure III.3).

**3. Sable mixte (80% SD+20% SC) en fonction du filler de marbre :**

- Une diminution observée sur les valeurs de la porosité dans la plage du dosage de filler de marbre entre (0 à15%), hors de cette amplitude la porosité augmente, (voire figure n°4).

**B. Ciment :**

Le ciment portland au calcaire **CPJCEM II /A-L 52,5N (EL MALAKI)** est un produit en broyant le clinker qui se compose essentiellement de silicate de calcium avec le gypse comme ajout constitué de différentes formes de calcium, il est conforme à la norme NA 442. Il est généralement utilisé lorsqu'il n'y a pas de besoins spéciaux, dans les ouvrages en béton qui ne sont pas exposés à des conditions sévères comme l'attaque des sulfates du sol ou de l'eau.

Il est appliqué dans plusieurs domaines à savoir :

- Travaux de maçonnerie ou la blancheur est recherchée.
- Béton structurel, béton coloré.
- Fabrication des carreaux de dalle.
- Enduit, revêtement de façade, pose faïences et équipement sanitaires.
- Accessoire de décoration.
- Élément de décoration balustrades, colonnes, carreaux mosaïque, margelles de piscine, allées de jardins.
- Un mortier de ciment pour monter des blocs d'agglomérés béton (parpaings).
- Un mortier de joint, de scellement, de réparation pour des défauts, ponctuel sur maçonnerie.

Les résultats d'analyses sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau III.9 : Caractéristiques du ciment CPJ CEM II /A-L 52,5N (EL MALAKI).**

	Consistance normale	La finesse (Blaine)	Retrait à 28 j	Expansion	T.de prise		R.c		
					début	fin	2j	7j	28j
Unités	%	cm3 /g	µm/m	(mm)	Heur : min		MPa		
Valeur	28+ ou -3	4000 – 5200	<1000	< 3.0	3 :00	4 :00	20	32	>52.5

**III.1.2. Caractéristiques chimique et minéralogique des matériaux utilisés :**

Les analyses chimiques et minéralogiques des matériaux sont données comme suit :

**A- Sable de dune d'Oued Souf :**

La composition chimique du sable de dune **d'Oued Souf** est établie en **mars 2017**, à la cimenterie de Hammam Dhalaa (LAFARGE), Elle est donnée au Tableau ci-dessous :

**Tableau III.10:** Analyse chimique du sable de dune (Djamaa).

<i>Constituants</i>								
<i>Elément</i>	Silice	Alumine	Oxyde de ferrique	Chaux	Oxyde de magnésium	Sulfate	Potassium	Sodium
<i>Symbole</i>	SiO2	AL2O3	Fe2O3	Cao	MgO	So3	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
<i>Teneur en (%)</i>	92.96	2.21	2.039	0.79	0.02	0.15	1.16	0.34

- **Commentaire :** Le sable de **Djamaa** est un sable à haute teneur en silice.

**B- Filler de marbre :**

La composition chimique du filler de marbre a été établie en **mars 2017**, à la cimenterie de Hammam Dhalaa (LAFARGE), voir tableau et figure si dessous :

**Tableau III.11 :** Analyse chimique des fillers de marbre.

<i>Elément</i>	<i>Constituants</i>									
	Silice	Alumine	Oxyde de ferrique	Chaux	Oxyde de magnésium	Sulfate	Potassium	Sodium	Chlore	Perte au feu
<i>Symbole</i>	SiO2	AL2O3	Fe2O3	Cao	MgO	So3	K2O	Na2O	CL-	
<i>Teneur (%)</i>	0.00	0.09	0.01	55.78	0.47	0.05	0.00	0.00	0.008	43.28

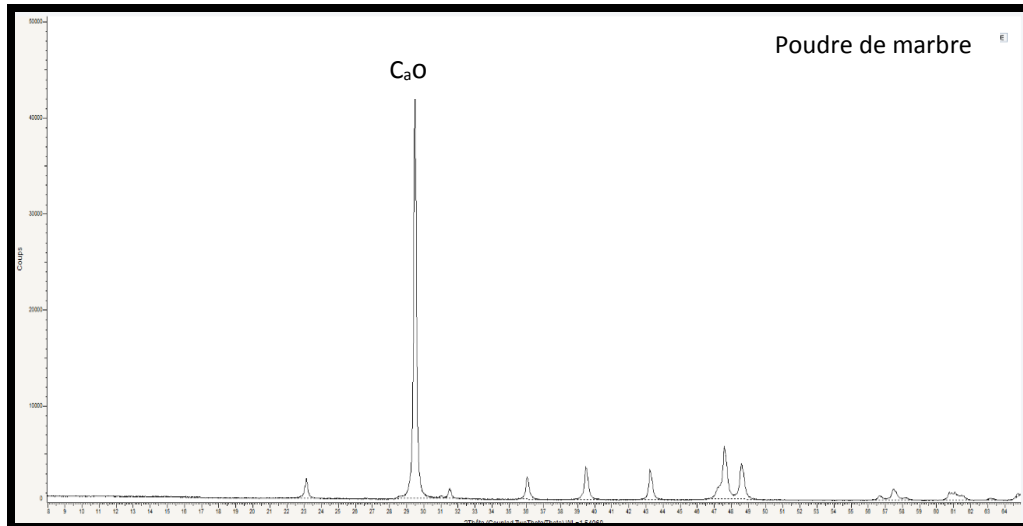


Figure III.5. Diagramme de diffraction X du filler de marbre.

La composition minéralogique du filler de marbre a été établie en mars 2017, à la cimenterie de Hammam Dhalaa (LAFARGE), voir tableau suivant :

Tableau III.12: Analyse minéralogique de filler de marbre.

	Constituants									
Elément	R.wp	Calcite	Dolomite	Quartz	Pyrite	Illite	Chlorite	Kaolinite	Albite	Co2. XRD
Teneur en (%)	6.19	98.96	0.64	0.14	0.0	0.05	0.06	0.16	0	43.81

- **Commentaire :** Les fillers de marbre ont une haute teneur en calcite.

**NB :** le sable concassé (sable de marbre) et les fillers de marbre utilisé dans notre recherche est de même provenance de la matière primaire (nature géologique de la roche), donc les mêmes composants chimique et minéralogique.

**C- Ciment :**

L'analyse chimique et minéralogique du CPj au calcaire (**EL MALAKI**) est établie au laboratoire de LAFARGE. Les résultats sont regroupés dans les tableaux suivants :

Tableau III.13: Caractéristiques chimiques et minéralogique du ciment CPJ EL MALAKI.

Caractéristiques	Chimique				Minéralogique	
Elément	MGO	SO3	NA2O	Perte au feu (%)	C3S 3CaOSiO2	C3A 3CaAl2O3
Teneur (%)	1.7 + ou - 0.5	2.5 + ou - 0.5	0.02à0.09	6.0 + ou - 2	55 + ou - 3	9 + ou - 1

**D- L'adjuvant :**

L'adjuvant est un produit chimique qui, incorporés dans les mortiers et les bétons lors de leur malaxage ou avant leur mise en œuvre à des doses inférieures 5% du poids de ciment, provoquent des modifications des propriétés ou du comportement de ceux-ci.

Le MEDALAST SP 40 est un super-plastifiant à haut réducteur d'eau, permettant d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité. Les Caractéristiques du MEDAPLAST SP 40 sont regroupées dans le tableau suivant :

**Tableau III.14 :** Caractéristiques du MEDAPLAST SP 40.

Nature	Couleur	PH	Densité	Teneur en chlore	Extrait sec
Liquide	Marron	8.2	1.20 + ou - 0.01	<1g/L	40%

✓ **Dosage d'adjuvant :**

La plage de dosage recommandée est : 0,5 à 2,2% du poids de ciment, soit 0,5L à 2, 2L pour 100 Kg de ciment.

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

**E- L'eau de gâchage :**

L'eau de gâchage utilisé est une eau potable du laboratoire de département de génie civil de l'université de Bordj Bou Arreridj.

La composition chimique d'eau du barrage de Ain Zada est établie en Mars 2017, à laboratoire de département de chimie (Bordj Bou Arreridj). Elle est donnée par le tableau ci-dessous.

**Tableau III.15:** Caractéristiques chimiques de l'eau de gâchage.

Paramètre	PH	Conductivité µs/cm	Taux de (cl) Mg/l	Taux de (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) Mg/l	Taux de (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) Mg/l	Résidu sec Mg/l
Quantité	8.18	1250	0.24	0.15	1.8	100
Commentaire	Acceptable	-----	0.05 à 0.5	> à la concentration max (0.1)	< à la concentration max (50)	Trace non nuisible

**NB :** Les résultats obtenus montre que l'eau testé et apte pour la confection du mortier et conforme à la norme NF P 18-303.



Figure III.6. Moules prismatique (4x4x16).



Figure III.7. Malaxeur pour mortier.



Figure III.8. Conservation des éprouvettes dans l'eau.



Figure III.9. Pesage des éprouvettes



Figure III.10. Appareil de compression et de flexion

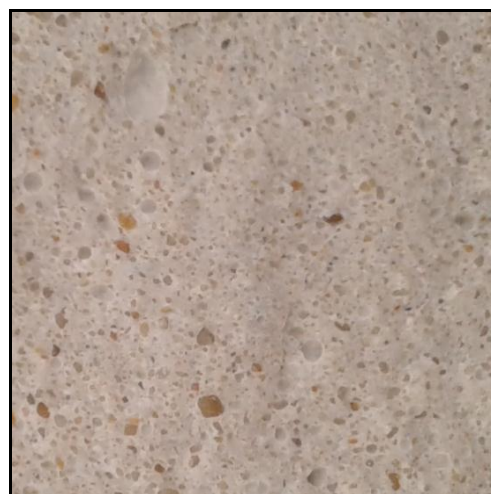


Figure III.11. Aspect d'éprouvette du mortier après écrasement

**Conclusion :**

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

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

Au chapitre suivant, on appliquera plusieurs mixtures des matériaux avec des paramètres variables (adjuvant et filler).

# **Chapitre IV :**

## ***Résultats et discussions***

**Chapitre IV : Résultats et discussions****Introduction :**

Dans ce chapitre nous présentons les essais et les résultats effectués sur les mortiers à base de sable de dune et mortier à base de sable mixte confectionnées selon les différentes combinaisons d'ajouts (fillers de marbre et adjuvant).

**IV.1. Les principaux paramètres de la matrice cimentaire :****a. Fluidité :**

La fluidité est la capacité du mortier de couler sous son propre poids, cette caractéristique rhéologique du mortier frais doit être contrôlée au cours des gâchées successives et permet d'assurer la régularité de la quantité d'eau entrant dans la composition du mortier. Elle est exprimée par la profondeur d'enfoncement en cm dans la pâte du mortier d'un cône métallique pesant 300 grammes et ayant un angle au sommet de 30 degrés. L'affaissement est maintenu presque constant dans un intervalle [4.5 à 5.5] cm.

**b. Réduction ou excès d'eau :**

C'est la quantité d'eau nécessaire utilisé dans la gâchée pour obtenir une fluidité désirée, soit par une réduction ou un excès d'eau de gâchage, on note qu'une réduction négative désigne un excès d'eau.

**c. Absorption d'eau :**

Cet essai mesure le taux d'absorption d'eau par les éprouvettes de mortier sec. Avant chaque mesure du taux d'absorption, les demi-prismes d'éprouvettes 4x4x16cm sont étuvée à une température de 105C° jusqu'à poids constant puis immergé dans l'eau pendant 24h, on mesure le poids à l'état sec et à l'état saturé, l'absorption est déterminée d'après la relation suivante :  $W(\%) = (M_h - M_s) / M_s \times 100$

Où :

M<sub>h</sub> : la masse de l'éprouvette contenue d'eau absorbée

M<sub>s</sub> : la masse de l'éprouvette sec (après l'étuve pendant 24 h à 105).

***d. La masse volumique :***

Après démoulage des éprouvettes et avant chaque écrasement (7-14-28) jours on détermine la masse volumique par la relation suivante :  $\rho = \frac{M}{V}$  (g/cm<sup>3</sup>).

Avec :

*M*: masse de l'éprouvette.

*V* : volume de l'éprouvette.

***e. La résistance mécanique :***

Pour estimer la résistance en flexion des mortiers, des essais de flexion trois points sur les éprouvettes prismatiques 4×4×16 cm<sup>3</sup> ont été effectués. Les deux parties de l'éprouvette sont ensuite testées en compression. Les valeurs de résistance en compression présentées par une moyenne obtenue sur 6 résultats d'essais.

Les essais d'écrasement s'effectuent à 07-14 et 28 jours, chaque essai est réalisé sur un ensemble d'éprouvettes afin de prévoir leur moyenne.

- ***La résistance en flexion :***

Cet essai permet de reproduire le type de sollicitation en traction le plus fréquent dans les ouvrages : la flexion.

L'appareil d'essai utilisé est un dispositif de flexion de 3 points.

- ***La résistance en compression :***

La résistance à la compression a été longtemps considérée comme la qualité essentielle, pour ne pas dire la seule, à rechercher pour un béton, l'essai de compression est réalisé à l'aide d'une presse hydraulique.

Les demi-prismes de l'éprouvette obtenus après rupture en flexion seront rompus en compression, si  $F_c$  est la charge de rupture à la compression, et  $b$  est le côté de la section de l'éprouvette, la contrainte de rupture sera :  $\sigma_c = \frac{F_c}{S}$  [MPa].

IV.2. Résultats :

a- Mortier à base du sable de dune :

La composition des mortiers à base de sable de dune des abords d’Oued Souf (Djamaa) sont regroupés dans tableau IV.01, On utilise les abréviations suivantes :

Dénomination	Ajout de filler (%)
M1	0
M2	10
M3	15
M4	20

Pour chaque composition de mortier on utilise différents dosages (0,1 et 2%) de MEDAPLAST SP 40.

a.1. Fluidité : Les résultats de la fluidité sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IV.01 : Composition du mortier à base de sable de dune (réduction et absorption d’eau).

Dénomination	Adjuvant (%)	Composition d’un mortier pour 1m <sup>3</sup>			E/C (%)	Absorption (%)		
		Fillers (%)	Eau utilise (L)	Réduction d’eau (%)		7j	14j	28j
M1	0	0	296	0	0,37	10,7	8,9	7,1
M2		10	311	-5,07	0,39	9,7	9,3	6,9
M3		15	330,45	-11,64	0,41	10,9	10,1	6,7
M4		20	342,26	-15,63	0,43	11,1	8,2	7,2
M1	1	0	247,25	+16,47	0,31	9,0	7,6	5,4
M2		10	287,0	+3,04	0,36	8,4	8,6	5,5
M3		15	297,25	-0,38	0,37	8,7	9,9	6,8
M4		20	311,36	-5,19	0,39	9,9	7,1	6,6
M1	2	0	230,76	+22,04	0,29	7,9	6,6	4,3
M2		10	273,18	+7,71	0,34	7,8	8,1	5,0
M3		15	278,51	+5,91	0,35	7,6	8,5	7,2
M4		20	257,76	+12,92	0,32	7,0	5,0	4,7

**a.2. Masse volumique :**

Les résultats de la masse volumique sont donnés comme suit :

**Tableau IV.02 :** Masse volumique du mortier à base de sable de dune.

Dénomination	Adjuvant (%)	Fillers (%)	Masse volumique (kg/L)				
			Initial	1j	7j	14j	28j
M1	0	0	2,042	1,926	2,158	2,180	2,189
M2		10	2,255	2,185	2,230	2,242	2,250
M3		15	2,262	2,192	2,237	2,254	2,254
M4		20	2,223	2,167	2,233	2,237	2,243
M1	1	0	2,050	1,964	2,194	2,211	2,221
M2		10	2,265	2,198	2,224	2,254	2,266
M3		15	2,270	2,203	2,250	2,262	2,275
M4		20	2,219	2,152	2,198	2,230	2,227
M1	2	0	2,245	2,190	2,213	2,214	2,253
M2		10	2,259	2,202	2,227	2,234	2,281
M3		15	2,288	2,224	2,250	2,250	2,316
M4		20	2,255	2,220	2,237	2,246	2,255

**a.3. Résistance mécanique :**

Les principaux résultats obtenus sont regroupés dans le tableau si dessous :

**Tableau IV.03 :** Résistance mécanique du mortier à base de sable de dune.

Dénomination	Adjuvant (%)	Fillers (%)	Resistance mécanique					
			Flexion (MPa)			Compression (MPa)		
			7j	14j	28j	7j	14j	28j
M1	0	0	7,70	9,34	10,34	41,55	45,89	58,89
M2		10	9,56	10,13	10,57	44,91	52,77	60,43
M3		15	10,49	10,70	11,04	45,78	58,21	64,29
M4		20	8,76	9,54	10,66	39,64	51,05	51,42
M1	1	0	9,05	10,33	10,64	44,90	46,06	60,20
M2		10	9,75	10,46	10,98	46,20	58,98	61,11
M3		15	10,55	10,80	12,41	48,76	68,59	72,33
M4		20	8,66	9,99	10,98	42,05	58,90	63,63
M1	2	0	9,54	10,56	10,89	48,91	55,67	62,08
M2		10	9,97	11,53	11,34	52,41	63,17	69,69
M3		15	10,8	11,62	12,52	55,28	74,61	74,95
M4		20	8,83	8,81	11,69	54,41	71,62	72,88

**b- Mortier à base du sable mixte avec filler de marbre :**

La composition des mortiers à base de sable mixte avec filler et adjuvant sont regroupés dans le tableau **IV.04**.

Pour chaque composition de mortier (SD 80 % + SC 20%) on utilise différents dosages (0,1 et 2%) de MEDAPLAST SP 40.

Dénomination	Adjuvant (%)
Msm1	0
Msm2	1
Msm3	2

**b.1. Fluidité :**

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.04 :** Réduction et absorption d'eau du mortier à base de sable mixte.

Dénomination	Adjuvant (%)	Composition d'un mortier pour 1m <sup>3</sup>		E/C (%)	Absorption(%)	
		Eau utilise(L)	Réduction(%)		7j	14j
Msm1	0	344	-16,89	0,43	7,9	7,2
Msm2	1	304	-3,38	0,38	6,6	6,1
Msm3	2	280	+5,49	0,35	5,5	5,2

**b.2.Masse volumique :**

Les principaux résultats obtenus sont regroupés dans le tableau si dessous :

**Tableau IV.05 :** Masse volumique de mortier à base de sable mixte.

Dénomination	Adjuvant (%)	Masse volumique (kg/L)				
		Initial	1j	7j	14j	28j
Msm1	0	2,259	2,184	2,264	2,273	2,277
Msm2	1	2,277	2,228	2,268	2,276	2,285
Msm3	2	2,265	2,214	2,236	2,255	2,262

**b.3. Résistance mécanique :**

Les principaux résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.06 :** Résistance à la flexion et à la compression de mortier à base de sable mixte.

Dénomination	Adjuvant (%)	R.f (MPa)			R.c (MPa)		
		7j	14j	28j	7j	14j	28j
Msm1	0	8,55	11,45	10,59	44,50	54,29	51,59
Msm2	1	8,83	12,69	12,83	47,40	57,34	52,28
Msm3	2	11,13	12,89	11,29	51,69	75,97	81,01

**c - Comparaison des résultats :**

Les principaux résultats du mortier à base du sable de dune et mortier à base du sable mixte à l'état frais et à l'état durci sont donnés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.07 :** Fluidité, masse volumique et la résistance mécanique des mortiers à 14 jours.

Dénomination	Adjuvant (%)	Mortier à l'état frais			Mortier à l'état durci		
		Fluidité			Masse volumique (kg/L)	Résistance mécanique	
		Réduc (%)	Absor (%)	Rapport E/C		R.c (MPa)	R.f(MPa)
Mortier SD avec 15 % filler	0	-11,64	10,1	0,41	2,254	58,21	10,70
	1	-0,38	9,9	0,37	2,262	68,59	10,80
	2	+5,91	8,5	0,35	2,250	74,61	11,62
Mortier S.Mixte avec 15 % filler	0	-16,89	7,2	0,43	2,273	54,29	11,45
	1	-3,38	6,1	0,38	2,276	57,34	12,69
	2	+5,49	5,2	0,35	2,255	75,97	12,89

**IV.3. Discussion des résultats :**

**a- Mortier à base du sable de dune :**

**a.1. Fluidité :** On rappelle que la fluidité est prise plus ou moins constante et on étudie l'effet des fillers et l'adjuvant sur la réduction et l'absorption d'eau.

○ L'effet des fillers sur la réduction d'eau :

D'après la figure IV.1, on constate que l'ajout de filler engendre un excès d'eau qu'elle que soit le dosage en adjuvant utilisé, avec 2% d'adjuvant et au-delà de 15 % de filler on note une réduction d'eau.

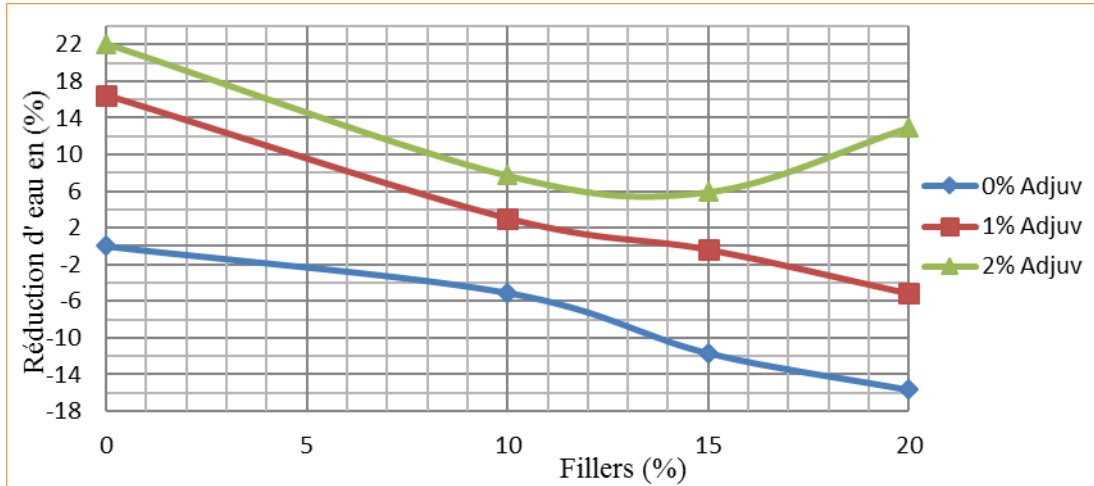


Figure IV.1 : Réduction d'eau en fonction du filler de marbre.

○ L'effet de la porosité sur la réduction d'eau :

Malgré que la porosité diminue le nombre des pores dans le mortier qui induit une réduction d'eau, mais l'utilisation de filler avec une grande finesse qui a un besoin en eau important l'importe sur la réduction d'eau engendré par la porosité.

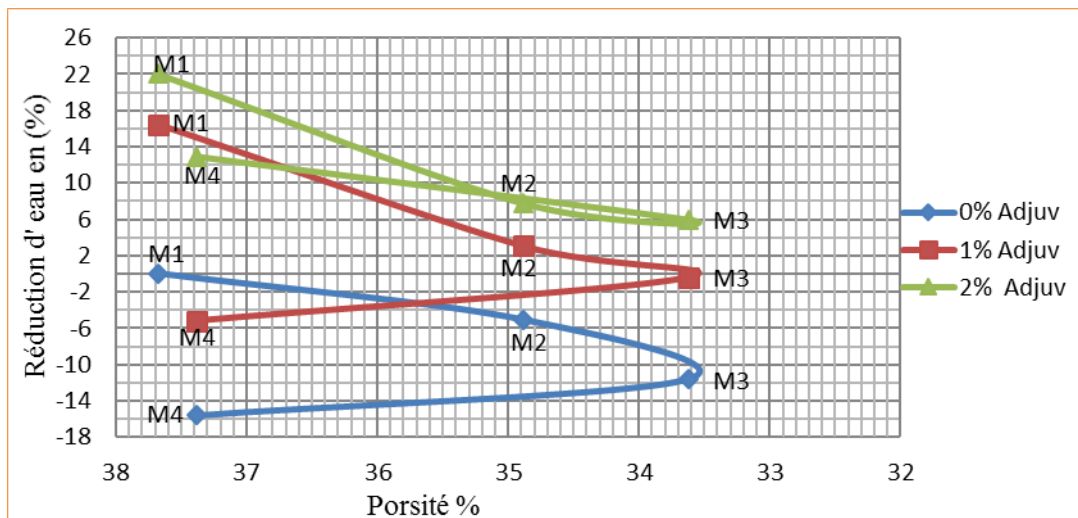


Figure IV.2 : Réduction d'eau en fonction de la porosité.

○ **L'effet de l'adjuvant sur la réduction d'eau :**

L'utilisation d'adjuvant engendre toujours une réduction d'eau.

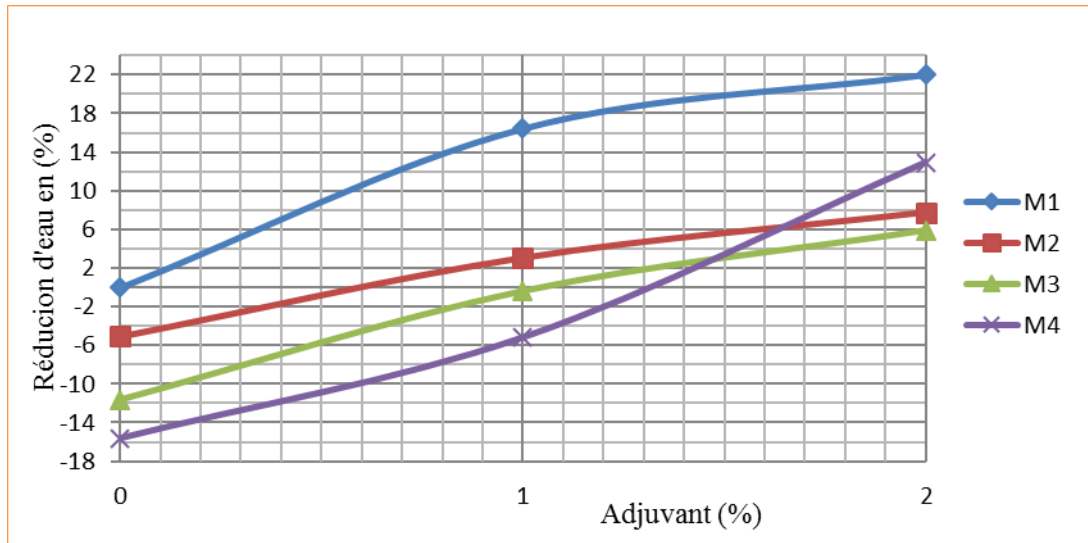


Figure IV.3 : Réduction d'eau en fonction d'adjuvant.

○ **L'effet des fillers sur le rapport E/C :**

On constate que l'augmentation du pourcentage des fillers utilisés dans le mortier induit à une hausse du rapport E/C qu'elle que soit le dosage en adjuvant utilisé, mais en dépassant un ajout de plus de 15% de filler avec un dosage en 2% d'adjuvant on constate une dégression du rapport E/C.

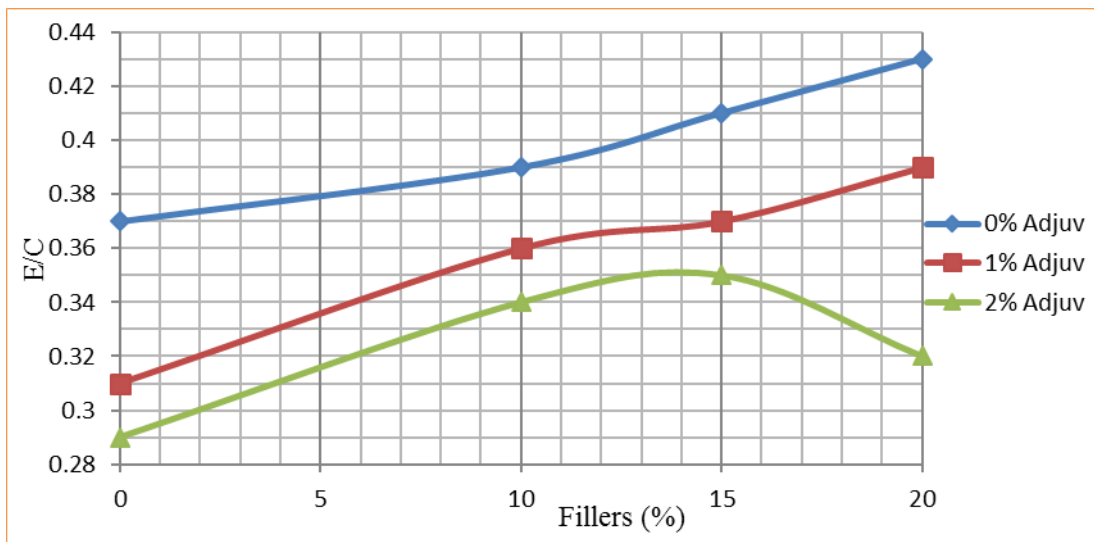


Figure IV.4: Rapport E/C en fonction du filler.

○ L'effet de l'adjuvant sur le rapport E/C :

L'utilisation de l'adjuvant et suivi par une réduction d'eau cela est dû à la lubrification des particules qui permet un meilleur réarrangement des grains qui est suivi par une réduction d'eau qui induit à une baisse du rapport E/C.

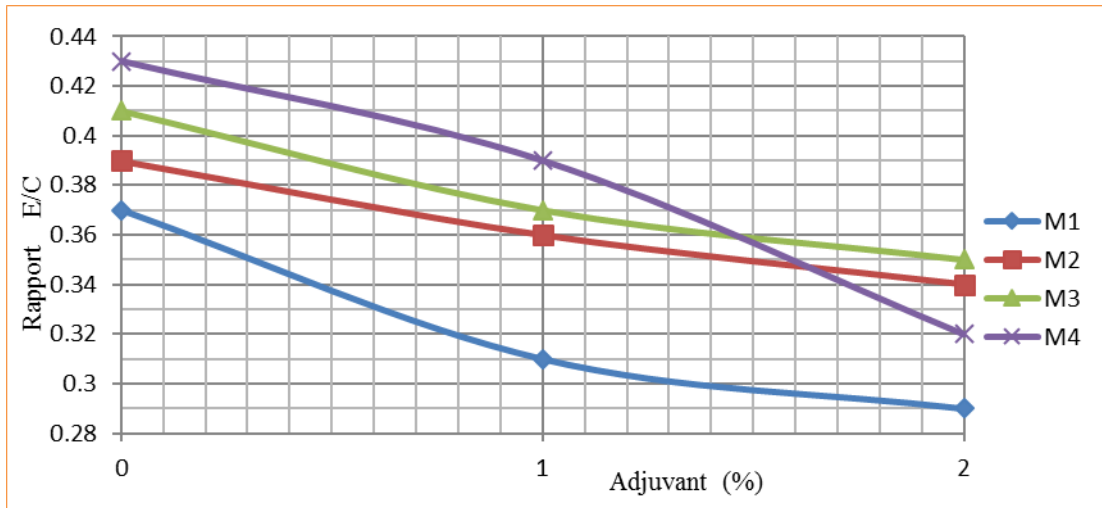


Figure IV.5 : Rapport E/C en fonction d'adjuvant.

○ L'effet des fillers sur l'absorption d'eau :

L'ajout de filler avec proportion croissante diminue la porosité du mortier jusqu'à un seuil de 15 % mais en sachant que la surface spécifique du ciment (SSB=4000-5200) est supérieure à la surface spécifique du filler de marbre (SSB=2731), alors on enregistre une nouvelle hausse de la porosité du mortier qui engendre une hausse de l'absorption, sauf pour un dosage de 2% de MEDAPLAST SP 40 pour toute addition de filler on note une baisse d'absorption.

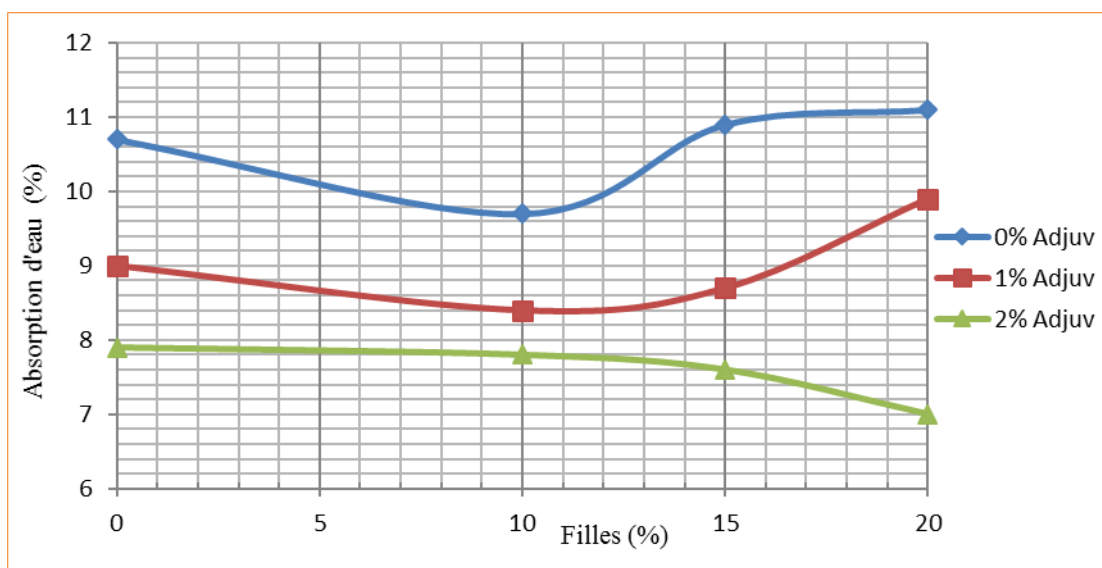


Figure IV.6 : Absorption d'eau à 7 jours en fonction du filler de marbre.

○ L'effet de l'adjuvant sur l'absorption d'eau :

Tous dosages d'adjuvant induit à une baisse d'absorption.

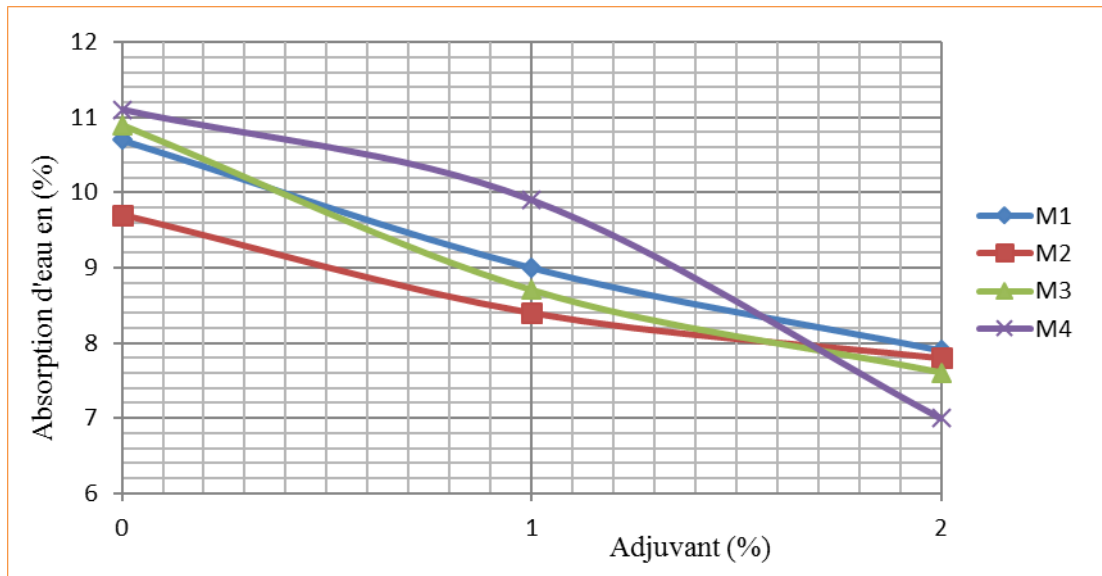


Figure IV.7 : Absorption d'eau à 7 jours en fonction d'adjuvant.

a.2.Masse volumique :

○ L'effet du filler sur la masse volumique :

L'ajout de filler avec des proportions croissantes est suivi par une hausse de la masse volumique du mortier, à 15 % d'ajout on obtiens la valeur optimal de (2,316 kg/l). au dela de 15% d'ajout on note une baisse de la masse volumique, cela est vérifier pour tous dosages d'adjuvant.

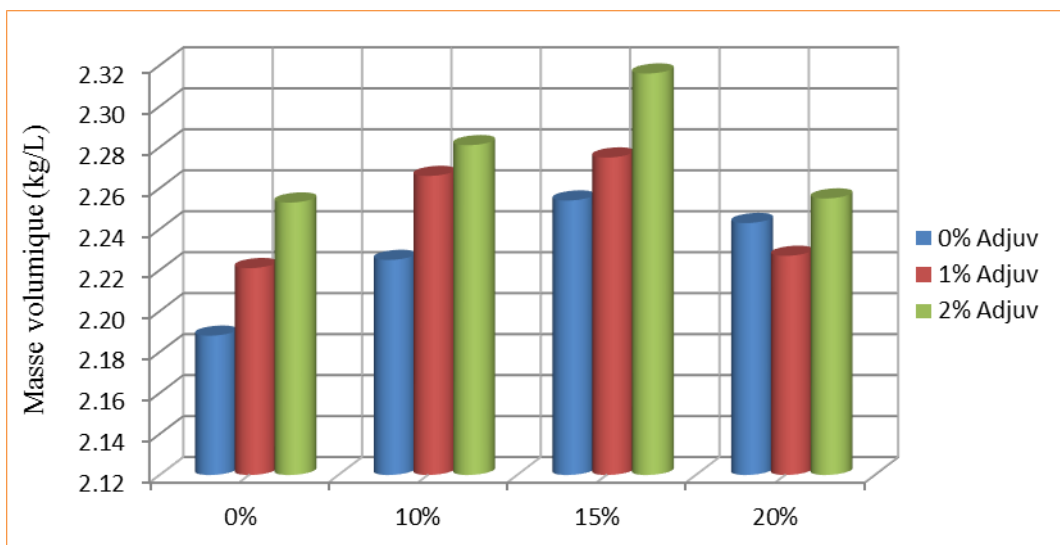


Figure IV.8 : Masse volumique du mortier à 28 jours en fonction du filler.

○ L'effet de la porosité sur la masse volumique :

La figure IV.9 illustre bien le comportement de la masse volumique à la variation de la porosité du mortier avec ou sans adjuvant, la masse volumique optimale est obtenue pour la porosité minimale du mortier M3 (voir fig III .2). En deçà de 15 % d'ajout de filler est suivi par une baisse de la masse volumique du matériau.

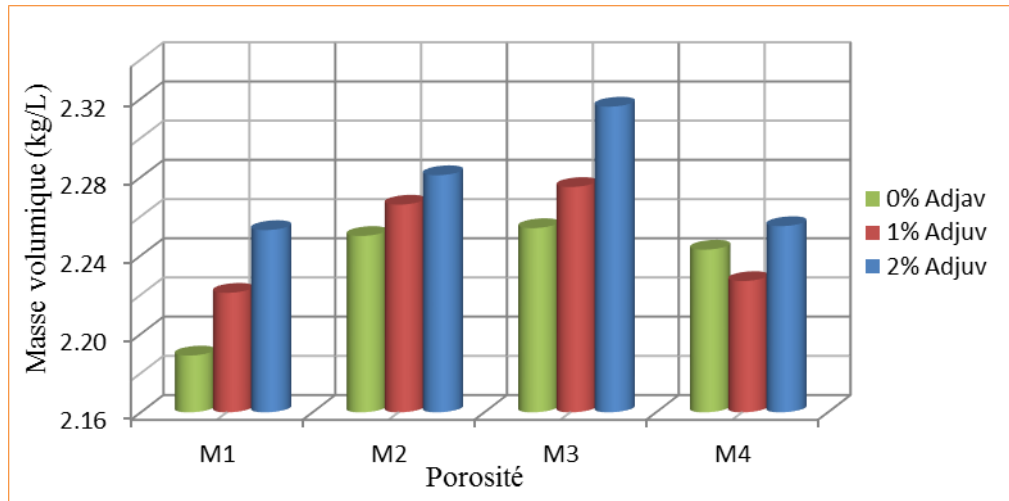


Figure IV.9 : Masse volumique du mortier à 28 jours en fonction de la porosité.

○ L'effet de l'adjuvant sur la masse volumique :

L'emploi de l'adjuvant dans la matrice cimentaire est engendré par une augmentation de la masse volumique de la matrice, qu'elle que soit le taux de filler de marbre employé.

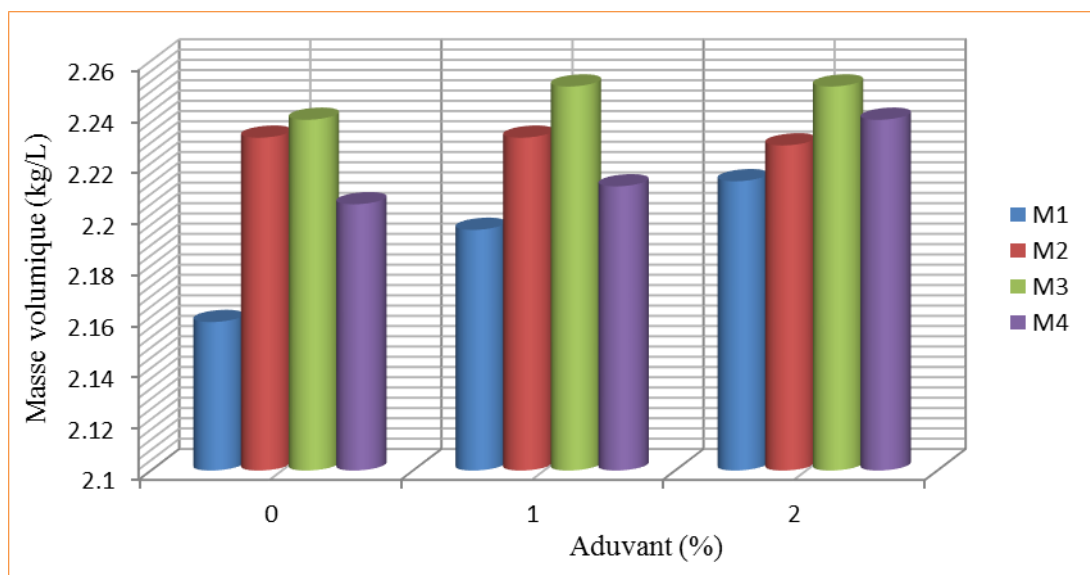


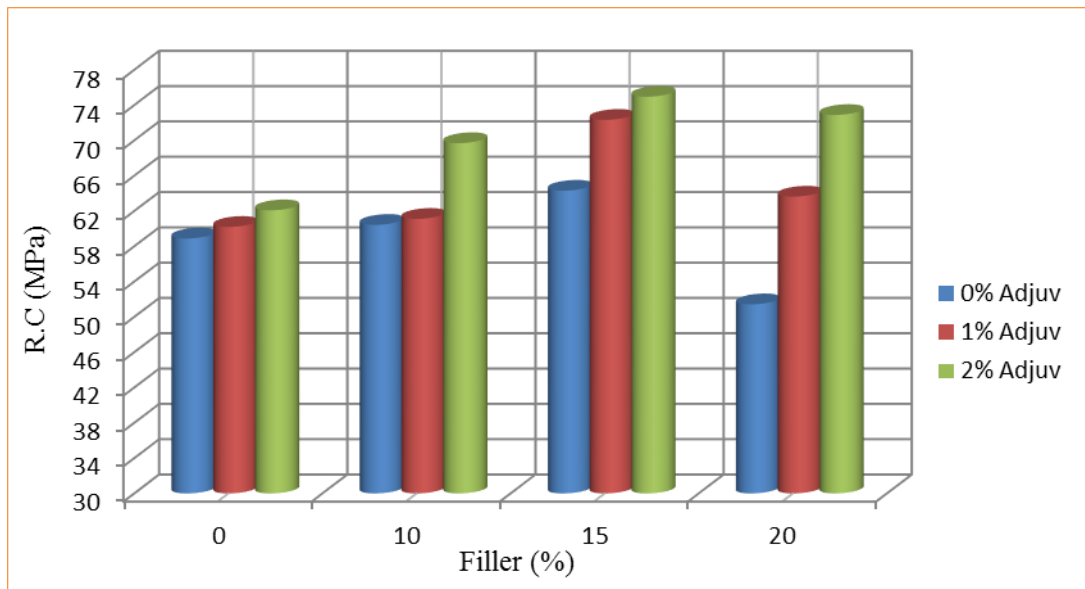
Figure IV.10 : Masse volumique du mortier à 7 jours en fonction de l'adjuvant.

**a.3. Résistance mécanique :**

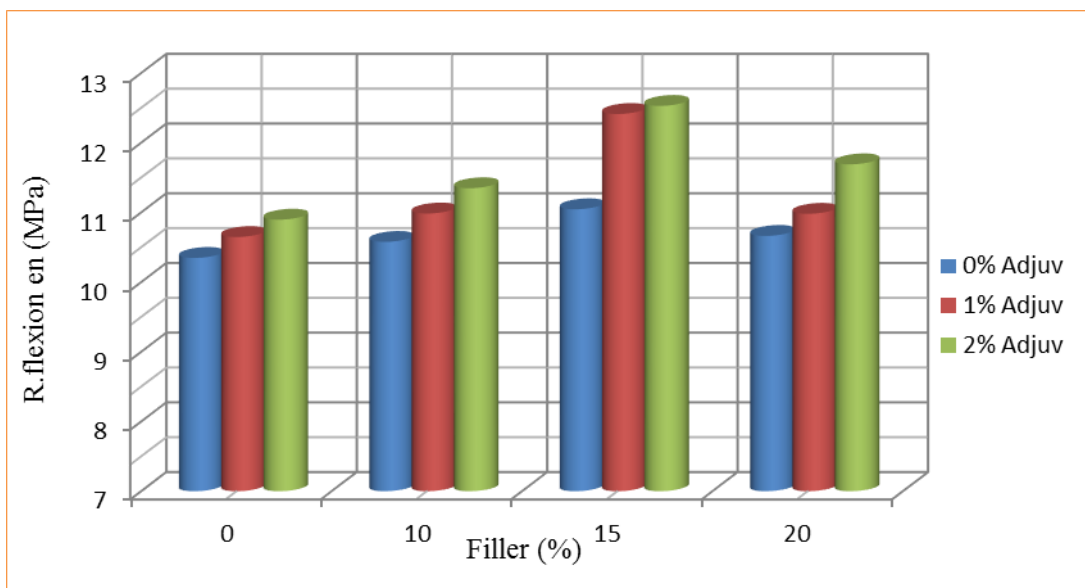
Les résultats obtenus dans cette investigation sont discutés en fonction d’ajout de filler, porosité et adjuvant :

○ **L’effet du filler sur la résistance mécanique :**

L’ajout progressif du filler jusqu’au seuil de 15% améliore notablement la résistance mécanique de compression et de flexion, au-delà de 15% d’ajout la baisse de résistance est ressentie. L’optimum est obtenu à 15% d’ajout est atteint à 28 jours la valeur de 74.95 MPa en compression et 12.52 MPa en traction. Malgré l’ajout de 20% de filler la résistance ne baisse pas au-dessous du mortier témoin.



**Figure IV.11 :** Résistance en compression du mortier à 28 jours en fonction des fillers.



**Figure IV.12 :** Résistance en flexion du mortier à 28 jours en fonction des fillers.

○ L'effet de la porosité sur la résistance mécanique :

La baisse de porosité engendrer par l'ajout de filler de marbre est suivi par une amélioration de la résistance mécanique en compression et en flexion. Le mortier M3 présentent la plus faible porosité donne des meilleurs résultats, on remarque que l'ajout du superplastifiant conduit à une meilleur performance cela est bien illustré par les figures IV.13 et IV.14.

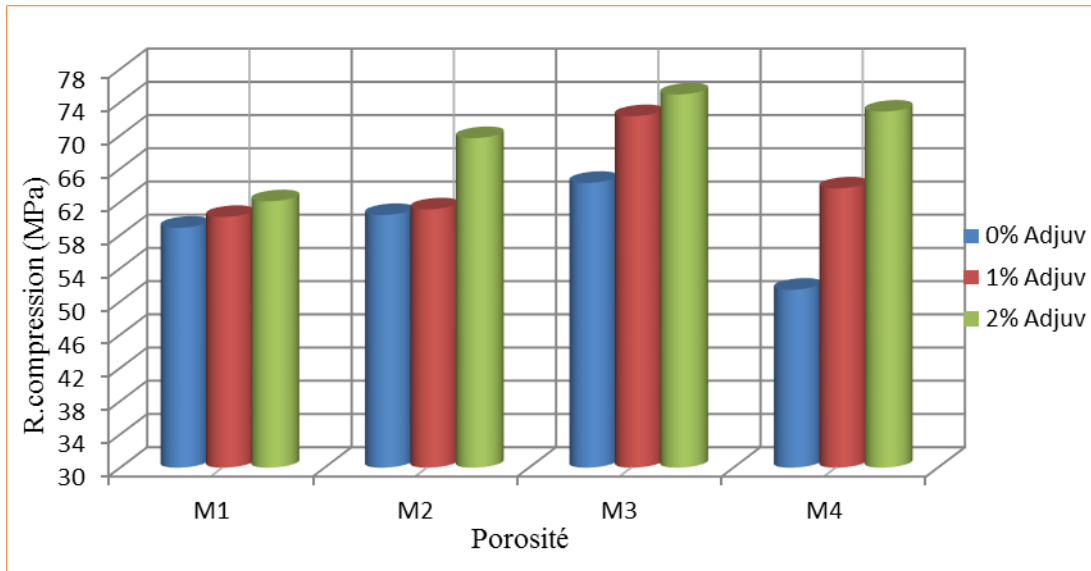


Figure IV.13: Résistance à la compression du mortier à 28 jours en fonction de la porosité.

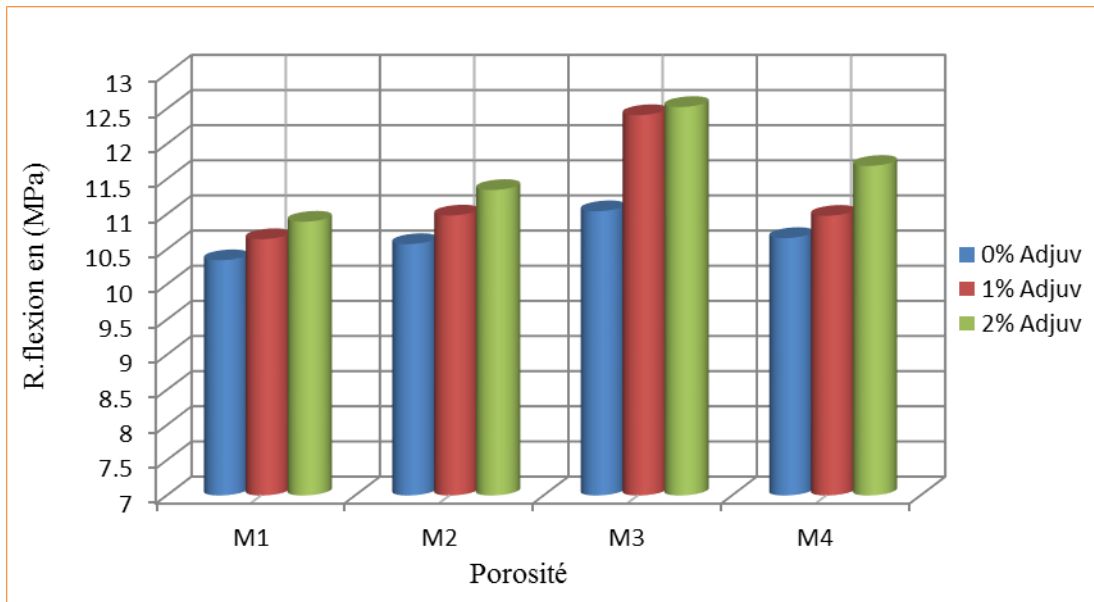


Figure IV.14: Résistance en flexion du mortier à 28 jours en fonction de la porosité.

○ Effet de l'adjuvant sur la résistance mécanique :

On remarque d'après la Figure IV.15, que l'utilisation de l'adjuvant est toujours suivi par une amélioration de la résistance mécanique en compression et en flexion pour tous les type de mortiers (différents pourcentages de filler 0,10,15 et 20 %), cette hausse de résistance est due à la défloculation des grains qui conduit à un meilleur serrage. Les résistances optimales sont obtenues avec 2% d'adjuvant et 15% de filler.

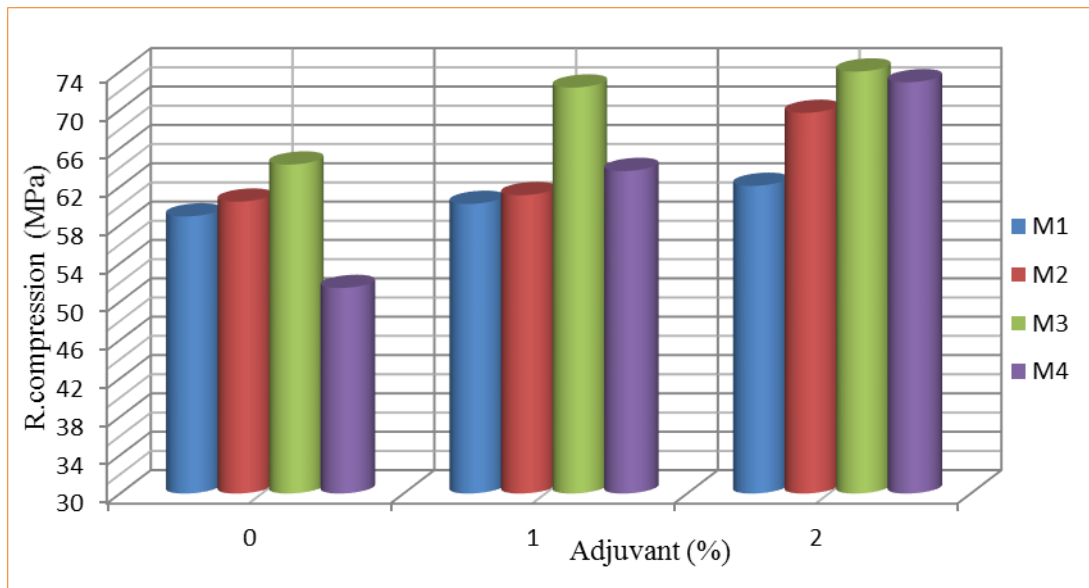


Figure IV.15 : résistance à la compression du mortier à 28 jours en fonction de l'adjuvant.

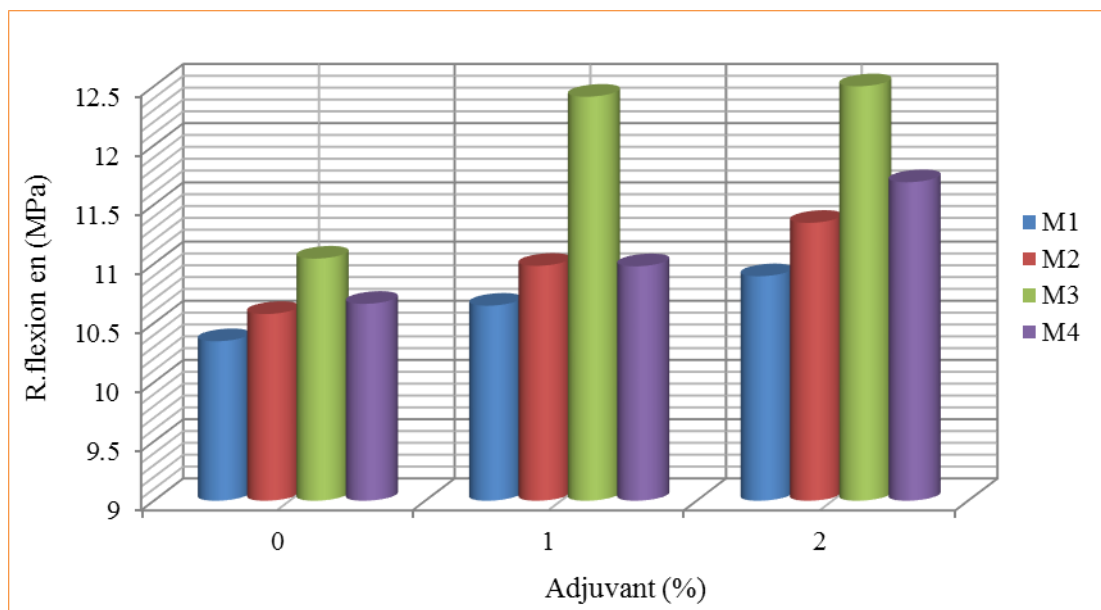


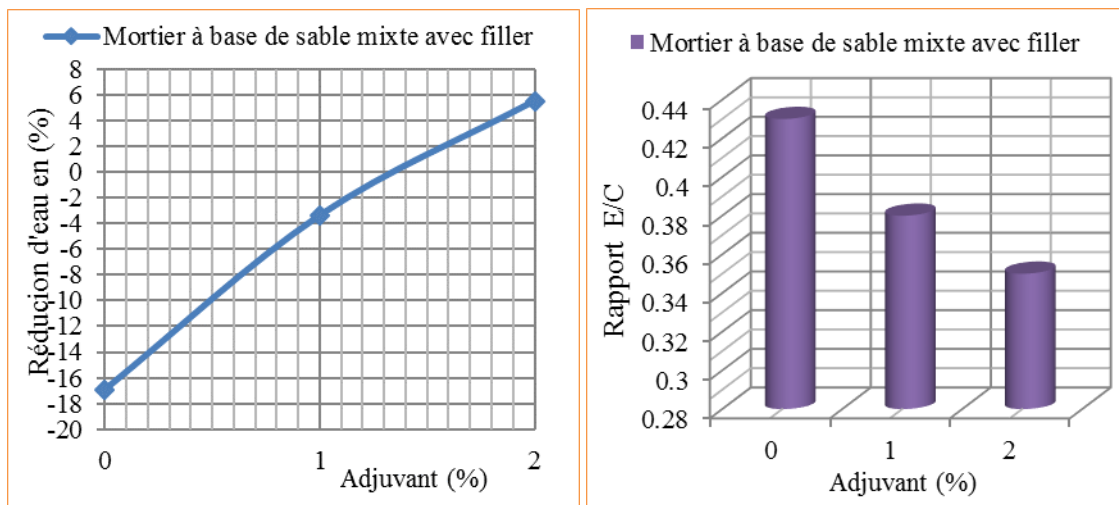
Figure IV.16: résistance en flexion du mortier à 28 jours en fonction de l'adjuvant.

**b- Mortier à basse du sable mixte fillerisé avec adjuvant :**

**b.1.Fluidité :** On rappelle que la fluidité est prise plus ou moins constante et on étudie l'effet de l'adjuvant sur la réduction d'eau.

○ **L'effet de l'adjuvant sur les principales caractéristiques du mortier à base du sable mixte à l'état frais :**

L'utilisation du super plastifiant permet de réduire l'eau de gâchage superflue du mortier à base de sable mixte plus de 21% et le rapport eau-ciment est réduit de 0,43 jusqu'à 0,35.



**Figure IV.17:** caractéristique principale du mortier à base de sable mixte en fonction de l'adjuvant.

○ **L'effet de l'adjuvant sur les principales caractéristiques du mortier à base du sable mixte à l'état durci :**

L'ajout du super plastifiant avec différents pourcentages réduit l'absorption du mortier à base de sable mixte, la masse volumique affiche un dosage de MEDAPLAST SP40 de 1% qui est suivi par une réduction avec un dosage de 2%.

La résistance en compression avec un dosage de 1% affiche une très faible amélioration, à 2% de MEDAPLAST SP 40 une amélioration notable est affichée.

La performance en flexion est obtenue à un dosage de 1% de super plastifiant, contrairement un dosage de 2% est suivi par une faible baisse de résistance est reste toujours au-dessus de résistance du mortier témoin.

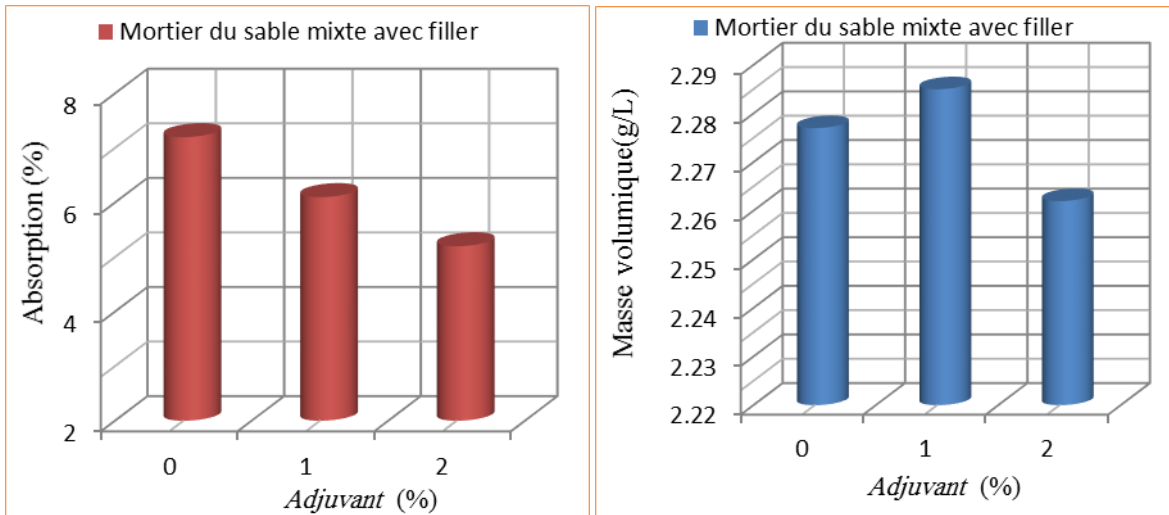


Figure IV.18: Absorption et masse volumique du mortier à base du sable mixte à 28 jours.

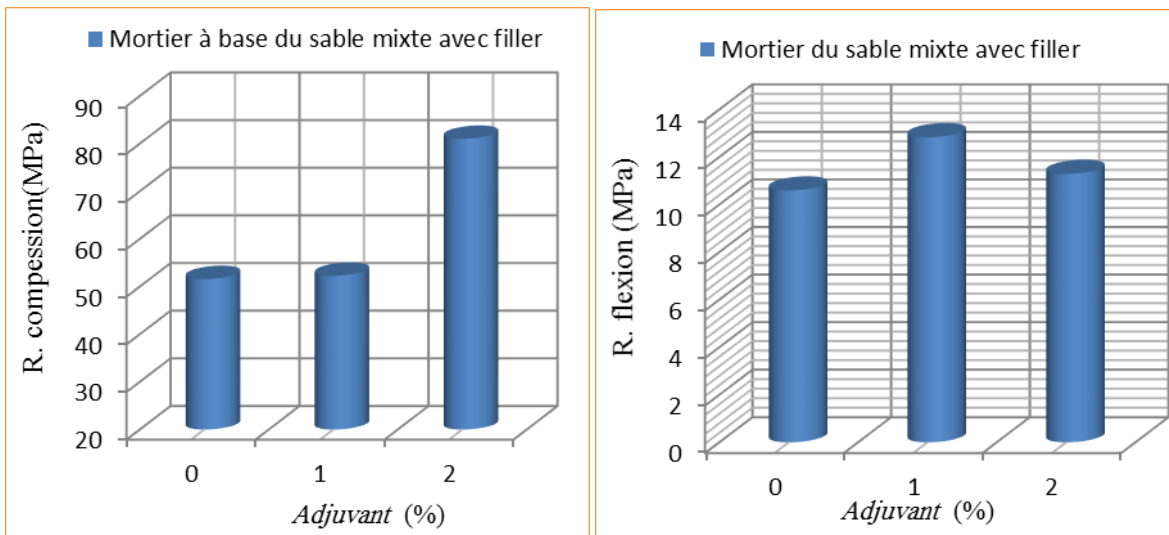


Figure IV.19: Résistance mécanique à 28 jours du mortier à base du sable mixte.

*c - Mortier à base du sable de dune avec adjuvant et mortier à basse du sable mixte fillerisé avec adjuvant :*

✓ **A l'état frais :**

On note que la réduction d'eau du mortier à base du sable de dune est faible par rapport au mortier à base du sable mixte est cela pour tous les dosages de l'adjuvant utilisé.

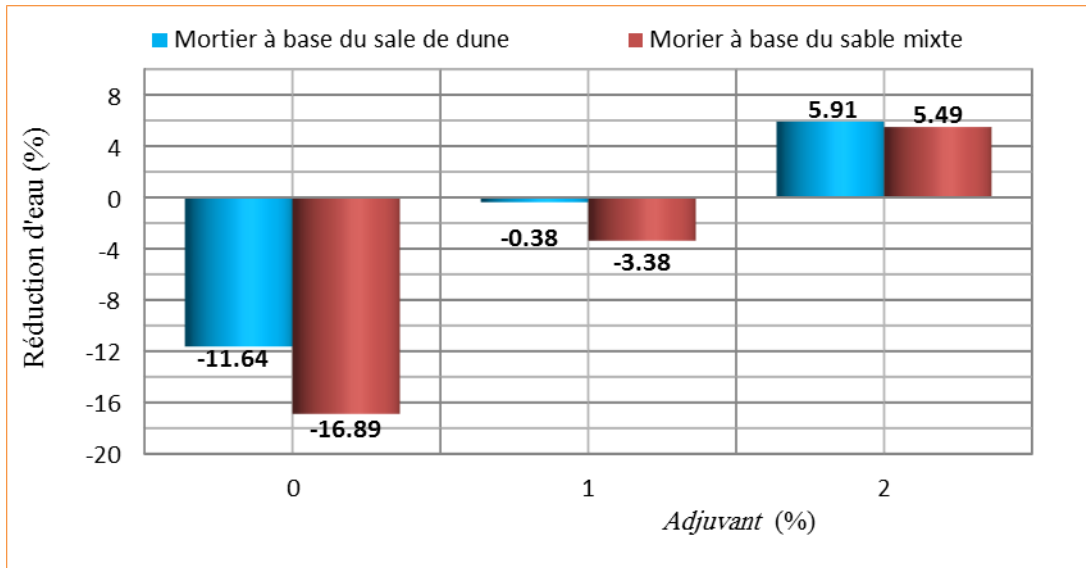


Figure IV.20: Réduction d'eau du mortier à base du sable de dune et mortier à base du sable mixte.

✓ A l'état durci :

Le mode de serrage dans le mortier à base du sable mixte est meilleur que le mortier à base de sable de dune, avec tous dosages d'adjuvant utilisé la masse volumique du mortier à base de sable mixte est supérieure à celle du mortier à base de sable de dune.

La résistance en compression du mortier à base du sable de dune est plus élevée que celle du mortier à base du sable mixte avec un dosage de 1% et presque identique à un dosage de 2% en MEDAPLAST SP40.

La résistance en flexion du mortier à base du sable mixte est toujours meilleure que celle du mortier à base de sable de dune pour tous dosages d'adjuvant.

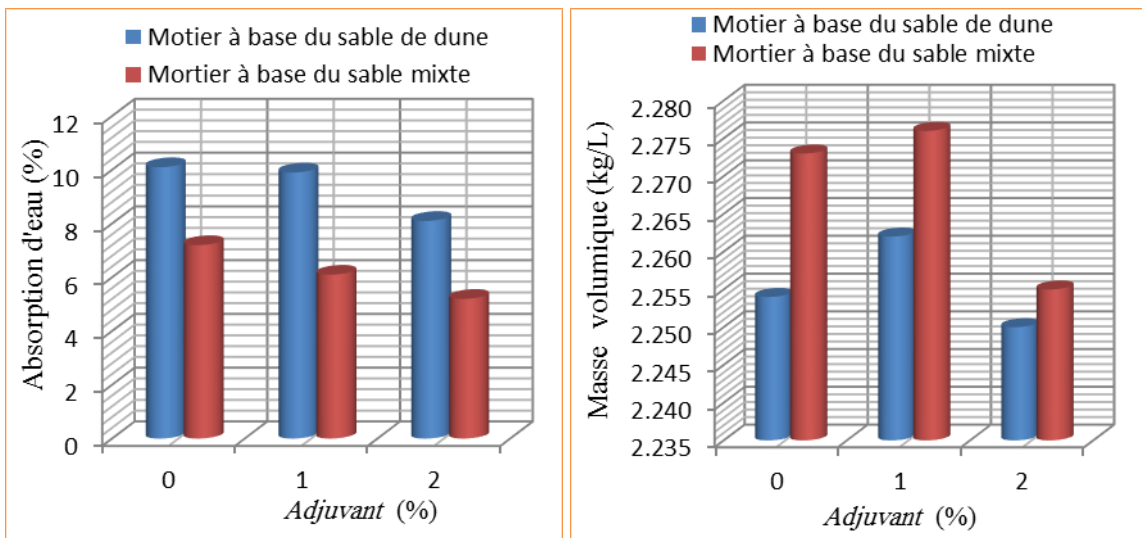
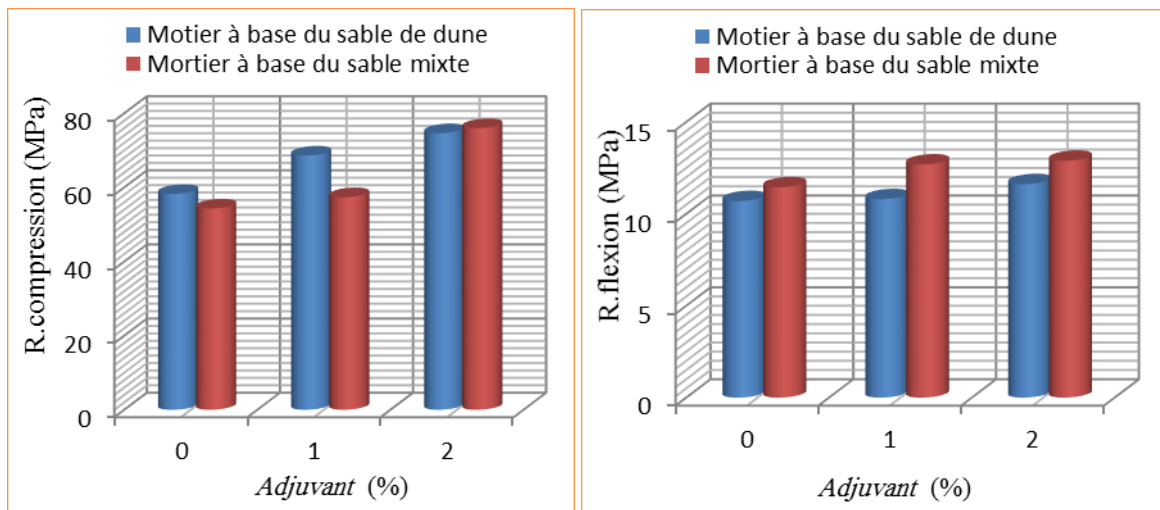


Figure IV.21: Absorption et masse volumique du mortier à base du sable de dune et mortier à base du sable mixte 14 jours.



**Figure IV.22:** Résistance mécanique du mortier à base du sable de dune et mortier à base du sable mixte 14 jours.

**IV.4. Conclusion :**

A la lumière de ce qui précède, on remarque que l'incorporation de l'ajout minéral inerte (filler de marbre) au sable de dune et au sable mixte (mélange de sable de dune et sable de marbre concassé), contribue d'une façon positive sur les performances mécaniques et rhéologique des mortiers confectionnés selon les différentes combinaisons d'ajout est plus élevée que celle du mortier témoin. De plus cet ajout à diminué la porosité de la matrice cimentaire.

*Conclusion Générale*  
*Et Perspectives*

### ***Conclusion Générale et Perspectives***

L'objectif de notre étude est d'analyser l'effet des additions minérales dans le développement des résistances mécaniques et l'amélioration du comportement rhéologique. Cet objectif a été fixé suite à des analyses expérimentales, est s'appuies sur plusieurs études récentes qui ont permis de montrer que les additions minérales peuvent modifier et même améliorer les propriétés des matériaux cimentaires.

Ainsi, notre recherche bibliographique nous a permis de dégager parmi les paramètres influant les propriétés que ce soit à l'état frais ou durci des mortiers, on retrouve les caractéristiques des granulats et des filler et aussi l'utilisation des adjuvant et bien sur la réduction de l'eau de gâchage ( positif ou négatif ), est cela pour minimisé les pores de la matrice cimentaires qui a le but d'augmenté la résistance mécanique optimale, diminue l'absorption, augmente la masse volumique et maintenir une fluidité acceptable.

Les additions minérales choisies dans le présent travail pour évaluer performance de la matrice cimentaire par la confection du squelette granulaire est diminué bien la porosité du sable de dune utilisé ou le mélange du sable mixte, cet additions c bien les déchets de marbre sous forme des blocs « roches » finement broyés ou bien comme une poudre qui est pris des résultants de fabrication ou transformation du marbre par polissages ou sciages ..., qui mène a valorisé et recyclé ces déchets, Cette addition présente des intérêts incontestables du point de vue technique, économique, écologique. Les résultats menés à travers cette étude permettent de dégager la conclusion générale et les perspectives pour des futurs travaux de recherche suivants.

Ce travail expérimental est une contribution à l'amélioration des propriétés des mortier au ciment blanc avec addition de différents dosages de filler de marbre au sable de dune comme premier partie, est additionnel au sable mixte qui est constitué du sable de dune et du sable concassé de marbre avec des proportions expérimentales optimum vis-à-vis de la porosité, sans oublier l'incorporation de l'adjuvant « MEDAPLAST SP 40 » qui influe sur plusieurs paramètres et caractéristiques.

## **CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES**

---

Notre investigation a abouti à des résultats présentés précédemment qui nous permette de tiré les conclusions principales dont en cite :

- ✓ L'ajout du 15% de filler de marbre à amélioré la granularité du sable de dune et réduit sa porosité jusqu'à 33.58%, réduit la porosité du sable mixte jusqu'a 35.11%, après quelle à était 37.71% pour le sable de dune sans addition « témoin ».
- La résistance mécanique en compression et en flexion des mortiers est notablement améliorée elle atteint des valeurs très appréciables.
- Pour le mortier à base de sable de dune fillérisé à 15% de poudre de marbre, à l'âge de 28 jours avec 2% d'adjuvant, la résistance à la compression atteint 74.95 MPa, et 12.52 MPa en flexion
- Pour le mortier à base de sable mixte fillérisé à 15% de poudre de marbre, à l'âge de 28 jours, la résistance à la compression atteint une valeur de 81.01MPa, et 11.29 MPa en flexion.
- Ont à enregistrés pour le mortier à base de sable mixte fillerisé à 15% de poudre de marbre et avec 2% d'adjuvant à 28 jours, une résistance en compression qui atteint et dépasse même la valeur de 81 MPa.
- Le dosage de 2 % d'adjuvant permet de réduire l'eau de gâchage jusqu'a 22% pour le mortier à base sable de dune sans filler.
- Pour le mortier à base de sable de dune avec un ajout de 20% du filler, on constat une perte de la résistance mécanique et cela pour tous dosage d'adjuvant utilisé.

### **Perspectives**

A la fin, cette recherche a ouvert la porte à des recherches nouvelles qui doivent'intéresser à la valorisation des dechets dans la confection des bétons est des mortiers hydrauliques.

Ce travail ouvre différentes perspectives :

- Etude de la microstructure.
- Etude de quelques aspects de durabilité mécaniques et propriétés de ce type du mortier.

### ***Références bibliographiques***

- [1] Bétons et mortiers : préparation et mise en œuvre sur chantier / Cimbéton . - 2e édition. Cimbéton, 1996 . - 1 vol. (32 p.).
- [02]<http://www.wienerberger.be/fr/fa%C3%A7ade/prescriptions-de-pose/mortiers/types-demortiers-de-ma%C3%A7onnerie>.
- [3] M. Venuat – La pratique des ciments, mortiers et bétons – Tome 1 : « Caractéristiques des liants et des bétons, mise en œuvre des coulis et mortiers » - édition2 – Collection Moniteur. — 1989.- p 277.
- [4]J. Baron, J.P. ollivier et J.C. Weiss, « Les bétons, bases et données pour leur formulation », Edition Eyrolles,Troisième tirage, 1999, P 3-12.
- [5] G. Dreux "Nouveau guide du béton " Edition, Eyrolles- Paris- 1998, P 29-41.
- [6] A.TAGNIT et P-C NKINAMUBANZIB .Les ajouts cimentaires et le développement durable. Département de génie civil, Université de Sherbrooke.
- [7] R. CHAID. Formulation, caractérisation et durabilité des BHP aux ajouts cimentaires locaux. Thèse de doctorat d'état en génie civil ENP décembre 2006.
- [8] KHANOUS Amar. M.F.E MASTER le 28 Septembre 2014, THEME; OPTIMISATION DU TAUX DE CALCAIRE POUR LA PRODUCTION D'UN NOUVEAU CIMENT BLANC 42,5N (UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE D'ORAN« MOHAMED BOUDIAF »).
- [09]CHAUVIN J.J. (1987), Les sables, guide pratique d'utilisation routière, I.S.T.E.D, Paris, France, P.74.
- [10] AHMED OUGHBA - MOHAMED ABDERRAHMANE NAFE « **Etude des caractéristiques mécaniques du béton de sable de dunes sous l'effet d'adjuvant** », mémoire master académique, soutenu Le 22 juin 2013, université KASDI MERBAH OUARGLA.
- [11] AZZOUZ Hocine. **Etude des bétons à base des sables de dune**. Mémoire de magister. Spécialité : Génie civil -Option : Matériaux Soutenu le : 03/05/2009, université Mohamed Khider, Biskra Algérie.
- [12] Source: Revue d'Archéométrie, Volume 28, (2004), p.127 -139.
- [13] La norme européenne EN 934-2 Adjuvants pour béton, mortier et coulis - Adjuvants pour béton - Partie 2.
- [14]DUPAIN R., LANCHON R., SAINT-ARROMAN J.C.(2000); Granulats, sols, ciments et bétons, Edition Casteilla, Paris, p 236.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

[15] Sidi Mohammed El Amine BOUKLI HACENE ; Thèse de Doctorat ; génie civil; Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen ; « **CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA RESISTANCE CARACTERISTIQUE DES BETONS DE LA REGION DE TLEMEN** » - Soutenu en 2009 -page 20.

[16] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Marbre#D.C3.A9finition>.

[17] BENACHOUR Yacine; thèse de Doctorat en Sciences en Génie Civil; « **Analyse de l'influence de l'ajout de taux élevé de fillers calcaires sur les propriétés physiques, mécaniques, microstructurales, de transfert et de durabilité des mortiers** » ; Soutenu le 21/04/2009, page 21.

[18] DJOBO YANKWA Jean Noël, Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Master université de YAOUNDÉ I, faculté des sciences; département de chimie inorganique ; thème « **EFFETS DE L'INCORPORATION D'ADJUVANTS MINÉRAUX SUR LES PROPRIÉTÉS DE CIMENTS GÉOPOLYMÈRES A BASE DE SCORIES VOLCANIQUES**». - année 2013 ; page 8-9.

[19] **BENACHOUR Yacine** Thèse de Doctorat ; génie civil; Université de Constantine ; thème « **Analyse de l'influence de l'ajout de taux élevé de fillers calcaires sur les propriétés physiques, mécaniques, microstructurales, de transfert et de durabilité des mortiers** » Soutenu le 21/ 04/2009 p 16-36. ( article extrait de: [ De Larrard F., 1988 Formulation des bétons et propriétés des bétons à très hautes performance Rapport de recherche LCPC N°149 ).

[20] **SEDRAN T. & de LARRARD F.** «**RENE-LCPC: un logiciel pour optimiser la granularité des matériaux de génie civil**», Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, France .1994, p.87-93.

[21] Les bétons a base de ciment blanc 2000 -ABOUCAYA Jean-Luc.

[22] Mémoire de Magistère « **Caractérisation expérimentale des bétons autoplaçants obtenus par ajout des déchets de construction** » Présenté par : benakli.s.

## APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- Construction des Ouvrages d'Art esthétiques et éléments décoratifs.



## FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment 	Sable (sec) 	Gravillons (sec) 	Eau (litres) 
Dosage pour béton	+ X 1 	+  X7	+  X5 +  X4	+ 25 L

## CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

### • Analyses chimiques

	Norme
Perte au feu (%) (NA5042)	6.0±2
Teneur en sulfates (SO3) (%)	2.5±0.5
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1.7±0.5
Teneur en Chlorures(NA5042) (%)	0.02-0.09

### • Temps de prise à 20° (NA 230)

	Norme
Début de prise (min)	160±40
Fin de prise (min)	250±40

### • Composition minéralogique du Clinker (Bogue)

	Norme
C3S (%)	55±3
C3A (%)	9.0±1

### • Résistance à la compression

	Norme
2 jours (MPa)	≥ 20.0
28 jours (MPa)	≥ 52.5

### • Propriétés physiques

	Norme
Consistance Normale (%)	28±3.0
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm <sup>2</sup> /g) (NA231)	4 300 - 5 200
Retrait à 28 days (µm/m)	< 1 000
Expansion (mm)	≤ 3.0

## CONSIGNES DE SÉCURITÉ

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

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



### LAFARGE ALGÉRIE

Centre commercial Bab Ezzouar, Tour n°02,  
Etages 05 & 06, Bab Ezzouar Alger, Algérie  
Tél: + 213 (0) 21 98 54 54  
Fax: + 213 (0) 23 92 42 94  
[www.lafargealgerie.com](http://www.lafargealgerie.com)



# MEDAPLAST SP 40

Conforme à la norme EN 934-2 Tab 1 , 3.1 et 3.2 NA 774

## Super plastifiant - haut réducteur d'eau

### DESCRIPTION

Le **MEDAPLAST SP 40** est un superplastifiant haut réducteur d'eau permettant d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.

En plus de sa fonction principale de superplastifiant, il permet de diminuer considérablement la teneur en eau du béton.

### DOMAINES D'APPLICATION

- Bétons à hautes performances
- Bétons pompés
- Bétons précontraints
- Bétons architecturaux
- Bétons extrudés
- Bétons BCR

### PROPRIÉTÉS

Grâce à ses propriétés le **MEDAPLAST SP 40** permet :

#### Sur béton frais :

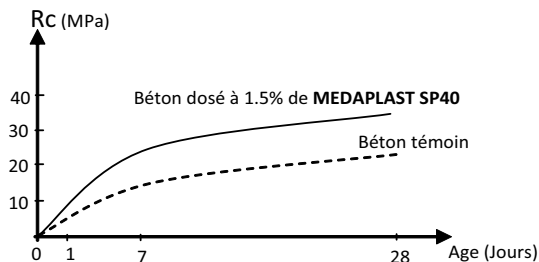
- Améliorer la fluidité
- Augmenter la maniabilité
- Réduire l'eau de gâchage
- Éviter la ségrégation
- faciliter la mise en œuvre du béton

#### Sur béton durci :

- Augmenter les résistances mécaniques même à jeune âge
- Diminuer la porosité
- Augmenter la durabilité
- Diminuer le retrait

### CARACTÉRISTIQUES

- Aspect ..... Liquide
- Couleur .....Marron
- pH ..... 8,2
- Densité ..... 1,20 ± 0,01
- Teneur en chlore ..... < 1g/L
- Extrait sec ..... 40%



Evolution des résistances en compression

### MODE D'EMPLOI

Le **MEDAPLAST SP 40** est introduit dans l'eau de gâchage.

Il est recommandé d'ajouter l'adjuvant dans le béton après que 50 à 70% de l'eau de gâchage ait été introduite.

### DOSAGE

Plage de dosage recommandée :

0,6% à 2,5% du poids de ciment soit 0,5L à 2L pour 100 kg de ciment

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

### CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Le **MEDAPLAST SP 40** est conditionné en bidons de 12Kg, fûts de 270 kg et cubitenaire de 1200 kg.

#### Délai de conservation :

Une année emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur ( $5^{\circ}\text{C} < t < 35^{\circ}\text{C}$ ).

### PRÉCAUTIONS 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)

PV d'essais conforme aux normes, établi par le **CNERIB** en Janvier 2007.

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

[www.granitex-dz.com](http://www.granitex-dz.com) - E-mail: [granitex@granitex-dz.com](mailto:granitex@granitex-dz.com)



## ملخص

تم توجيه دراستنا الحالية إلى إعادة تقييم المواد بشكل عام، وبخاصة المواد المحلية حيث يتم اللجوء إلى التحكم العقلاني الأمثل بغية توظيف هذه المواد أحسن استعمال، هذا من جهة ومن جهة أخرى نظرا للأزمة الاقتصادية التي تعيشها البلاد التي من شأنها أن تؤثر في مختلف المشاريع التي تضطر على إثرها التعايش معها في الوقت الراهن، وفي نفس الوقت لضمان التوازن في الطبيعة من خلال حل مشكلة التلوث التي تؤثر في العديد من الفصائل والكانونات مما يجعلنا وصلات رئيسية لتوازن الطبيعة.

والهدف من هذا العمل هو تحسين البنية الحبيبية لرمال الكثبان، وذلك بإضافة حشو الرخام " نفايات الرخام كمادة معاد تدويرها تسمىها" و ذلك بتمريره عبر مصفاة أقل من 80 ميكرون ( $\mu$  م)، في نفس الوقت نقوم باستخدام متغيرات أخرى و المتمثلة في نسب مختلفة من المواد المضافة - الملدنات المتفوقة جدا- " MEDAPLAST SP 40 " بنسب 1-2 %، ولكن مع الحفاظ دائما على سيولة محصورة، و كل هذا لأجل هدف تحسين العديد من المعاملات، الخصائص الميكانيكية، الانسيابية و السيولة الخاصة بالمصفاة الإسمنتية، و ذلك بغية الوصول إلى إعداد وتحسين أداء ملاط إسمنت أبيض بإضافة حشوات "مسحوق الرخام".

ولجعل دراستنا قيمة أكثر استخدمنا متغير آخر يرتكز على استخدام الرمال المختلطة المكونة أو المتحصل عليها من الكثبان الرملية من جهة والرمال المسحوق الناتج عن سحق طفيف وفرز نفايات الرخام من جهة أخرى، بدمجها مع بعض بنسب مختلفة مدروسة ومجربة حسب المسامية المثلى المتحصل عليها، في الأخير يتم مقارنة كل النتائج السابقة فيما بينها.

مفتاح الكلمات: الملاط، الإسمنت الأبيض، مسحوق الرخام، مادة مضافة، إعادة التدوير، المقاومة الميكانيكية.

## Résumé

Notre recherche actuelle s'est orientée à la valorisation des matériaux en générale, et en particulier les matériaux locaux et dont le but d'emploi judicieux de ces matériaux, et devant la crise économique qui touche notre payé est qu'il faut la Coexiste avec, et en même temps assuré l'équilibre de la nature par la résolution du problème de pollution qui permet à la survie de plusieurs espèces qui constituent les maillons important pour l'équilibre de la nature.

L'objectif de notre travail consiste à améliorer le squelette granulaire du sable de dune, par ajout de filler de marbre « déchet de marbre comme matériau recyclé et valorisé » tamisé moins que 80 micron ( $\mu$  m), en utilisant au même temps une autre variante qu'il s'agit des proportions différentes de super plastifiant « MEDAPLAST SP 40 » 1- 2 %, mais ont gardons toujours une fluidité ci-inclus, tous sa pour but d'améliorer plusieurs paramètres et caractéristiques mécaniques et rhéologiques de la matrice cimentaire, pour aboutir à la confection et la performance d'un mortier au ciment blanc avec filler « poudre de marbre ».

Pour que notre étude soit plus précieuse on a utilisé une autre variante qui s'appuie à l'utilisation d'un sable mixte constitué de sable de dune et de sable concassé issue d'un léger concassage et criblage des déchets de marbre, avec différentes proportions étudiées et choisie suite leur porosité optimale, afin de comparés tous ces résultats entre eux.

Mots clés : mortier, ciment blanc, poudre de marbre, Adjuvant, recyclage, résistance mécanique.

## Abstract

Our current research has focused on the valorisations of materials in general, and in particular local materials, and the purpose of judicious use of these materials, and before the economic crisis that affects our pay is that Coexist with, and at the same time assured the balance of nature by solving the problem of pollution which allows the survival of several species which constitute the important links for the balance of nature.

The objective of our work is to improve the granular skeleton of sand dune by adding marble filler "marble waste as recycled and recovered material" sieved less than 80 micron ( $\mu$ m), using at the same time another Variant that it is the different proportions of superplasticiser "MEDAPLAST SP 40" 1- 2%, but still keep a fluidity included, all its purpose is to improve several parameters and mechanical and rheological characteristics of the matrix Cement, to achieve the manufacture and performance of a white cement mortar with filler "marble powder".

In order to make our study more valuable, another variant has been used which is based on the use of a sand mixed with dune sand and crushed sand resulting from a light crushing and screening of the marble waste, Proportions studied and chosen following their optimal porosity, in order to compare all these results between theme.

Key words: mortar, white cement, marble powder, adjuvant, recycling, mechanical strength.