

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 GENIE CIVIL  
N° :....



DOMAINE : Science Technologique  
FILIERE : Génie Civil  
OPTION : Matériaux

Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique

Par :

- *Herizi Boudjmaa*
- *Achour Mohamed*

Intitulé

*Effet combiné des déchets de brique et de céramique sur  
le comportement du mortier*

Devant le jury composé de:

<i>Pr. NACERI Abdelghani</i>	<i>Université de M'sila</i>	<i>Président</i>
<i>Pr. RAHMOUNI Zine-El-Abidine</i>	<i>Université de M'sila</i>	<i>Encadreur</i>
<i>Dr. BELOUADAH Messaouda</i>	<i>Université de M'sila</i>	<i>Co-Encadreur</i>
<i>Dr. DJEBRI Noura</i>	<i>Université de M'sila</i>	<i>Examineur</i>

*Année Universitaire : 2019/2020*

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## *Remerciement*

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.*

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur : **Pr Rahmouni Zine-El-Abidine** et notre co-encadreur : **Dr Belouadah Messaouda** qui ont bien voulu nous encadrer et pour leur conseils précieux, leur disponibilité et leur patience.*

*Nous remercions également tous les membres de jury d'avoir accepté de jugé, mes enseignants (es) du département de génie civil et les responsables du laboratoire.*

# DEDICACES

*Nous dédions ce travail a mon gracieux père et mère a  
tous les membres de la famille Herizi a tous mes amis  
et proches aux étudiants du grand sud chacun en son  
nom aux membres des avant-bras éducatifs a tout  
personnel du d'épatement et  
les étudiants du groupe  
Génie des matériaux*

Herizi-Boudjmaa

# DEDICACES

*C e travail est dédié*

*A mon chère père*

*A tous mes proches, particulièrement, ma  
chère mère, mes frères et mes sœurs*

*A tous mes amis*

*Mes collègues et à toute*

*Personne ayant collaboré à ce travail*

*A tous ceux qui me connaissent*

*les étudiants du groupe*

*Génie des matériaux*

ACHOUR MOHAMED

# Table des matières

---

## Table des matières

*Remerciement*

*Liste des figures*

*Liste des tableaux*

*Résumé*

*Introduction général*

*1<sup>ère</sup> partie : Synthèse bibliographique*

### *Chapitre I : Comportement rhéologique du mortier*

<b>I.1 Introduction</b>	<b>01</b>
<b>I.2 Généralités</b>	<b>01</b>
<b>I.3 Les mortiers</b>	<b>01</b>
I.3.1 Définition	02
I.3.2 Constituants des mortiers	02
I.3.2.1 Le Liant	02
I.3.2.2 Le sable	02
I.3.2.3 L'eau de gâchage	03
I.3.2.4 Les adjuvants	03
I.3.2.4.1 Intérêt des adjuvants	04
I.3.2.4.2 Classification des adjuvants	04
I.3.2.4.3 Le super plastifiant	05
I.3.2.4.4 Les avantages principaux de l'utilisation des super plastifiant	05
I.3.2.4.5 Facteurs affectant l'action des super plastifiants	05
I.3.2.4.6 Domaines d'utilisation des super plastifiants	06
I.3.2.5 Les ajouts	06
<b>I.4 Le rôle d'utilisation du mortier</b>	<b>06</b>
<b>I.5 Classification des mortiers</b>	<b>07</b>
I.5.1 Classification générale des mortiers	07

# Table des matières

---

<b>I.6 Classes des mortiers</b>	<b>10</b>
<b>I.7 Préparation des mortiers</b>	<b>11</b>
<b>I.8 Les caractéristiques principales des mortiers</b>	<b>11</b>
I.8.1 Ouvrabilité	11
I.8.2 Prise	13
I.8.3 Résistances mécaniques	14
I.8.4 Retraits et gonflements	14
I.8.5 Masse volumique apparente	14
I.8.6 Masse volumique absolue	14
I.8.7 Porosité et compacité	15
<b>I.9 Application du mortier</b>	<b>15</b>
<b>I.10 Conclusion</b>	<b>16</b>
 <b><i>CHAPITRE II : Déchet De brique et céramique</i></b>	
<b>II.1 Introduction</b>	<b>17</b>
<b>II.2 Définition des déchets</b>	<b>17</b>
II.2.1 La définition réglementaire	17
II.2.2 Origine de la production de déchets	18
<b>II.3 Constitution chimique du déchet</b>	<b>18</b>
<b>II.4 Différents types des déchets</b>	<b>18</b>
II.4.1 Déchets ménagers et assimilés	18
II.4.2 Déchets encombrants	19
II.4.3 Déchets spéciaux	19
II.4.4 Déchets spéciaux dangereux	19
II.4.5 Déchets inertes	19
II.4.6 Déchets ultimes	19
II.4.7 Déchets biodégradables	20
<b>II.5 Classification des déchets</b>	<b>20</b>
II.5.1 Selon l'origine	20
II.5.2 Selon leur mode de traitement	20
II.5.3 Selon leur effets sur l'environnement	20
<b>II.6 Déchets utilisés en génie civil</b>	<b>21</b>

# Table des matières

---

II.6.1 Laitiers de haut fourneau	21
II.6.2 Laitier d'acier	21
II.6.3 Cendres volantes	22
II.6.4 Mâchefer	22
II.6.5 Boues rouges	23
II.6.6 Béton récupéré	24
II.6.7 Verre de récupération	24
II.6.8 Sciure de bois	25
II.6.9 Lin de textile	26
II.6.10 Marbre	26
II.6.11 Céramique	27
II.6.12 Carrelage	27
II.6.13 Brique concassée	28
<b>II.7 Déchets de brique</b>	<b>28</b>
II.7.1 Définition de brique	29
II.7.2 Types de brique	29
II.7.3 Principaux constituants de la brique et caractéristiques chimiques	31
II.7.4 Mode de fabrication de brique	31
II.7.4.1 L'extraction	31
II.7.4.2 Façonnage	31
II.7.4.3 Séchage	31
II.7.4.4 Cuisson	32
II.7.5 Valorisation des déchets de la brique	33
II.7.5.1 Recyclage	33
II.7.6 Propriétés des bétons des déchets de brique	33
II.7.7 Utilisations des bétons des déchets de brique	34
<b>II.8 Produits céramiques</b>	<b>35</b>
II.8.1 Généralités	36
II.8.2 Définition	39
II.8.3 Les grandes caractéristiques des céramiques	39
II.8.4 Classification des produits céramiques	40
II.8.5 Matière premières	40
II.8.6 Les produits céramiques dans la construction	42

# Table des matières

---

<b>I.9 Conclusion</b>	<b>45</b>
<b><i>Chapitre III : Caractéristiques des matériaux utilisés</i></b>	
<b>III.1 Introduction</b>	<b>46</b>
<b>III.2 Sable</b>	<b>46</b>
III.2.1 Origine du sable	46
III.2.2 Caractéristiques physiques du sable utilisé	46
III.2.2.1 Masse spécifique (absolue) : NF P 18-555	46
III.2.2.2 Masse volumique apparente : NF P 18-554	48
III.2.2.2.1 Masse volumique apparente à l'état lâche	48
III.2.2.2.2 Masse volumique apparente à l'état compact	49
III.2.2.3 Porosité : NF P 18-554	50
III.2.2.4 Compacité	50
III.2.2.5 Equivalent de sable : NF P 18-598	51
III.2.2.6 Teneur en eau : NF P 18-555	54
III.2.2.7 Analyse granulométrique : NF P 18-304. NF P 18-560	54
III.2.2.8 Module de finesse	57
III.2.3 Caractéristiques chimique du sable	57
<b>III.3 Ciment</b>	<b>58</b>
III.3.1 Caractéristiques physiques du ciment utilisé	58
III.3.2 Caractéristiques chimiques du ciment utilisé	58
<b>III.4 L'eau de gâchage</b>	<b>59</b>
III.4.1 Caractéristiques chimiques de l'eau utilisé	59
<b>III.5 L'adjuvant</b>	<b>60</b>
III.5.1 Description	60
III.5.2 Propriétés	60
III.5.3 Dosage	61

# Table des matières

---

III.5.4 Caractéristiques	61
<b>III.6 Les ajouts</b>	<b>61</b>
III.6.1 Les déchets de brique	61
III.6.2 Déchets de céramique	62
<b>III.7 Elaboration des différents mortiers</b>	<b>63</b>
III.7.1 Composition des mortiers	63
III.7.2 Détermination de la quantité d'eau	63
III.7.3 Malaxage de mortier	63
III.7.4 Préparation des éprouvettes	64
<b>III.8 Différents formulations réalisées</b>	<b>66</b>
III.8.1 Appellations des différentes formulations	66
III.8.2 Proportions des constituants de chaque formulation	67
<b>III.9 Caractérisation des différents mortiers à l'état frais</b>	<b>69</b>
III.9.1 La masse volumique	79
<b>III.10 Caractérisation des mortiers à l'état durci</b>	<b>70</b>
III.10.1 Essais de résistances mécaniques	70
III.10.1.1 Résistance à la traction par flexion	70
III.10.1.2 Résistance à la compression	71
III.10.2 Retrait et gonflement	72
III.10.3 Porosité	73
<b>III.11 Conclusion</b>	<b>73</b>
<b>Conclusions générales</b>	
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	

# Liste des figures

---

## Liste des figures

### Chapitre I

Fig.I.1 Constituants des mortiers	02
Fig.I.2 Les différents types des mortiers	10
Fig.I.3 Table à secousses	12
Fig.I.4 Principe de fonctionnement du maniabilimètre	12
Fig.I.5 Appareil de Vicat manuel	13
Fig.I.6 Application des mortiers	16

### Chapitre II

Fig.II.1 Laitier de haut fourneau	21
Fig.II.2 Laitier d'acier	22
Fig.II.3 Cendre volante	22
Fig.II.4 Mâchefer	23
Fig.II.5 Boues rouges	24
Fig.II.6 Béton récupéré	24
Fig.II.7 Déchet de verre	25
Fig.II.8 Sciure de bois	25
Fig.II.9 Lin de textile	26
Fig.II.10 Marbre	27
Fig.II.11 Céramique	27

## Liste des figures

---

Fig.II.12 Carrelage	28
Fig.II.13 Brique concassée	28
Fig.II.14 Schéma de fabrication des briques	32
Fig.II.15 Porcelaine Ming ~1500 (Chine)	37
Fig.II.16 Roche de kaolin	38
Fig.II.17 Microstructure typique d'une surface céramique	39
Fig.II.18 Classes des céramiques	40
Fig.II.19 Types des argiles	41

### Chapitre III

Fig.III.1 La masse volumique absolue d'un matériau	47
Fig.III.2 Essai de détermination de la masse volumique apparente	49
Fig.III.3 Agitateur mécanique	51
Fig.III.4 Repos de 20 min pour les éprouvettes	52
Fig.III.5 La courbe granulométrique du sable de Boussaâda	56
Fig.III.6 Evolution des résistance en compression	60
Fig.III.7 Le superplastifiant MEDAPLAST SP 40	61
Fig.III.8 Déchets des briques utilisés	62
Fig.III.9 Déchets des céramiques utilisés	63
Fig.III.10 Malaxeur du mortier (Laboratoire de génie civil M'sila)	64
Fig.III.11 Préparation des moules	65

## Liste des figures

---

Fig.III.12 Table vibrante (table à choc)	<b>65</b>
Fig.III.13 Arasétation de éprouvettes	<b>65</b>
Fig.III.14 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique	<b>67</b>
Fig.III.15 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique	<b>68</b>
Fig.III.16 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique	<b>68</b>
Fig.III.17 Cône d'affaissement du mortier	<b>69</b>
Fig.III.18 Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion	<b>70</b>
Fig.III.19 L'appareil de résistance à la flexion	<b>71</b>
Fig.III.20 Dispositif pour l'essai de résistance à la compression	<b>72</b>
Fig.III.21 L'appareil de compression	<b>72</b>
Fig.III.22 Essai de porosité	<b>73</b>

# Liste des tableaux

---

## Liste des tableaux

### Chapitre I

Tableau.I.1 Dosage des mortiers	11
---------------------------------	----

### Chapitre II

Tableau.II.1 Composition chimique de la brique réfractaire	31
------------------------------------------------------------	----

### Chapitre III

Tableau.III.1 Masse volumique absolue du sable de Boussaâda	48
Tableau.III.2 Masse volumique apparente du sable de Boussaâda à l'état lâche	49
Tableau.III.3 Masse volumique apparente du sable de Boussaâda à l'état compact	50
Tableau.III.4 Les résultats d'équivalent du sable de Boussaâda	53
Tableau.III.5 Comparaison des résultants	53
Tableau.III.6 Teneur en eau du sable de Boussaâda	54
Tableau.III.7 Les résultats d'analyse granulométrique du sable de Boussaâda	56
Tableau.III.8 Analyse chimique du sable de Boussaâda	57
Tableau.III.9 Caractéristiques physiques du CPJ -CEM II/B 42.5	58
Tableau.III.10 Caractéristiques chimiques du CPJ -CEM II/B 42.5	59
Tableau.III.11 Caractéristiques Chimique de l'eau de gâchage	59
Tableau.III.12 Caractéristiques de MEDAPLAST SP 40	61
Tableau.III.13 Composition chimique des déchets de brique broyés	62
Tableau.III.14 Caractéristiques des déchets de brique broyés	62

## Liste des tableaux

---

Tableau.III.15 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique	<b>67</b>
Tableau.III.16 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique	<b>67</b>
Tableau.III.17 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique	<b>68</b>
Tableau.III.18 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique	<b>68</b>
Tableau.III.19 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique	<b>69</b>

### ملخص :

في السنوات الأخيرة بدأت أطنان نفايات مواد البناء تمثل تحديا كبيرا ومشكلا بيئيا . الكميات الضخمة من النفايات تولد تجميد المزيد من مساحات الاراضي للتخزين .

تعتبر نفايات الطوب والسيراميك من أهم البدائل بالنسبة للإسمنت في الوقت الذي سارع فيه الباحثون لتطوير مواد البناء و إيجاد مواد تتناسب مع مجال الاستعمال وبتكلفة أقل بفضل خصائصهم الميكانيكية و الفيزيائية .

الهدف الرئيسي من خلال هذه الدراسة هو متابعة التأثير المشترك لمخلفات الطوب و السيراميك على سلوك الملاط باستغلالهم وإستعمالهم كبديل إسمنتي في الملاط يمكن أن يساهم في تجاوز نقائص مكونات الملاط وتحسين خصائصه الميكانيكية و الفيزيائية.

في هذا البحث يتم اضافة نفايات الطوب و السيراميك المسحوق (أقل من 80 مكرون) في الملاط الإسمنتي عن طريق إضافة وإستبدال كمية من الإسمنت بنسبة : 5% ، 10% و 15% (مسحوق الطوب) و 10% ، 20% و 30% (مسحوق السيراميك) .

لإجراء هذه الدراسة ، تم إجراء العديد من الاختبارات على تركيبات مختلفة في الحالة الطازجة (السيولة والكثافة) والمتصلبة مثل الانكماش والمسامية والسلوك الميكانيكي (اختبار الانضغاط وشد الانحناء).

**الكلمات المفتاحية :** الملاط الإسمنتي ، الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية ، مسحوق الطوب و السيراميك ، السلوك الميكانيكي.

### Résumé :

Ces dernières années, des tonnes de déchets de matériaux de construction ont commencé à représenter un défi majeur et un problème environnemental. D'énormes quantités de déchets génèrent plus de terres à stocker.

Les déchets de brique et de céramique sont l'une des alternatives les plus importantes au ciment, tandis que les chercheurs se sont empressés de développer des matériaux de construction et de trouver des matériaux utilisables à moindre coût grâce à leurs propriétés mécaniques et physiques.

L'objectif principal de cette étude est de suivre l'effet combiné des déchets de brique et de céramique sur le comportement du mortier en les exploitant et en les utilisant comme substitut de ciment dans le mortier qui peut contribuer à surmonter les déficiences des composants du mortier et à améliorer ses propriétés mécaniques et physiques.

Dans cet travail, des briques concassées et des déchets de céramique (moins de 80 microns) sont ajoutés au mortier de ciment en ajoutant et en remplaçant une quantité de ciment dans le rapport: 5%, 10%, 15% (poudres de brique), 10%, 20% et 30% (poudres de céramique).

Pour réaliser cette étude plusieurs essais ont été effectués sur les différents formulations à l'état frais (la fluidité et la masse volumique) et durci tel- que le retrait , porosité et le comportement mécanique (essai de compression et la traction par flexion).

**Mots clés :** mortier de ciment, propriétés mécaniques et physiques, poudres de brique et de céramique, comportement mécanique.

## **Abstract:**

In recent years, tons of construction material waste has started to represent a major challenge and an environmental problem. Huge amounts of waste create more land to store.

Waste bricks and ceramics are one of the most important alternatives to cement, as researchers have rushed to develop building materials and find usable materials at lower cost thanks to their mechanical and physical properties.

The main objective of this study is to follow the combined effect of brick and ceramic waste on the behavior of the mortar by exploiting them and using them as a cement substitute in the mortar which can help overcome the deficiencies of the components of the mortar. mortar and improve its mechanical and physical properties.

In this work, crushed bricks and ceramic waste (less than 80 microns) are added to the cement mortar, adding and replacing an amount of cement in the ratio: 5%, 10%, 15% (brick powders) , 10%, 20% and 30% (ceramic powders).

To carry out this study, several tests were carried out on the various formulations in the fresh state (fluidity and density) and hardened such as shrinkage, porosity and mechanical behavior (compression test and flexural tension).

**Key words:** cement mortar, mechanical and physical properties, brick and ceramic powders, mechanical behavior.

# Introduction générale

---

## Introduction générale

Ces dernières années ont vu une révolution dans le domaine des obus de béton et de mortier dans le monde et dans notre pays l'Algérie dans divers domaines (bâtiments, grandes installations et installations privées, ...) Généralement on l'appelle bétons innovants.

D'un autre côté, le besoin urgent de nouveaux bétons et mortiers a conduit à l'épuisement des ressources naturelles, et sa conscience en plus est qu'il s'agit du premier composé de ciment.

La fabrication du ciment et du béton, comme c'est le cas pour de nombreux matériaux industriels, consomme une quantité considérable d'énergie, engendrant ainsi l'émission d'importantes quantités de gaz à effet de serre, ce qui contribue à l'épuisement progressif des ressources naturelles et entraîne la production de certains résidus que l'on doit éliminer. Afin d'assurer la croissance de ces matériaux de construction indispensables, l'approche du développement durable doit être intégrée à leur production, ce qui permettra d'atteindre un équilibre entre les contraintes de protection de l'environnement et les considérations économiques et sociale.

Les déchets industriels ont trouvé leur place comme matériaux cimentaires dans la fabrication des bétons ou des mortiers de ciment, afin de diminuer le coût de fabrication de ces bétons et d'utiliser d'autres ressources afin de minimiser l'utilisation du sable de mer (cas du nord de l'Algérie) et aussi de minimiser l'utilisation du ciment, vu que sa fabrication reste coûteuse et polluante. Les déchets minéraux sont actuellement utilisés dans les bétons soit comme ajouts minéraux (par substitution partielle du ciment), soit comme granulats fins ou granulats grossiers (par substitution des granulats traditionnels) afin d'améliorer certaines propriétés à l'état frais (telles que la fluidité) ou à l'état durci (telle que la durabilité des bétons)

Les laboratoires de recherche de matériaux ont commencé à développer des composés de béton et de mortier à base de ces déchets, en raison de leurs avantages, d'un point de vue environnemental (réduction de la quantité de déchets) en termes économiques (réduction des coûts de production) techniquement (amélioration des propriétés mécaniques et physiques du béton et du mortiers). Parmi ces déchets, les déchets de briques et de céramiques peuvent être

# Introduction générale

---

concassés et utilisés comme additifs pour fabriquer des obus de mortier et de béton qui peuvent être exploités dans de plusieurs domaines.

L'objectif de notre travail, est la valorisation des déchets comme la poudre de brique et la poudre de céramique en différents pourcentage par substitution du ciment dans la formulation d'un mortier à base de matériaux locaux. Ce travail a pour but de l'amélioration de certains ou de la totalité de mortier et les incitations économiques et les avantages environnementaux.

Après une introduction générale, ce présent travail est subdivisé en quatre (03) chapitres :

Le premier chapitre présente une revue générale sur les Comportement rhéologique du mortier.

Le deuxième chapitre présente des notions générales sur déchet de brique et céramique.

Le Troisième Chapitre ce chapitre présente la caractérisation des matériaux utilisés, à savoir les caractéristiques physico-chimiques, et mécaniques des matériaux utilisés (ciment, poudre de brique, sable, superplastifiant, poudre de céramique).

Enfin, on conclue ce travail par une conclusion générale.

# CHAPITRE I

## *Comportement rhéologique*

### *du mortier*

## Chapitre I : Comportement rhéologique du mortier

### **I.1 Introduction :**

Dans ce chapitre, nous on a présenté les composants du mortier , le rôle d'utilisation de mortier et les différents types ainsi que les caractéristiques principales telles que l'ouvrabilité, la prise, Retraits et gonflements, Résistances mécaniques.

### **I.2 Généralités :**

Une construction est généralement réalisée par éléments, dont il faut assurer la liaison ou qu'il faut protéger par un revêtement. On doit alors effectuer des scellements ou divers travaux de reprise, de bouchage, etc. Toutes ces opérations se font à l'aide d'un liant toujours mélangé à du sable, de l'eau –et éventuellement un adjuvant –pour obtenir un « Mortier », qui se distingue du béton par l'absence de gravillons.

Des compositions multiples de mortiers peuvent être obtenues en jouant sur les différents paramètres : liant (type et dosage), adjuvants et ajouts, dosage en eau. En ce qui concerne le liant, tous les ciments et les chaux sont utilisables ; leur choix et le dosage sont fonction de l'ouvrage à réaliser et de son environnement. [6]

Les mortiers peuvent être :

- ✓Préparés sur le chantier en dosant et en mélangeant les différents constituants y compris les adjuvants.
- ✓Préparés sur le chantier à partir de mortiers industriels secs préposés et avant l'utilisation, il suffit d'ajouter la quantité d'eau nécessaire.
- ✓Livrés par une centrale : ce sont des mortiers prêts à l'emploi, dont les dernières années, les mortiers retardés stabilisés, ont un temps d'emploi supérieur à 24 heures.

Les mortiers industriels se sont beaucoup développés ces dernières années, permettant d'éviter le stockage et le mélange des constituants sur des chantiers parfois exigus et difficiles d'accès : rénovation, travaux souterrains. [6]

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

Les mortiers sont très utilisés pour des travaux de tous types, ces derniers se déclinent en

# Chapitre I Comportement rhéologique du mortier

divers produits, qu'ils soient de ciment, de chaux ou de résine, tous ne s'utilisent pas de la même façon. [14]

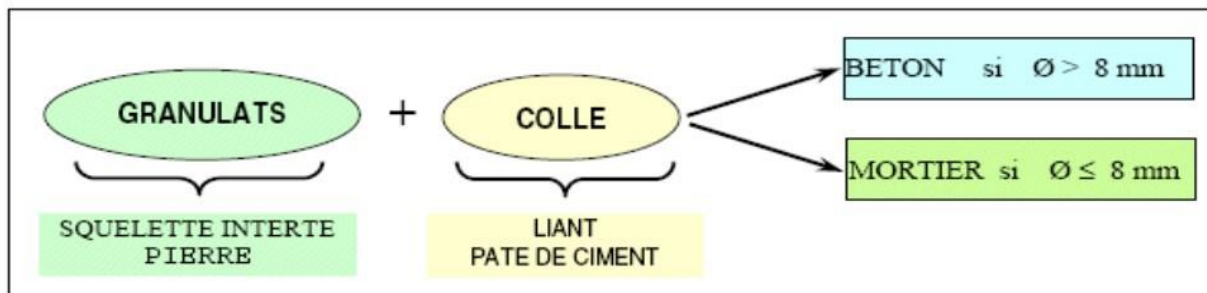


Fig.I.1 Constituants des mortiers [14]

## I.3.1 Définition :

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

## I.3.2 Constituants des mortiers:

### I.3.2.1 Le Liant:

On utilise généralement des liants hydrauliques qui peuvent être le ciment, cette dernière est une matière pulvérulente à base de silicate et d'aluminate, et de la chaux obtenue par la cuisson. [2]

Généralement, on peut utiliser :

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

### I.3.2.2 Le sable :

C'est une matière minérale siliceuse ou calcaire qui se présente dans le sol sous la forme de grains ou de poudre, suivant qu'il s'agit de sable grossier ou de sable fin. Les sables

---

## Chapitre I Comportement rhéologique du mortier

---

proviennent de la désagrégation des roches qui constituent l'écorce terrestre ; suivant leur composition, ils sont blancs, jaunes, gris ou rougeâtres. On peut encore classer les sables d'après leur origine et distinguer les sables de carrière, les sables de mer et les sables de rivière.

Le terrain dans lequel le sable grossier domine, manque d'homogénéité, sa trop grande perméabilité ne lui permet pas de retenir les engrais solubles, qui sont entraînés par les eaux avant d'avoir produit leur effet, amenant, en outre, l'assèchement rapide du sol. Des amendements sont nécessaires pour corriger les défauts des sols sableux ; l'apport de marne argileuse donne de la cohésion aux terrains qui en manquent, mais le fumier de ferme, en augmentant l'humus, est dans tous les cas le meilleur des traitements : il apporte au sable grossier l'agglomérant dont il a besoin et au sable fin l'allègement et l'aération qui lui font défaut. L'introduction des sables permet de diminuer le retrait du liant (ossature mortier) en augmentant les résistances mécaniques, ajoutant à cela, sa disponibilité et son aspect esthétiques (couleur).

Les sables de bonne granulométrie doivent contenir des grains fins, moyens et gros. Les grains fins se disposent dans les intervalles entre les gros grains pour combler les vides. Ils jouent un rôle important : Ils réduisent les variations volumiques, les chaleurs dégagées et même le prix. Les dosages se feront en poids plutôt qu'en volume comme c'est souvent le cas, afin d'éviter les erreurs de dosage, par suite de l'augmentation de volume de sable humide. [2]

### **I.3.2.3 L'eau de gâchage :**

L'eau joue un rôle important, elle sert à hydrater le ciment, elle facilite aussi la mise en œuvre du béton ou du mortier, ainsi elle contribue à son ouvrabilité. L'eau doit être propre et ne pas contenir d'impuretés nuisibles (matières organiques, alcalis).

Les caractéristiques des eaux requises pour la confection des mortiers et des bétons sont précisées dans la norme NA-442. Les mortiers devraient contenir la quantité d'eau maximale compatible avec une ouvrabilité optimale. [5]

### **I.3.2.4 Les adjuvants :**

## Chapitre I Comportement rhéologique du mortier

---

Les adjuvants sont des produits chimiques que l'on utilise dans le cas des bétons et mortiers. Ils modifient les propriétés des bétons et des mortiers auxquels ils sont ajoutés en faible proportion (environ de 5% du poids de ciment). Les mortiers peuvent comporter différents types d'adjuvants, les super plastifiants (haut réducteurs d'eau), les entraîneurs d'air, les modificateurs de prise (retardateurs, accélérateurs) et les hydrofuges. [12]

### I.3.2.4.1 Intérêt des adjuvants :

La raison de l'utilisation croissante des adjuvants est qu'elle confère physiquement et économiquement au mortier des avantages considérables. Ces avantages comprennent, entre autres, l'utilisation de mortier dans des conditions qui présentaient auparavant des difficultés considérables. Ils permettent l'utilisation d'une grande gamme de matériau dans le mortier. Même s'ils ne sont pas toujours bon marché, les adjuvants ne représentent pas nécessairement des dépenses supplémentaires, car leur utilisation peut engendrer des économies.

Les adjuvants fournissent au formulation de mortier une gamme étendue, variée et nuancée de possibilités pour faciliter la mise en œuvre des mortiers, adapter leur formulation au temps froid et au temps chaud, réduire les coûts de mise en œuvre, améliorer les propriétés du mortier durci.

Il y a toutefois lieu d'insister sur le fait que, même utilisés de manière adéquate et bénéfique pour le mortier, ils ne peuvent en aucun cas servir à corriger la mauvaise qualité des autres constituants ni leur dosage incorrect, ni des erreurs de manutention lors du transport, de la mise en place du mortier. [3]

### I.3.2.4.2 Classification des adjuvants :

Les adjuvants sont utilisés depuis très longtemps, mais leur développement réel et la multiplication de leur utilisation n'ont commencé que depuis 1960. Leur qualité et leur constance s'améliorent sans cesse.

Les adjuvants peuvent être organiques ou inorganiques selon leur composition chimique, mais leur caractère chimique, distinct de celui des autres minéraux utilisés dans la fabrication du mortier, est essentiel. Ainsi, dans la nomenclature Américaine on les appelle adjuvants chimiques, mais ici cette qualification est superflue, car les produits minéraux incorporés dans le mortier, dont la teneur est souvent supérieure à 5% de la masse du ciment,

---

## Chapitre I Comportement rhéologique du mortier

---

sont appelés liants ou ajouts. Les adjuvants peuvent être classés selon leur fonction, on distingue :

- ❖ Les entraîneurs d'air.
- ❖ Les réducteurs d'eau.
- ❖ Les retardateurs de prise, les accélérateurs de prise.
- ❖ Les super plastifiants.
- ❖ Les adjuvants divers (ceux qui améliorent la viscosité, l'adhérence, etc.).[3]

### **I.3.2.4.3 Le super plastifiant :**

Les super plastifiants sont des produits chimiques qui a ajouté au mortier permettent de réduire sa teneur en eau jusqu'à 30%(c'est un super réducteur d'eau), c'est-à-dire trois ou quatre fois plus qu'un réducteur d'eau normal. [3]

### **I.3.2.4.4 Les avantages principaux de l'utilisation des super plastifiants :**

- La production de mortier de haute ouvrabilité sans réduire la teneur en ciment et la valeur de la résistance.
- La production d'un mortier contenant moins de ciment, mais ayant une résistance et une ouvrabilité normale. Grâce à cette découverte, il est maintenant possible de fabriquer des mortiers fluides qui contiennent seulement la quantité d'eau nécessaire pour hydrater les grains de ciment. On évite ainsi l'eau qui ne participe jamais à l'hydratation du ciment et qui affaiblit la structure durcie du mortier et augmente sa porosité.[3]

### **I.3.2.4.5 Facteurs affectant l'action des super plastifiants :**

La capacité des super plastifiants d'augmenter l'affaissement du mortier dépend de plusieurs facteurs :

- **Le type de super plastifiant :**

Pour obtenir un affaissement de 260 mm à partir d'un Affaissement initial de 50 mm, il est nécessaire d'ajouter 0,6 de SMF ou MLS, mais seulement 0,4% de SNF.

- **Le dosage en super plastifiant :**

L'augmentation de l'affaissement est proportionnelle au dosage en super plastifiant, mais l'efficacité diminue au-delà d'un certain dosage. De plus la concentration en super plastifiant influence le taux et la vitesse d'hydratation des constituants.

- **Le rapport E/C :**

---

## Chapitre I Comportement rhéologique du mortier

---

Les mesures de la viscosité et de l'affaissement montrent que pour des rapports E/C compris entre 0,4 et 0,65, l'addition d'une certaine quantité de super plastifiant augmente l'affaissement et diminue la viscosité en augmentant le rapport E/C.

### • Le moment de l'addition :

Si le super plastifiant est ajouté au début avec l'eau de malaxage, l'affaissement augmente considérablement, mais dans le cas où il est ajouté entre 5 et 50 minutes après le début du malaxage, généralement l'affaissement par rapport au premier cas est moindre.

### • La température :

Pour des températures allant de 5 à 300C, il n'y a généralement pas de différence d'affaissement due à l'addition de super plastifiant. Au-delà de 300C, l'efficacité du super plastifiant diminue. [3]

### I.3.2.4.6 Domaines d'utilisation de super plastifiants :

Les super plastifiants sont utilisés dans les cas suivants :

- ❖ Bétons à compacité, et donc durabilité.
- ❖ Bétons à haute performance.
- ❖ Bétons autoplaçants. [13]

### I.3.2.5 Les ajouts :

Les ajouts que l'on utilise dans les mortiers sont :

- Poudres fines pouzzolaniques (cendres, fumée de silice, etc....).
- Fibres de différentes natures.
- Colorants (naturels ou synthétiques).
- Polymères. [4]

### I.4 Le rôle d'utilisation du mortier :

La pâte plastique obtenue peut jouer plusieurs rôles essentiels :

- Assurer la liaison, la cohésion des éléments de maçonnerie entre eux, c'est-à-dire la solidité de l'ouvrage, le rendre monolithique.
- Protéger les constructions contre l'humidité due aux intempéries ou remontant du sol sous forme d'enduits aériens sous forme d'écrans étanches.
- Constituer des chapes d'usure, un pour dallages en béton.

Devenir la matière première dans la fabrication de blocs manufacturés, carreaux, tuyaux divers éléments moulés. [6]

### I.5 Classification des mortiers :

Les mortiers sont classés comme suit :

#### I.5.1 Classification générale des mortiers :

##### ➤ Leur domaine d'utilisation

Généralement les mortiers varient selon leur domaine d'application, on peut citer les catégories suivantes :

- Mortier de pose ;
- Mortier de joints ;
- Mortier pour les crépis ;
- Mortier pour le sol ;
- Mortier pour les stucs ;
- Pierres artificielles ;
- Mortier d'injection ;
- Mortier pour les mosaïques ;
- Mortier de réparation pour pierres. [7]

##### ➤ La nature du liant

On peut classer les mortiers selon la nature du liant en :

#### **a- Le mortier de ciment :**

Les mortiers de ciments sont très résistants, prennent et durcissent rapidement. Le dosage du rapport entre le ciment et le sable est en général volumétrique de 1/3 et le rapport de l'eau sur ciment est environ 1/2. De plus, un dosage en ciment les rend pratiquement imperméables. En revanche, il est davantage sujet au retrait. [8]

#### **b- le mortier de montage :**

Le mortier de montage se fabrique en mélangeant du sable, du ciment et de l'eau. Pour monter un mur et assembler des blocs de béton entre eux, c'est le mortier de montage qui est utilisé car il est d'une grande résistance et d'une prise rapide. Le sable à utiliser doit être plutôt fin : partir sur du 0/1 ou du 0/4. [9]

#### **c- Le mortier de ragréage :**

Le mortier de ragréage est un mélange de sable fin, de ciment et d'eau. L'ajout d'adjuvants est recommandé, notamment l'hydrofuge pour les façades extérieures. [9]

### **d- le mortier colle :**

Ce type de mortier est utilisé pour la mise en œuvre des briques et des blocs avec des joints de 3 à 6 mm. Il assure une plus grande adhérence entre la brique et le mortier.

Le mortier colle regroupe la famille des mortiers adhésifs destinés à coller un revêtement comme :

- Le carrelage ;
- Le dallage ;
- Certains blocs de maçonnerie ;

Si le mortier colle est parfaitement adapté pour le collage des céramiques, il est tout de même possible de les coller à l'aide de mortier-ciment ou de mortier chaux sous certaines conditions.

Il existe plusieurs classes de performances :

- C1 pour la pose de carrelage intérieur (sols et murs) ;
- C2 pour la pose de carrelage intérieur et extérieur (sols et murs) ;
- C2 S1 ou S2 pour la pose de carrelage intérieur et extérieur (sols et murs) avec en plus, des propriétés d'adhérence élevées et une capacité à être déformé par une contrainte entre le carreau et la surface d'encollage. [9]

### **e- Le mortier bâtard :**

Ce sont les mortiers, dont le liant est le mélange de ciment et de chaux. Généralement, on utilise la chaux et le ciment par parties égales, mais on mettra une quantité plus ou moins grande de l'un ou de l'autre suivant l'usage et la qualité recherchée.

Les chaux apportent leur plasticité, les ciments apportent la résistance mécanique et un durcissement plus rapide. [8]

### **f- Le mortier d'imperméabilisation :**

Les mortiers d'imperméabilisation sont utilisés dans le cadre de travaux situés dans des lieux humides comme la salle de bain, les abords de piscine. Ils ont une plus grande résistance à l'humidité. Ils sont aussi utilisés pour tous les travaux de cuvelage, fondation et bassins. [9]

### **g- Le mortier hydrofuge :**

Le mortier hydrofuge est un mortier résistant à l'eau, qui permet d'éviter les problèmes d'humidité sur une surface. Il permet de :

## Chapitre I Comportement rhéologique du mortier

---

- Boucher des fissures ;
- Enduire un mur ;
- Réaliser des chapes ;

On l'utilise avant tout dans les lieux humides (salle de bain, extérieur, etc.) ou encore pour concevoir des réalisations étanches, comme un bassin de piscine. [10]

### **h- Le mortier réfractaire :**

Il est fabriqué avec du ciment fondu, qui résiste à des températures élevées. Il est utilisé pour la construction des cheminées et barbecues. [11]

### **i- Le mortier de chaux :**

C'est le composant traditionnel du mortier, il possède une plasticité et un pouvoir de rétention d'eau excellent, mais sa résistance mécanique est faible et sa cure est lente. La chaux grasse, obtenue par extinction de la chaux vive en la laissant vieillir, est le produit de qualité que l'on devrait utiliser, mais le vieillissement prend beaucoup de temps et le travail de la chaux grasse est très salissant. C'est pourquoi il est plus pratique d'utiliser la chaux hydratée sèche.

La cure des mortiers de chaux s'effectue lentement par carbonatation sous l'effet du gaz carbonique de l'air, ce processus peut être fortement ralenti par un temps froid et humide. [7]

On trouve deux types de chaux :

#### **• La chaux aérienne :**

Elle a l'avantage de durcir lentement, et uniquement au contact de l'air.

#### **• La chaux hydraulique :**

Elle durcit au contact de l'eau, puis de l'air. L'usage de chaux dans un mortier permet généralement une application plus facile, grâce à un temps de séchage un peu plus long. Ces mortiers sont cependant plus complexes à doser que le ciment. [9]

### **g- Le mortier industriel :**

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

## Chapitre I Comportement rhéologique du mortier

- ✓ Mortiers pour enduits de couleur et d'aspect varié ;
- ✓ Mortiers d'imperméabilisation ;
- ✓ Mortier d'isolation thermique ;
- ✓ Mortier de jointoiement ;
- ✓ Mortier de ragréage ;
- ✓ Mortier de scellement, mortier pour chapes ;
- ✓ Mortier-colle pour carrelages, sur fond de plâtre ou de ciment ;
- ✓ Mortier de réparation. [11]

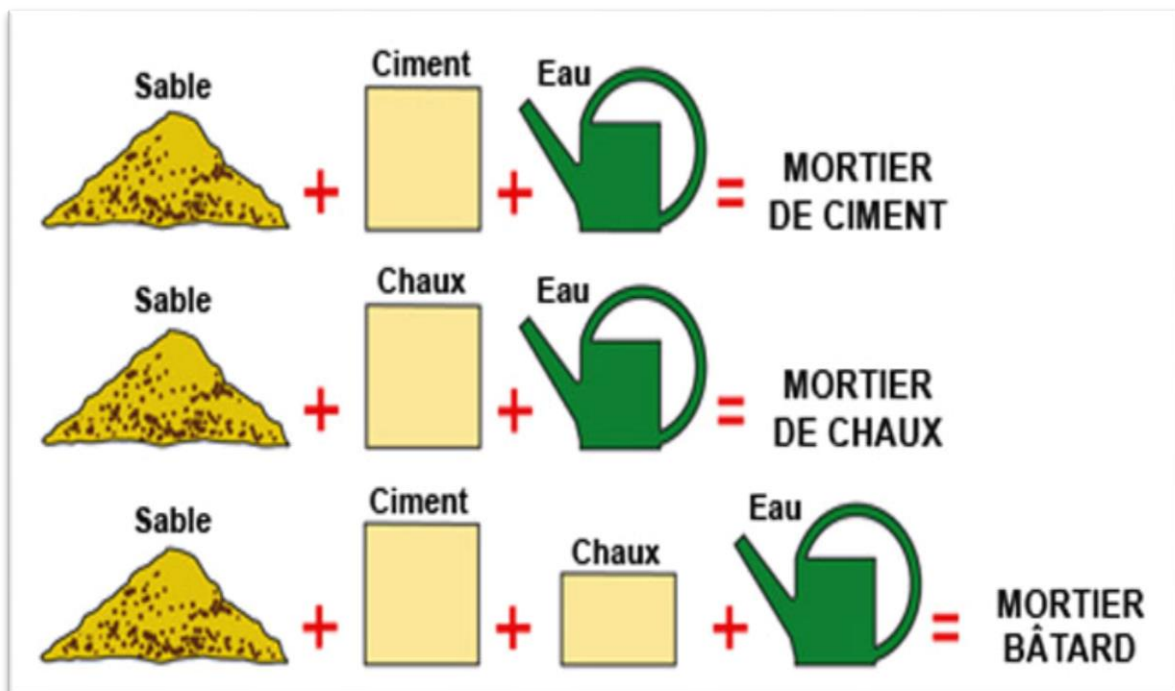


Fig.I.2 Les différents types des mortiers [41]

### I.6 Classe des mortiers :

- ✚ **Classe 1** : Adjuvant modifiant les caractéristiques des mortiers, bétons et coulis à l'état frais.
- ✚ **Classe 2** : Adjuvant modifiant les caractéristiques des mortiers, bétons et coulis pendant la prise et le durcissement.
- ✚ **Classe 3** : Adjuvant modifiant la teneur en air ou en autre gaz.
- ✚ **Classe 4** : Adjuvant modifiant la résistance des mortiers, bétons et coulis.
- ✚ **Classe 5** : Adjuvant améliorant la durabilité des mortiers, bétons et coulis.
- ✚ **Classe 6** : Adjuvant modifiant des propriétés spéciales. [17]

# Chapitre I Comportement rhéologique du mortier

## I.7 Préparation des mortiers :

Les quantités nécessaires en fonction des dosages et des travaux à faire comme le montre tableaux ci-dessous :

Tableau.I.1 Dosage des mortiers[16]

Sable	Ciment	Eau
Unité(g)	Unité(g)	Unité (ml)
1350	450	225

- Prévoir une surface de gâchage plate et assez grande, balayer cette aire de gâchage au balai de chantier, elle doit être propre et surtout sans débris végétaux.
- Installer la bétonnière ou le seau de maçon à proximité des produits.
- Prévoir un tuyau d'alimentation en eau muni d'un robinet d'arrêt.
- Déposer sur l'aire prévue à cet effet la quantité de sable.
- Verser le ciment (ou la chaux) sur le sable.
- Commencer à mélanger à la pelle le sable et le ciment. Afin d'obtenir un bon mélange, déplacer le tas deux ou trois fois. Le mélange doit être de couleur homogène.
- Creuser le tas en cratère et verser 2/3 de l'eau prévue.
- Faire tomber peu à peu les bords du cratère dans l'eau pour humidifier le mélange.
- Mélanger le tas afin de répartir l'eau. Pour homogénéiser le mélange, le déplacer deux ou trois fois comme pour le mélange à sec.
- Couper le dessus du tas de mortier avec la pelle. S'il ne se forme pas de boudins, ajouter un peu d'eau et mélanger à nouveau.
- Le mortier est correctement humidifié lorsqu'on passe le plat de la pelle dessus, il se lisse et l'eau remonte en surface. [16]

## I.8 Les caractéristiques principales des mortiers :

### I.8.1 Ouvrabilité :

L'ouvrabilité d'un mortier se mesure à l'aide de divers appareils. Les plus connus sont :

#### ❖ Table à secousses

## Chapitre I Comportement rhéologique du mortier

Après le démoulage du mortier, ce dernier reçoit 15 chocs en 15 secondes. On mesure le diamètre de la galette ainsi obtenue. L'étalement en % est donné par la formule :

$$E\% = 100 \frac{D_r - D_i}{D_i}$$

Avec :  $D_r$  : diamètre final

$D_i$  : diamètre initial

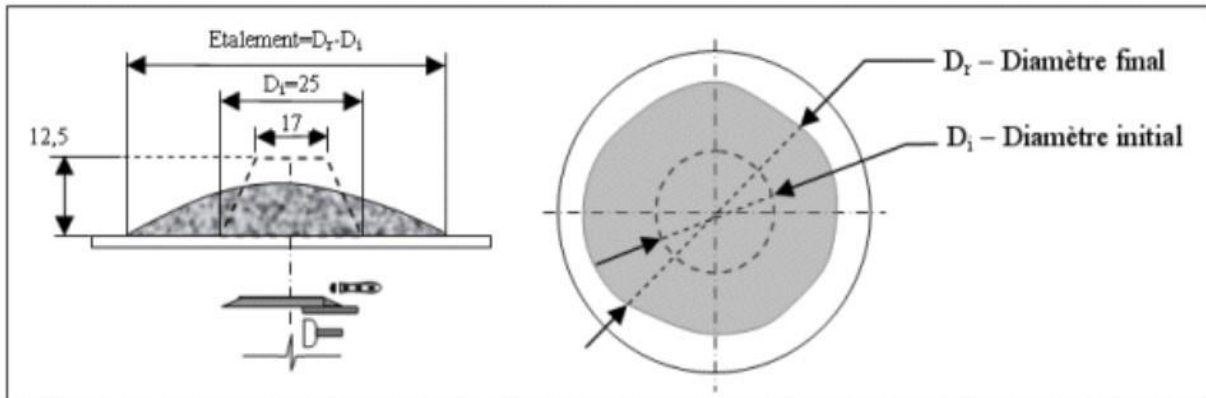


Fig.I.3 Table à secousses [15]

### ❖ Maniabilimètre du LCPC :

Il est constitué d'un moule parallélépipédique comportant une paroi mobile et un vibreur.

Le principe de l'essai consiste, après avoir enlevé la paroi mobile, à mesurer le temps mis par le mortier sous vibrations pour atteindre un repère gravé sur la face intérieure du moule.

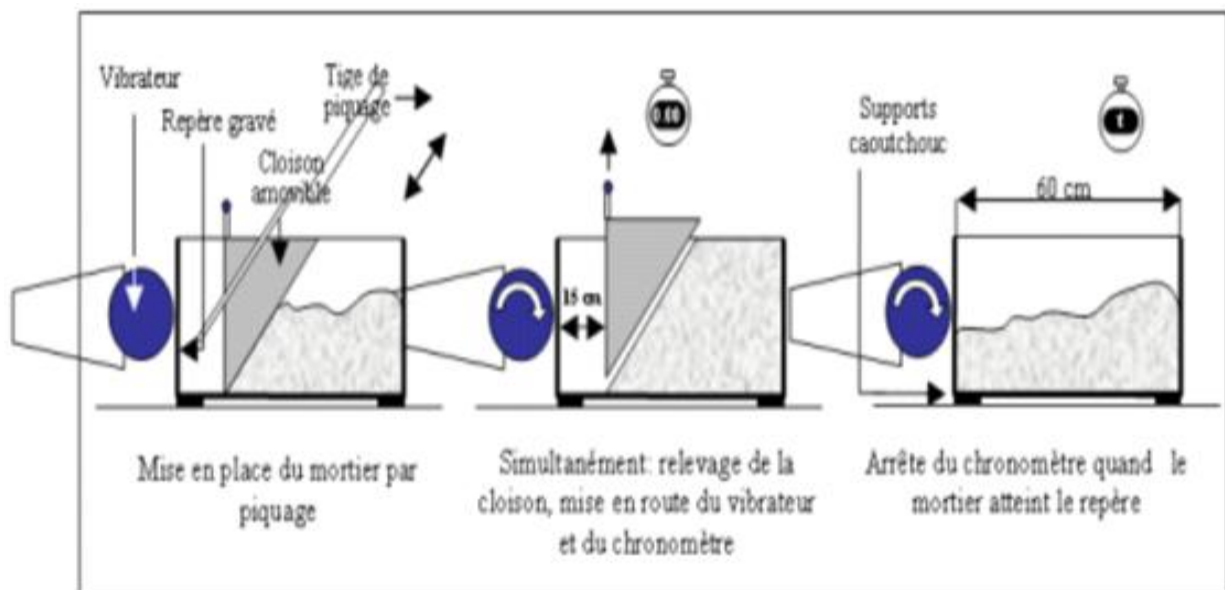


Fig.I.4 Principe de fonctionnement du maniabilimètre [15]

## Chapitre I Comportement rhéologique du mortier

### ❖ Le cône :

Dans le cas d'un mortier fluide, on peut mesurer le temps d'écoulement d'une certaine quantité de mortier au travers d'un ajustage calibré situé à la partie inférieure d'un cône.

Le Cône peut aussi être muni d'un vibreur. [15]

### I.8.2 Prise :

Le temps de prise se mesure habituellement sur une pâte pure de ciment de consistance Normale (24 à 30% d'eau) et conformément à la norme concernée (à l'aide de l'appareil de Vicat).

Il est possible d'obtenir (hors norme) le temps de prise d'un mortier avec le même appareillage mais en plaçant une surcharge de 700 grammes sur le plateau supérieur. Le poids de l'aiguille pénétrant dans le mortier est de 1000 grammes.

Le début de prise est l'instant où l'aiguille s'arrête à 2,5 mm du fond (taille des plus gros grains de sable) et la fin de prise est l'instant où l'aiguille s'arrête à 2,5 mm du niveau supérieur. [15]

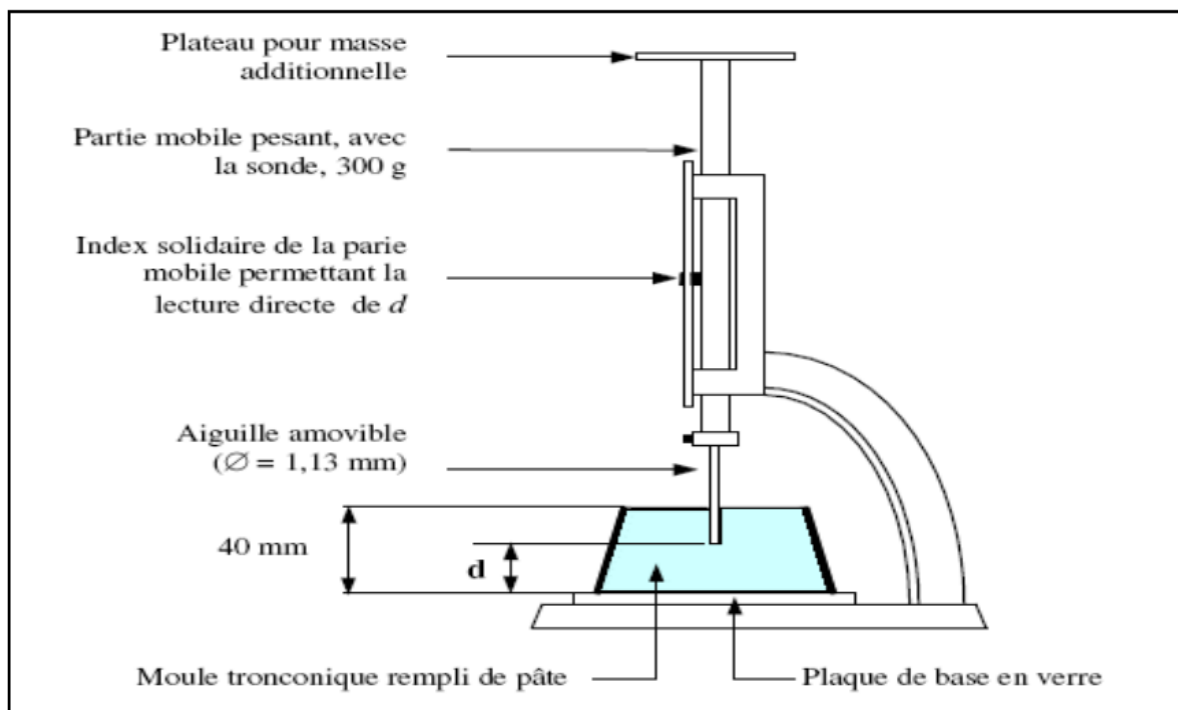


Fig.I.5 Appareil de Vicat manuel [18]

## **Chapitre I Comportement rhéologique du mortier**

---

### **I.8.3 Résistances mécaniques :**

Les essais sont souvent effectués sur les éprouvettes prismatiques de 4x4x16 cm conservés dans l'eau à 20 °C. Les éprouvettes sont rompues en traction par flexion puis en compression.

Les résistances, aussi bien en traction par flexion qu'en compression, progressent à peu près comme logarithme du temps (entre 1 et 28 jours).

Les résistances des mortiers dépendent de très nombreux facteurs :

- ✓ Nature et dosage en ciment ;
- ✓ Rapport E/C ;
- ✓ Granulométrie et nature du sable ;
- ✓ Energie de malaxage et mise en œuvre ;
- ✓ Protection des premiers jours. [15]

### **I.8.4 Retraits et gonflements :**

#### **❖ Le Retrait :**

Les retraits se mesurent sur des prismes 4x4x16cm en mortier 1/3, munis de plots à leurs extrémités et conservés, après démoulage, dans une enceinte à 20°C et à 50% d'humidité relative. Ce retrait progresse à peu près comme le logarithme entre 1 et 28 jours.

Le mortier prend son retrait plus rapidement que la pâte pure. Le rapport du retrait de la Pâte pure sur le retrait du mortier croît avec le temps. Il est de l'ordre de 1,5 à 2,5 les premiers jours, puis augmente pour atteindre 2,5 à 3,5 en un an. En moyenne, le retrait sur mortier est 2 à 3 fois plus faible que celui de la pâte pure (avec le même ciment). [15]

#### **❖ Le gonflement :**

Le gonflement des mortiers (qui se produisent lorsqu'ils sont conservés dans l'eau) se mesure sur les mêmes éprouvettes de 4x4x16cm conservées dans l'eau à 20°C. Ils sont en général assez faibles (cas de ciment stable ayant une expansion aux aiguilles de le Chate lier inférieure sur pâte pure à 10mm). [15]

### **I.8.5 Masse volumique apparente :**

C'est la masse d'un corps par unité de volume apparent en état naturel (y compris les vides et les capillaires). Elle est exprimée en (g/cm<sup>3</sup>, kg/m<sup>3</sup> ou t/m<sup>3</sup>). [15]

### **I.8.6 Masse volumique absolue :**

C'est la masse d'un corps par unité de volume absolu de matière pleine (volume de

## Chapitre I Comportement rhéologique du mortier

---

matière Seule sans tenir compte les vides et les pores). Elle est exprimée en ( $\text{g/cm}^3$ ,  $\text{kg/m}^3$  ou  $\text{t/m}^3$ ). [15]

### **I.8.7 Porosité et compacité :**

#### **❖ La porosité**

La porosité est le rapport du volume vide sur le volume total. [15]

$$P = \text{volume de vide} / \text{volume totale}$$

#### **❖ La compacité**

La compacité est le rapport du volume des pleins sur le volume total. [15]

### **I.9 Application du mortier :**

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

✓ Pour les maçonneries peu chargées, on pourra utiliser le mortier maigre de chaud de liant ou de ciment à maçonner ; en revanche, pour les maçonneries frottement chargées, le mortier moyen de ciment portland sera recommandé. Le mortier moyen de ciment de laitier ou de haut fourneau pourra être utilisé en fondation, il y a sera même recommandé on présence d'eaux nocives, mais il ne devra pas être employé en élévation.

✓ Pour le jointoiment on utilisera un mortier gras du même liant qui a servir à hourder la maçonnerie.

✓ Pour les enduits aériens et crépis, le mortier moyen est recommandé, car il protégera mieux que le mortier maigre et il sera moins susceptible de décollement, fissuration et faïençage que le mortier gras. On utilise principalement le mortier de chaux hydraulique et de mortier portland.

✓ Pour les enduits mouilles ou enterrés, n'importe quel mortier moyen convient.

✓ Pour les enduits étanches, le mortier devra être gras on peut utiliser le ciment de laitier ou de haut fourneau, mais on emploie surtout le portland ou le ciment de fer. Pour les chapes ordinaires, on utilisera le même mortier que pour les enduits aériens, mais pour les chapes de dallages, soumise à une usure rapide, et pour les chapes étanches, il faudra un mortier gras de ciment de fer ou portland.

✓ Pour les enduits et chapes étanches, soumis à la forte sous-pression le mortier très gras de ciment de laitier ou de haut fourneau pourra être utilisé en fondation. [22]



**Fig.I.6 Application des mortiers [21]**

### **I.10 Conclusion :**

Le mortier est le matériau le plus fréquemment utilisé dans le domaine de la construction. Il est composé de : liant, sable, chaux, eau et adjuvant, se différencie par leurs compositions et leurs consistances d'où la différence de leur domaine d'utilisation. Nous utilisons le mortier pour but de :

- Solidariser les éléments entre eux.
- Assurer la stabilité de l'ouvrage.
- Comblent les interstices entre les blocs de construction, etc.....

# CHAPITRE II

## *Déchet De brique et céramique*

### Chapitre II : Déchet De brique et céramique

#### **II.1 Introduction :**

Les considérations économiques et environnementales affectent de plus en plus l'approvisionnement des déchets. Il y a des grands défis à la réalisation et au sens opposé des grandes objections à l'ouverture de nouveaux bancs de carrières. En même temps, on se heurte, des difficultés pour déposer à la décharge et de sous-produits inertes de l'industrie et, à l'existence des décharges sauvages qui affectent l'environnement.

Ces types de résidus peuvent être transformés en vue de leur utilisation dans la fabrication du béton. L'usage de déchet de brique pour la fabrication du béton est jugé, le niveau bas de recyclage de ce dernier peut être à cause de manque des recherches dans leur application et utilisation en construction des routes. Il faut ajouter que la brique à cause de son mauvais comportement en compression et avoir un haut degré d'absorption d'eau ne peut pas être utilisée facilement dans le béton.

Ce genre des déchets est une menace sérieuse pour l'environnement et hygiène des eaux souterraines de surcroît il a un aspect qui frappe désagréablement à l'œil. Le traitement nécessaire des déchets n'est pas simple, parfois s'est plus onéreux, et demande des connaissances spécialisées, puisque aucun de ces matériaux n'est normalisé. [42]

#### **II.2 Définition des déchets :**

Les déchets peuvent être abordés de manière différente en fonction de leurs propriétés. Leur classification peut notamment se faire en fonction de leur état physique (solide, liquide, gazeux), de leur provenance (déchets ménagers, déchets industriels, déchets agricoles), de leur traitement (primaires, secondaires, ultimes) ou encore de leur dangerosité (déchets inertes, déchets banals, déchets spéciaux).

La variété de ces propriétés et des points de vue que l'on peut adopter lorsque l'on s'intéresse aux déchets amène la plupart des auteurs à dire qu'il n'existe pas de définition satisfaisante du déchet. Cette définition est différente en fonction du point de vue réglementaire, environnemental, économique ou encore fonctionnel. [19]

##### **II.2.1 La définition réglementaire :**

---

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

---

Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon. [44]

### **II.2.2 Origine de la production de déchets :**

La production des déchets est inéluctable pour les raisons suivantes :

- ✓ Biologiques : tout cycle de vie produit des métabolites ;
- ✓ Chimiques : toute réaction chimique est régie par le principe de la conservation de la matière et dès que veut obtenir un produit à partir de deux autres on en produira un quatrième ;
- ✓ Technologiques : tout procédé industriel conduit à la production de déchet ;
- ✓ Economiques : les produits en une durée de vie limitée ;
- ✓ Ecologiques : les activités de la dépollution (eau, air) génèrent inévitablement d'autres déchets qui nécessiteront une gestion spécifique ;
- ✓ Accidentelles : les inévitables dysfonctionnements des systèmes de production et de consommation sont eux aussi à l'origine de déchets. [43]

### **II.3 Constitution chimique du déchet :**

Les déchets sont pour la plupart constitués des mêmes molécules chimiques que celles de produits. Ce qui différencie les déchets des autres produits provient d'un certain nombre de particularités.

Certains déchets résultent du traitement involontaire de molécules usuelles avec production de sous-produits de composition, a priori inconnu. Par ailleurs, le déchet peut se retrouver dans un milieu dont il n'est pas issu en tant que produit et de ce fait auquel il n'est pas destiné. Enfin, le mélange au hasard des déchets peut conduire à la formation de produits nouveaux. [19]

### **II.4 Différents types des déchets :**

#### **II.4.1 Déchets ménagers et assimilés (DMA) :**

Correspondant à ceux produit par l'activité domestique des ménages, les déchets assimilés sont issus des commerces, de l'artisanat, des bureaux et des industries (verre, papiers, emballage, métaux ...etc.). Ils sont collectés par les municipalités. Il existe des

---

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

---

déchets ménagers spéciaux (DMS) : ce sont des déchets toxiques ou dangereux produits en faible quantité par les ménages (Solvant, peintures, les huiles minérales) et ne peuvent pas être éliminés. [23]

### **II.4.2 Déchets encombrants (DE) :**

Tous déchets provenant des ménages qui par leur poids, leur dimension ou leur volume ne peuvent être chargés dans les véhicules de collecte avec les déchets ménagers ordinaires et qui doivent faire l'objet d'une collecte spéciale. [26]

### **II.4.3 Déchets spéciaux (DS) :**

Tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent ne peuvent pas être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes. [28]

### **II.4.4 Déchets spéciaux dangereux (DSD) :**

Tous déchets spéciaux qui par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent sont susceptibles de nuire à la santé publique et /ou à l'environnement. [28]

### **II.4.5 Déchets inertes (DI) :**

Ce sont des déchets qui ne subissent aucune modification en cas de stockage, ne se décomposent pas, ne se brûlent pas et ne produisent aucune réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradables et ne détériorent pas d'autres matières avec lesquelles ils entrent en contact, d'une manière susceptible de nuire à la santé humaine et d'entraîner une pollution de l'environnement. [27]

### **II.4.6 Déchets ultimes (DU) :**

Est ultime un déchet, résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux. Le caractère ultime d'un déchet n'est pas fonction des caractéristiques "physicochimiques" du déchet mais s'apprécie en fonction du système global de collecte et de

## **Chapitre II Déchet De brique et céramique**

---

traitement. Cette notion est locale et doit normalement être précisée dans le cadre des plans départementaux d'élimination des déchets ménagers et assimilés. [20]

### **II.4.7 Déchets biodégradables :**

Ce sont les déchets pour lesquels les facteurs abiotiques assurent seuls leur décomposition ; dans le cas où la décomposition est assurée par les micro-organismes (bactéries ou champignons), on parle des déchets biodégradables. Exemple la matière organique. [25]

### **II.5 Classification des déchets :**

#### **II.5.1 Selon l'origine :**

On a deux classes :

- ✚ Déchets industriels ;
- ✚ Déchets urbains ;

Après le tri et le traitement on adoptera une étape cruciale dans le processus de valorisation de ces déchets .La bonne gestion nous permettra de mieux exploiter ces déchets et ainsi réduire leurs nuisances et leurs impacts environnementaux, leur réutilisation devient ainsi profitable et conduit à un résultat très positif sur le plan économique. [24]

#### **II.5.2 Selon leur mode de traitement :**

Les professionnels et les chercheurs s'accordent à regrouper les déchets en quatre grandes familles. [24]

- ✓ Les déchets inertes ;
- ✓ Les déchets banals ;
- ✓ Les déchets spéciaux ;
- ✓ Les déchets dangereux.

#### **II.5.3 Selon leur effet sur l'environnement :**

A ce titre on distingue :

- ✓ Les déchets inertes
- ✓ Les déchets fermentescibles

- ✓ Les déchets toxiques. [24]

### II.6 Déchets utilisés en génie civil :

#### II.6.1 Laitiers de haut fourneau :

Le laitier de haut fourneau est un sous-produit de la transformation du minerai de fer en fonte brute. Le laitier est ensuite refroidi lentement à l'air libre et donne un matériau cristallin et compact connu sous le nom de «laitier refroidi à l'air» ou bien il est refroidi rapidement et traité au moyen de jets d'eau pour obtenir un matériau léger désigné sous le nom «laitier expansé».

Le laitier refroidi à l'air est approprié comme granulat pour le béton. La stabilité volumique, la résistance aux sulfates et la résistance à la corrosion par les solutions de chlorure font que le béton de laitier armé convient pour plusieurs applications. [29]



**Fig.II.1 Laitier de haut fourneau [54]**

#### II.6.2.Laitier d'acier :

Ce laitier est formé par l'élimination des impuretés contenues dans la fonte brute. Il est riche en phosphate ou en calcium et contient du silicate bicalcique métastable, il est donc utilisé uniquement comme matériau de remblai pour les routes. Normalement, ce laitier est stocké en piles pendant une période allant jusqu'à un an avant d'être utilisé.

L'utilisation de ces laitiers est assez peu répandue en raison des problèmes de stabilité dimensionnelle. Des procédés de vieillissement/maturation se sont développés afin de maîtriser cette instabilité et des initiatives de valorisation, notamment en génie civil. Aussi, les risques environnementaux associés à l'utilisation des laitiers dans certaines filières sont encore peu connus. [29]

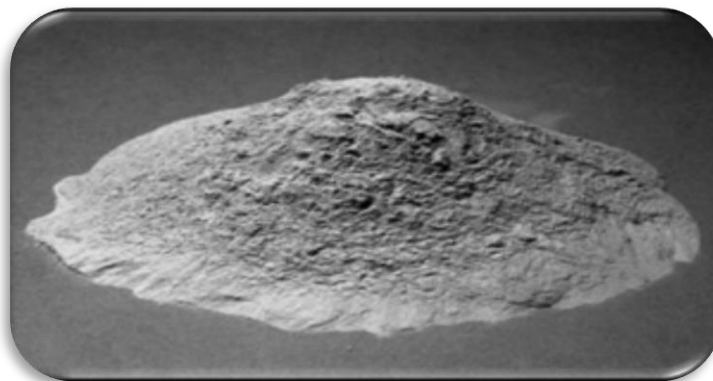


**Fig.II.2 Laitier d'acier [54]**

### **II.6.3 Cendres volantes :**

Les cendres volantes pourraient constituer de très bons granulats légers, mais elles ne sont pas beaucoup utilisées. Elles sont issues de la combustion du charbon pulvérisé et poussé dans la chambre de combustion d'un four par des gaz d'échappement. Et sont préférables à beaucoup d'autres granules légers étant donné qu'elles donnent une combustion plus efficace, du fait que le carbone contenu dans les cendres produit la quantité de chaleur nécessaire pour éliminer l'humidité des boulettes et pour amener les boulettes à la température de frittage.

Les cendres volantes sont classifiées selon leurs teneurs en CaO et du type du charbon brûlé. [29]



**Fig.II.3 Cendre volante [54]**

### **II.6.4 Mâchefer :**

Le mâchefer contient une proportion considérable de charbon non brûlé et d'autres impuretés.

Il est utilisé principalement pour la fabrication de blocs de béton. Etant donné que le

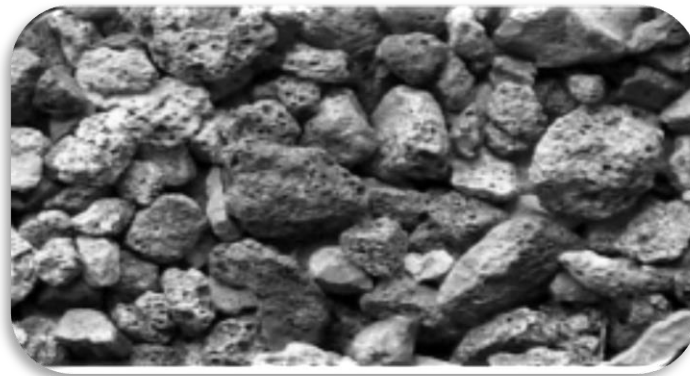
## Chapitre II Déchet De brique et céramique

---

mâchefer contient des sulfates et des chlorures, il n'est pas recommandé pour le béton armé. Ce matériau risque de devenir de plus en plus rare à mesure que les centrales électriques anciennes passent à la combustion de charbon pulvérisé.

A la sortie du four d'incinération les mâchefers sont généralement humides et contiennent des éléments grossiers (ex : verre, ferrailles, gros imbrûlés). Ils sont classés en fonction de leurs caractéristiques physico chimiques en 3 catégories :

- ✓ Mâchefers de catégorie « V » à faible fraction lixiviable (fraction d'éléments solubles dans un solvant).
- ✓ Mâchefers intermédiaires de catégorie « M ».
- ✓ Mâchefers avec forte fraction lixiviable de catégorie « S ». [29]



**Fig.II.4 Mâchefer [54]**

### **II.6.5 Boues rouges :**

Les boues rouges sont des résidus industriels issus du processus d'extraction d'aluminium à partir de la bauxite (procédé de Bayer). Elles sont stockées soit au fond des océans (en France, en Allemagne), soit près des usines comme au Canada. Elles sont de consistance assez plastique pour être formées en boules, chauffées à des températures de 1260 à 1310°C, elles sont transformées en granulats denses et résistants pouvant entrer dans la composition de bétons de résistances convenables. [29]



**Fig.II.5 Boues rouges**

### **II.6.6 Béton récupéré :**

Il s'en suit donc que la plus grande partie des rebuts de démolition soit du béton. Par ailleurs, les sinistres fournissent des millions de tonnes de débris de béton. L'épuisement des sources courantes de granulats, les lois plus strictes relatives à la protection de l'environnement et les problèmes posés par la destruction des déchets sont tous des facteurs qui favorisent l'usage du béton récupéré. Les débris de chaussées en béton sont déjà utilisés pour la construction de la couche de fondation de nouvelles chaussées. [22]



**Fig.II.6 Béton récupéré**

### **II.6.7 Verre de récupération :**

Des millions de tonnes de verre sont récupérées chaque année et une voie de recyclage du verre consiste à l'utiliser dans les matériaux de construction. Il est utilisé sous deux formes principales : les granulats (taille  $> 4$  mm) et les poudres (taille  $< 4$  mm). Les granulats sont utilisés en remplacement des graves dans les bétons et lui procurent une résistance moindre.

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

---

Les poudres (sables et fines) sont utilisées dans les mortiers en remplacement du sable mais aussi dans l'industrie du ciment pour fines. [29]



**Fig.II.7 Déchet de verre [54]**

### **II.6.8 Sciure de bois :**

Le bois est utilisé dans l'industrie, la menuiserie, les charpentes ou le chauffage. Dans tous les cas, il génère une grande quantité de déchets. Ces matériaux ne peuvent être mis en décharge directement à cause de la pollution que cela engendrerait. C'est pourquoi, l'utilisation de copeaux de bois dans la fabrication de bétons légers contribue à valoriser certains sous-produits de l'industrie du bois.

Le béton à base de sciure de bois est très peu utilisé à cause de sa faible résistance. On peut augmenter cette dernière en ajoutant du sable. Le béton à base de sciure de bois a de bonnes propriétés isolantes, une bonne souplesse et une faible conductivité thermique et peut être scié et cloué. [48]



**Fig.II.8 Sciure de bois [54]**

### **II.6.9 Lin de textile :**

Le développement industriel et économique de ces dernières décennies a entraîné une forte production de déchets agricoles. Parmi ces déchets, on distingue ceux issus de l'industrie textile de lin fibre, notamment les poussières extraites par aspiration lors teillage. Ces déchets, peu ou pas valorisés, constituent une source potentielle de problèmes environnementaux majeurs. L'exploitation des déchets agricoles dans les matériaux de construction est une alternative très intéressante qui présente un double objectif. Elle permet d'une part, de répondre aux besoins en matériaux nouveaux, présentant des propriétés particulières ou améliorées par rapport aux matériaux classiques. D'autre part, de pallier les contraintes économiques et environnementales par le réemploi et le recyclage de ces déchets. [45]



**Fig.II.9 Lin de textile [54]**

### **II.6.10 Marbre :**

Le marbre est une roche métamorphique dérivée du calcaire existant dans une grande diversité de coloris pouvant présenter des veines, ou marbrures (veines et colorie sont dus à des inclusions d'oxydes métalliques le plus souvent).

Le déchet du marbre a été recyclé avec succès dans la confection des bétons hydrauliques en substitution du sable ou du gravier et ce à des différentes proportions. Les résistances obtenues restent raisonnables à celles données par les granulats naturels. [54]



**Fig.II.10** Marbre [54]

### **II.6.11 Céramique :**

Un matériau céramique est solide à température ambiante et n'est ni métallique, ni organique. Les objets en céramique sont réalisés par solidification à haute température d'une pâte humide plastique (verre minéraux), ou frittage (agglutination par chauffage) d'une poudre sèche préalablement comprimée, sans passer par une phase liquide (céramique polycristalline) ; par assimilation, on désigne sous le terme «céramique» les objets ainsi fabriqués. [54]



**Fig.II.11** Céramique [54]

### **II.6.12 Carrelage :**

Le carrelage est un revêtement de sol et de mur formé de carreaux de céramique, terre cuite ou ciment, juxtaposés et collés. Il est couramment utilisé pour la finition et la décoration des sols et des murs pour les habitations et autres locaux, aussi bien à l'intérieur qu'en extérieur. Le terme désigne à l'origine l'action de poser des carreaux, puis, par métonymie, le résultat de cette action. [45]



**Fig.II.12 Carrelage [54]**

### **II.6.13 Brique concassée :**

Les débris de terre cuite sont, généralement, classés parmi les déchets de démolition, que ce soit du point de vue recyclage ou réutilisation comme granulat léger.

Les débris de briques contenus dans les déchets de démolition, sont désignés sous le nom collectif de « débris de terre cuite ». [49]

Le béton contenant de tels granulats est plus perméable et si les briques contiennent de sels solubles, il peut y avoir corrosion et efflorescence dans le béton. Le béton contenant de l'argile cuite comporte une résistance au feu beaucoup plus élevée que celle du béton à base de gravier naturel. [48]



**Fig.II.13 Brique concassée [54]**

### **II.7 Déchets de brique :**

L'objectif de ce paragraphe est de donner quelques renseignements sur les déchets de brique qu'on appelle «briquillons», «chamotte» ou «brique concassée». Vu leur emploi occasionnel, il y a peu des données sur ces matériaux et leur utilisation comme granulats du

---

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

---

béton, malgré la consommation universel de leur matière première « brique » en grande masse, en conséquence, leur génération en quantités énormes. En Algérie, selon les informations disponibles, la recherche sur ces matériaux est presque Négligeable.

On appelle « briquillons » : des briques morcelées provenant généralement de la démolition ou d'une mauvaise cuisson de briques (briques trop cuites). On appelle « chamotte » : brique cuite broyée ou concassée. [19]

### II.7.1 Définition de brique :

Les briques sont les produits céramiques, dont les matières premières sont des argiles, avec ou sans additifs. La forme des briques est généralement parallélépipède rectangle. Elles sont couramment utilisées dans la construction des bâtiments et des travaux publics. Par rapport aux autres matériaux, c'est l'un des plus anciens matériaux de construction.

Les briques se retrouvent de plus en plus souvent dans les dépliants des fournisseurs et des fabricants tant de cheminées que de barbecues et de fours. Il semble que ce mot soit magique et permette de réaliser toutes sortes de performances calorifiques. Mais de quoi s'agit-il exactement ? La brique est conçue pour résister à la chaleur. Selon son utilisation, elle sera composée de vermiculite, de ciment fondu et de coulis réfractaire dans différentes proportions. En plus de résister à la chaleur, la brique a également la capacité de restituer la chaleur. C'est ce que l'on appelle la convection et c'est un élément majeur du succès de la brique. [30]

### II.7.2 Types de brique :

#### **a) Selon Leur Utilisation :**

✚ **Face brique :** Briques de parement sont ceux utilisés pour décorer l'extérieur d'un bâtiment. Ils sont les briques les plus visibles, de sorte qu'ils sont de meilleure qualité et plus durable. Découper fil brique est un exemple de briques de parement : Ces briques sont faites avec de l'argile, texturé, puis couper par fil. Ce sont donc moins cher à produire en grandes quantités. Ils sont disponibles en différentes couleurs et textures. [32]

✚ **Briques de construction :** Briques de construction sont le type de briques le plus couramment utilisé. Elles sont faites d'argile, et cuits dans des fours pour les rendre dur et fort. Ils sont utilisés dans la construction des murs et autres

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

---

surfaces, et non pour les extérieurs, afin qu'ils ne viennent pas en différentes textures ou couleurs. Ils sont durs et durable. [32]

- ✚ **Briques vernissées** : Briques vernissées ont un côté recouvert de revêtement vitré (généralement en céramique). Le regard glacé provient de la fusion de différents minéraux et des ingrédients lorsque les briques sont brûler ou cuits. La surface vitrée rend ces briques mieux adaptées pour les hôpitaux, les laboratoires, les laiteries et autres bâtiments où le maintien de conditions sanitaires est très essentiel [32].

### b) Selon leur forme :

- ✚ **Briques pleines** : La brique pleine ordinaire au format 6x11x22 cm (hauteur, largeur, longueur).Toujours employé, cet élément constitue d'excellents murs porteurs. Spécialement fabriquée pour l'exécution d'éléments vus (façades), elle présente une gamme de teintes très variée. Elles sont montées à mortier de joints épais, généralement 1,5 cm pour les joints horizontaux (assises) et 1 cm pour les verticaux. [32]
- ✚ **Briques perforées et blocs perfores** : La maçonnerie de briques perforées offre une excellente résistance à la compression (les perforations sont disposées verticalement à l'intérieur du mur) et présente une isolation légèrement supérieure à la brique pleine. Certaines de ces briques sont traitées sur une face afin d'offrir une surface esthétique et résistante, et d'autres reçoivent un enduit. Dans le but d'augmenter la résistance à la compression et pour faciliter la mise en œuvre, ils existent les blocs perforés qui permettent de réaliser toute l'épaisseur du mur par un seul élément. [32]
- ✚ **Briques creuses** : Les briques creuses, beaucoup plus légères, et de plus grandes dimensions, permettent la réalisation de murs spécialement isolants. Ces produits ouverts aux deux extrémités, comportent des cloisonnements intérieurs longitudinaux continus sur toute la longueur. En revanche, leur résistance à la compression est très faible. Cette maçonnerie reçoit généralement un enduit ou crépissage et trouve son utilisation principalement dans les maisons individuelles ou en remplissage pour les séparations intérieures de bâtiments. [32]

On distingue deux désignations de brique creuse :

C : briques à faces de pose continues, montées à joints de mortier horizontaux continus.

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

**RJ** : brique à rupture de joint, afin d'améliorer le comportement thermique du mur.

### II.7.3 Principaux constituants de la brique et caractéristiques chimiques :

Après avoir broyé les briques réfractaire, nous avons déterminé leur composition chimique par spectrophotomètre de fluorescence X. [49]

**Tableau.II.1 Composition chimique de la brique réfractaire [38]**

Composition chimique %	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PAF	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Cl
<b>Brique réfractaire</b>	55.2	30.71	3.85	2.92	1.59	1.42	1.39	1.35	0.3	00

### II.7.4 Mode de fabrication de brique :

Les matériaux de terre cuite ont été utilisés depuis plusieurs siècles, ils se sont adaptés à l'évolution de la construction et à ses impératifs, dans le domaine traditionnel industriel. Ils sont fabriqués à partir d'argile devenant souvent rouge à la cuisson (sauf les argiles calcaires dont la couleur de cuisson varie du rose à jaune et blanc. [45]

#### **II.7. 4.1 L'extraction**

L'extraction peut se faire par des engins mécaniques :( décapeuse, pelles chargeuses ...etc. La matière première extraite, acheminée à l'usine par camions, voies ferrée, bandes transporteuses.

#### **II.7.4.2 Façonnage**

Le façonnage des produits (pleins, perforés et creux), est réalisé par deux procédures : étirage et pressage.

#### **II.7.4.3 Séchage**

Les produits sont façonnés avec une teneur en eau de 15 à 30% (les chiffres exprimés en pourcentage par rapport au poids sec). Il est nécessaire avant la cuisson d'éliminer la plus grande partie de cette eau, par des séchoirs bien réglés. L'énergie consommée varie de 3.5 x

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

106 à 4.10 x 106 J/Kg d'eau évacuée, le séchage d'une tonne de produit nécessite une consommation d'énergie électrique de 6 à 13 Kwh.

### II.7.4.4 Cuisson

C'est la dernière opération que doit subir le bloc d'argile façonné et séché pour devenir ensuite une brique de terre cuite. C'est donc une phase extrêmement importante qui doit se dérouler très progressivement, c'est à dire. Que la fournée est soumise à un échauffement régulièrement croissant jusqu'à la température de cuisson (comprise entre 850° et 1200°C selon l'espèce d'argile utilisée), ensuite elle doit refroidir aussi graduellement.

Il existe une très grande variété de fours, qui peuvent être classé en deux catégories principales :

Les fours à fonctionnement discontinu et les fours à fonctionnement continu. Dans le premier cas, le mode opératoire comprend le chargement du four, sa mise à feu, son extinction et refroidissement lorsque la cuisson est terminée. Dans un four du type continu, le feu ne s'éteint jamais, et c'est le chargement qui est introduit et extrait du four suivant un cycle régulier et ininterrompu .

Concernent la réaction des matières premières à la cuisson, la chaleur provoque des modifications de masse volumique, de porosité, de dureté, dimensions. Elle provoque également des déshydratations, des décompositions et des combinaisons qui modifient les propriétés comme suit :

- ✚ Jusqu'à 200° C environ, évacuation de l'eau résiduelle courant le séchage.
- ✚ De 200 à 450° C, décomposition de matière organique.
- ✚ De 450 à 650° C, décomposition des minéraux argileux avec départ de l'eau de constitution.
- ✚ De 650 à 750° C, décomposition du carbonate de chaux (cas des argiles calcaires). [45] [46] [47] [48]

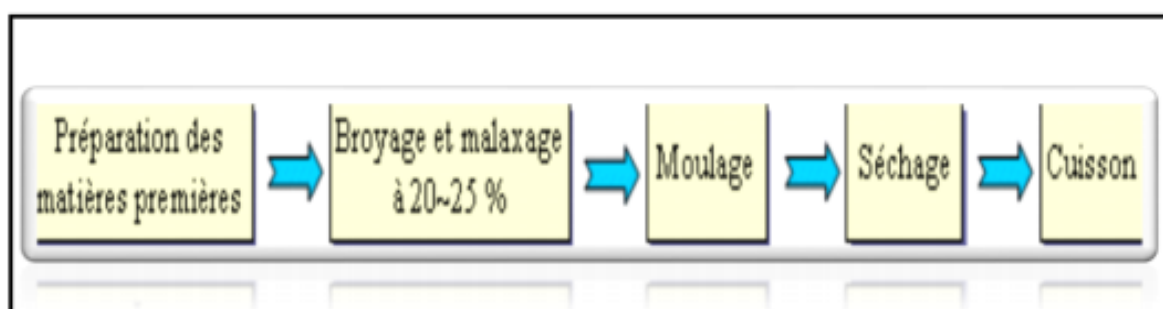


Fig.II.14 Schéma de fabrication des briques [31]

### II.7.5 Valorisation des déchets de la brique :

#### **II.7.5.1 Recyclage :**

Le recyclage est un procédé de traitement des déchets industriels et des déchets ménagers qui permet de réintroduire, dans le cycle de production d'un produit, des matériaux qui le composent. Le recyclage a deux conséquences écologiques majeures : la réduction du volume de déchets et la préservation des ressources naturelles. C'est une des activités économiques de la société de consommation. Certains procédés sont simples et bon marché mais, à l'inverse, d'autres sont complexes, coûteux et peu rentables. Dans ce domaine, les objectifs de l'écologie et ceux des consommateurs se rejoignent mais parfois divergent, c'est alors le législateur qui intervient. Ainsi, en particulier depuis les années 70, le recyclage est une activité importante de l'économie et des conditions de vie des pays développés. Le recyclage apporte une contribution importante à la baisse des quantités de déchets à éliminer par enfouissement et par incinération, mais il n'est pas suffisant pour contrer l'augmentation de la production des déchets ou y suffit à peine. Ainsi, dans le cas du Québec, l'importante hausse du taux de recyclage, passant de 18 % à 42 % entre 1988 et 2002, est allée de pair avec une augmentation de la quantité de déchets à éliminer par habitant, passant de 640 kg/an/personne à 870 kg du fait d'une augmentation de 50 % de la production par habitant durant cette même période. En France, le volume de déchets a doublé entre 1980 et 2005, pour atteindre 360 kg/an/personne. Pour lutter contre l'augmentation des déchets, le recyclage est donc nécessaire, mais il doit être inclus dans une démarche plus large. [33]

Le recyclage s'inscrit dans la stratégie de traitement des déchets dite des trois R :

- 1) **Réduire** : Qui regroupe tout ce qui concerne la réduction de la production de déchets ;
- 2) **Réutiliser** : Qui regroupe les procédés permettant de donner à un produit usagé un nouvel usage ;
- 3) **Recycler** : Qui désigne le procédé de traitement des déchets par recyclage. [34]

### II.7.6 Propriétés des bétons des déchets de brique :

Les briques concassées sont utilisées largement pour la fabrication du béton et la performance de tel béton a été assez satisfaisante. Les résultats des essais du béton de granulats de brique sont favorablement comparables avec ceux du béton normal, obtenus par l'ACI. Bien que largement usagé, il n'y avait pas d'études systématiques des différentes

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

---

Propriétés du béton de granulats de brique. [35] Parmi les différentes propriétés, de granulats ainsi que de béton de granulats de déchet brique, résultantes des essais et des recherches sont :

- ❖ L'absorption de brique concassée est estimée entre 5 et 15 % par rapport au poids de la matière dans son état sec. C'était nécessaire, par conséquent, à saturer les granulats de la brique concassée avant tout mélange pour empêcher le raidissement du béton.
- ❖ Dans la pratique et suite aux implications économiques, cette condition peut être accomplie en vaporisant simplement le stock du granulats avec l'eau au lieu de l'immersion totale du granulats pendant 30 min.
- ❖ La procédure de la reproduction du mélange pour bétons de granulats normal, peut être utilisée avec succès pour la production du béton de déchet de brique.
- ❖ L'utilisation du granulats grossier de déchet de brique peut produire un béton déstructure de haute résistance avec une économie de poids allant jusqu'à 15 % pour une diminution de quelques 20 % de la résistance, par rapport à un béton normal. [37]
- ❖ La masse volumique apparente du béton de déchet brique varie de 2000 à 2080 kg/m<sup>3</sup> Elle est approximativement de 17 % inférieure à celle du béton normal.
- ❖ La résistance à la compression nominale du béton de granulats de brique concassée est comprise entre 13.8 et 34.5 Mpa.
- ❖ Pour le même niveau du béton (même résistance à la compression), la résistance à la traction est de 11% supérieure à ceux du béton normal. [35]
- ❖ Le béton contenant des granulats de déchet brique est plus perméable que le béton normal. Si les briques contiennent des sels solubles, il peut savoir corrosion et efflorescence dans le béton. [38]

### II.7.7 Utilisations des bétons des déchets de brique :

Les débris de briques, surtout, ceux qu'on trouve en quantités énormes dans les tas de décombres de nos villes, ainsi que les incuits et surcuits de briqueterie, peuvent être concassés pour produire des granulats d'un béton léger :

- ❖ De structure pour semelles de fondation, pour parois de caves et éléments de construction en béton armé d'un poids spécifique de 1600 à 2100 kg/m<sup>3</sup>, d'une résistance à l'écrasement de 50 à 320 kg/cm<sup>2</sup> , présentant une élasticité remarquable

à la pression et à la flexion composée, de faible coefficients de retrait et des indices de conductibilité et de dilatation relativement bas.

- ❖ Isolant poreux pour les parois, les parpaings et les carrelages, avec des poids spécifiques de 1000 à 1600 kg/m<sup>3</sup>, une résistance à l'écrasement de 20 à 50 kg/cm<sup>2</sup>, une résistance à la traction de 5 à 10 kg/cm<sup>2</sup>, des coefficients de retrait de 0,20 à 0,30 mm/m (sans durcissement à la vapeur) et une faible conductibilité de la chaleur (Z environ 0,25 kcal/m<sup>0c</sup> pour 1050 kg/ m<sup>3</sup>).
- ❖ Mono granulométrique du groupe granulométrique 1/3 mm, avec lequel on peut produire des bétons poreux de débris de briques présentant une isolation thermique particulièrement poussée. [36]
- ❖ Damé (béton non armé) nécessaire aux fondations massives, fondations de murs et soubassements ainsi que lors de la fabrication du béton de remplissage. [39]
- ❖ Le béton de débris de briques a déjà trouvé, il y a longtemps, son utilisation dans les revêtements de routes sur les ponts, suite de sa faible densité. [36]
- ❖ Les débris de brique sont utilisés aussi comme granulats dans la construction d'assises routières, comme matériaux de remblaiement, pour l'aménagement paysager. [40]
- ❖ Le béton à base de briques concassées présente, particulièrement, une bonne résistance au feu. [38]

### II.8. Produits céramiques :

Malgré les évolutions des résines composites et des ciments verre-ionomères, les céramiques peuvent encore être considérées comme les biomatériaux permettant l'élaboration des restaurations les plus esthétiques.

Les céramiques ont été longtemps utilisées surtout pour la confection de dents artificielles pour prothèses amovibles et l'élaboration de couronnes et de bridges céramo-métalliques (CCM). Cependant depuis les années 80 l'évolution de ces matériaux a permis la conception de facettes, d'inlays et d'onlays et même des couronnes et des bridges sans armature métallique.

Les céramiques actuelles possèdent un large champ d'indications qui vont de la restauration partielle de la dent, dès que l'esthétique et surtout le délabrement contre indiquent

les résines composites, au remplacement de dents absentes avec les bridges sans armature métallique en passant par des piliers pour prothèse sur implants. [53]

### **II.8.1 Généralités :**

#### ➤ **La porcelaine européenne :**

L'obtention de poteries réellement utilisables a été le résultat d'efforts importants et de nombreux essais par les premiers potiers en Europe. Le matériau de base pour la poterie est l'argile. Ce matériau fut source de 2 deux problèmes essentiels :

- ✚ le premier problème rencontré par les potiers primitifs fut d'obtenir de l'argile présentant une consistance optimale pour sa manipulation et sa cuisson. L'argile mélangée uniquement avec de l'eau est habituellement trop collante pour être manipulable. Ce problème fut surmonté par l'addition de sable et de coquilles de coquillages broyées.
- ✚ le second problème la rétraction de l'argile lorsque elle sèche ou durcit. Si la rétraction n'est pas uniforme, en vitesse ou en quantité, les pots craquent avant même la cuisson. L'addition de charges de granulométrie élevée a permis de surmonter partiellement cet obstacle.

La cuisson des pots posa un problème plus sérieux encore. Les gaz présents dans la pâte, bulles d'air ou gaz formés pendant le chauffage (vapeur d'eau ou CO<sub>2</sub>), créaient des vides dans l'argile pouvant même entraîner des fractures des pots. C'est pourquoi les premiers potiers pétrissaient l'argile avant le modelage afin d'éliminer l'air inclus dans le matériau. De plus l'élévation de température très progressive au moment de la cuisson permettait à la vapeur ou aux gaz de diffuser lentement hors de l'argile plutôt que d'exploser brutalement en créant des fissures dans le pot.

Le principal problème dans le développement de la poterie fut néanmoins celui du choix de la température de cuisson des pots. La transformation de l'argile, d'une masse de particules individuelles liées entre elles par de l'eau, en un solide cohérent repose sur un processus appelé frittage. Au cours de ce processus, lorsque la température atteint un niveau suffisamment élevé, les points de contact entre les particules individuelles fusionnent.

Ce processus repose sur un mécanisme de diffusion, très accéléré par l'élévation de la température.

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

---

Les traditionnels feux ouverts ne permettant pas d'atteindre des températures suffisamment élevées, il fallut inventer des fours. Les plus anciens de ces fours utilisaient de l'air pulsé au travers des flammes pour atteindre une température plus élevée et plus uniforme. Les pots étaient disposés au-dessus des flammes dans le flux d'air chaud. Ces fours pouvaient atteindre une température de 900°C et les poteries cuites à cette température étaient et sont encore appelées : terres cuites. Ces terres cuites étaient poreuses car le frittage n'est pas complet. Elles pouvaient donc être utilisées pour stocker de la nourriture solide, mais ne pouvaient pas contenir des liquides. Finalement ce problème fut résolu par la cuisson d'une fine couche de matériau vitreux à la surface du pot. Cette technologie fut utilisée dès 5500 avant JC dans de nombreux sites.

Petit à petit des températures plus élevées purent être obtenues dans les fours, conduisant à une fusion partielle de l'argile plus importante. La phase liquide solidifiant sous forme vitreuse permit d'obtenir des pots imperméables généralement connues sous le nom de grés. [53]

### ➤ La porcelaine chinoise :

Les pots en grés ont été produits en Chine dès le 1er siècle avant JC et la technologie de la céramique a été développée dès le dixième siècle à un stade tel que les Chinois étaient capables de produire :

“ Une céramique blanche comme la neige, si résistante que la vaisselle pouvait avoir une épaisseur de 2 à 3 mm permettant le passage de la lumière. Sa structure était si homogène et dense qu'elle résonnait comme une cloche lorsqu'elle était légèrement frappée.”



Fig.II.15 Porcelaine Ming ~1500 (Chine) [55]

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

---

L'accroissement du commerce avec l'extrême orient permit l'arrivée en Europe de ce matériau tellement supérieur au gré. Cette arrivée conduisit à une demande plus importante de vaisselle de qualité, qui ne pouvait être satisfaite uniquement par les importations en provenance de Chine. C'est pourquoi des travaux importants furent entrepris pour "copier" les matériaux Chinois. L'utilisation d'oxyde d'étain pour glacer les surfaces permit d'obtenir un aspect blanc, mais pas la translucidité des porcelaines Chinoises. Les fours utilisés permettaient d'obtenir de hautes températures, mais les fours Chinois étaient meilleurs pour obtenir des températures homogènes. Le problème essentiel fut le choix du matériau et du processus d'élaboration. Pour obtenir de la porcelaine, il faut un matériau qui reste ou qui devienne blanc au moment de la cuisson et qui soit suffisamment résistant pour permettre des épaisseurs inférieures à 3 mm. Le secret de la porcelaine chinoise fut révélé en 1717 par un Jésuite ayant séjourné sur place qui permit de connaître ses composants : **kaolin, silice et feldspath**.

Le kaolin est un aluminosilicate hydraté. La silice, sous forme de quartz, reste à l'état de particules finement dispersées même après la cuisson. Le feldspath est un mélange d'aluminosilicates de sodium et de potassium. Ces composants étaient mélangés à raison de 25-30% de feldspath, 20-25% de Quartz et 50% de Kaolin.

Il est un peu surprenant que le secret de la fabrication de la porcelaine chinoise ait mis si longtemps à être révélé, alors qu'aucune chimie complexe n'est mise en œuvre et que les composants sont plutôt communs.



**Fig.II.16 Roche de kaolin [55]**

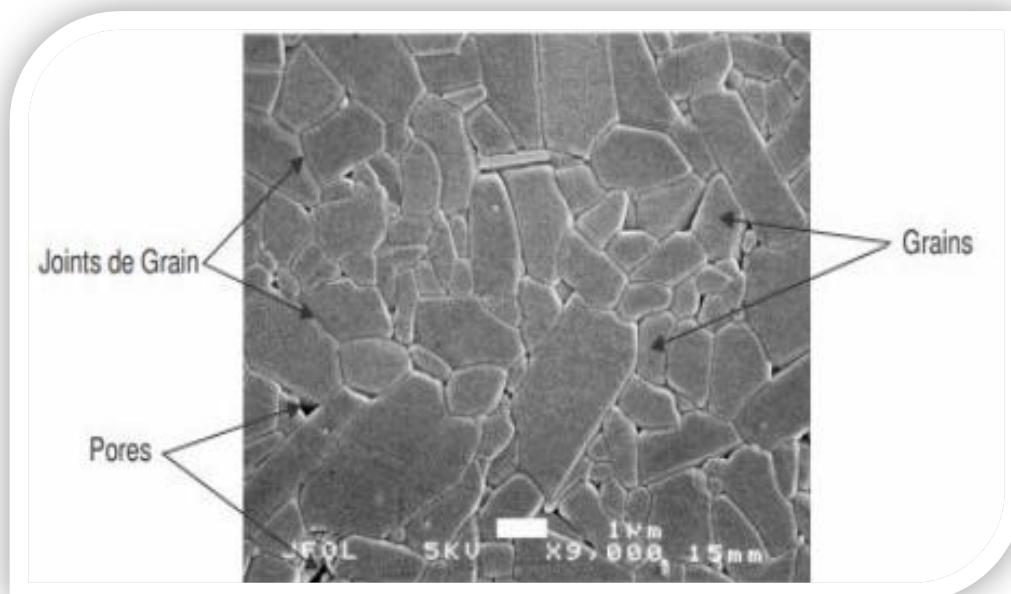
## Chapitre II Déchet De brique et céramique

Les applications dentaires de la porcelaine datent de 1774, lorsqu'un apothicaire Français Alexis Du château inventa les premières prothèses totales entièrement en porcelaine. Compte tenu de la rétraction du matériau au cours du frittage, l'obtention d'une bonne adaptation de la prothèse en bouche devait être délicate à obtenir. Aujourd'hui, la plupart des matériaux appelés parfois porcelaine, sont en fait des céramiques très différentes des porcelaines décrites ici. [53]

### **II.8.2 Définition :**

La racine grecque du mot céramique est « Kéramos » qui signifie « argile ». C'est un produit issu de la cuisson d'une terre argileuse qui peut être émaillée ou vitrifiée en surface pour donner des produits céramiques : la faïence, de la porcelaine...etc. [52]

Une céramique est un matériau solide de synthèse et qui nécessite souvent des traitements thermiques pour son élaboration. La plupart des céramiques sont des matériaux polycristallins, c'est à dire comportant un grand nombre de microcristaux bien ordonnés (grains) reliés par des zones appelées (joints de grains).comme indiqué ci-dessous. [52]



**Fig.II.17 Microstructure typique d'une surface céramique [52]**

### **II.8.3 Les grandes caractéristiques des céramiques :**

Les céramiques sont caractérisées par des liaisons fortes, ce qui se traduit dans la pratique par ;

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

- Une très bonne tenue en température ;
- Une excellente rigidité élastique ;
- Une bonne résistance à la corrosion ;
- Une bonne résistance à l'usure.

Ces matériaux ont de hauts points de fusion, ils sont fragiles peu ductiles. [52]

### II.8.4 Classification des produits céramiques :

On distingue deux grandes classes des céramiques ; céramiques de construction et céramiques techniques. [52]

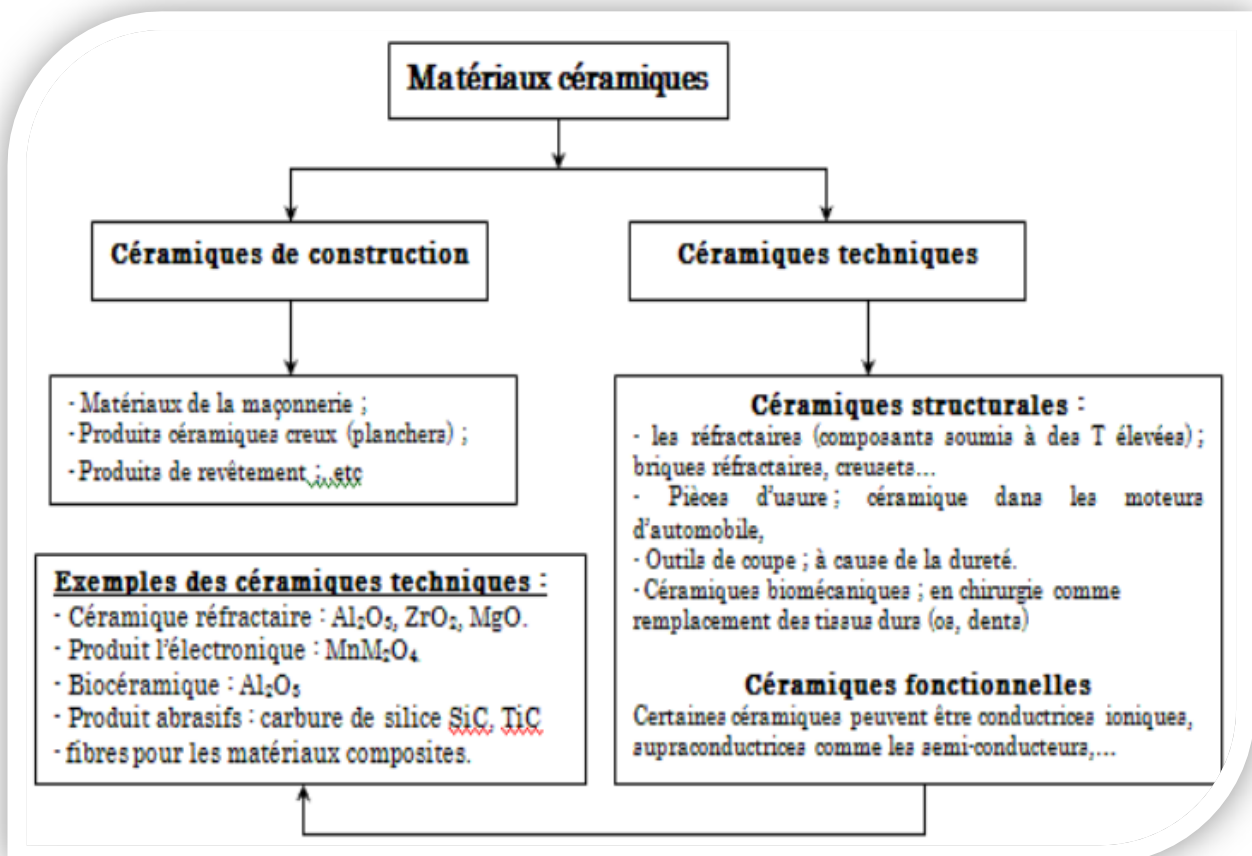


Fig.II.18 Classes des céramiques [52]

### II.8.5 Matière premières :

Les différentes roches argileuses servent pour la fabrication des céramiques.

#### 1) Définition :

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

On appelle **argile** une masse minérale terreuse mélangée à l'eau, forme une pâte plastique conservant sa forme après séchage et transforme en pierre après la cuisson.

### 2) Composition :

Les argiles sont composées de différents oxydes, de l'eau libre et liée chimiquement et impuretés organiques.

Parmi les oxydes rentrant dans la composition des argiles sont :

- Oxyde de silice  $\text{SiO}_2$  ;
- Oxyde d'alumine  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ;
- Oxyde ferrique  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ;
- Oxyde de Calcium  $\text{CaO}$  ;
- Oxyde de sodium  $\text{Na}_2\text{O}$  ;
- Autres ( $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , ...). [52]

3) Les **variétés** : Les argiles sont subdivisées comme suit :

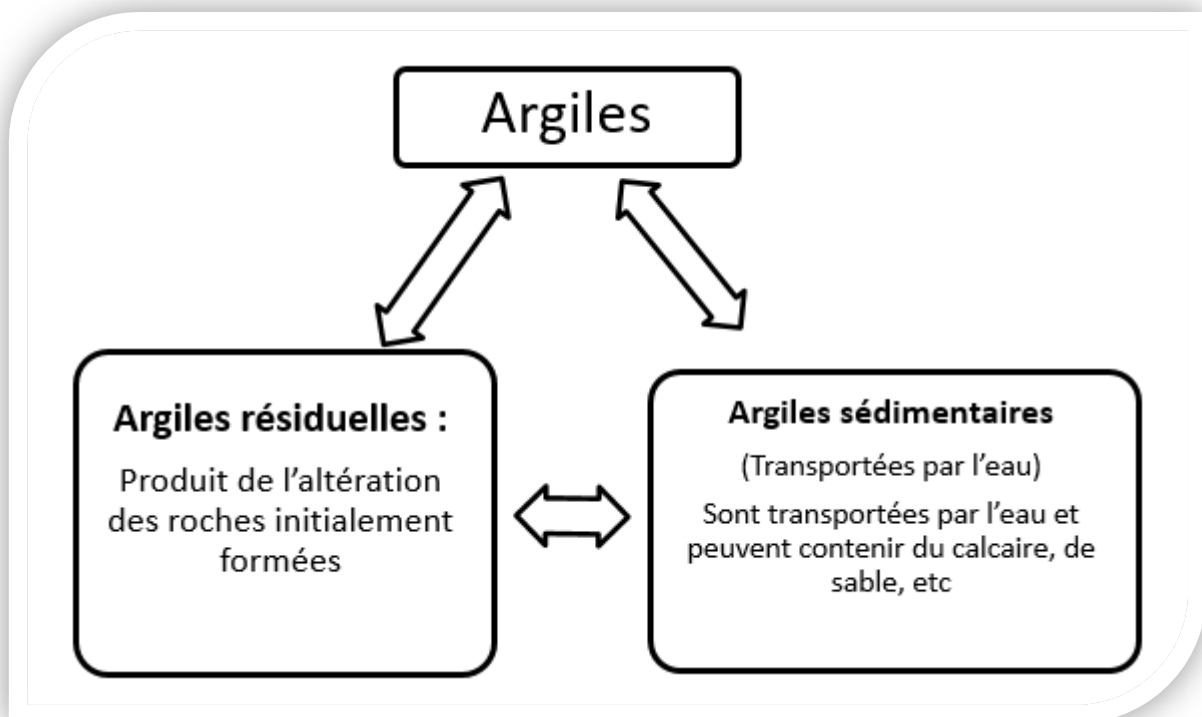


Fig.II.19 Types des argiles [52]

---

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

---

Les argiles pour la fabrication des céramiques sont caractérisées par La plasticité est la propriété technologique la plus importante d'une argile et elle détermine la possibilité de façonnage.

### 4) Le retrait à l'aire :

C'est la diminution de volume d'une éprouvette pendant le séchage.

### 5) Comportement thermique :

Sous l'action de la température pendant la cuisson, les argiles se transforment en donnant un produit dont la composition est à la base des minéraux. Durant le processus de cuisson, l'argile perd sa plasticité et accompagnée d'élimination des impuretés, il en résulte une diminution du volume « retrait à la cuisson ». L'ensemble des processus de retrait, transformation en pierre pendant la cuisson appelé « frittage des argiles ».

## **II.8.6 Les produits céramiques dans la construction :**

Les produits céramiques prennent une part importante dans le domaine de génie civil, car, suivant leur mode de fabrication, ils ont des propriétés variées, bien différentes les uns des autres. A la base de tous les procédés de fabrication, il y a l'argile, qui, mélangée à l'eau, donne une pâte dont la propriété est de durcir à la chaleur. En faisant varier les différents composants de la pâte, la quantité d'eau et le degré de chaleur, on modifie les caractéristiques du matériau, qui devient plus ou moins dur, plus ou moins poreux, etc. [51]

### **1) Les terres cuites :**

Composé d'argiles légèrement calcaires, le mélange est cuit à une température relativement basse (800 à 1000 °C). La terre cuite ainsi obtenue est un matériau ordinaire, peu dur et poreux, qui résiste mal aux chocs. Elle est utilisée pour le gros œuvre sous forme de briques (pleines ou creuses), de tuiles, de boisseaux de cheminée et autres éléments comme les hourdis de planchers et de toitures. La terre cuite est un bon isolant. Ses teintes variées — dont les couleurs chaudes vont du beige clair au brun-rouge — sont un atout majeur pour réaliser des revêtements de sols ou de murs très décoratifs.

On utilise, pour ces revêtements, des carreaux ou des dalles de terre cuite, aux formes et aux dimensions multiples (carré, hexagone, trèfle, losange...) qui permettent d'exécuter un

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

---

carrelage aux dessins réguliers. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que ce genre de revêtement se tache facilement et qu'il n'a pas une grande résistance à l'usure.

Il est prudent de le protéger par un vernissage ou un encausticage permanent. De plus, les carreaux de terre cuite étant poreux, ils craignent le gel. Leur utilisation à l'extérieur n'est donc pas à envisager. [51]

### **2) Les terres cuites vernissées :**

Ce sont des terres cuites de même composition que les précédentes, mais dont la surface est recouverte d'un vernis ou d'un léger émaillage qui les protège contre l'humidité. Les carreaux de terre cuite vernissée sont ainsi d'entretien plus facile, mais leur teinte naturelle est parfois modifiée par le vernissage. [51]

### **3) Les terres cuites réfractaires :**

Par une addition de quartz au mélange de base, on obtient un produit résistant aux agents chimiques et aux températures élevées. Les terres cuites réfractaires servent à la fabrication de briques spéciales destinées aux revêtements intérieurs des foyers de cuisinières, fours ou barbecues. [51]

### **4) Le brique :**

Le brique d'argile est l'un des plus anciens matériaux de construction connus. Servit-elle à édifier la tour de Babel il y a 12 000 ans ? La question reste posée, mais la brique servit en tout cas pour construire Babylone 3 000 ans avant Jésus-Christ, puis les ouvrages colossaux des Romains, la Grande Muraille de Chine et certaines cathédrales (Lubeck, Albi). Bien utilisée, elle défie les siècles et les intempéries. De nos jours, la fabrication en est entièrement mécanisée : traitement de la pâte (autrefois, les ouvriers piétinaient l'argile humide), façonnage, séchage (il durait jadis près de deux ans) et cuisson.

Les fours modernes peuvent traiter jusqu'à trois millions de briques à la fois, à une température de 900 à 1000 °C, 1250 °C pour les briques vernissées. Parfois, la présence de sel dans l'atmosphère de cuisson confère aux produits une légère glaçure. La brique bien cuite est lisse d'aspect et rend un son clair ; la brique mal cuite est friable et rend un son sourd. [51]

### **5) Les faïences :**

---

## Chapitre II Déchet De brique et céramique

---

Les faïences sont des terres cuites recouvertes en surface d'un émail qui les rend imperméables aux liquides. La fabrication s'effectue en deux stades : d'abord établissement et cuisson de l'objet, appelé alors "biscuit de faïence", puis émaillage et nouvelle cuisson pour durcir le décor. Suivant la composition de la pâte et la nature de l'émaillage, on obtient des faïences différentes. Elles servent à l'exécution de poteries culinaires, de vaisselle plus ou moins décorée, d'appareils sanitaires ou de carreaux de revêtement.

Si par émaillage la faïence est rendue imperméable, elle reste toutefois fragile et sensible aux brusques changements de température. C'est pourquoi les carreaux de faïence, qui offrent un choix de couleurs et de motifs variés, ne sont utilisés qu'en revêtement mural. Faciles à entretenir, ils ne sont pas attaqués par les acides et ne se rayent que difficilement. Ils sont couramment employés pour protéger les murs des locaux humides (salles de bains, cuisines, etc.) ou pour créer une note décorative sur une table ou sur un plan de travail. En principe, ils résistent à la chaleur, veillez cependant à ne pas les exposer à une température trop élevée qui ferait fissurer l'émail et enlèverait au carreau ses qualités d'étanchéité.

Les carreaux de faïence sont en général de forme carrée (150 mm x 150 mm ou 108 mm X 108 mm) ou rectangulaire (100 mm x 150 mm), et d'une épaisseur assez faible, de 4 à 6 mm. Vous pourrez constater que, parmi les nombreuses fabrications présentées sur le marché, il existe parfois une énorme différence de prix de vente. Cela provient du mode de fabrication des carreaux qui peuvent être soit émaillés en continu sur une chaîne automatique (carreaux unis, jaspés...), soit émaillés, puis décorés à la main un par un pour reproduire un motif donné. Ce dernier procédé (encore utilisé de nos jours et dans la plus pure tradition artisanale) est évidemment d'un coût plus élevé. [51]

### **6) Les grès :**

Ils sont composés d'une pâte argileuse, additionnée de minéraux riches en feldspath. Ce mélange est cuit à une température voisine de 1300 °C, température à laquelle les fondants, ainsi que le feldspath, provoquent la vitrification de la pâte. C'est ce phénomène qui assure au grès son imperméabilité, sa bonne résistance aux chocs et aux agents chimiques et sa très grande dureté (il raye le verre). Ces qualités permettent de l'employer dans l'équipement ménager (plats de cuisson, vases, etc.), mais aussi dans l'équipement des habitations : tuyaux d'écoulement d'appareils sanitaires ou revêtements de sols et de murs. Les grès se présentent sous différentes formes. [51]

### **I.9 Conclusion :**

Dans notre étude nous concluons que le déchet est un grand problème, à toute vie biologique et à toutes activités, et à ce titre, la recherche de solutions est une vraie nécessité pour les êtres vivants (les personnes, les plantes, les animaux... etc.). Cela ne peut être que réduire le déchet, où nous utilisons dans beaucoup de cas de figures importantes surtout le domaine de génie civil.

Nous pouvons également utiliser les déchets comme solution pour les régions où les granulats naturels font défaut dans le domaine de construction.

# CHAPITRE III

## *Caractéristiques des matériaux utilisés*

### **Chapitre III : Caractéristiques des matériaux utilisés**

#### **III.1 Introduction :**

Nous présentons dans ce chapitre, les caractéristiques des matériaux utilisés pour la confection du mortier et la méthode de formulation expérimentale à base d'ajouts de déchets de briques et de céramiques, nous permet de suivre l'évolution des différentes propriétés des mélanges et sélectionner les mélanges qui donnent des performances comparables à celles développé par le mélange témoins..

Les matériaux utilisés sont :

- Le sable de la région de Boussaâda (OUED MAITAR).
- Le ciment CPJ – CEM II/B 42,5 N
- L'eau potable du Laboratoire de département de génie civil d'Universitaire Mohamed Boudiaf de M'sila.
- Les adjuvants : MEDAPLAST SP 40 de Granitex. (Super-plastifiant).
- Poudre de brique (0/0.08).
- Poudre de céramique (0/0.08).

#### **III.2 Sable :**

##### **III.2.1 Origine du sable :**

Le sable de base de notre recherche provient des abords de l'OUED MAITER. Cet oued est situé entre les collines de BOUSAADA, dont le vent provient du sud est chargé de grains fins.

##### **III.2.2 Caractéristiques physiques du sable utilisé :**

Le sable a été soumis à plusieurs essais au laboratoire de Génie civil de l'université de M'sila, suivant les normes françaises AFNOR

###### **III.2.2.1 Masse spécifique (absolue) : NF P 18-555**

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.

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

### a- But de l'essai :

Cet essai a pour but de permettre de connaître la masse d'une fraction granulaire lorsque par exemple on élabore une composition de bétons. Ce paramètre permet, en particulier, de déterminer la masse ou le volume des différentes classes granulaires malaxées pour l'obtention d'un béton dont les caractéristiques sont imposées.

### Mode opératoire :

On détermine la masse volumique absolue du sable à l'aide du récipient de capacité **1000 ml**. On prend **03** échantillons de masse **300g**.

On place l'échantillon dans le récipient de capacité **1000 ml** et on y verse **300 ml** d'eau préparé préalablement dans **2<sup>ème</sup>** récipient gradué, puis on malaxe soigneusement le contenu pour chasser l'air qui y existe. Après cette opération, on détermine le volume final occupé par le mélange sable -eau. Soit ( $V_2$ ) ce volume Sachant que le volume ( $V$ )d'eau versé est 300 ml, il serait facile de déterminer le volume occupé par le sable seul.

La masse volumique absolue du sable est déterminée par la formule :

$$\rho_{abs} = \frac{M}{V_2 - V}$$

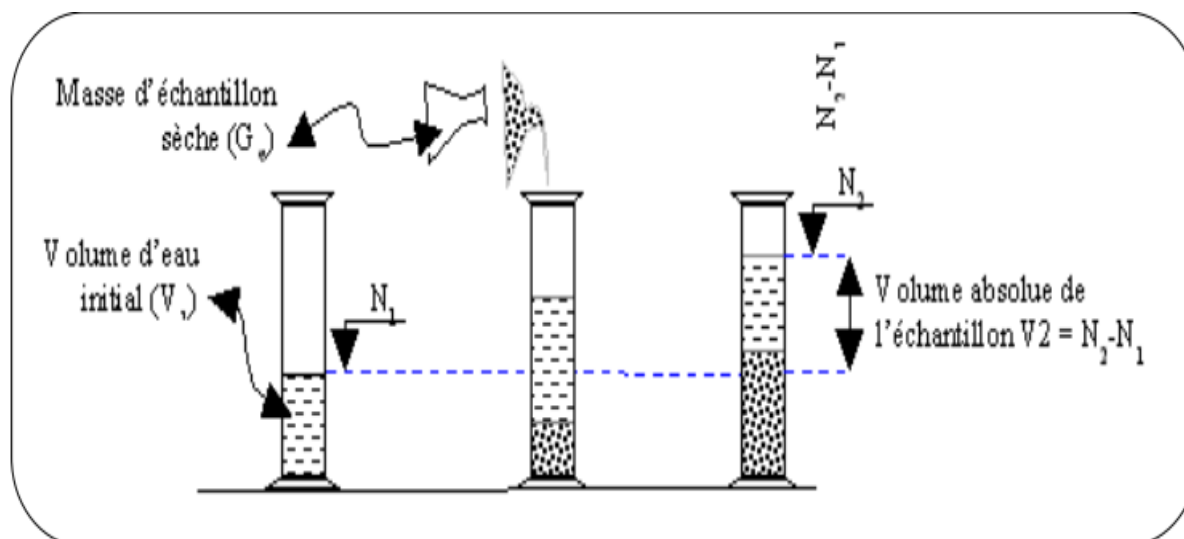


Fig.III .1 La masse volumique absolue d'un matériau [15]

Les résultats obtenus sont présentés au tableau suivant :

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

Tableau.III.1 Masse volumique absolue du sable de Boussaâda

N° d'essai	M(g)	V (cm <sup>3</sup> )	V <sub>2</sub> (cm <sup>3</sup> )	$\rho_{abs}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_{abs\ moy}$ (g/cm <sup>3</sup> )
1	300	300	412	2.68	2.7
2	300	300	410	2.73	
3	300	300	411	2.7	

- ✓ M : masse du sable
- ✓ V<sub>2</sub> : volume d'eau + sable.
- ✓ V : volume d'eau.

### III.2.2.2 Masse volumique apparente : NF P 18-554

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

Déterminer les masses volumiques apparentes du matériau, c'est - à - dire sa densité à l'état naturel (en présence des pores).

#### III.2.2.2.1 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.

#### Mode opératoire :

- On détermine la masse volumique apparente du sable à l'aide d'un entonnoir standardisé de capacité 2 à 2,5 litres.
- On remplit l'entonnoir avec du sable sec.
- On pèse le récipient vide  $M_1$ .
- On place le récipient sous l'entonnoir à une distance de 10 à 15 cm et on le remplit avec du sable.
- Une fois le récipient est rempli, on nivelle la surface du sable et on pèse le tout. Soit  $M_2$  ce poids.
- Volume de récipient  $V_r = 900\text{cm}^3$ .

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

$$\rho_{\text{app}} = \frac{(M_2 - M_1)}{V}$$



**Fig.III.2 Essai de détermination de la masse volumique apparente**

Les résultats obtenus sont classés dans le tableau suivant :

**Tableau.III.2 Masse volumique apparente du sable de Boussaâda à l'état lâche**

N° d'essai	$M_1$ (g)	$M_2$ (g)	$\rho_{\text{app}}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_{\text{appmoy}}$ (g/cm <sup>3</sup> )
<b>01</b>	117	1449.4	1.48	
<b>02</b>	117	1449.9	1.48	<b>1.37</b>
<b>03</b>	117	1445.6	1.15	

### III.2.2.2 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.

**Mode opératoire :**

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

- ✓ Même méthode que celle de l'état lâche, après remplissage du récipient « après tassement » on soumet ce dernier à 30 secousses manuelles.
- ✓ On complète le remplissage du récipient après le tassement du sable, puis on nivelle ce dernier et on le pèse. Soit  $M_2$  le poids de l'ensemble (sable + récipient), la masse.

Les résultats obtenus sont classés dans le tableau suivant :

**Tableau.III.3 Masse volumique apparente du sable de Boussaâda à l'état compact**

N° d'essai	$M_1$ (g)	$M_2$ (g)	$\rho_{app}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_{app\ moy}$ (g/cm <sup>3</sup> )
01	117	1544.5	1.59	1.56
02	117	1539.8	1.50	
03	117	1549.9	1.59	

### III.2.2.3 Porosité : NF P 18-554

C'est le volume des vides entre les grains du sable, elle représente donc le degré de remplissage de son volume occupé par les vides.

La porosité est exprimée en pourcentage (%) et définie par la relation :

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

On distingue deux cas pour le sable Boussaâda :

- Etat lâche :  $P_L = 49.26\%$
- Etat compact :  $P_C = 42.22\%$

### III.2.2.4 Compacité :

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

La compacité donnée par la formule :

$$C = (\rho_{app} / \rho_{abs}) = 100 - P$$

On distingue deux cas pour le sable Boussaâda :

- Etat lâche :  $C_L = 50.74 \%$
- Etat compact :  $C_c = 57.78 \%$

### III.2.2.5 Equivalent de sable : NF P 18-59

#### a- Le but d'essai :

Ce test vise à isoler les fines particules présentes dans le sol des éléments sableux Rugueux. La procédure standard permet de spécifier un coefficient équivalent de Sable Qui en détermine la propreté.

#### Mode opératoire :

- Tamiser une quantité de sable (masse supérieure à **500 g**).
- Prendre une pesée de **120 g**.
- Remplir l'éprouvette de solution la vante jusqu'au premier repère (**10cm**).
- A l'aide de l'entonnoir verser la prise d'essai (**120g**) dans L'éprouvette et taper fortement à plusieurs reprises avec la paume de la main afin de chasser toutes les bulles d'air et favoriser le mouillage de l'échantillon.
- Laisser reposer pendant **10 minutes**.
- Fermer l'éprouvette à l'aide du bouchon en caoutchouc et lui imprimer **90 cycles de 20cm** de cours horizontale en **30 secondes** à la main à l'aide d'un agitateur mécanique.
- Retirer ensuite le bouchon, le rincer avec la solution la vante au-dessus de l'éprouvette, Rincer ensuite les parois de celle-ci.



**Fig.III.3 Agitateur mécanique**

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



**Fig.III.4 Repos de 20 min pour les éprouvettes**

❖ **Equivalent de sable visuel (ESV) :**

- Après **20** minutes de dépôt de sable, lire la hauteur  $h_1$  du niveau supérieure du floculant jusqu'au fond de l'éprouvette à l'aide d'une réglette.
- Mesurer également avec la règle la hauteur  $h_2$  comprise entre le niveau supérieur de la partie sédimentaire et le fond de l'éprouvette.

$$ESV = \frac{H_2}{H_1} \times 100$$

❖ **Equivalent de sable visuel (ESP) :**

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

$$ESP = \frac{H'_2}{H_1} \times 100$$

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

Les résultats sont regroupés sur le tableau suivant :

**Tableau.III.4 Les résultats d'équivalent du sable de Boussaâda**

L'éprouvette	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	ESV %	ESV <sub>moy</sub> %	H' <sub>2</sub> (cm)	ESP %	ESP <sub>moy</sub> %
01	11.8	9	76.27		8.7	73.73	
02	12	9	75	<b>76.20</b>	8.5	70.83	<b>72.59</b>
03	11.9	9.2	77.2		8.7	73.2	

**ESV<sub>moy</sub> = 76.20%**

**ESP<sub>moy</sub> = 72.59%**

Donc :

**Tableau.III.5 Comparaisons des résultants [50]**

E.S.V	E.S.P	Nature et qualité du sable
<b>ES &lt; 65</b>	<b>ES &lt; 60</b>	<b>Sable argileux:</b> Risque de retrait ou de gonflement à rejeter pour des bétons de qualité.
<b>65 ≤ ES ≤ 75</b>	<b>65 ≤ ES ≤ 70</b>	Sable légèrement argileux de propriété admissible pour des bétons de qualité courante quand on ne craint pas particulièrement le retrait.
<b>75 ≤ ES ≤ 85</b>	<b>70 ≤ ES ≤ 80</b>	Sable propre à faible pourcentage de farine argileux convient parfaitement pour des bétons de hautes qualité.
<b>85 ≥ ES</b>	<b>80 &gt; ES</b>	<b>Sable très propre :</b> L'absence totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

D'après le tableau on constate que :  $75 \leq \text{ESV} \leq 85$  et  $70 \leq \text{ESP} \leq 80$

**Pour le sable du Boussaâda :** C'est un Sable propre à faible pourcentage de farine argileux convient parfaitement pour des bétons de hautes qualité.

### III.2.2.6 Teneur en eau : NF P 18-555

L'essai de teneur en eau permet de déterminer quel est le pourcentage massique (W%) d'eau dans le sable étudié, c'est-à-dire quelle est la masse d'eau présente par rapport à 300 grammes de sable sec.

La teneur en eau donnée par la formule :

$$W = ((M_h - M_s) / M_s) * 100 (\%)$$

Où :

- ✓  $M_h$ : Masse des granulats humides.
- ✓  $M_s$ : Masse des granulats sec.

Les résultats obtenus en (Tableau .III.6)

**Tableau.III.6 Teneur en eau du sable de Boussaâda**

Essais	$M_h$ (g)	$M_s$ (g)	W(%)	$W_{\text{moy}}$ (%)
1	300	297.2	0.942	0.593
2	300	299	0.334	
3	300	298.5	0.502	

### III.2.2.8 Analyse granulométrique : NF P 18-304. NF P 18-560

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

L'analyse granulométrique permet de déterminer les dimensions des grains et les proportions de grains de même dimension (% pondéral).

Elle comprend deux opérations :

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

---

- Tamisage
- Sédimentation

La granularité est exprimée par une courbe granulométrique qui donne la répartition de la dimension moyenne des grains, exprimée sous forme de pourcentage du poids total du matériau.

### Mode opératoire :

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

Le tamisât cumulé est donné par la relation suivante :  $T = 100 - R_C$

Où :

T : Tamisât en %

$R_C$  : Refus cumulés en %

Les résultats obtenus sont présentés au tableau suivant :

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

Tableau.III.7 Les résultats d'analyse granulométrique du sable de Boussaâda

Tamis (mm)	Refus partiels (g)	Refus cumulés		Tamisâts (%)
		(g)	%	
5	0	0	0	100
2.5	49	49	4.9	95.1
1.25	27	76	7.6	92.4
0.63	18	94	9.4	90.6
0.315	103	197	19.7	80.3
0.16	538	735	73.5	26.5
0.08	254	989	98.9	1.1
Fond	11	1000	100	0

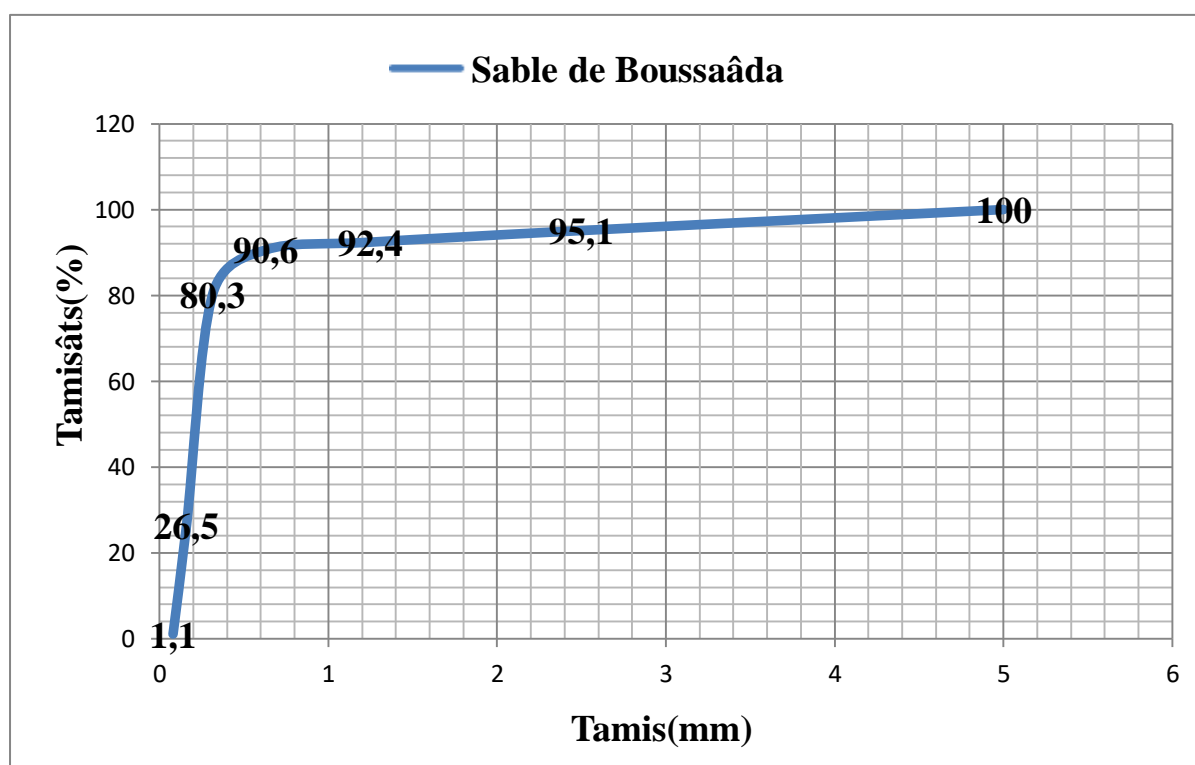


Fig .III.5 La courbe granulométrique du sable de Boussaâda

### III.2.2.9 Module de finesse :

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

Le module de finesse ( $M_f$ ) est un facteur très important, qui nous permet de juger la grosseur du sable (qualité du sable), il est exprimé par le rapport de la somme des refus cumulés des tamis de mailles : [0.16-0.315-0.63-1.25-2.5 et 5 (mm)] sur 100

Il est donné par la relation suivante :

$$Mf = \sum \frac{Rc}{100}$$

Où :

$R_C$  : Refus cumulé.

Les normes soviétiques spécifient le  $M_f$  des sables comme suit : [46]

➤ Sable gros :  $M_f > 2.5$

➤ Sable moyen :  $2 < M_f < 2.5$

➤ Sable fin :  $1.5 < M_f < 2$

➤ Sable très fin :  $1 < M_f < 1.5$

**Pour le sable de Boussaâda:**  $M_f = 1.15$

Donc, c'est un sable très fin.

### III.2.3 Caractéristiques chimique du sable :

La composition chimique du sable de dune (OUED MAITRE) est établie en mars 2005, à la cimenterie de Lafarge (M'sila). Les résultats obtenus sont présentés au tableau suivant :

**Tableau.III.8 Analyse chimique du sable de Boussaâda[56]**

Constituants		Teneur en (%)
Elément	Symbole	
Silice	SiO <sub>2</sub>	<b>86.95</b>
Chaux	CaO	<b>6.33</b>
Oxyde de ferrique	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>0.90</b>
Alumine	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>1.92</b>
Oxyde de magnésium	MgO	<b>0.53</b>

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

Sulfate	SO <sub>3</sub>	<b>0.44</b>
Pente au fer	P.A.F	<b>2.81</b>

### III.3 Ciment :

Le ciment utilisé dans notre recherche dit ELMATINE (**CPJ-CEM II /B 42.5**) est un ciment portland composé obtenu par le mélange finement broyé de clinker et d'ajouts (gypse et calcaire), il est conforme à la norme NA 442, EN 197-1.

#### III.3.1 Caractéristiques physiques du ciment utilisé :

Les caractéristiques physiques du ciment utilisé sont classées dans le tableau suivant:

Tableau.III.9 Caractéristiques physiques du CPJ -CEM II/B 42.5 [57]

		Valeur	Unités
Masse volumique absolue		3,1	g/cm <sup>3</sup>
Consistance normale		26-28	%
La finesse (Blaine)		4000 - 4200	cm <sup>3</sup> / g
Le Chatelier	A froid	00	Mm
	A chaud	2	
Temps de prise	Début	2 : 30	Heur : min
	Fin	3 : 30	
Résistance à la compression	2 jours	18	MPa
	7 jours	32	
	28 jours	Plus de 32	

#### III.3.2 Caractéristiques chimiques du ciment utilisé :

L'analyse chimique du ciment utilisé est établie au laboratoire de l'ACC. Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

Tableau.III.10 Caractéristiques chimiques du CPJ -CEM II/B 42.5 [57]

Eléments	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O
Teneur (%)	62.92	20.7	4.75	3.75	1.98	1.90	0.09

### III.4 L'eau de gâchage :

Généralement dans l'utilisation du béton ou du mortier, nous pouvons utiliser tous les types d'eau (l'eau de rivière, l'eau de barrage, l'eau potable etc...), mais certains peuvent contenir des impuretés, ce qui conduit à la détérioration des propriétés du béton ou du mortier, et pour cette raison nous avons recours à l'analyse de l'eau.

#### III.4.1 Caractéristiques chimiques de l'eau utilisée :

La composition chimique d'eau du laboratoire de département du génie civil est établie au laboratoire de département du chimie (M'sila). Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau.III.11 Caractéristiques Chimique de l'eau de gâchage [56]

Les caractéristiques	La valeur
PH	7.71
Conductibilité	1745
Chlore Cl <sup>-</sup>	236.30 mg/l
Sulfate SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	349.60 mg/l
Magnésium Mg <sup>2+</sup>	115.30 mg/l
Sodium Na <sup>2+</sup>	néant
Calcium Ca <sup>2+</sup>	269.50 mg/l

### III.5 L'adjuvant :

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

---

Dans notre travail , l'adjuvant qui nous avons utilisé s'appeler : Le superplastifiant (MEDAPLAST SP 40).

### III.5.1 Description :

D'après la fiche technique (Annexe), 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 super plastifiant, il permet de diminuer considérablement la teneur en eau du béton.

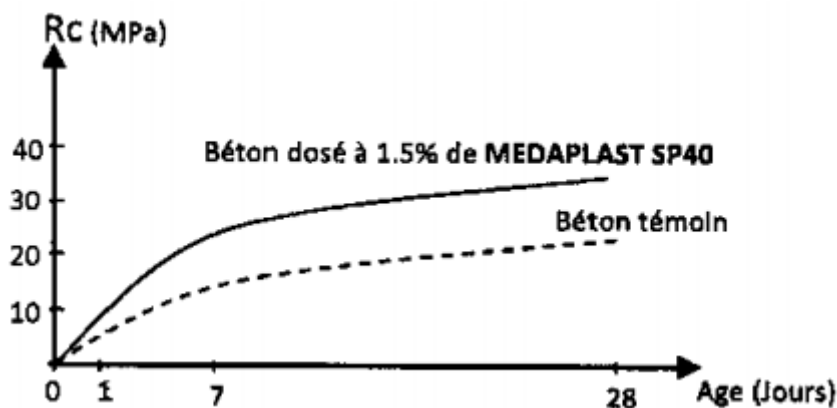


Fig .III.6 Evolution des résistance en compression

### III.5.2 Propriétés:

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

#### **Sur béton frais :**

- ❖ Améliorer la fluidité ;
- ❖ Augmenter la maniabilité ;
- ❖ Réduire l'eau de gâchage ;
- ❖ Eviter la ségrégation ;
- ❖ faciliter la mise en œuvre du béton.

#### **Sur béton durci :**

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

- ❖ Augmenter les résistances mécaniques ;
- ❖ Diminuer la porosité ;
- ❖ Augmenter la durabilité ;
- ❖ Diminuer le retrait.



### III.5.3 Dosage:

Plage de dosage recommandée :

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

**Fig .III.7 Le superplastifiant MEDAPLAST SP 40**

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

### III.5.4 Caractéristiques :

**Tableau.III.12 Caractéristiques de MEDAPLAST SP 40**

Superplastifiant	MEDAPLAST SP 40
Forme	Liquide
Couleur	Marron
PH	8.2
Densité	1.20 ± 0.01
Teneur en chlore(g/l)	< 1
Extrait sec(%)	40

### **III.5 Les ajouts :**

Les deux types d'additions récupérées de déchets de construction au cours de cette étude sont:

#### III.5.1 Les déchets de brique :

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

Ces déchets proviennent de la briqueterie de m'sila. Ils ont été concassés manuellement au niveau du laboratoire de génie civil Université de M'sila , puis broyés jusqu'à la fraction granulaire inférieure à 80µm.



Fig .III.8 Déchets des briques utilisés

Les caractéristiques des déchets de brique sont indiquées dans les tableaux suivantes:

Tableau.III.13 Composition chimique des déchets de brique broyés [29]

Composant	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	NaO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
Teneur( %)	53.78	16.61	12.88	6.22	2.20	2.13	0.87	0.65

Tableau.III.14 Caractéristiques des déchets de brique broyés [29]

Caractéristiques	Forme	Couleur	Finesse	Dosage recommandé
Résultats	Poudre	Rouge brique	4000cm <sup>2</sup> /g	10% à 50%

### III.6 Déchets de céramique :

La poudre de céramique est obtenue après broyage de débris de lavabos et après passage au tamis de 80µm pour aboutir à la finesse voulue.



Fig.III.9 Déchets des céramiques utilisés

### III.7 Elaboration des différents mortiers :

#### III.7.1 Composition des mortiers :

La réalisation de nos formulations nous conduit en premier lieu à connaître les proportions des constituants de chaque formulation.

- Pour le mortier de référence (témoin), on l'a formulé à l'aide de la composition suivante une gâchée pour trois éprouvettes doit être constituée de (  $380 \pm 2$  ) g de ciment, (  $1140 \pm 2$  ) g de sable, (  $190 \pm$  ) g d'eau et 5.7 g d'adjuvant (superplastifiant).
- Pour les autres mortiers, on a remplacé le ciment par les deux ajouts (brique et céramique).

#### III.7.2 Détermination de la quantité d'eau :

La quantité d'eau utilisée, ou plus précisément le rapport E/C, détermine (a une forte influence sur la porosité d'un mortier).

Elle influe indirectement sur la perméabilité et beaucoup des facteurs comme : la résistance mécanique, la durabilité etc....

l'absorption d'eau très élevée du déchet de brique, donc pour confectionner les mortiers on a été obligé de remédier à cette situation par la mesure de la fluidité.

Cet essai consiste à l'addition de l'eau dans les gâchées jusqu'à l'obtention d'un échantillon qui tend vers celui d'un mortier de référence.

#### III.7.3 Malaxage de mortier :

Le malaxage a un impact significatif sur les caractéristiques des mortiers. On peut dire qu'il est nécessaire, il est important pour que le sable soit régulièrement dispersé et que le ciment soit bien réparti entre et autour de tous les grains.

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

---

Le travail se fait selon les étapes suivantes :

- Préparer tout le matériel nécessaire pour effectuer les essais ;
- Avant de commencer le mélange, le malaxeur doit être nettoyé ;
- Préparer et peser les quantités des constituants( le ciment , l'eau, le sable, adjuvant, poudre de brique et de céramique) à l'aide d'une balance ;
- Placer les constituants par ordre :le sable, le ciment et les ajouts dans le malaxeur et faites fonctionner le malaxeur pendant 30 secondes pour malaxage à sec;
- Ajouter progressivement l'eau de gâchage et l'adjuvant ;
- Faites fonctionner une deuxième fois le malaxeur pendant 30 secondes ;
- Nous soulevons le couvercle, nettoyons le bras de malaxeur et l'allumons pour la troisième fois ;
- Nous prenons le lisier et le mettons dans les moules ;

Le malaxeur que nous avons utilisé dans notre travail, est un malaxeur à mortier à une contenance de trois litres.



**Fig.III.10 Malaxeur du mortier  
(Laboratoire de génie civil M'sila)**

### **III.7.4 Préparation des éprouvettes :**

#### **✚ Dimensions des éprouvettes :**

Les essais mécaniques ont été préparé des éprouvettes prismatiques de section carré de dimensions (4 x 4 x 16) cm et des éprouvettes cubiques de dimensions (5 x 5 x 5) cm

#### **✚ Moulage des éprouvettes :**

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

---

Pour la préparation des éprouvettes, nous avons procédé du façon suivante:

- Préparer les séries des moules selon les dimensions appropriées des éprouvettes, Chaque moule métallique à trois alvéoles ;
- Nettoyer, huiler et serrer les moules vérifie-le ;

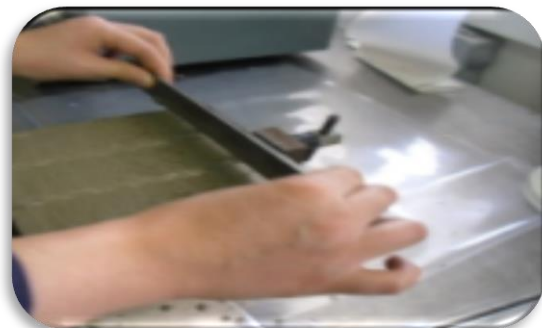


**Fig.III.11 Préparation des moules**

- Placer les moules sur une table vibrante (table à choc) ;
- Remplir les moules par le mortier, l'exécuter en deux couches. Les mortiers doivent être moulées le plus vite possible ;
- Compacter le mortier à l'aide d'une table de choc, en appliquant 30 chocs par couche ;
- L'éprouvette faut qu'elle soit bien. On enlève l'excédent de mortier par arasage arasée à l'aide d'une règle métallique. La surface des éprouvettes est ensuite lissée ;



**Fig.III.12 Table vibrante (table à choc)**



**Fig.III.13 Aplanissement  
des éprouvettes**

### ✚ Conservation des éprouvettes :

Après le démoulage d'échantillons ont laissé pendant 24 heures pour sécher relativement, après sa nous mettons échantillons (4 x 4 x 16) cm, dans l'eau de la nappe phréatique, pendant 7 et 28 jours

### III.8 Différentes formulations réalisées :

#### III.8.1 Appellations des différentes formulations :

On a utilisé les abréviations suivantes :

- ▶ **MT** : Mortier de référence formulé sans utilisation du déchet de brique et céramique.
- ▶ **M<sub>1</sub>** : Mortier formulé en substituant 15% de ciment par 10% de poudre de céramique et 5% de poudre de brique ;
- ▶ **M<sub>2</sub>** : Mortier formulé en substituant 20% de ciment par 10% de poudre de céramique et 10% de poudre de brique ;
- ▶ **M<sub>3</sub>** : Mortier formulé en substituant 25% de ciment par 10% de poudre de céramique et 15% de poudre de brique ;
- ▶ **M<sub>4</sub>** : Mortier formulé en substituant 25% de ciment par 20% de poudre de céramique et 5% de poudre de brique ;
- ▶ **M<sub>5</sub>** : Mortier formulé en substituant 30% de ciment par 20% de poudre de céramique et 10% de poudre de brique ;
- ▶ **M<sub>6</sub>** : Mortier formulé en substituant 35% de ciment par 20% de poudre de céramique et 1 5% de poudre de brique ;
- ▶ **M<sub>7</sub>** : Mortier formulé en substituant 35% de ciment par 30% de poudre de céramique et 5% de poudre de brique ;
- ▶ **M<sub>8</sub>** : Mortier formulé en substituant 40% de ciment par 30% de poudre de céramique et 10% de poudre de brique ;

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

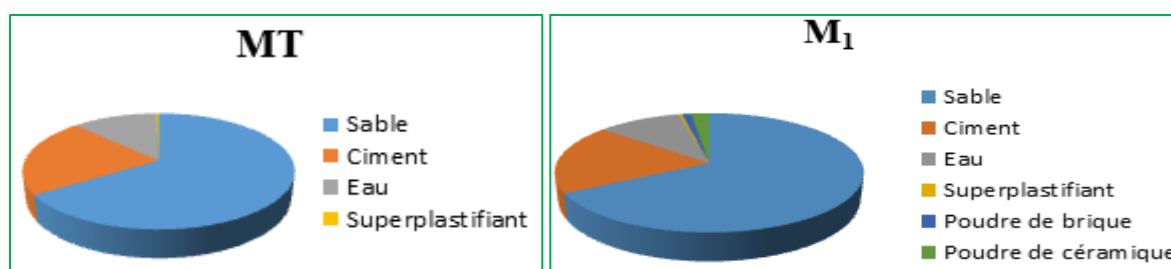
► **M<sub>9</sub>** : Mortier formulé en substituant 45% de ciment par 30% de poudre de céramique et 15% de poudre de brique.

### III.8.2 Proportions des constituants de chaque formulation :

Les tableaux suivants mentionnent toutes les proportions des constituants de chaque formulation.

**Tableau.III.15 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique**

Formulation	Sable (g)	Superplastifiant (g)	Ciment (g)	Eau (g)	Poudre de brique(g)	Poudre de céramique(g)	E/C
<b>MT</b>	1140	5.7	380.20	210	00	00	0.55
<b>M<sub>1</sub></b>	1140	5.7	323.15	175	19	38	0.46

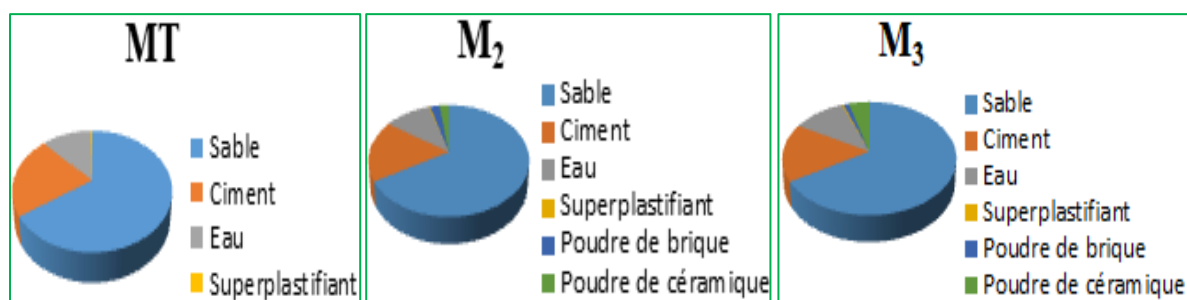


**Fig. III.14 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique**

**Tableau.III.16 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique**

Formulation	Sable (g)	Superplastifiant (g)	Cimen t (g)	Eau (g)	Poudre de brique(g)	Poudre de céramique(g)	E/C
<b>MT</b>	1140	5.7	380.20	210	00	00	0.55
<b>M<sub>2</sub></b>	1140	5.7	304.20	185	38	38	0.48
<b>M<sub>3</sub></b>	1140	5.7	285.10	205	57	38	0.54

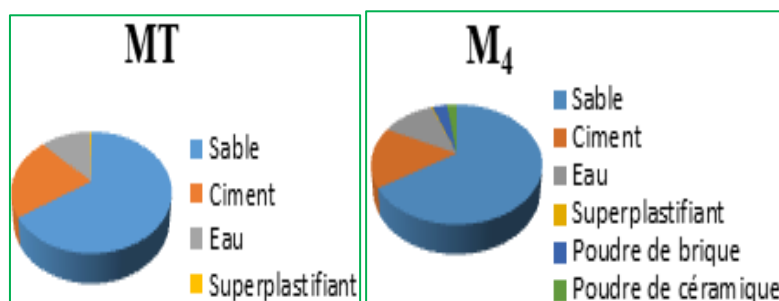
## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés



**Fig. III.15 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique**

**Tableau.III.17 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique**

Formulation	Sable (g)	Superplastifiat (g)	Ciment (g)	Eau (g)	Poudre de brique(g)	Poudre de céramique(g)	E/C
<b>MT</b>	1140	5.7	380.20	210	00	00	0.55
<b>M<sub>4</sub></b>	1140	5.7	285.10	190	19	76	0.50
<b>M<sub>5</sub></b>	1140	5.7		--	38	76	--



**Fig.III.16 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique**

**Tableau.III.18 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique**

Formulation	Sable (g)	Superplastifiat (g)	Ciment (g)	Eau (g)	Poudre de brique(g)	Poudre de céramique(g)	E/C
<b>MT</b>	1140	5.7	380.20	210	00	00	0.55
<b>M<sub>6</sub></b>	1140	5.7		--	57	76	--
<b>M<sub>7</sub></b>	1140	5.7		--	19	114	--

## Chapitre III Caractéristiques des matériaux utilisés

Tableau.III.19 Différentes formulations en substituant le ciment par les déchets de brique et de céramique

Formulation	Sable (g)	Superplastifiant (g)	Ciment (g)	Eau (g)	Poudre de brique(g)	Poudre de céramique(g)	E/C
MT	1140	5.7	380.20	210	00	00	0.55
M <sub>8</sub>	1140	5.7		--	38	114	--
M <sub>9</sub>	1140	5.7		--	57	114	--

### III.9 Caractérisation des différents mortiers à l'état frais :

Les essais qui ont été réalisés sur le mortier à l'état frais dans ce travail sont: Essai d'affaissement et la masse volumique.



Fig.III.17 Cône d'affaissement du mortier (Laboratoire de génie civil M'sila)

#### III.9.1 La masse volumique :

Nous calculons la masse volumique après avoir rempli le moule 5x5x5 et l'avoir secoué selon la formule suivante:

$$\rho = M/V$$

$\rho$  : La masse volumique du mortier.

$M$  : La masse du mortier.

V : Volume du moule et égal à 375 cm<sup>3</sup>.

### III.10 Caractérisation des mortiers à l'état durci :

#### III.10.1 Essais de résistances mécaniques :

Pour la détermination de la résistance à la flexion, on utilise la méthode de la charge, nous plaçons l'éprouvette dans le dispositif de flexion où il est concentrée à mi portée au moyen du dispositif de flexion normalisé. Nous utilisons les demi-prismes obtenus dans l'essai de flexion dans l'essai de compression sur les faces latérales de moulage sous une section de 4 cm x 4 cm.

##### III.10.1.1 Résistance à la traction par flexion :

Cet essai est basé sur le placement des prismes dans le dispositif de flexion avec une face latérale de moulage sur les rouleaux d'appui et son axe longitudinal perpendiculaire à ceux-ci, une charge verticalement est appliquée sur la face latérale du prisme et l'augmenter de 50 N/s ± 10 N/s, jusqu'à la rupture de l'éprouvette.

Les demi-prismes doit être conservée jusqu'à moment des essais en compression, la résistance en flexion  $R_f$  ( en Mpa ) .

La résistance en flexion est calculée au moyen de la formule :

$$R_f = \frac{1.5pl}{b^3}$$

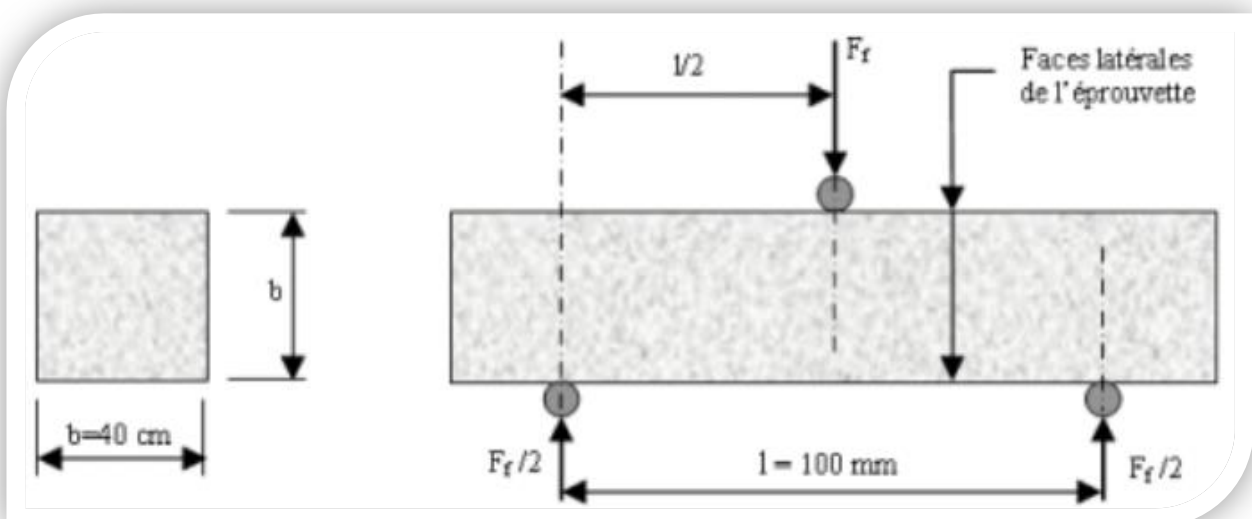


Fig.III.18 Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion

**Avec:**

**R<sub>f</sub>** : est la résistance en flexion, en newtons par millimètres carrés ou en Mpa ;

**p** : est la charge appliquée au milieu du prisme à la rupture, en N ;

**l** : est la distance entre les appuis, en mm ;

**b** : est la côté de la section carrée du prisme en mm.



**Fig.III.19** L'appareil de résistance à la flexion

### **III.10.1.2 Résistance à la compression :**

Nous centrons chaque demi-prisme latéralement par rapport aux plateaux de la presse à  $\pm 0.5$  mm près et longitudinalement de façon que le bout du prisme soit en porte-à-faux par rapport aux plateaux d'environ 10 mm.

Ensuite, nous augmentons la charge avec une vitesse providence durant toute l'application de la charge jusqu'à la rupture (compenser la décroissance de vitesse de la charge à l'approche de la rupture).

La résistance en compression  $R_c$  (Mpa) est calculée au moyen de la formule :

$$R_c = \frac{F_c}{b^2}$$

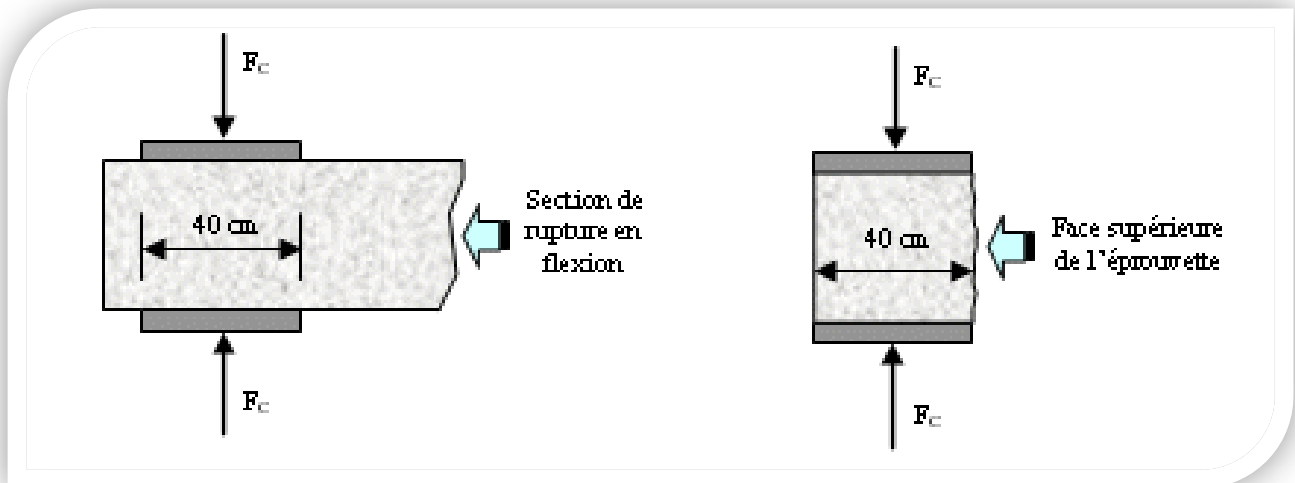


Fig.III.20 Dispositif pour l'essai de résistance à la compression

Avec:

$R_c$  : Résistance à la compression en (MPa) ;

$F_c$  : charge de rupture en (N) ;

$b^2$  : cote de l'éprouvette est égale à 40 mm.



Fig.III.21 L'appareil de compression

### III.10.2 Retrait et gonflement :

Nous préparons 3 prismes ( $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ ) pour chaque essai de retrait et de gonflement, l'essai consiste à suivre l'évolution des changements dimensionnels d'une éprouvette de mortier conservé à l'air pour le retrait et à l'eau pour le gonflement.

### III.10.3 Porosité :

Les pores ont un rôle important pour estimer la qualité du mortier. Nous faisons donc cette essai pour déterminer pourcentage de volume des pores contenus dans l'éprouvette, afin de connaître l'influence de la structure interne du mortier sur l'interconnexion des pores.

Pour évaluer la porosité, nous allons poursuivre les étapes suivantes :

$$V_p = [(C-A)/(C-D)].100 \%$$

**Avec :**

**V<sub>p</sub>** : volume des vides (%) ;

**A** : poids de l'échantillon après étuvage (g) ;

**C** : poids à l'air après immersion et ébullition (g) ;

**D** : poids à l'eau après immersion et ébullition (g) ;



**Fig.III.22 Essai de porosité**

### **III.11 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons identifié les différentes caractéristiques physiques et chimiques des matériaux et aux vues des résultats des essais de masse volumique, des analyses granulométriques, l'équivalent de sable. En montrant la technique expérimentale de notre travail ainsi que les étapes de fabrication du mortier (la composition du mortier, Détermination de la quantité d'eau, Malaxage de mortier, Préparation des éprouvettes)

Aussi, la connaissance de proportions des constituants de chaque formulation nous permet de commenter les résultats des tests expérimentaux..

# Conclusions générales

---

## Conclusions générales

Le mortier est l'un des matériaux les plus importants utilisés dans la construction.

L'accumulation de déchets de toutes sortes est un défi, et son exploitation est la meilleure solution.

Dans le présent travail on a fait une étude sur la valorisation des déchets de brique et de céramique dans la formulation des mortiers.

L'objectif principal de ce travail était d'étudier l'effet combiné des déchets de brique et de céramique sur le comportement du mortier.

L'étude est basée sur la comparaison du comportement du mortier ordinaire avec le comportement du mortier à base de brique et de la céramique en poudre dans la production de mortier avec des taux de substitution allant de 5 à 45% selon le poids du ciment et en comparant ses performances avec état frais et durci avec un mortier ordinaire considéré comme mortier témoin.

Les résultats de recherches antérieures ont montré des commentaires sur cette étude, y compris les suivants :

- ✓ Les déchets de briques peuvent être techniquement utilisés comme substitut du ciment dans la fabrication de mortiers ordinaires. [60]
- ✓ La poudre de brique finement broyée a une négative influence sur l'ouvrabilité du mortier en tant que fonction du taux de substitution du ciment. [60]
- ✓ L'effet bénéfique de la poudre de déchets de brique sur les performances du mortier avec un optimum de 15% de substitution de poids de ciment. [60]
- ✓ le remplacement des granulats fins par des charges céramiques sanitaires jusqu'à 20% du poids du ciment améliore la compression et la flexion force et réduit le retrait. [59]
- ✓ la possibilité d'utiliser les déchets céramiques sanitaires comme charge efficace dans les mortiers de ciment (et éventuellement les bétons), avec des taux d'addition (par poids de ciment) d'au moins 20%. [59]

# Références bibliographiques

---

## Références bibliographiques

- [1] **Ali BOUACIDA Loucif**. «Effet de la qualité de ciment sur les propriétés mécaniques du béton». Mémoire de magister, Centre Universitaire de Tébessa.
- [2] **R.DUPAIN, R.LANCHON, J-C.SAINT-ARROMAN**, « Granulat, sols, ciment et béton »Edition casteilla-PARIS-2004
- [3] **Manai K**, «Etude de l'effet d'ajouts chimiques et minéraux sur la maniabilité, la stabilité et les performances des bétons autonivelants». Mémoire de maîtrisées sciences appliquées, Sherbrooke-Canada, 1995
- [4] **livres** rédigés par les meilleurs experts BTP en construction génie civil et architecture.
- [5] **WILLIAM.D, CALLISTER.JR**, « Science et génie des matériaux ». Modulu Editeur, 2001
- [6] **SAMAI SOUMIA**, «Formulation d'un mortier avec ajout de pouzzolane naturelle soumis à températures élevées». Mémoire de master en génie civil, université de M'sila, 2015/2016
- [7] **SYLVER.P**, « science des matériaux». Université pierre et marie curie 2005 -2006
- [8] **Baali Laid**, Cours de MDC, Licence, Université de M'sila.
- [9] « **COMPORTEMENT DES MURS EN MAÇONNERIE SOUS SOLLICITATION** » chapitre 1 page15 thèse de master en génie civil université de Tlemcen.
- [10] **<https://www.travaux-maçonnerie.fr>** › Résultats Web Les différents types de mortier -Travaux maçonnerie.
- [11] **GC1712**, « Durabilité ET réparation du béton ». Département Génie civil, Université de Sherbrooke-Canada, Avril 2009
- [12] **Arezki Tagni Hamou**, «Microstructure et physico-chimie des ciments et des bétons». Thèse de Doctorat, Université de Sherbrooke, 2014.
- [13] juin 1970. Regourd M, « Hydratation du ciment Portland, dans le béton hydraulique». Édité par baron J. Et Saute Rey R., 1982, Presses de l'école nationale des ponts chaussées, ISBN 2-85978-033-5, p.193-221.
- [14] **Bouali Khaled**, « Elaboration et caractérisation thermomécanique des mortiers à

## Références bibliographiques

---

base d'ajouts de déchets de briques réfractaires ». Mémoire de magister, Option Physique et Mécanique des Matériaux Université de Boumerdes 2013/2014.

[15] **Georges Dreux, Jean Festa**, «Nouveau guide du béton et de ses constituants». **Paris**.

[16] PDF réalisé par Zile-Marie Durosier Richard Bonneville. **Edition Eyrolles, 2009**.

[17] **Berraih Mimoun**, « Etude des mortiers contenant de la pouzzolane naturelle et des déchets de verre ». Mémoire de magister en génie civil, (ENSET Oran 2009/2010).

[18] **Aissa Salem**, « effet de l'activation mécanique de l'argile cuite (déchets de briques) sur le comportement mécanique du mortier ». Mémoire de master en génie civil, Université de M'sila, juin 2017

[19] **Barakat Abderrezak**, «valorisation des déchets de briques dans la réalisation des ouvrages en béton ». Mémoire de magister en génie civil, Université de Ouargla 05/11/2006.

[20] **Gestion des déchets** : Catégories des déchets et leur nomenclature - Modifié le 10/12/2012 visé le 25/04/2016, <http://www.wikiterritorial.cnfpt.fr/xwiki/wiki/econnaissances/view/NotionsCles/LagestiondesdechetsLescategoriesdesdechetsleurnomenclature#H1.LesdiffE9rentescatE9goriesdedE9chets>.

[21] **Thomas Point**, «Influence des hydroxypylyguars sur les propriétés du mortier de ciment à l'état frais ». 27 juin 2014. Disponible sur : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00936958/document>

[22] **M. Nicot Pierre**, « Interactions mortier-support : éléments déterminants des performances et de l'adhérence d'un mortier ». Thèse de doctorat, Université de Toulouse 7 octobre 2008.

[23] **Koller, 2004-** Traitement des pollutions : Eau, Air, Déchets, Sols, Boues, Ed. Dunod, Paris, 424p.

[24] **Abderrezak S. (2000)**. «Gestion des déchets solides en Algérie. Séminaire sur la gestion intégrée des déchets solide». Alger.31-34p.

## Références bibliographiques

---

- [25] **Paradis O, Poirier M, saint-pierre L, 1983.** Ecologie un monde à découvrir. Ed. HRW. Itée Montréal.371p.
- [26] **A.D.E.M.E., 2000-**Le traitement biologique : Enquête sur les installations de traitement des déchets ménagers et assimilés en 2000, Ed. A.D.E.M.E. Paris.13p.
- [27] **S.P.E, 1997-** Société pour la protection de l'environnement, les déchets dangereux, histoire, gestion et prévention édition GEORG, dossier de l'environnement, paris 1997. 125p.
- [28] **législation Algérienne.** «La loi N 01-19 du 12 décembre 2001relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets».
- [29] **Bourmatte Nadjoua,** «Granulats recyclés de substitution pour bétons hydrauliques ». Thèse de Doctorat, Université des frères Metouri Constantine 12 Mars 2017.
- [30] **Nacéri Abdelghani and Makhloufi Chikouche Hamina,** «Use of waste brick as a partial replacement of cement in mortar». *Waste management* 29.8 (2009): 2378- 2384.
- [31] **Nacéri Abdelghani and Makhloufi Chikouche Hamina,** «Effects of pozzolanic admixture (waste bricks) on mechanical response of mortar». (2008) : 1-8.
- [32] **Arezki née Djadouf Samia,** « l'influence des ajouts (grignon d'olive et foin) sur les caractéristiques physico-mécaniques de la brique de terre cuite ». Université de Abderrahmane Mira de Béjaia.
- [33] **Serifou M,** « Béton à base de recyclats : influence du type de recyclats et rôle de la formulation» .Thèse de Doctorat, Université Felix houphouet boigny et l'Université de Bordeaux 1, Décembre 2013.
- [34] **Les litrons de vin français dits « à étoile », normalisés, étaient acceptés indifféremment par n'importe quel fournisseur. « Litre 6 étoiles », sur :**  
[www.abcdvin.com](http://www.abcdvin.com)
- [35] **Akhtaruzzaman A.A et Hasnat,** « Properties of Concrete Using Crushed Brick As aggregate », *concrete international*, Vol. 5, N°. 2, Feb.1983, p. 58 – 63.

## Références bibliographiques

---

- [36] Kleinlogel A, « Influence des divers éléments physico - chimique sur les Bétons ». Edition Dunod, Paris, 1960, p. 75 140.
- [37] Devenny A et Khalaf F.M, «The Use of Crushed Brick as Coarse Aggregate in concrete » masonry international, Vol.12, N°. 3, Feb. 1999, p. 81–84.
- [38] Ramachandran, V. S. «Utilisation des déchets et sous-produits comme granulats du béton ». Division des recherches en construction, CBD-215-F, conseil national de recherches Canada juin 1981.
- [39] bouwmaterailen "", [en ligne], 2004, disponible sur : [http://www.lessiusho.be/vipterm/databank\\_bouwmaterialen2.htm](http://www.lessiusho.be/vipterm/databank_bouwmaterialen2.htm).
- [40] guide pour une construction et une rénovation respectueuses de l'environnement – annexe E "", service d'architecture et de génie - Services Gouvernementaux Canada, [en ligne], 2004, Disponible sur : [http://www.ercr\\_handbook\\_append-f.html](http://www.ercr_handbook_append-f.html)
- [41] <https://www.systemed.fr/conseils-bricolage/maconnerie-materiaux-produits-melanges-et-proportions,6087.html>
- [42] Latroch Nouredine, « Effet des agrégats à base de déchets plastiques sur les différentes propriétés des matériaux composites mortier-polymère ». Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem 2018-2019
- [43] HUILER. S, 1999
- [44] BOUZIDI .N Née Bouzidi, « Techniques de tri des déchets». Polycopié de Cours, Université de Abderrahmane Mira de Béjaia.
- [45] L. Alviset, « Matériaux de Terre Cuite ». Techniques de l'Ingénieur" 1994.
- [46] A. Komar, «Matériaux et Elément de Construction ». Edition MIR 1978.
- [47] E. Oliver, «Technologie des Matériaux de Construction ». Edition ISBN 1976
- [48] R. Delebecque, « Éléments de Construction "Bâtiment" ». Edition Delagrave1990.
- [49] Ajroun Redouane, «Effet de l'incorporation de briques réfractaires dans le ciment portland ». Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de licence p. 40 2013-2014.
- [50] Le béton auto compactant : "Recommandations provisoires Holcim " Suisse 2004
- [51] <http://www.univ-setif.dz/facultes/ft/externe/departements/gc/Chapitre-II-Produits-ceramiques.pdf>

## Références bibliographiques

---

[52] **Safi Brahim**, «Procédés et mise en forme des matériaux : Les produits céramiques». Université de Boumerdes.

[53] **J. Dejou**, Société Francophone de Biomatériaux Dentaires 2009-2010.

[54] **Bourema Moufida**, «Etude des caractéristiques d'un BHP à base de déchet de brique rouge à l'état frais et durci», Mémoire de master en génie civil, Université de 20 Aout 1955-Skikda, 11 Juin 2015

[55] **Anne Tanguy**, «Verres et Céramiques». <http://ilm-perso.univ-lyon1.fr/~atanguy/ISTIL/COURS-AT-Verres-Ceramiques-Slides.pdf>

[56] **Belouadah MESSAOUDA**, «Etude de l'influence de la nature des fillers sur les propriétés des bétons à base des matériaux locaux à l'état frais et à l'état durci et soumis aux hautes températures». Thèse de Doctorat en génie civil, Université de M'sila, 18/12/2018.

[57] **Debih abdelmohcene**, «durabilité d'un béton exposé à un milieu aggressive(acide sulfurique),influence de la forme des granulats (concassé-roulées)». Mémoire de master en génie civil, Université de M'sila, 2015/2016.

[58] Notice Technique : Group Granitex conforme à la norme EN 934-2 :TAB 1, TAB 3.1 ET TAB 3.2 NA 774.

[59] **Wioletta Jackiewicz-Rek, Kamil Załęowski, Andrzej Garbacz, Benoit Bissonnette**, « Properties of cement mortars modified with ceramic waste fillers». Warsaw University of Technology, Armii Ludowej 16, 00-637 Warsaw, Poland, et Université Laval 1065, av. de la Médecine, Québec G1V 0A6, Canada

[60] **Guendouz Mohamed, Boukhelkhal Djamila**, «Physical and mechanical properties of cement mortar made with brick waste». LME Laboratory, University of Medea, Medea, Algeria.

# 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

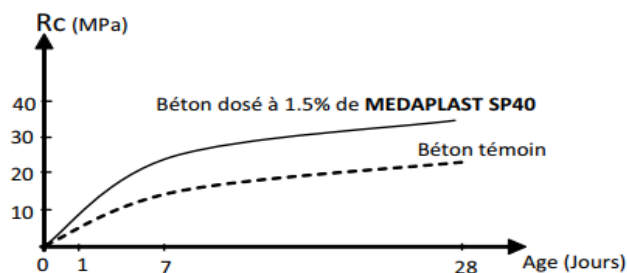
- faciliter la mise en œuvre du béton

#### 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 .....  $1,20 \pm 0,01$
- 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 ( $5^{\circ}C < t < 35^{\circ}C$ ).

### 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)



# Annexes

## MATINE

### Ciment pour béton exigeant CPJ – CEM II/B 42,5 R NA 442



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

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

Avec son sac de couleur noire, le Matine est destiné aux constructions qui nécessitent performance et haute résistance, telles que les grands édifices. Il permet la fabrication de bétons de très hautes résistances, et se caractérise notamment par son durcissement très rapide, sa faible demande en eau, sa compatibilité avec tous types d'adjuvants, etc.

#### **Domaine d'utilisation:**

MATINE est utilisé pour tous les projets de construction qui nécessitent de hautes résistances mécaniques mais qui ne présentent pas un besoin spécifique en bétons exposés à des conditions sévères comme l'attaque des sulfates du sol ou de l'eau. Ainsi que dans les ouvrages dans lesquels le béton n'est pas affecté par le taux de chaleur d'hydratation du ciment.

#### **Les principales applications de ce ciment sont:**

- Secteur habitat (logements et d'autres constructions civiles)
- Secteur travaux publics (tunnels, ponts, port, aéroport .etc.)
- Secteur hydraulique (barrages, châteaux d'eau, stations d'épuration, stations de dessalement,.. etc.)
- Secteur industriel