



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE**



**Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique**

**Université Kasdi Merbah Ouargla**

**FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES**

**Département de génie civil et hydraulique  
Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de  
Master, Filière : génie civil  
Spécialité : structures**

**Présenté par :**

**Ouahbi Fatima**

**Ouahbi Rachida**

**Thème**

**Étude des propriétés mécaniques d'un mortier à base de  
déchet de béton et du verre réutilisé**

M<sup>r</sup>. KEBAILI Mustapha

Université Ouargla

President

M<sup>r</sup>. MENNAAI Omor

Université Ouargla

Examination

M<sup>m</sup>. AKCHICHE Hamida

Université Ouargla

Encadreur

*Année Universitaire: 2022 / 2023*

## شكر

إني أشكر الله تعالى على فضله حيث  
أمدني القوة والعزيمة لإتمام هذا العمل  
فله الحمد أولاً وأخراً.  
يسرني أن أوجه شكري لكل من نصحني  
وأرشدني أو ساهم معي في اعداد هذا  
البحث وأشكر على وجه الخصوص  
أستاذتي الفاضلة أكشيش حميدة على  
مساندتي وارشادي طوال هذه الفترة،  
كما ان شكري موجه لإدارة كلية العلوم  
التطبيقية وبالخصوص قسم الهندسة  
المدنية والتشجيع ومد يد العون من  
معلمي مختبر الجنوب LTPS.  
وفي الأخير أقدم تحياتي وخالص  
الشكر أيضاً لكل هؤلاء الذين شاركوا  
بشكل مباشر أو غير مباشر



## الإهداء

الى اعز أناس وأقربهم الى  
والدي العظيم ووالدتي  
العزيزة اللذان كانا عوننا  
وسندا طوال مشواري  
الدراسي وكان لدعائهما  
المبارك الأثر في إتمام هذا  
البحث حتى تبدو على هذه  
الصورة.

الى استاذتي الفاضلة التي  
غمرتني بالنصح والارشاد  
الى كل هؤلاء اهديهم هذا  
العمل المتواضع سائلا الله عز  
وجل ان ينفعنا به ويمدنا  
بتوفيقه.



## RESUME

Ces dernières années, L'idée d'intégrer les déchets dans la construction est devenue un sujet important pour les chercheurs. Les déchets de béton et de verre sont une bonne occasion d'en profiter dans la construction de nouveaux bâtiments en raison de leur disponibilité accrue sur les chantiers de construction.

Cette recherche vise à ajouter progressivement des déchets de démolition et du verre recyclé au mortier de ciment et à les combiner avec du sable dans différentes proportions.

Deux mélanges de mortier ont été préparés, chacun contenant des résidus de béton (20% 10%) et du verre (10%-20%). Nous avons déterminé les propriétés mécaniques du nouveau mortier puis l'avons comparé à un mortier conventionnel constitué uniquement de sable naturel, et les caractéristiques considérées par cette étude sont la compression et la traction à l'âge de 3, 7, 28 jours.

Les résultats finaux obtenus sont encourageants. Les tests menés ont montré que l'ajout de 20 % de poudre de verre et de 10 % de béton recyclé dans le mortier de ciment entraînait une amélioration significative de 17 %.

Ce travail montre les avantages que peuvent apporter les résultats des expériences sur l'utilisation des déchets de démolition et du verre dans le nouveau mélange.

### Mots clés :

Déchets de béton et verre, déchets de démolition, mortier, recyclage

في السنوات الأخيرة أصبحت فكرة دمج النفايات في البناء موضوعا مهما بالنسبة للباحثين.

تعتبر النفايات الخرسانية والزجاجية فرصة جيدة للاستفادة منها في تشييد المباني الجديدة وذلك لتوفرها المتزايد في مواقع البناء.

يهدف هذا البحث الى إضافة نفايات الهدم والزجاج المعاد تدويره تدريجيا الى ملاط الاسمنت ودمجها مع الرمل باستبداله بنسب مختلفة.

تم اعداد خلطتين من المونة كل واحدة منها احتوت على مخلفات الخرسانة بنسبة (10% - 20%) والزجاج بنسبة

(20% - 10%)

حددنا الخصائص الميكانيكية للملاط الجديد ثم قمنا بمقارنته مع الملاط التقليدي المكون فقط الرمل الطبيعي والخصائص التي تناولتها هذه الدراسة هي الضغط والتشد في سن 3 7 28

كانت النتائج النهائية التي تم الحصول عليها مشجعة حيث أظهرت الاختبارات التي أجريت ان إضافة 20% من مسحوق الزجاج و10% من الخرسانة المعاد تدويرها في ملاط الاسمنت حسن من اداءها بشكل ملحوظ بنسبة 17%

يبين هذا العمل الفائدة التي يمكن ان تقدمها نتائج التجارب التي تخص استعمال مخلفات الهدم والزجاج المعاد تدويره في الخلطة الجديدة.

### الكلمات المفتاحية

مخلفات الخرسانة والزجاج، نفايات الهدم، الملاط، إعادة التدوير.

In recent years, the idea of integrating waste into construction has become an important topic for researchers. Concrete and glass wastes are a good opportunity to take advantage of in the construction of new buildings due to their increased availability at construction sites.

This research aims to gradually add demolition waste and recycled glass to cement mortar and combine them with sand in different proportions.

Two mortar mixtures were prepared, each containing concrete waste (20% 10%) and glass (10%-20%). We determined the mechanical properties of the new mortar and then compared it to a conventional mortar consisting only of natural sand, and the characteristics considered by this study are compression and tension at 3, 7, 28 days of age.

The final results obtained were encouraging, as the tests carried out showed that the addition of 20% glass powder and 10% recycled concrete in the cement mortar resulted in a significant improvement in performance by 17%.

This work shows the benefits that can be gained from the results of the experiments on the use of demolition waste and glass in the new mix.

### Keywords:

Concrete concert and glass, demolition waste, mortar, recycle

# SOMMAIRE

RESUME.....	I
LISTE DES FIGURES .....	II
LISTE DES TEBLAUX .....	III
INTRODUCTION GENERALE.....	
<b>CHAPITRE I RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUEI</b>	
I. INTRODUCTION.....	4
II-BETON HYDRAULIQUE.....	4
II.1 DEFINITION .....	4
II.2 DOMAINE D'APPLICATION DU BETON : .....	4
II.3 3LES AVANTAGES ET LES INCONVENIENTS DU BETON : .....	4
III-MORTIER.....	5
III.1. DEFINITION : .....	5
III.2. COMPOSSITION DE MORTIER CLASSIC .....	5
III.3.CARACTERISTIQUES PRINCIPALES D'UN MORTIER : .....	5
III.4. DOMAINES D'UTILISATION DES MORTIERS .....	6
III.4.1. CONSTITUANTS DU MORTIER : .....	6
4.1.1. LE CIMENT : .....	6
4.1.2. L'EAU DE GACHAGE : .....	7
4.1.3. LES DIFFERENTS TYPES DE MORTIERS .....	7
IV. LES GRANULATS : .....	8
IV.1. DEFINITION : .....	8
IV.2. CARACTERISTIQUES DES GRANULATS : .....	8
IV.3. PRODUCTION DES GRANULATS : .....	9
V. Valorisation Et Recyclage Des Dechets Dans Le Domaine De Genie Civil : .....	10
V.1 RECYCLAGE DES DECHETS : .....	10
a) IMPACTS DU RECYCLAGE SUR L'ENVIRONNEMENT : .....	10
b) PROCEDES DU RECYCLAGE : .....	10
V.2. VALORISATION DES DECHETS DE DEMOLITION : .....	11
VI. VERRE.....	12
VI.1. VALORISATION DES DECHETS DE VERRE : .....	12
VI.2. DEFINITION DE VERRE : .....	12

VI.2.1. COMPOSANTS DU VERRE ORDINAIRE : .....	12
VI.2.2. LES DIFFERENTS TYPES DE VERRE : .....	12
VI.3. VALORISATIONS DE POUDRE DE VERRE DANS GENIE CIVIL.....	13
VI.3.1 POUDRE DE VERRE : .....	13
VI.3.2 LES HYPOTHESE .....	13
VI.3.3 RECYCLAGE DU VERRE EN ALGERIE : .....	14
CONCLUSION : .....	15

## **CHAPITRE II CARACERISATION DES MATERIAUX UTILSESI.**

<b>I.INTRODUCTION :</b> .....	14
II. LES MATERIAUX UTILISES : .....	14
III. ESSAIS SUR LES MATERIAUX : .....	15
III.1. EQUIVALENT DE SABLE (NFP 18-598) : .....	15
III.2. LA MASSE VOLUMIQUE : .....	16
III.2.1 LA MASSE VOLUMIQUE APPARENT (NFP 18-554) : .....	16
III.2.2 MASSE VOLUMIQUE ABSOLUE (NFP18-301) : .....	17
III.3. ANALYSE GRANULOMETRIQUE (NFP 18-560) : .....	18
I. NORME FRANÇAISE [NF P 18-540] .....	20
II. LORSQUE MF EST COMPRISE ENTRE : .....	20
III.4. LE COEFFICIENT D'ABSORPTION D'EAU [LA NORME NF P 18-554] : .....	22
*RESULTATS : .....	23
III.5. MORTIER NORMAL (EN196-1) : .....	23
III.5.1. MANIABILITE (NF P18-452 ET NF P 15-437) : .....	25
III.5.2. LES COMPOSITIONS UTILISEES : .....	26
III.5.3. COMPOSITION DU MORTIER CLASSIQUE : .....	26
III.5.4. MALAXAGE DU MORTIER : .....	27
III.5.5. PREPARATION DES EPROUVETTES : .....	27
III.5.6. CONSERVATION DES EPROUVETTES : .....	28
<b>CONCLUSION :</b> .....	29

## **CHAPITRE III RESULTATS EXPERIMETAUX ET ANALYSES**

<b>I. INTRODUCTION</b> .....	30
II. PRESENTATION DES ESSAIS EXPERIMENTAUX.....	30
II.1 ESSAI DE COMPRESSION [NF EN 18-455] : .....	30
II.2 -ESSAI DE FLEXION [NF P 18-407] .....	31

II.2.1 RESISTANCES MECANIQUES DES MORTIERS : .....	31
III.3 MASSE VOLUMIQUE APPARENTE.....	31
RESISTANCE A LA COMPRESSION : .....	32
RESISTANCE A LA FLEXION.....	33
II.4.DETERMINATION D'ABSORPTION : .....	34

**CONCLUSION**

**CONCLUSION GENERALE**

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## **LISTE DES FIGURES**

### **CHAPITRE I RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUEI**

<b>Photo I -1. poudre de verre .....</b>	<b>13</b>
<b>Photo I- 2. Resistance a la compression.....</b>	<b>14</b>

### **CHAPITRE II CARACERISATION DES MATERIAUX UTILSESI.**

<b>Photo II.1. Essai d équivalente de sable.....</b>	<b>15</b>
<b>Photo II.2 : Essai de la masse volumique apparente .....</b>	<b>17</b>
<b>Photo II.3 : Essai de la masse volumique absolue.....</b>	<b>18</b>
<b>Photo II.4 : Opération de tamisage manuelle .....</b>	<b>19</b>
<b>Figure II.5 : Courbe granulométrique du béton recycle.....</b>	<b>22</b>
<b>Photo II.6 : Essai d'absorption d'eau des déférents matériaux .....</b>	<b>23</b>
<b>Photo II.7 : Malaxeur de mortier .....</b>	<b>25</b>
<b>Photo II.8 : Moule pour moulage des Mortier .....</b>	<b>25</b>
<b>Photo II.9 : Principe de fonctionnement du maniabilimètre .....</b>	<b>26</b>
<b>Photo II.10 : Confection des éprouvettes.....</b>	<b>28</b>
<b>Photo II.11 : Conservation des éprouvettes dans l'eau .....</b>	<b>28</b>

### **CHAPITRE III RESULTATS EXPERIMETAUX ET ANALYSES**

<b>Photo III-1 : Essai de Compression .....</b>	<b>30</b>
<b>Photo III-2 : Essai de Flexion par traction.....</b>	<b>31</b>
<b>Figure III.1 : Résistance à la compression en fonction de l'âge de mortier .....</b>	<b>32</b>
<b>Figure III.2 : Résistance à la flexion en fonction de l'âge de mortier .....</b>	<b>34</b>

## **LISTE DES TEBLAUX**

### **CHAPITRE II CARACERISATION DES MATERIAUX UTILSESI.**

<b>Tableau II.1 : les valeurs d'équivalent de sable .....</b>	<b>16</b>
<b>Tableau II.2 : Résultat de la Masse volumique apparente .....</b>	<b>17</b>
<b>Tableau II.3. Résultat de la Masse volumique absolue .....</b>	<b>18</b>
<b>Tableau II.4 : Analyse granulométrique du sable 0/5 .....</b>	<b>20</b>
<b>Tableau II.5 : Analyse granulométrique par tamisage .....</b>	<b>21</b>
<b>Tableau II- 6 : Le Coefficient d'Absorption d'Eau.....</b>	<b>23</b>
<b>Tableau II.7 : Les pourcentages utilisés pour le sable .....</b>	<b>26</b>
<b>Tableau II.8 : Les compositions utilisées pour le mortier.....</b>	<b>27</b>

### **CHAPITRE III RESULTATS EXPERIMETAUX ET ANALYSES**

<b>Tableau III.1.Résultats de masses volumiques apparentes des mortiers :.....</b>	<b>31</b>
<b>Tableau III.2. Valeurs de Résistance à la compression.....</b>	<b>32</b>
<b>Tableau III.3 : Valeurs de résistance à la flexion .....</b>	<b>33</b>
<b>Tableau III.4 : les valeurs d'essais d'absorption .....</b>	<b>35</b>

# Introduction générale.

A la lumière des circonstances auxquelles nous sommes actuellement confrontés et en raison des besoins croissantes, il est devenu nécessaire et approprié d'explorer et d'étudier toutes les possibilités

Et en opportunités de réutilisation et de valorisation des déchets, et à travers des produits industriels notamment dans le domaine du génie civil.

La production des bétons recyclés s'est développée au début des années 80, elle répond au besoin d'une autre source de bétons et de la réduction des volumes de déchets.

L'utilisation des bétons recyclés présente plusieurs avantages tant au niveau environnementale, humain, technologique qu'économique qui intéresse de plus en plus les industriels.

L'objet principal de cette étude est de contribuer à la réutilisation des déchets de démolition et utilisation des déchets de béton.

- D'éliminer les déchets par recyclage d'où protection de l'environnement.
- Aider à résoudre certains problèmes liés au manque de granulats.

Ce mémoire est composé de trois chapitres, le premier chapitre présente une synthèse bibliographique sur les bétons et leurs composants en se basant sur les différents types de granulats ainsi la valorisation des déchets de démolition et de béton recycle dans le domaine GC.

Le deuxième chapitre présente les caractéristiques des matériaux employés pour la confection des mélanges, ainsi que les différents essais réalisés. Le dernier chapitre de ce mémoire est consacré pour la présentation et la discussion des résultats des essais réalisés.

CHAPITRE 1

RECHERCHE

BIBLIOGRAPHIQUE

## **I. INTRODUCTION**

Le béton est le matériau le plus utilisé dans tous les domaines de la construction et du bâtiment malgré sa complexité. Il est composé habituellement d'un mélange de ciment, d'eau et des granulats, mais il est considéré comme homogène.

L'objet principal de cette étude est de contribuer à la réutilisation des déchets de béton et de verre dans la fabrication du béton armé, cela nous permettent donc :

-D'éliminer les déchets par recyclage et protéger l'environnement.

Le présent chapitre est une étude bibliographique des travaux de recherche sur les mortiers, les déchets du béton, et le verre.

## **II-BETON HYDRAULIQUE**

### **II.1 Définition**

Le béton est un matériau de construction composite fabriqué à partir de granulats naturels (sable, gravillons) ou artificiels (granulats légers) agglomères par un liant comme par exemple le ciment (on obtient dans ce cas un béton de ciment). Donc Le matériau béton se fabrique à partir d'éléments chimiquement actifs (ciments, additifs, adjuvants, eau) et d'éléments mécaniques (sables, gravillons, air).

Le béton est un matériau plastique dans l'état frais lors de la présence de l'eau dans sa matrice, donc le béton est un matériau modulable lors de sa mise en œuvre, après durcissement le béton devient un bloc massif, donc les propriétés de résistance dépendent, en grande partie, de sa composition de départ [1].

### **II.2 Domaine d'application du béton :**

Le béton se trouve généralement armé ou non, précontraint, désigné en abrégé par les lettres NA (non armé), BA (béton armé) ou BP (béton précontraint). Le béton comme matériau de construction est actuellement utilisé dans divers domaines d'application et avec divers procédés tels que : les bâtiments, travaux publics, les ponts, les tunnels, les routes rigides, les réservoirs.... [2].

### **II.3 Les Avantages et les inconvénients du béton :**

#### **\* Les avantages :**

- Résistance, durabilité, longévité et résilience sans égal.
- Un matériau de construction qui ne brûle pas, ne rouille pas ou ne pourrit pas.
- Sûreté et sécurité.

- Versatilité: il peut être moulé sous toutes formes, couleurs et motifs imaginables.
- Faibles coûts d'entretien.
- Excellente isolation aux vibrations et aux sons.

**\* Les inconvénients :**

- Faible résistance à la traction.
- Faible isolation thermique.
- Coffrages nécessaires pour sa mise en œuvre.
- Sa destruction entraîne un cout élevé (en cas de démolition) [3].

### **III-MORTIER**

#### III.1. Définition :

Le mortier est l'un des matériaux de construction que l'on utilise pour solidariser les éléments entre eux. Le mortier est un mélange de sable, de chaux et de ciment, délayé avec de l'eau et servant à lier les pierres ou les briques d'une construction. Mortier à chaux et à sable, à chaux et à ciment. Mortier de ciment. En fonction de la nature/les pourcentages des constituants, de malaxage mise en œuvre, différents types de mortiers peuvent être réalisées.[4]

#### III.2. Composition du Mortier Classique :

- La méthode de composition du mortier classique utilisée est celle donnée par la norme EN-196-1.
- Les constituants d'un mortier
- Les différents constituants (ciment, granulats, sable, eau de gâchage, adjuvant)
- La composition massique du mortier classique utilisée est comme suite :
  - 03 Parties de sable.
  - 01 Partie de ciment.
  - 1/2 Partie d'eau

L'optimisation du rapport E/C et l'obtention d'une meilleure ouvrabilité. [5]

#### III.3. Caractéristiques principales d'un mortier :

-Dans toute construction, il est indispensable de réunir entre eux les différents éléments (blocs de béton, briques, éléments en béton préfabriqué, etc.) au moyen d'un mortier de ciment ou d'autre liant qui a pour but de:

1. Solidariser les éléments entre eux ;
2. Combler les interstices entre les blocs de construction.

- En ce qui concerne le liant, tous les ciments et les chaux sont utilisables. Leur choix varie en fonction avec l'ouvrage à réaliser et son environnement. La durée de malaxage doit être optimum, afin d'obtenir un mélange homogène et régulier. [6]

**\* Caractéristiques principales**

- Les caractéristiques principales des mortiers sont:

1. Ouvrabilité.
2. Prise.
3. Résistances mécaniques.
4. Retraits et gonflements, etc. [7]

### III.4. Domaines d'utilisation des mortiers

-En général, les variétés de mortier sont liées directement par son domaine d'application qui est très vaste, une typologie des mortiers à partir de son utilisation permet de citer les catégories suivantes :

- Mortier de pose.
- Mortier de joints.
- Mortier pour les crépis.
- Mortier pour le sol.
- Mortier pour les stucs.
- Mortier d'injection.
- Mortier pour les mosaïques.
- Mortier auto plaçant.
- Mortier fibres. [8].

#### III.4.1. Constituants du mortier :

**(Sable ; ciment ; eau de gâchage)**

##### 4.1.1. Le ciment :

Le ciment est le principal liant hydraulique qui compose tout mortier. Cette poudre minérale, fine, presque volatile est un matériau incontournable, fruit de l'imagination humaine utilisé dans toutes les constructions à base de béton ou de mortier.

Les différents dosages font l'objet d'améliorer et d'adapter la résistance du ciment aux multiples applications de constructions.

Le type de ciment et son dosage dépendent à la fois des performances recherchées (résistance mécanique, résistance aux agents agressifs) et de la nature des autres composants. [9]

#### 4.1.2. L'eau de gâchage :

L'eau de gâchage est un élément essentiel pour la fabrication du mortier. Elle est ajoutée lors du mélange afin d'hydrater le ciment et permet de lier les constituants du béton entre eux.

L'eau rend également le mélange bien plus maniable, ce qui facilite l'application du mortier. Élément indispensable pour obtenir du mortier, l'eau utilisée doit absolument être propre et ne doit pas être ajoutée avec excès. Si ces deux conditions ne sont pas respectées, votre mortier risque d'être fragile et ses performances seront altérées. La résistance finale d'un mortier dépend du rapport E/C du mélange, ce dernier varie entre 0,4 et 0,6. Les caractéristiques de l'eau de gâchage sont normalisées par la norme NF EN 1008. [10]

#### 4.1.3. Les différents types de mortiers

Les types de mortiers sont choisis selon l'application. On utilise, comme pour les bétons, des formulations variées selon l'ouvrage à réaliser et les propriétés recherchées.

##### **a) Mortier de ciment**

Composé de sable et de ciment, le mortier de ciment est très résistant et prend rapidement. sa richesse en ciment le rend peu perméable à la vapeur d'eau.

##### **b) Mortier de chaux**

Constitué de sable et de chaux, le mortier de chaux est un mortier gras, très souple et qui laisse circuler la vapeur d'eau. il durcit plus lentement que le mortier de ciment.

##### **c) Mortier bâtard**

Le mortier bâtard est composé de sable, et à part plus ou moins égale, de ciment et de chaux. Il allie la résistance du ciment et la souplesse de la chaux. Son onctuosité le rend facile à travailler et limite le risque de fissuration.

\* Sable + eau + ciment = mortier de ciment

\* Sable + eau + chaux = mortier de chaux

\* Sable + eau + ciment + chaux = mortier batard. [11]

##### **\*Éléments de ressemblance entre les bétons et mortiers :**

Les éléments de ressemblance de ces deux matériaux est lié au fait qu'ils soient composés de mêmes produits de ces deux matériaux. Constituants des mortiers parmi d'autres points de ressemblance on peut citer :

- Mûrissement : est le processus d'hydratation, qui conduit au durcissement ultérieur du mortier (c'est le même ce que l'on rencontre dans les bétons).
- Maniabilité : est la facilité de mise en place, comme pour les bétons on peut trouver plusieurs classes de consistance des mortiers, on peut avoir des mortiers fermes, plastique, ...à auto plaçant.
- Résistances : il existe plusieurs classes de résistances des mortiers, on peut aller des mortiers à maçonner à faible résistance mécaniques, au mortiers structurels comme le ductal à une résistance mécanique à la compression dépassant les 100MPa.
- Comportement mécanique (lois de comportement, retrait, fluage, fatigue, fragilité...).
- Masse volumique : mortiers lourds à mortiers légers.
- Durabilité : en optimisant la composition des mortiers, on peut très bien développer des mortiers à des durées de vie très intéressantes, notamment pour les ouvrages hydriques.
- Effets des Adjuvants : en effet, les adjuvants interagissent principalement avec les ciments, leurs effets restent donc identiques qu'en les utilisent pour confectionner un béton ou un mortier. Ainsi, pour définir les propriétés d'un mortier à l'état frais ou bien durci, on a tendance à utiliser les mêmes essais de laboratoire. [12]

#### **IV. Les granulats :**

##### IV.1. Définition :

Les granulats sont constitués d'un ensemble de grains minéraux dont la nature, la forme et les propriétés diffèrent selon les gisements et les techniques de production en fonction de leur taille (entre 0 et 125 mm). les granulats sont utilisés dans la formation de mortiers et des bétons, des couches de pavage et de voies ferrées. [13]

##### IV.2. Caractéristiques des granulats :

Les granulats doivent répondre à des exigences, des critères de qualité et de régularité qui dépendent, d'une part, de la nature de la roche (résistance aux chocs et à l'usure, caractéristiques physico-chimiques...) et, d'autre part, de caractéristiques physiques liées au processus d'élaboration des granulats (dimensions, formes, propreté...).

Les granulats sont donc spécifiés par deux types de caractéristiques : Caractéristiques intrinsèques, liées à la nature minéralogique de la roche et à la qualité du gisement, telles que, par exemple :

- La masse volumique réelle,
- L'absorption d'eau et la porosité.

- La sensibilité au gel.
- La résistance à la fragmentation et au polissage.

Caractéristiques de fabrication, liées aux procédés d'exploitation et de production des granulats telles que, en particulier :

- La granularité.
- La forme (aplatissement).
- La propreté des sables. [13]

#### IV.3. Production des granulats :

La production des granulats à partir de roches meubles ou massives, nécessite les principales étapes suivantes :

**\*Le décapage** : Consiste à enlever les terres situées au-dessus de la zone à exploiter.

**\*L'extraction** : S'effectue dans des carrières. Les techniques mises en œuvre dépendent du type de gisement :

- Gisement de granulats alluvionnaires exploité en terrain sec (au moyen d'engins de terrassement) ou en site immergé (au moyen par exemple de drague).
- Gisement compact de roches massives qui nécessite l'emploi d'explosif, l'abattage et la fragmentation des blocs.

**\*Le traitement** : Fait suite à l'extraction des matériaux, qui sont concassés et broyés (au moyen d'appareils travaillant par chocs ou écrasement) afin de réduire leur taille, criblés (au moyen de cribles vibrants) pour obtenir des granulats de tailles différentes, puis lavés (afin d'éliminer les éléments de pollution et les fines) ou dépoussiérés et enfin stockés. Les opérations de traitement permettent d'obtenir des granulats répondant à des spécifications précises quant à leurs caractéristiques géométriques et physiques pour des usages particuliers.

**\* La remise en état du site** : A lieu après exploitation. [13]

**V. Valorisation et recyclage des déchets dans le domaine de génie civil :**

La valorisation est définie comme L'élimination des déchets comporte les opérations de collecte, transport, stockage, tri et traitement nécessaires à la récupération des éléments et matériaux réutilisables ou de l'énergie, ainsi qu'au dépôt ou au rejet dans le milieu naturel de tous autres produits dans des conditions propres à éviter les nuisances [14].

**V.1 Recyclage des déchets :**

Le recyclage permet de réduire les volumes de déchets, et donc leur pollution, et de préserver les ressources naturelles en réutilisant des matières premières déjà extraites. Le recyclage s'inscrit dans la stratégie de traitement des déchets dits des trois R ;

- Réduire.
- Réutiliser.
- Recycler.

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. [14]

**a) Impacts du recyclage sur l'environnement :**

Les bénéfices économiques et environnementaux du recyclage sont considérables :

- Il permet de protéger les ressources, de réduire les déchets, de créer des emplois, de protéger la nature et d'économiser les matières premières.
- L'acier recyclé permet d'économiser du minerai de fer.
- Chaque tonne de plastique recyclé permet d'économiser 700 kg de pétrole brut.
- Le recyclage de 1 kg d'aluminium peut économiser environ 8 kg de bauxite, 4 kg de produits chimiques et 14 kWh d'électricité.
- L'aluminium est recyclable à 100%; 1 kg d'alu donne 1 kg d'aluminium (après avoir été fondu).
- Chaque feuille de papier recyclé fait économiser 1 L d'eau et 2,5W d'électricité en plus de 15 g de bois [15].

**b) Procédés du recyclage :**

Il existe trois grandes familles de techniques de recyclage :

- chimique, mécanique et organique.

- Le recyclage dit « **chimique** » utilise une réaction chimique pour traiter les déchets, par exemple pour séparer certains composants.
- Le recyclage dit « **mécanique** » est la transformation des déchets à l'aide d'une machine, par exemple pour broyer ou pour séparer par courants de Foucault.
- Le recyclage dit « **organique** » consiste, après compostage ou fermentation, à produire des engrais et du carburant tel que le biogaz. [16].

#### V.2. Valorisation des déchets de démolition :

La démolition des ouvrages en béton et l'industrie des matériaux de construction sont toujours accompagnées par des produits secondaires ou des déchets, le stockage de tels déchets solides dans Le béton recyclé est simplement du vieux béton broyé pour produire des granulats.

Il peut être utilisé dans les couches de fondation comme dans du béton maigre et comme seule source de granulats ou remplacement partiel des granulats dans du béton neuf.

Les études et les recherches pour le recyclage et la valorisation des déchets de construction pour leur utilisation une autre fois, d'où certain pays ont introduit ces nouvelles techniques pour la nouvelle construction comme les USA, le Japon, la Hollande, L'Allemagne. [17]

- **Les avantages économiques et environnementaux :**

- Réduire l'effet de serre par la réduction des dégagements du CO<sub>2</sub> produit par les cimenteries.
- Préserver la matière première par l'utilisation des déchets du béton.
- Réduire le volume des quantités transportées par le recyclage sur les lieux de stockage des restes de démolition.
- Le recyclage d'une tonne de ciment engendre une économie de 5156.5 Litre d'eau. [18]

- **Statistiques:**

- À l'échelle européenne, 196 millions de tonnes de granulats de béton recyclé (GBR) ont été produites en 2015 (la plupart à partir des DCD). Environ 40 % de la production totale de granulats naturels ont été consacrés soit au béton prêt à l'emploi, soit à la préfabrication, pour un marché qui représente de l'ordre d'un milliard de tonnes [11]
- L'Allemagne est considérée comme le pionnier dans le recyclage des bétons, car les quantités des déchets de construction ou de démolitions avoisinent 50 millions de tonnes, d'où 2 millions de tonnes de béton recyclés dans les nouvelles constructions en plus de 7 millions de tonnes des armatures, et des quantités importantes de sable [19].

- **Valorisation des déchets de démolition dans les bétons :**

La possibilité de valorisation des déchets de démolition dans le béton sous forme de granulats a été l'objet de nombreuses recherches expérimentales. Ces recherches ont eu pour finalité que l'incorporation des déchets de démolition dans les bétons effectuent leurs propriétés aussi bien à l'état frais que à l'état durci.

– L'étude européenne réalisée en 2006 par l'Union européenne des producteurs de Granulats sur le recyclage de granulats (du bâtiment et des travaux publics) évalue, en moyenne, l'utilisation de granulats recyclés à 6% des quantités totales de granulats employés. L'estimation pour la France étant de 3,3%.

– Le retour d'expérience de l'Allemagne et de l'Autriche en matière (en Allemagne, 86% des granulats de construction/démolition sont recyclés) [19].

## **VI. Verre**

### VI.1. Valorisation des déchets de verre :

Les déchets de verre constituent des problèmes environnementaux graves, en raison de l'augmentation continue des produits d'emballage jetables, ainsi que l'extension de l'industrie du verre. Ces déchets entraînent des dégradations de lourdes conséquences sur l'environnement.

### VI.2. Définition de verre :

Le verre est un matériau inorganique, cassant, solide, transparent et amorphe, c'est-à-dire qu'il n'a pas de structure régulière ou bien définie. En même temps, il est obtenu à partir de l'amalgamation de sable de silice avec du carbonate de sodium et du calcaire, puis il est formé à haute température pour obtenir son aspect final. [20]

#### VI.2.1. Composants du verre ordinaire :

75% de silice (oxyde de silicium).

15% de soude (oxyde de sodium).

10% de chaux (pierres calcaires qui contiennent de l'oxyde de calcium). [27]

#### VI.2.2. Les différents types de verre :

Pour obtenir le verre à l'état fini, on amène le mélange décrit au point de fusion ( $\approx 1500^{\circ}\text{C}$ ) en suite, on le refroidit et le transforme. Plusieurs types de verre peuvent être fabriqués selon le procédé utilisé. Parmi les produits verriers, on distingue :

- Les produits de base spéciaux, c'est-à-dire les produits verriers (obtenus à la sortie des fours sans traitement ultérieur) dont la composition diffère de celle du verre silico-sodocalcique.
- Les produits transformés, c'est-à-dire les produits obtenus par transformation, après fabrication, des produits de base ou produits de base spéciaux, aboutissant à de nouveaux produits aux qualités différentes [21].

### VI.3. Valorisations de poudre de verre dans génie civil

#### VI.3.1 Poudre de verre :

La poudre de verre est un ajout cimentaire alternatif de couleur blanche. Elle est obtenue après la collecte et le broyage des fragments de verre coloré. Sa haute teneur en silice amorphe  $\text{SiO}_2$  lui confère des propriétés pouzzolaniques en se combinant avec la chaux pour produire d'autres hydrates. [22].

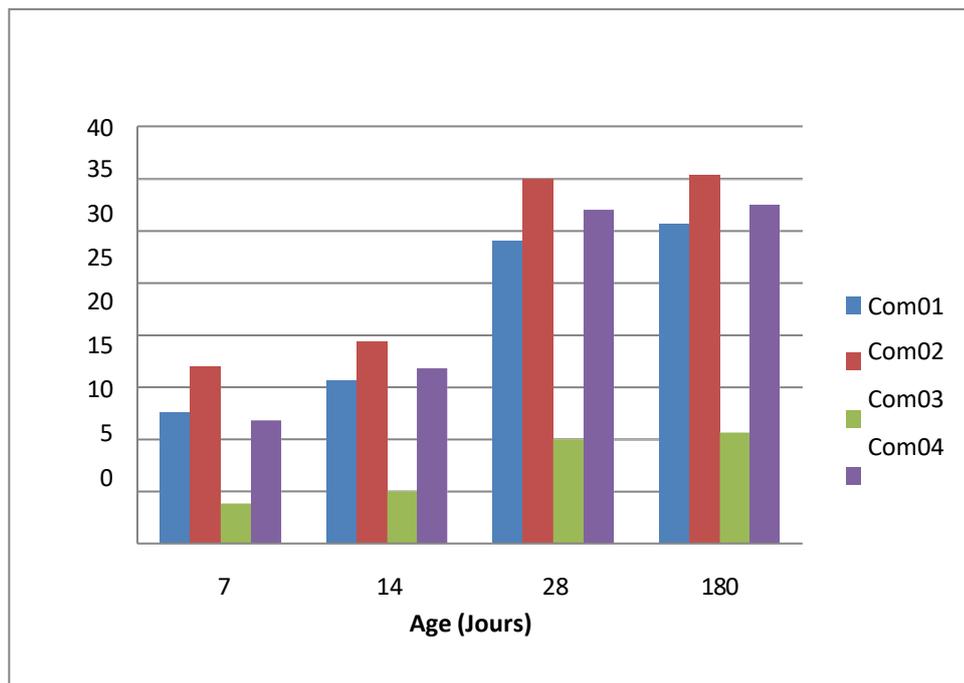


**Photo I -1. Poudre de verre**

La poudre de verre est un matériau pouzzolanique qui peut être ajouté au béton, au mortier ou à la pâte de ciment. Les matériaux pouzzolaniques sont des matériaux naturels ou industriels qui contiennent de la silice active (amorphe), qui ont des propriétés de liaison lorsqu'ils interagissent avec l'hydroxyde de calcium ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) en présence d'eau et à des températures normales. L'hydroxyde de calcium est l'un des produits du processus d'interaction ciment-eau [23].

## VI.3.2 les hypothèses :

- Selon les résultats obtenus par les chercheurs (24)., la formule contenant 70% de sable et 30% de poudre de verre a donné d'excellents résultats avec 18% de résistance à la compression et 22% de résistance à la traction, et c'est à partir de ces résultats que le départ a été fait.



**Photo I-2. Resistance a la compression**

## VI.3.3 Recyclage du verre en Algérie :

La composition des déchets solides produits en Algérie se caractérise par une part très significative des produits organiques avec un taux moyen de 72%. Quant au plastique, il ne représente que 10% de ces déchets et 9,3 % pour le papier/carton, 4,14% pour le chiffon et autres, 3,2% pour les métaux et 1,36% pour le verre [25].

**Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté une étude bibliographique sur le béton et les mortiers, les déchets des verres et leurs valorisations d'une façon générale. Nous avons également donné une description sur les caractéristiques de déchets de verre et béton.

**CHAPITRE II**  
**CARACTERISATION**  
**DES MATERIAUX**  
**UTILISES**

**I. Introduction :**

Ce chapitre décrit d'abord les différents composants du mortier de déchet du béton et de verre, en suite il présente les principaux essais d'identification de ces matériaux utilisés pour la confection des différents mélanges des mortiers.

De plus, il est nécessaire de sélectionner des tests appropriés pour obtenir un meilleur contrôle des propriétés mécaniques.

Les essais d'identification des matériaux utilisés ont été réalisés au sein des laboratoires de génie civil d'université d'Ouargla et laboratoire de TPS.

**II. Les matériaux utilisés :**

Le choix des matériaux s'est porté sur leur disponibilité dans la région d'Ouargla. Les matériaux utilisés sont :

- ✓ Sable (0/5)
  - ✓ Un béton recyclé (concassage des déchets de démolition)
  - ✓ Un ciment CPJ42.5 : de cimenterie Alger.
  - ✓ Eau de gâchage
  - ✓ La poudre de verre.
- Les étapes nécessaires pour obtenir une poudre de verre et béton recycle sont ;  
1-Nettoyage -2- concassage -3- Broyage -4- Tamisage par tamis 5mm -5- Tamisage par tamis 0.08

**Caractéristiques chimiques de ciment :**

- Sulfates  $SO_3 \leq 3.5\%$
- Chlorures  $Cl^- \leq 0.1\%$

**III. Essais sur les matériaux :**

## III.1. Equivalent de sable [NFP 18-598] :

L'essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propreté d'un sable, Il peut également afficher le pourcentage de poussière fine ou d'éléments nocifs

- Remplir une éprouvette graduée jusqu'au 1er trait.
- Verser la quantité de sable (environ 120 g), et laisser reposer pendant 10 min
- Boucher l'éprouvette, et la faire agiter 90 fois aller et retours dans le sens horizontal puis replacée verticalement.
- Laver le sable avec une solution lavant, et laisser reposer l'ensemble pendant 20 min.
- Mesurer la hauteur du sable propre (H2) et la hauteur du sable propre + éléments fins (H1).
- Descendre lentement le piston dans l'éprouvette jusqu'à ce qu'il repose sur le sédiment, l'immobiliser, mesurer H2
- L'équivalent de sable est défini par :  $ES = (H2/H1) * 100$

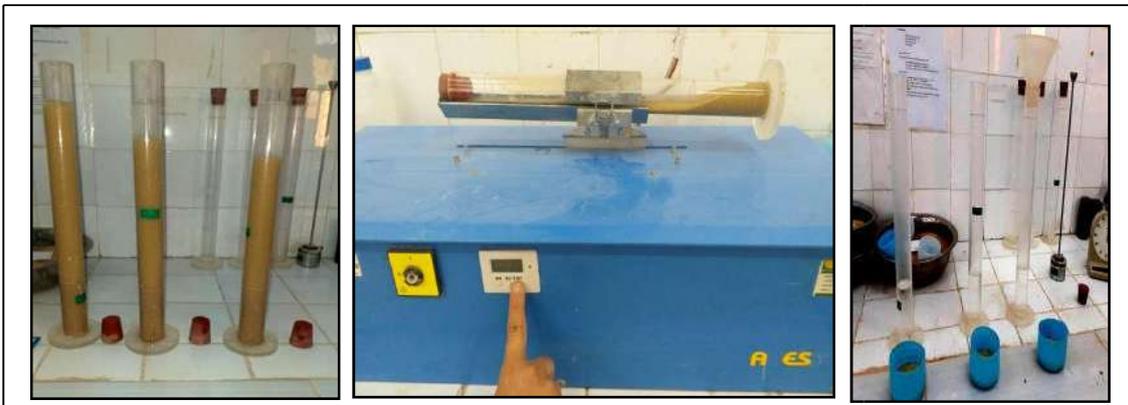


Photo II.1. Essai d'équivalente de sable

- Es : Equivalent de sable (%) ;
- h1 : Hauteur de sable (propre + éléments argileux) ;
- h2 : Hauteur (sable propre seulement).
- Es : 87 % (résultat obtenu)

**Tableau II.1 : les valeurs d'équivalent de sable**

	h1	h2	Es
1	10,5	9,8	87,62
2	9,8	8,6	87,75
3	10	8,7	87

- D'après le résultat obtenu il s'agit d'un sable très propre et en remarque l'absence presque totale de fines argileuses.

### III.2. La Masse Volumique :

- L'essai masse volumique, consiste à mesurer la masse et le volume d'un échantillon.

#### III.2.1 la masse volumique apparent [NFP 18-554] :

La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables des particules ainsi que les vides entre particules

Principe : Remplir un récipient d'un volume connu, et en déterminer la masse.

-Calculer la masse volumique apparente à partir de la formule suivante :

$$M_{app} = \frac{MT - M0}{V}$$

Avec :  $M0$  : la masse de récipient de mesure vide

$MT$  : La masse du récipient avec l'échantillon

$V$  : le volume du récipient de mesure 2



**Photo II.2 : Essai de la masse volumique apparente**

### **Résultats ;**

**Tableau II.2 : Résultat de la Masse volumique apparente**

Les matériaux	Sable naturel SN	Sable de verre SDV	Sable de béton recycle SDB 8/15
Masses volumiques Apparent (g /cm <sup>3</sup> )	1.41 g/m <sup>3</sup>	1.45 g/ m <sup>3</sup>	1.23 g/m <sup>3</sup>

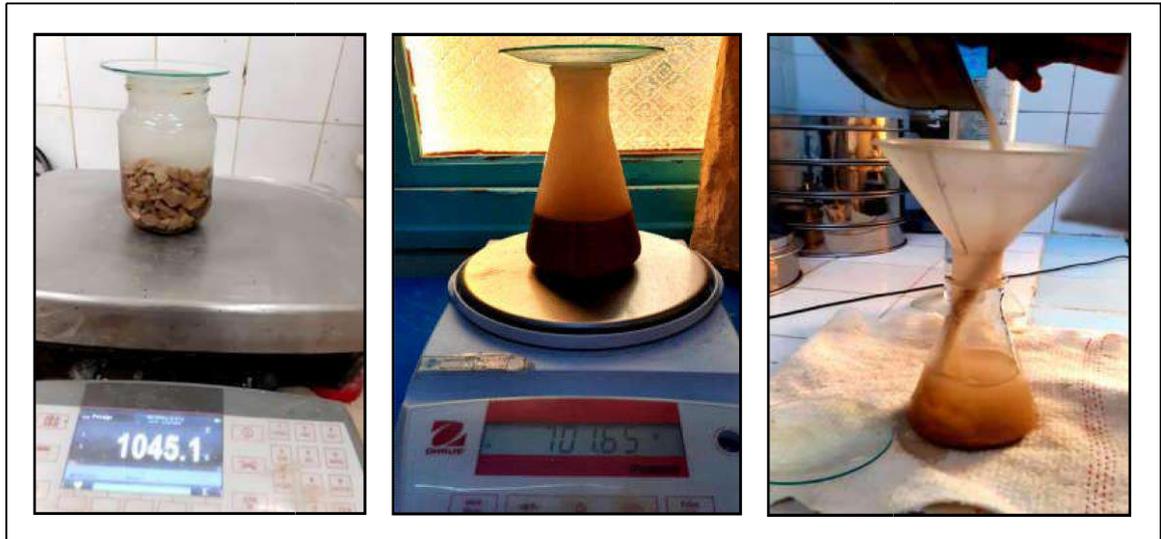
### III.2.2 Masse volumique absolue [NFP18-301] :

La masse volumique absolue  $\rho_s$  est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre des grains.

**Principe de l'essai :** A l'aide d'une éprouvette graduée on peut facilement déterminer cette valeur :

- On remplit l'éprouvette de liquide inerte vis-à-vis de l'échantillon étudié jusqu'au niveau  $v_1$ .
- On rajoute une masse  $M$  de l'échantillon à étudier.
- On lit le niveau actuel du liquide, soit  $v_2$ .

La masse volumique absolue est déterminée par la formule :  $\rho_s = M_s / (V_2 - V_1)$



**Photo II.3 : Essai de la masse volumique absolue**

**Tableau II.3. Résultat de la Masse volumique absolue**

Les matériaux	Sable naturel SN	Sable de verre SDV	Sable de béton recycle SDB 8/15
<b>Masses volumiques</b>			
<b>Absolue (g/ cm<sup>3</sup>)</b>	2.64g/m <sup>3</sup>	2.52g/m <sup>3</sup>	2.36g/m <sup>3</sup>

\*La masse volumique absolue pour les granulats est  $> 2 \text{ g/cm}^3$ , selon la norme [NF P 18-301] ce sont des granulats courants utilisés pour les bétons hydrauliques

Courants

III.3. Analyse Granulométrique [NFP 18-560]:

Ce dernier consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une

série de tamis emboîtés les uns sur les autres. Les dimensions des ouvertures décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis. De plus, les courbes granulométriques des différents granulats peuvent être déterminées par les résultats de l'essai de l'analyse granulométrique.

**But de l'essai :** L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains, en utilisant généralement les tamis, 0.08, 0.160, 0.315, 0.63, 1.25, 2.5 et 5mm [10].



**Photo II.5 : opération de tamisage manuelle**

**Sable (0/5) :**

Tableau II.4 : analyse granulométrique du sable 0/5

Tamis en (mm)	Refus cumulés Rn en (g)	Refus cumulés en (%)	Tamisât cumulés en (%)
5	00	2.71	97
2,5	27.51	12.34	88
1,25	123.5	50.06	50
0,63	500.2	88.57	11
0,315	885.0	98.53	1
0,16	985.2	98.89	1
0,08	998.7	98.89	1

## I. Norme Française [NF P 18-540]

- Le module de finesse est égal au 1/100e de la somme des refus cumulés exprimée en pourcentages sur les tamis de la série suivante : 0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5mm.

ii. Lorsque  $M_f$  Est Comprise Entre :

**1.8 Et 2.2** : le sable est à majorité de grains fins,

**2.2 Et 2.8** : on est en présence d'un sable préférentiel.

**2.8 Et 3.3** : le sable est un peu grossier. Il donnera des bétons résistants mais moins maniables.

## Dans notre cas :

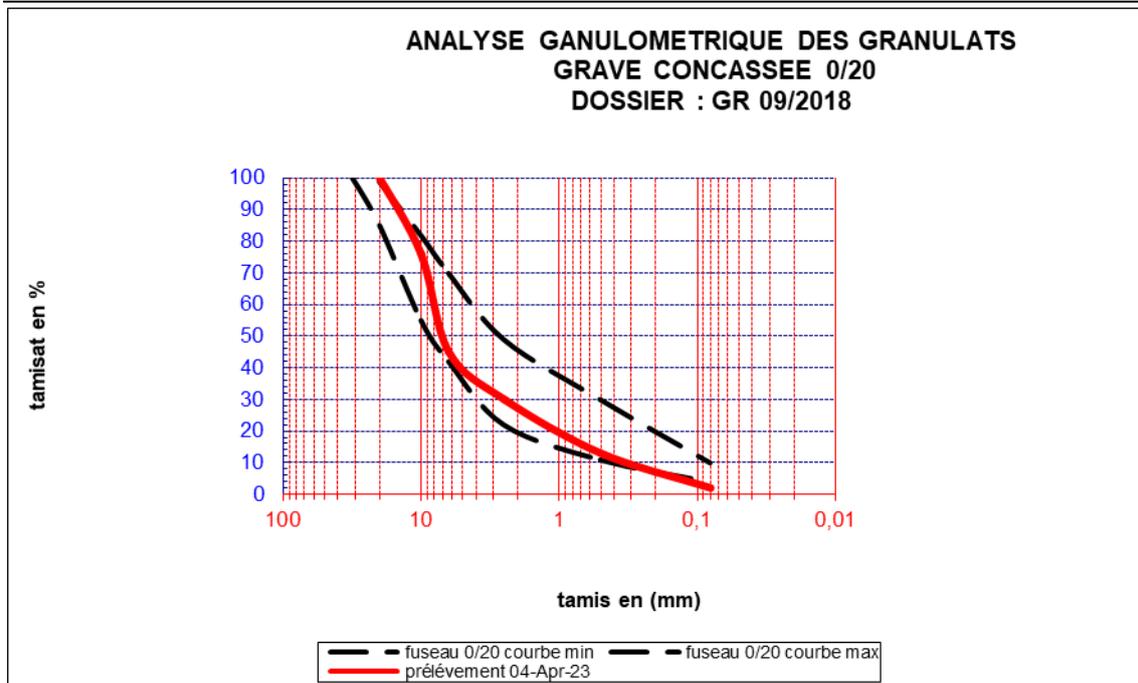
$$MF = \frac{2.71 + 12.34 + 50.06 + 88.57 + 98.53}{100} = 2.52$$

$M_f = 2,52$  donc c'est un sable préférentiel (sable moyen).

Béton recycle :

Tableau II.5 : analyse granulométrique par tamisage

Tamis	Refus Cumulé	Pourcentage Refuse	Pourcentage Passant
<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>16</b>	23.1	0.462	99.53
<b>12.5</b>	344.6	6.892	93.10
<b>10</b>	1214.5	24.29	75.71
<b>8</b>	2143	42.86	57.14
<b>6.3</b>	2739.2	54.78	45.22
<b>5</b>	3037.3	60.74	39.26
<b>4</b>	3286.3	65.72	34.28
<b>3.15</b>	3359.7	67.19	32.81
<b>2,5</b>	3518.1	70.36	29.64
<b>2</b>	3633.2	72.66	27.34
<b>1,60</b>	3767.1	75.34	24.66
<b>1,25</b>	3897	77.94	22.06
<b>1</b>	3974.8	79.49	20.51
<b>0.500</b>	4366.1	87.32	12.68
<b>0.250</b>	4612.7	92.25	7.75
<b>0.080</b>	4889.5	97.79	2.21



**Figure II.6 : courbe granulométrique du béton recycle**

**REMARQUE :**

**La courbe granulométrique est insérée dans le fuseau de référence 0/20**

III.4. Le Coefficient d’Absorption d’Eau la norme [NF P 18-554] :

Le coefficient d’absorption d’eau **Ab** représente la capacité d’absorption d’eau d’un granulat. Plus il est élevé, plus le matériau est absorbant.

**Principe :**

On détermine un coefficient d’absorption qui est le rapport de l’augmentation de la masse de l’échantillon après imbibition par l’eau, à la masse sèche de l’échantillon. Cette imbibition est obtenue par immersion de l’échantillon dans l’eau pendant **24** heures à **20°C**

Le coefficient d’absorption d’eau **Ab** est défini par la relation :

$$Ab = \frac{Ma - Ms}{Ms} * 100$$



**Photo II.7 : essai d'absorption d'eau des différents matériaux**

\*Résultats:

**Tableau II- 6 : Le Coefficient d'Absorption d'Eau.**

Les matériaux	Sable 0/5	Béton recycle
Masse sèche du refus au tamis 4mm: Ms.	609.91 g	423.73 g
Masse d'échantillon imbibé dans L'eau : Ma	613.62 g	450.81g
Coefficient d'absorption Ab	0.608%	6.39%

### III.5. MORTIER NORMAL [EN196-1] :

**Définition du mortier normal :** Le mortier normal est un mortier qui sert à définir certaines caractéristiques des ciments notamment la résistance à la compression. Ce mortier est réalisé conformément à la norme en 196-1. Le mortier normal est le mélange d'éléments secs 1 :3 avec un rapport E/C = 0,5.

#### Principe :

-L'essai consiste à préparer un mortier normal à l'aide d'un sable.

**Matériel utilisé :**

- a) - Un malaxeur à deux vitesses : lente et rapide,
- b) - une balance précise au gramme, de portée au moins égale à 10 kg
- c) - des bacs

**Préparation des matériaux :**

Il est recommandé d'utiliser les doses de sable. Dans le cas où ce dernier n'est pas disponible, il est possible de le reconstituer au laboratoire. Il faudra tamiser à sec un sable en utilisant à cet effet une colonne de tamis et reconstituer le sable en s'assurant que sa courbe granulométrique se situe bien dans le fuseau.

**Mode opératoire :**

Mélanger le sable avec le ciment à tester et l'eau dans les proportions suivantes : 12759.6 g de ciment, 32598.7g de sable et 6379.8 g d'eau. Avant d'être utilisé pour l'identification de caractéristiques physique et/ou mécanique, ce mortier est malaxé pendant 4 minutes conformément aux prescriptions de la norme :

Introduire l'eau en premier dans la cuve du malaxeur ; y verser ensuite le ciment ; aussitôt après, mettre le malaxeur en marche à vitesse lente.

Après 30 s de malaxage introduire régulièrement le sable pendant les 30s suivantes. Mettre alors le malaxeur à sa vitesse rapide et continuer le malaxage pendant 30s supplémentaires. Arrêter le malaxeur pendant 1 min 30 s.

Pendant les 15 premières secondes enlever au moyen d'une raclette tout le mortier adhérent aux parois et au fond du récipient en le repoussant vers le milieu de celui-ci.

Reprendre ensuite le malaxage à grande vitesse pendant 60 s. [26]

Le mortier prêt, le verser dans des moules prismatiques 7x7x28 cm. La mise en place est réalisée par vibration.



Photo II.8 : Malaxeur de mortier



photo II.9 : Moule pour moulage des Mortier

### III.5.1. Maniabilité [NF P18-452 et NF P 15-437] :

#### \*Objectif de l'essai :

C'est une mesure qui est utilisée pour apprécier l'efficacité d'un adjuvant plastifiant (ou super plastifiant) sur la fluidité d'un mortier ou sur la réduction d'eau qu'il permet de réaliser racornis tan ce égale.

#### Principe de l'essai :

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

#### Equipement nécessaire :

L'appareil utilisé est appelé maniabilimètre. Il consiste d'un boîtier parallélépipédique métallique (60 cm x 30 cm x 30cm), posé sur des supports en caoutchouc.

\*Le système est également équipé d'un vibreur et partie amovible.

\*Un malaxeur normalisé est également requis pour la réalisation du mortier.

#### Conduite de l'essai :

Le mortier est introduit dans la partie la plus grande délimitée par la cloison. Il est mis en place par piquage en 4 couches. 4 minutes après la fin du malaxage, la cloison est retirée, provoquant la mise en route du vibreur et le déclenchement d'un chronomètre par l'opérateur. Sous l'effet de la vibration, le mortier s'écoule. Le chronomètre est arrêté quand le mortier atteint un trait repère sur la paroi opposée du boîtier. Le temps tamis par le mortier pour s'écouler caractérise sa consistance. Ce temps sera d'autant plus court que le mortier sera plus fluide (ou plus maniable, d'où le nom de l'appareil).

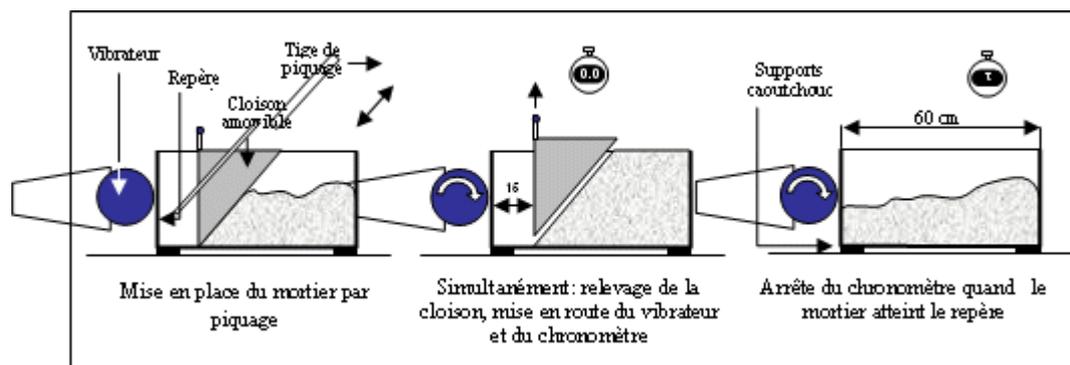


Photo II.10 : Principe de fonctionnement du maniabilimètre

III.5.2. Les compositions utilisées :

Dans notre travail, nous avons préparé environ 36 éprouvettes pour la caractérisation physique et mécanique des mortiers confectionnés en différent pourcentage de poudre de verre et de sable et de déchet de béton.

- \* **Sable naturel (SN) : (100% sable de construction)**
- \* **Sable de déchet de verre (SV)**
- \* **Sable de déchet de béton (SB)**
- \* **Ciment(C)**
- \* **Eau (E)**

Tableau II.7 : Les pourcentages utilisés pour le sable

Sable naturel (SN) %	Sable de déchet de béton (SBR) %	Sable de déchet de verre (SVR) %	Nomination
<b>100</b>	0	0	<b>(SN100)</b>
<b>70</b>	10	20	<b>(SN70-SB10-SV20)</b>
<b>70</b>	20	10	<b>(SN70-SB20-SV10)</b>

III.5.3. Composition du Mortier Classique :

- La méthode de composition du mortier classique utilisée est celle donnée par la norme [EN-196-1].

➤ La composition massique du mortier classique utilisée est comme suite :

- 03 Parties de sable. / 01 Partie de ciment / 1/2 Partie d'eau

Nous avons travaillé avec une ouvrabilité constante. Cette ouvrabilité est déterminée Par l'essai d'étalement et cela pour l'optimisation du rapport E/C et l'obtention d'une meilleure ouvrabilité. **E/C=0.5**

➤ **Les compositions utilisées pour le mortier :**

**Tableau II.8 : Les compositions utilisées pour le mortier**

<b>Compositions</b>	<b>SN(g)</b>	<b>SBR(g)</b>	<b>SVR(g)</b>	<b>C(g)</b>	<b>E(g)</b>
<b>CT/(SN)</b>	32598.7	0	0	12759.6	6379.8
<b>CMM1/(SB10-SV20)</b>	22819.1	2914.13	6223.39	12759.6	6379.8
<b>CMM2/(SB20-SV10)</b>	22819.1	5828.25	3111.70	12759.6	6379.8

#### III.5.4. Malaxage du mortier :

Pour les besoins de notre étude et selon la nature de l'essai à réaliser, on a utilisé des moules prismatiques (7×7×28) cm, pour la confection des éprouvettes. Le malaxage est exécuté à l'aide d'une bétonnière, les étapes de malaxage sont :

- Introduction de tous les matériaux dans le malaxeur (sable, déchet des bétons, déchet de verre) et faire le malaxage pendant 3 min pour assurer un bon mélange des matériaux
- Introduction du ciment et faire le malaxage pendant 1min , Introduction du l'eau et faire le malaxage pendant 2min

#### III.5.5. Préparation des éprouvettes :

-Après le malaxage, le mélange est prêt à l'emploi. Le mortier est introduit dans des moules

Déjà graissés par une huile pour faciliter le démoulage après 24 heures de leur coulage.

Le moule métallique à trois alvéoles et sa hausse étant fermement fixés à la table à choc, on introduit la première des deux couches de mortier. La couche est étalée uniformément en utilisant la grande spatule puis serrée par 60 chocs. La deuxième couche est alors introduite,

nivelée avec la petite spatule et serrée à nouveau par 60 chocs. La face supérieure de l'éprouvette doit être lisse et bien finie.

-Après démoulage, les éprouvettes sont entreposées dans de l'eau jusqu'au moment de l'essai.



**Photo II.11 : Confection des éprouvettes**

### **III.5.6. Conservation des éprouvettes :**

Les éprouvettes doivent rester dans le moule et être protégées contre les chocs, les vibrations et les dessiccations pendant un minimum de 16h (à une température de  $20\text{ }^{\circ}\text{C} + 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Après démoulage, les éprouvettes doivent être entreposées dans l'eau pendant 28 jours à une température de  $20\text{ }^{\circ}\text{C} + 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ainsi dans une chambre à  $28\text{ }^{\circ}\text{C} + 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Les éprouvettes de mortier classique et de déchet de verre et béton sont conservées dans l'eau pendant 3 et 7 et 28 jours



**Photo II.12 : Conservation des éprouvettes dans l'eau**

**Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents matériaux utilisés dans cette étude. Le détail des différentes formulations a été également présenté dans cette partie. Ces différentes formulations seront utilisées pour la réalisation des essais expérimentaux (études des propriétés physiques et mécaniques).

**RESULTATS  
EXPERIMENTAUX  
ET ANALYSES**

## I. Introduction

Après avoir étudié les propriétés physiques et chimiques des matériaux utilisés et réalisé de nouveaux mélanges

Dans ce chapitre, nous étudions le comportement mécanique d'un mortier contenant des déchets de verre et de béton, ainsi que la résistance à la compression, nous examinons également l'effet du mélange de déchets sur les différentes propriétés physiques et mécaniques du mélange et comparons les résultats obtenus.

## II. Présentation des essais expérimentaux

### II.1 Essai de compression [NF EN 18-455] :

Le principe de l'essai est de soumettre une éprouvette cubique à une force croissante et constante jusqu'à rupture de celle-ci.

Le but est déterminé la résistance à la compression, L'effort est appliqué progressivement à vitesse de chargement constante. Pour chaque étape de chargement, la valeur de l'effort vertical est enregistrée, et ce jusqu'à la rupture totale de l'éprouvette qui se traduit par l'arrêt de la presse, qui signifie l'achèvement de l'essai de compression. À ce moment la force et la contrainte ont subi par l'éprouvette sont affichés sur l'écran de la presse Les échantillons conservés dans l'eau ont été séchés à l'atmosphère de laboratoire pendant 24 heures avant l'âge d'essai



**Photo III-1 : essai de compression**

La résistance en compression (en N/mm<sup>2</sup>) est calculée au moyen de la formule :

$$RC = \frac{Fc}{4900}$$

RC : est la résistance en compression, en newtons par millimètre carré  
ou en MPA

FC : est la charge maximale à la rupture, en newton

## II.2 -Essai de flexion [NF P 18-407]

### II.2.1 Résistances mécaniques des mortiers :

Pour déterminer de la résistance à la flexion, nous avons utilisé la méthode de la charge concentrée à mi portée au moyen du dispositif de flexion normalisé. Les demi-prismes obtenus dans l'essai de flexion doivent être essayés en compression sur les faces latérales de moulage sous une section de 7cm x 7cm



Photo III-2 : essai de flexion par traction

### III.3 Masse volumique apparente

Il est à noter que la masse volumique du béton n'est pas une grandeur fixe, puisqu'elle varie en fonction de la masse volumique des composants (granulat - sable -gravier)

Tableau III.1. Résultats de masses volumiques apparentes des mortiers :

Type de mortier	mortier témoin	Mortier modifié (70/30)
Masse volumique apparent (g/cm <sup>3</sup> )	2.19	2.23

**Résistance à la compression :**

L'évolution de la résistance à la compression a été étudiée à l'âge de 3,7,28 jours de conservation dans l'eau, les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau III.2. Valeurs de Résistance à la compression**

	3 (Jours)	7 (Jours)	28 (Jours)
MT	21.25	25.05	34.93
MM1 (20% V / 10%B)	29.24	32.30	40.49
MM2 (10% V / 20%B)	24.93	30.08	38.50

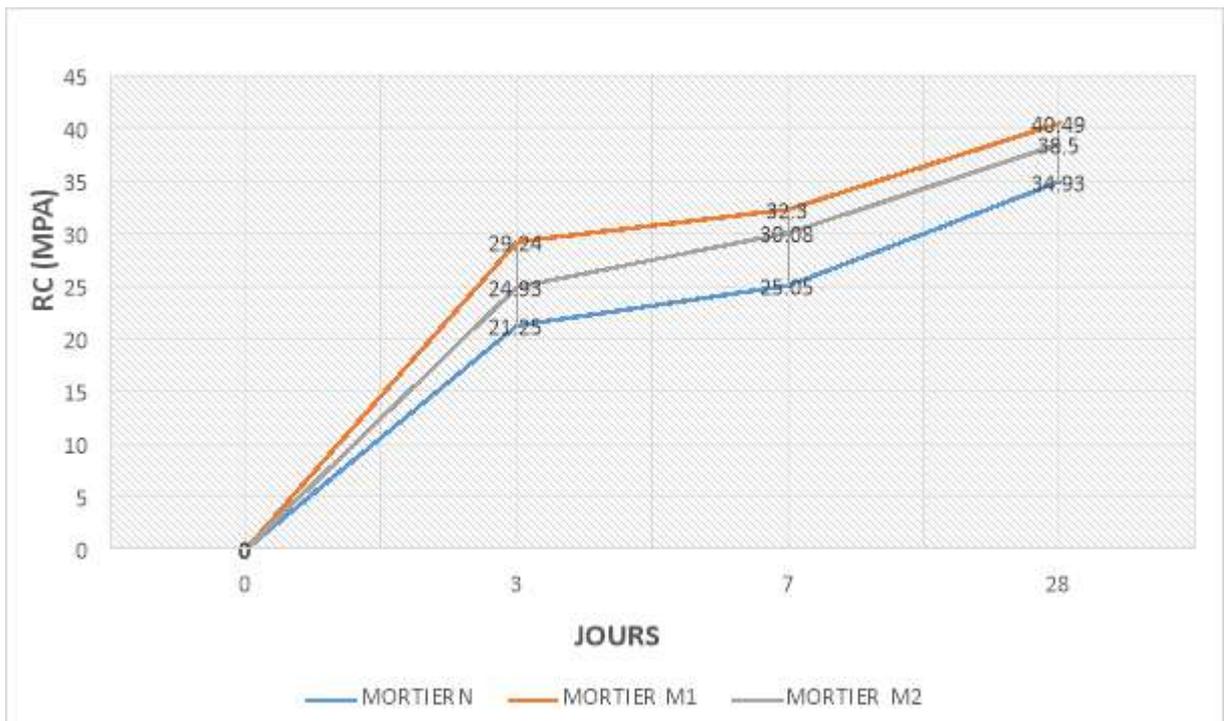


Figure III.1 : Résistance à la compression en fonction de l'âge de mortier

**OBSERVATIONS ET COMMENTAIRES:**

- La résistance à la compression augmente avec l'âge pour tous les types de mortier.
- On constate que la résistance à la compression des mélanges 1 et 2 est plus élevée par rapport aux mortiers témoins.

La résistance à la compression du mélange MM1 composé de 20 % de poudre de verre et de 10 % de déchets de béton est relativement plus élevée, environ 22 % par rapport au mortier témoin, et cela coïncide avec les résultats des étudiantes « Abba Khadîdja /abbassi Meriem » [28], rappelons que les résultats donnés par ces derniers chercheurs [28] montrent une augmentation de résistance aller jusqu'à 18% pour une composition de 70% sable et 30% sable de verre

- La résistance à la compression du mélange MM2 composé de 10 % de poudre de verre et de 20 % de déchets de béton est relativement acceptable avec un taux d'augmentation par rapport au mortier témoin égal **TA=17%**
- L'incorporation de poudre de verre améliore la résistance à la compression

### **Resistance à la flexion :**

Après une série d'essais d'écrasement, les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau III.3 : Valeurs de résistance à la flexion**

	3 (Jour)	7 (Jour)	28 (Jour)
MT	1.26	1.92	2.05
MM1 (20% V / 10%B)	1.87	3.83	3.84
MM2 (10% V / 20%B)	2.98	5.003	5.04

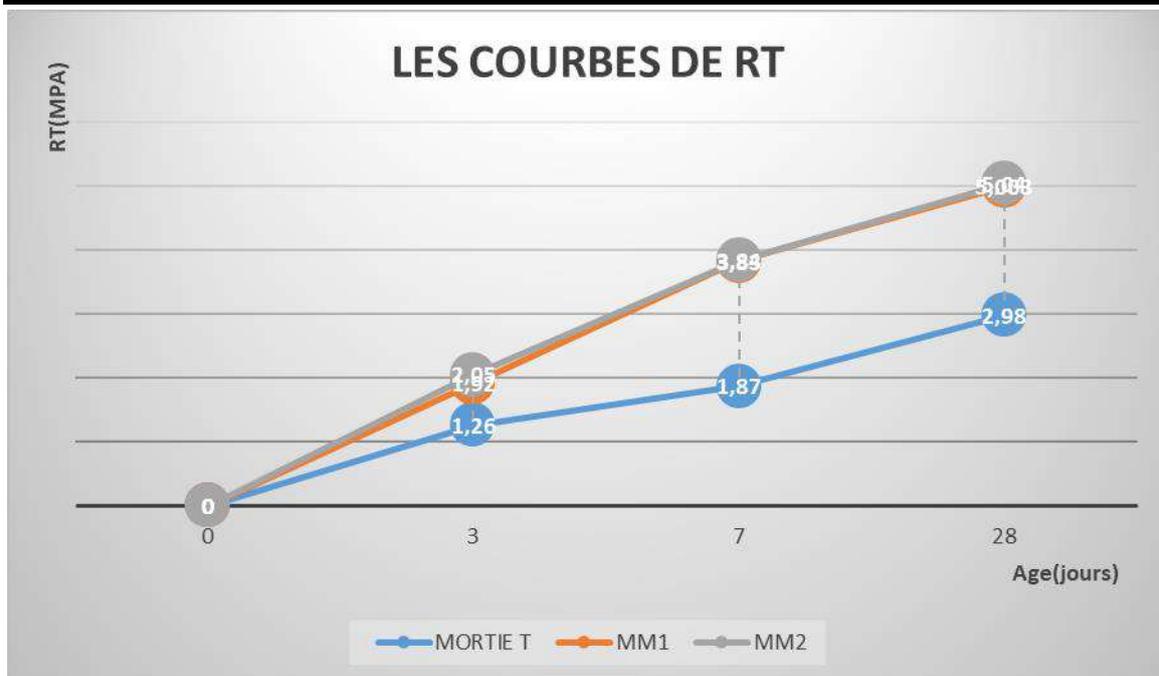


Figure III.2 : Résistance à la flexion en fonction de l'âge de mortier

### OBSERVATIONS ET COMMENTAIRES:

- La résistance à la flexion augmente avec l'âge pour tous les types de mortier.
- D'après les résultats obtenus, on peut voir que la résistance à la flexion des mélanges MM1 et MM2 est élevée par rapport au mortier témoin. Et la résistance à la flexion du mélange m2 est supérieure à celle du mélange m1 et du mélange de mortier témoin.
- A l'âge de 28 jours, la résistance à la flexion du mélange MM1 et du mélange MM2 a donné des résultats égaux (on a quasiment la même résistance à la flexion) Et nous en concluons que les deux mélanges ont le même effet sur la résistance à la flexion.
- L'incorporation de poudre de verre améliore la résistance à la flexion

### II.4. Détermination d'absorption :

On détermine un coefficient d'absorption, qui est défini comme le rapporte l'augmentation de la masse de l'échantillon après imbibition par l'eau.

Le coefficient d'absorption ( $A_b$ ) est défini par la relation :

$$A_b = \frac{M_{\text{humide}} - M_{\text{seche}}}{M_{\text{seche}}} * 100$$

Tableau III.4 les valeurs d'essais d'absorption

Cioffi d' Absorption					
mélange 1			melange2		
6,17%	4,82%	4,94%	2,13%	1,58%	1,55%
5,31%			1,75%		

### COMMENTAIRES :

Nous concluons que le taux d'absorption augmente avec l'augmentation du pourcentage de déchets de verre, en effet la masse volumique du mortier de verre est inférieure à celle du mortier de béton recyclé, et nous en concluons que plus les vides sont importants plus le taux d'absorption est élevé.

### Conclusion

- L'ajout de 20 % de poudre de verre, 10 % de déchet de béton et 70 % de sable naturel améliore les performances mortier) a donné de bien meilleurs résultats que la formule témoin. L'amélioration de la résistance mécanique est de 22% en compression et de 50% en flexion.
- Nous avons constaté qu'après 28 jours, la formule contenant 20% de poudre de verre donnait de meilleurs résultats en termes de résistance à la compression et à la flexion.

# CONCLUSION GENERALE

### **Conclusion générale :**

En raison de l'augmentation des déchets sur les chantiers, l'idée de valoriser les déchets de béton et de verre est devenue un sujet important dans le domaine du génie civil, et comment les exploiter, les réduire et les rendre utilisables.

A cette mémoire, nous avons étudié la possibilité de récupérer les déchets de béton et de verre et de les intégrer dans le nouveau mélange.

Nous avons préparé plusieurs mélanges avec différents ratios pour étudier l'effet de ces additifs sur les propriétés physiques et chimiques du mortier.

Et de cette étude nous avons conclu que l'ajout de résidus de béton et de poudre de verre donnait des résultats élevés pour le mélange MM1 et MM2 par rapport au mortier témoin. Recommandons d'augmenter les proportions de poudre de verre pour améliorer les performances du mélange et donner de meilleurs résultats en termes de résistance à la compression et à la flexion

### **Perspectives :**

Des observations et des analyses pouvant aider à développer cette recherche dans le domaine du recyclage en intégrant des matériaux recyclés tels que les déchets de béton et la poudre de verre. Ainsi, le travail sera complète par:

- Etude la durabilité d'un mortier à base de poudre de verre 20% et de déchets de béton 10%
- Etude des propriétés mécaniques du mortier recyclé.

# BIBLIOGRAPHIE

## Références Bibliographiques

1-**LAROUCI, B.** CONTRIBUTION A L'ETUDE DU COMPORTEMENT MECANIQUE DE BETON DES FIBRES METALLIQUES. *Mémoire de Master II.* 2017

2-**RACHIL, DENDANI.M.** Influence des différentes granulométries des agrégats sur le comportement mécanique du béton ordinaire. *Mémoire de master.* 2016

3-**DREUX, G et FESTA, J.** *Nouveau guide de béton et de ses constituants » 8ème édition* Eyrolles : paris, 1998

4-contribution à l'étude des caractéristiques mécaniques des mortiers renforcés par les fibres de polypropylène (master 2018).

5- <https://www.samse.fr>

6- chapitre les mortiers <https://fr.scribd.com>

7- MOUSSACEB. Résumé de cours présenté par « Matière recyclage des matériaux de construction (RMC) » Université de Bejaia.

8- NASSAH D. « Influence de la quantité de fibres naturelles (alfa) et commerciales (polypropylène) sur les propriétés physico mécaniques des mortiers fibrés » mémoire master Université de M'Hamed bougera Boumerdas ,2017.

9-**DREUX, G et FESTA, J.** *Nouveau guide de béton et de ses constituants » 8ème édition* Eyrolles : paris, 1998.

10- étude de la durabilité d'un béton à base de granulats recyclés. Mémoire master.

11- THABET R ; ZAMAKIF. « Etude des propriétés mécaniques des

## Références Bibliographiques

---

bétons de sable de dune réutilisés par des déchets industriels » mémoire master Université de Kasdi Merbah Ouargla ,2019.

12- TALEB K. « Etude à l'état frais et à l'état durci de l'influence des fines de mortiers de démolition sur les propriétés des mortiers » mémoire master Université de Tizi-Ouzou, 2016.

13- **Béton, CIM and du Béton, Ecole Française.** Les constituants des bétons et des mortiers. s.l : Paris, France, 2005.

14- **R, LANGUEDOC.** "Guide pratique des déchets" (site Internet Google, Fr), 2001.

15- récupération-fer-métaux.com. 24 juil. 2018.

16- [https:// fr.m.wikipedia.org](https://fr.m.wikipedia.org).

17- **BOURMATTE, Nadjoua et HOUARI, Hacène.** Granulats recyclés de substitution pour bétons hydrauliques. 2004

18- COMMENT RECYCLER LE BETON DANS LE BETON. s.l. IREX, Novembre 2018.

19- **INSAVALOR, E. VERNUS - POLDEN /.** DECHETS DE DEMOLITION ET DECONSTRUCTION : GISEMENTS, CARACTERISATIONS, FILIERES DE. Juin 2011. ETUDE N° 09-0139/1A.

20- <https://ar.facts.news.org>

21- Note d'information technique 214 trimestriel –dépôt : Bruxelles X Issn 0528-4880-Classe de prix : A11 le verre et les produits verriers – les fonctions des vitrages Décembre 1999 une édition du Centre Scientifique et Technique de la Construction Trimestriel.

22- BOULIFA M ; DEBABI A. « Utilisation de poudre de verre dans le mortier » mémoire master Université de Kasdi Merbah Ouargla, 2017.

23 -<https://bouhoot.blogspot.com>

## Références Bibliographiques

---

- 24- Abba Khadîdja / Abbassi Meriem « Etude de propriétés mécaniques d'un mortier à base de verre recyclé » Mémoire Master Université kasdi merbah Ouargla 2020.
- 25- Mohamed A ; Hamdani M. « valorisation des déchets en verre dans l'industrie des briques réfractaires » mémoire master Université de Saida, 2012.
- 26- M. GHOMARI F. Mme BENDI-OUIS A. « Essai sur mortier normal (EN 196-1) » UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID 2007
- 27-<https://ar.wikipedia.org/wiki>
- 28- Abba Khadîdja / Abbassi Meriem « Etude de propriétés mécaniques d'un mortier à base de verre recyclé » Mémoire Master Université kasdi merbah Ouargla 2020

**ANNEXE**

ALGÈRIE

**موكوونيم**  
plus

20kg



**LAFARGE**  
Ciments  
des idées réalisables

**Ciment Portland**

NA 442 - CEM I 42,5 N-2R 3

Mokouonim est un ciment plus résistant aux sulfates, résiste de la manière d'un ciment contenant un faible taux d'aluminate de calcium, avec une proportion de sulfate minérale à celle d'un ciment Portland ordinaire.

Mokouonim  
NA 442 - CEM I 42,5 N-2R 3

Mokouonim NA 442 - CEM I 42,5 N-2R 3 selon la NA 442 v 2013 et la EN 127. Il est conforme à la norme algérienne NA 442 v 2013 et à la norme Européenne EN 127.1 avec un teneur en SO<sub>3</sub> < 3%.

**AVANTAGES PRODUIT**

- Une faible chaleur d'hydratation.
- Une meilleure durabilité pour structures en béton.
- Une meilleure durabilité pour structures climatiques de l'environnement externe.
- Mokouonim protégé les structures contre les agressions.
- Tout en étant un ciment de haute performance.

à membre de  
**LafargeHolcim**



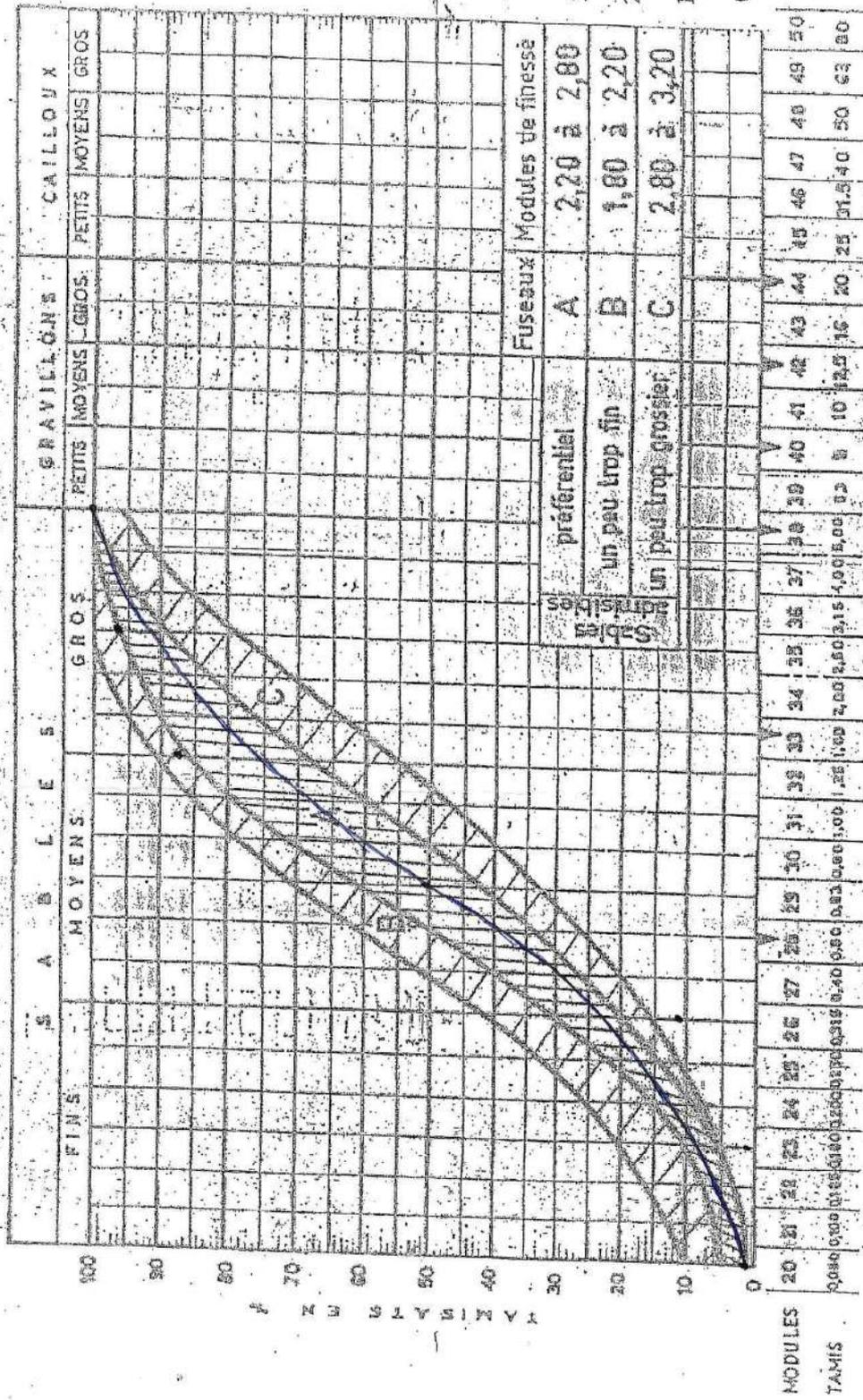
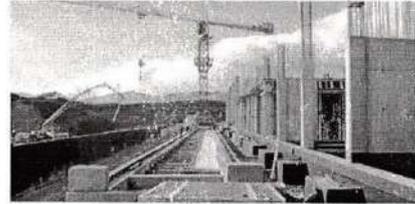


Fig. 3. - Fuseaux proposés pour la granulométrie des sables à béton

**APPLICATIONS RECOMMANDÉES**

- Les fondations et les structures à réaliser dans un milieu agressif
- Les travaux maritimes
- Les stations de dessalement et d'épuration
- Les travaux hydrauliques
- Les barrages et les digues de soutènement collinaires



**FORMULATION CONSEILLÉE**

	Ciment 50,1	Sable (sec)	Gravillons (sec)	Eau (litres)
Dosage pour béton C25/30	X 1	X 7	X 5 X 4	25 L

Remarque: un bidon = 10 Litres

Formulation de béton à suivre dans le cas de l'absence d'une étude délivrée par un laboratoire\*

**CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES**

• Analyses chimiques

	Valeur
Perte au feu (%) (NA5042)	0,0 à 3,0
Teneur en sulfates (SO3) (%)	1,0 à 3,0
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1,2 à 3,0
Teneur en Chlorures (NA5042) (%)	0,01 à 0,04

• Temps de prise à 20° (NA 230)

	Valeur
Début de prise (min)	30
Fin de prise (min)	90 à 100

• Composition minéralogique

	Valeur
Taux d'aluminate C3A	3,0%

• Résistance à la compression

	Valeur
2 jours (MPa)	15
28 jours (MPa)	25

• Propriétés physiques

	Valeur
Consistance Normale (%)	25 à 28
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm²/g) (NA231)	3200 à 3800
Retrait à 28 jours (µm/m)	1000
Expansion (mm)	± 2,0
Chaleur d'hydratation	± 270 J/g

Ces valeurs sont données à titre indicatif et ne peuvent être considérées comme absolues

**CONSIGNES DE SÉCURITÉ**

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

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



A member of LafargeHolcim

Conditionnement: /

**LAFARGE ALGERIE**  
 Bureau n°02, 16ème étage, tour Guineya,  
 les Pins maritimes, Médiane/Sa, Alger.  
 tél: + 213 (0) 21 98 54 54  
 fax: + 213 (0) 23 97 42 94  
 www.lafargealgeria.com  
 dr.satisfaction-clients@lafargealgeria.com  
 Tél: 021 98 55 55

