

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUEES

DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL ET

HYDRAULIQUE



## Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

## MASTER

Spécialité : Génie Civil

Option : Voie et Ouvrages D'art\_ Travaux Publics

Présenté par :

ABBA KHEDIDJA

ABBASSI MERIEM

*Thème:*

**Etude des propriétés mécaniques d'un mortier à  
base de verre recyclé**

Devant le jury composé de:

M <sup>r</sup> DJOUHRIMohamed	M.C.B	UniversitéOuargla	Président
M <sup>me</sup> TALMATKADI Fatiha	M.A.A	UniversitéOuargla	Examineur
M <sup>me</sup> AKCHICHEHamida	M.A.A	UniversitéOuargla	Encadreur

Annéeuniversitaire 2019/2020

## Remerciement

À mon dieu le clément et miséricordieux

Je remercie avant tout mon dieu c'est grâce à lui seul que  
j'ai pu achever ce modeste travail.

Je remercie mon encadreur :Akchiche Hamida.

Je remercie: Gérant de laboratoires de travaux publics du sud.

Ma sœur et mon ami: MESROUK Malika.

- Le personnel de la Direction de l'urbanisme de l'architecture et de la  
construction à Ouargla.

Pour leurs aides jusqu'à ce que ce travail soit terminé.

- Mes enseignants du département de génie civil et les responsables du  
La boratoire.

- mes remerciements aussi à l'ensemble des membres du jury président et  
examineur.

Tous les gens qui m'ont aidée de près ou  
de loin dans la réalisation de ce modeste  
travail.



## **Dédicace**

*Je dédie ce mémoire à :*

*Ceux qui se sont donnés toutes les peines et les sacrifices,*

*Pour me voir réussir dans la vie :*

*Les deux personnes les plus chères à mon coeur, mon père et ma mère.*

*Mes chers frères*

*A mes chères copines*

*. A mes amis de promos 2019/2020, à tous mes amis proches ou*

*loins. Et sans oublier mes enseignants qui m'ont soutenu durant*

*toutes mes*

*années d'études.*

*khedidja*





## **Dédicace**

*\*Je dédié ce modeste travail à :*

*\*A ma chère maman et à l'âme de mon papa, c'est grâce à eux que je suis aujourd'hui ici présente, qui m'ont aidée à terminer ce modeste travail.*

*\*Au cher professeur akchich hamida.*

*\*Mes chers frères et sœurs.*

*\*A toi mon grand-père , ceci est ma profonde gratitude pour ton éternel amour, que ce rapport soit le meilleur cadeau que je puisse t'offrir.*

*\*A Tous mes amis, et Tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail de près ou de loin, et à l'informateur en charge de ksherd Ali et du professeur salehi de ghardaia.*

*\*Et je n'oublie pas la contribution de mon amie khadidja abba.*

*\* Tous les étudiant de département génie des matériaux, et plus particulièrement ceux de groupe VOA.*

*MERCI*



## Sommaire

Résumé.....	I
Liste des Tableaux.....	III
Liste des Figures.....	IV
Liste des Photos.....	V
Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : Recherche bibliographique</b>	
1-1 Introduction.....	3
1-2-1. Définition .....	3
1.2-2 Caractéristiques principales d'un mortier.....	3
1.2-3. Domaines d'utilisation des mortiers.....	4
1.2-4 - Les constituants d'un mortier.....	4
1.2-4-1. Les ciments.....	4
1.2-4-2. Les granulats.....	5
1.2-4-3. L'eau de gâchage.....	6
1.2-4-4 Les adjuvants.....	6
1.2-5 Les différents types de mortiers.....	7
1.2-5-1 Mortier de ciment.....	7
1.2-5-2 Mortier de chaux.....	7
1.2-5-3 Mortier bâtard.....	7
1.2-6. Eléments de ressemblance bétons et mortiers entre les bétons et mortiers	8
1.3. Déchet.....	8
1.3-1 Définition et utilisation des déchets dans le génie civil .....	8
1.3-2 Origine de la production de déchets .....	9
1.3-3 Constitution chimique du déchet .....	9
1.3-4. Différents types de déchets .....	9
1.3-4-1. Déchets ultimes .....	9
1.3-4-2. Déchets inertes .....	9
1.3-4-3 Les déchets ménagers .....	10
1.3-4-4 Déchets assimilés .....	10
1.3-4-5 Déchets verts .....	10
1.3-4-6 Déchets organiques .....	10
1.3-4-7 Déchets industriels banals (DIB) .....	11
1.3-4-8 Déchets dangereux .....	11
1.3-4-8-1 Déchets industriels spéciaux (DIS) .....	11
1.3-4-8-2 Déchets ménagers spéciaux (DMS).....	11
1.3-5 Recyclage des déchets .....	11
1.3-5-1 Définition .....	11
1.3.6 Valorisation des déchets et sous produits dans le domaine des travaux publics.....	12
1.3-6-1 Valorisation .....	12
1.3-6-2 Déchets de la construction/démolition .....	12
1.4. verre.....	12
1.4-1 Définition de verre .....	12
1.4-2 Les différents types de verre.....	13
1.4-3. Valorisations de poudre de verre dans génie civil.....	13
1.4-3-1. Poudre de verre .....	13
1.4-3-2. Valorisations de poudre de verre.....	14
1.4-3-3 Caractéristique physique et mécanique du verre .....	14
1.4-3-4 Recyclage du verre en Algérie .....	15

1.4-3-5 Verre de récupération.....	15
Conclusion .....	16

## Chapitre II : Méthodes et Matériaux

2 -1-Introduction .....	18
2 -2-Méthodes et Matériaux .....	18
2.2.1.Ciments.....	18
2.2.1.1 caractéristiques chimiques .....	19
2.2.1.2 caractéristiques physiques .....	19
2.2.2 Eau de gâchage.....	19
2.2.3 Sable .....	19
2.2.4 La poudre de verre .....	19
2.2.5 déchets du béton.....	20
2.3.1- Equivalent de sable :NFP 18-598(octobre91).....	21
2.3.2 La Masse Volumique :(NF P18-301).....	25
2.3.2.1. Masse Volumique Apparent : (NFP 18 -554).....	25
2.3.2.2 Masses Volumiques Absolues : (NFP18-301).....	26
2.3.3 Analyse Granulométrique Par Tamisage (NFP 18-560) .....	27
2-3-4 Module de finesse MF.....	28
2.3.5 MORTIER NORMAL (EN 196-1).....	30
2.3.6 Maniabilité NF P18-452 et NF P 15-437 (consistance de mortier) .....	32
2.3.7 Les compositions utilisées .....	33
2.3.8 Malaxage du mortier .....	34
2.3.8.1 Préparation et Conservation des Eprouvettes de Mortier de verre .....	34
2.3.8.2 Essais de maniabilité (consistance de mortier).....	35
2.3.8.3 Type de mortier selon le temps de maniabilité.....	35
2.3.8.4 Préparation des éprouvettes .....	35
2.3.8.5 Conservation des éprouvettes.....	36
CONCLISION.....	37

## Chapitre III : Résultats et Discussion

3.1.Introduction.....	39
3.2 Essai destructive.....	39
3.2.1 Résistances mécaniques des mortiers.....	39
3.2.2 Résistance à la flexion.....	39
3.2.3 Résistance à la compression.....	41
3.2.4 gonflements sur retraits et gonflements .....	42
Conclusion.....	43
Conclusion générale.....	45
Références Bibliographiques.....	47
Annexe.....	

## RÉSUMÉ

Dans ces dernières années, l'idée d'intégrer les déchets dans le domaine de la construction a reçu beaucoup d'attention par les chercheurs. Les déchets de verre sont considérés comme une bonne opportunité à exploiter dans la construction de nouveaux bâtiments, en raison de leur disponibilité au niveau des chantiers. A travers ce travail d'ordre expérimental, nous avons essayé de valoriser l'utilisation du verre en l'intégrant dans la procédure de production de béton. L'idée principale dans nos manipulations expérimentales est d'ajouter progressivement les déchets de verre recyclés dans le mortier de ciment, en les associant au sable avec des taux au sable avec des taux progressifs allant jusqu'à 50%. Afin de vérifier la rentabilité de ce genre de déchets et l'efficacité de cette approche, nous avons déterminé les caractéristiques mécaniques des nouveaux mortiers soutenus, puis nous avons comparé ces résultats avec ceux du mortier conventionnel composé uniquement de sable naturel. Les caractéristiques abordées dans cette étude sont: la ductilité, le retrait, la compression et à la traction à l'âge 7-14-28 jours. Les résultats finaux obtenus sont très encourageants, les essais effectués montrent que l'association de ces types de déchets dans les mortiers de ciment améliore le performance du béton de manière remarquable.

**Mots clés:** recyclage, déchets de verre, béton, mortier

## المخلص:

في السنوات الأخيرة، حظيت فكرة دمج النفايات في مجال البناء باهتمام كبير من قبل الباحثين، تعتبر نفايات الزجاج على وجه الخصوص، فرصة جيدة الاستفادة منه في تشييد المباني الجديدة، نظر لتوافرها في مواقع البناء من خلال هذا العمل التجريبي، حاولنا تعزيز استخدام الزجاج من خلال دمجها في عملية إنتاج الخرسانة، الفكرة الرئيسية في تجاربنا هي إضافة الزجاج المعاد تدويرها تدريجياً إلى ملاط الاسمنت، واستبدالها من الرمل لتصل إلى نسبة 50% من أجل التحقيق من فعالية هذا النوع من النفايات وأهميته فعالية لذا قمنا بتحديد الخصائص الميكانيكية للملاط الجديد المدعوم، ثم قارنا هذه النتائج بنتائج الملاط التقليدي المكون فقط من الرمال الطبيعية.

الخصائص التي تناولها هذه الدراسة هي: القدرة على الليونة والضغط والانكماش والضغط والشد في سن 7-14-28 يوم كانت النتائج النهائية التي تم الحصول عليها مشجعة للغاية، وأظهرت الاختبارات التي أجريت أن ارتباط هذه الأنواع من النفايات في ملاط الاسمنت يحسن أداء الخرسانة بشكل ملحوظ.

**الكلمات المفتاحية:** إعادة التدوير، نفايات الزجاج، الخرسانة، الملاط.

## ABSTRACT

In recent years, the idea of integrating waste into the construction field has received a lot of attention by researchers. Glass, in particular, are seen as a good opportunity to exploit in the construction of new buildings, due to their availability at construction sites. Through this experimental work, we have attempted to enhance the use of glass waste by integrating them into the procedure of producing high performance concrete. The main idea in our experimental tests is to gradually add the recycled glass waste into the cement mortar by substituting them in place of sand with gradual contents of up to 50%. In order to verify the profitability of this kind of waste and the effectiveness of this approach, we determined the mechanical characteristics of the new supported mortars, then we compared these results with those of the conventional mortar composed only of natural sand. The characteristics addressed in this study are: ductility, shrinkage, compression and traction at age 7-14-28 days. The obtained final results are very encouraging, the tests carried out show that the association of these types of waste in cement mortars improves the performance of concrete remarkably.

**Keywords:** recycling, waste glass, concrete, mortar.

## Liste des Figures

### Chapitre I

Figure 1-1 : forme des granulats recyclés.....	6
Figure 1-2 : Les différents types de mortiers. ....	7
figure 1.3 .poudre de verre.....	13

### Chapitre III

Figure 3.1 : .essai de traction par flexion.....	40
Figure 3.2 : Evolution de la résistance de flexion en fonction de l'âge des éprouvettes.....	41
Figure 3.3 : La résistance à la compression en fonction de l'âge pour les éprouvettes .....	42



## Liste des Photos

### Chapitre II :

Photo 2.1 : poudre de verre.....	20
Photo 2.5 : Essai de la masse volumique apparente.....	26
Photo 2.6 : Essai de la masse volumique absolue.....	27
Photo 2.7 : Essai d'analyse granulométrique.....	29
Photo 2.8 : Courbe granulométrique sable alluvionnaire.....	29
Photo 2.8.1 : Malaxeur de mortier .....	31
Photo 2.8.2 : Moule pour moulage des éprouvettes de mortier.....	31
Photo 2.9. : Principe de fonctionnement du maniabilimètre B.....	32
Photo 2.10:Maniabilimètre de mortier et des moules.....	33
Photo 2.11 :la table de choc et des moules.....	36
Photo 2.12: Conservation des éprouvettes dans l'eau.....	36

## Liste des Tableaux

### Chapitre I

Tableau 1.1 : Tableau Capacité de recyclage .....	15
---------------------------------------------------	----

### Chapitre II

Tableau 2.1 : Nature et qualité du sable selon les valeurs d'équivalent de sable	24
----------------------------------------------------------------------------------	----

Tableau 2.2 : Résultat de la Masse volumique apparente.....	26
-------------------------------------------------------------	----

Tableau 2.3 : Résultats de la masse volumique absolue.....	27
------------------------------------------------------------	----

Tableau 2.4 : Résultats d'analyse granulométrique du sable alluvionnaire.....	28
-------------------------------------------------------------------------------	----

Tableau 2.5 : Opérations de malaxage du mortier normal.....	31
-------------------------------------------------------------	----

Tableau 2.6 : Les pourcentages utilisés pour le mortier.....	33
--------------------------------------------------------------	----

Tableau 2.7 : Les compositions utilisés pour le mortier.....	34
--------------------------------------------------------------	----

Tableau 2.8: Type de mortier selon le temps de maniabilité .....	35
------------------------------------------------------------------	----

Tableau 3.1: Composition- résistance Flexion- Compression	40
-----------------------------------------------------------	----



# **Introduction générale**

## Introduction générale

L'incorporation de nouvelles approches renouvelables, durables et respectueuses de l'environnement dans notre société moderne est devenue un sujet essentiel dans le domaine de génie civil. L'idée de recyclage et l'addition des déchets dans le processus de construction a commencé de gagner une considérable attention ces dernières années dus à ces nombreux avantages techniques et écologiques. Les déchets de verre constituent une alternative intéressante qui peut augmenter la performance des mortiers. Ces déchets sont en effet toujours disponibles sur les chantiers, et leur utilisation représente une solution efficace pour l'industrie en termes technologique, économique et environnemental.

L'objectif du présent travail, d'une part, est d'apporter notre contribution à la valorisation des ressources locales en l'occurrence les déchets de verres à faible coût, provenant d'une source renouvelable ; et de l'intégrer d'une façon rationnelle dans le domaine de la construction.

D'autre part est de donner les principales indications permettant d'établir les règles nécessaires pour l'étude du comportement rhéologique de ce type de mortier.

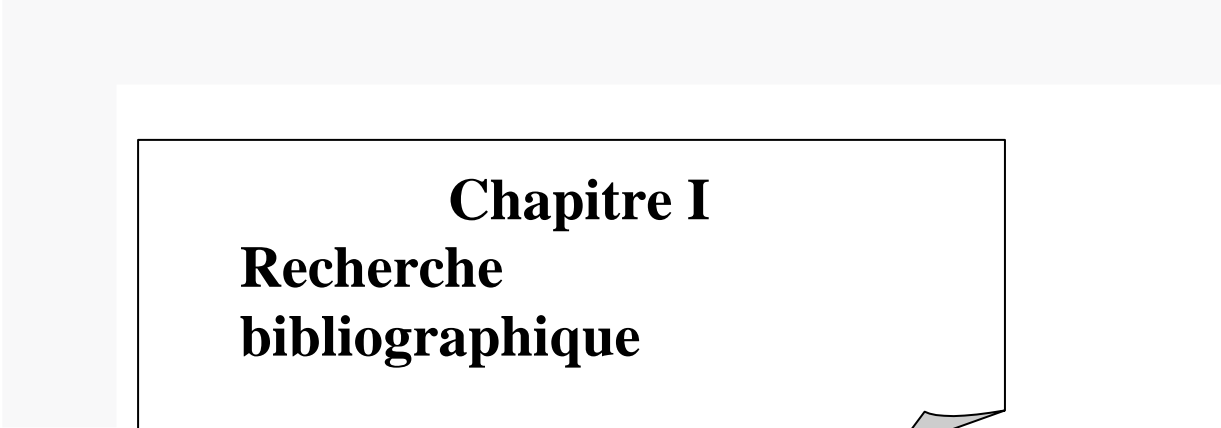
Ce mémoire est subdivisé trois chapitres :

Le premier Chapitre relatif la recherche bibliographique sur l'exploitation des déchets dans divers domaines et spécialement dans le domaine de génie civil.


Le 2ème Chapitre, traite/explique les différentes caractéristiques physiques des matériaux utilisés pour la confection de notre béton .La formulation, le processus de préparation du mélange, ainsi que les différents essais (à l'état frai et durci du béton étudié) qui ont été présentés.

Le chapitre 3 est consacré à l'analyse et la discussion de l'ensemble des résultats obtenus.

Finalement, une conclusion générale a été donnée pour résumer les principaux résultats trouvés dans cette étude.



**Chapitre I**  
**Recherche**  
**bibliographique**



# Chapitre I: Recherche bibliographique

---

## **Introduction:**

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

-D'éliminer les déchets par recyclage

Protéger l'environnement.

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

## **.MORTIER**

### **1-2-1. 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. se diffèrent selon les réalisations et d'adjuvant. En fonction de la nature/les pourcentages des constituants, de malaxage mise en œuvre, différents types de mortiers peuvent être réalisées [24].

### **1.2-2Caractéristiques 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. Assurer la stabilité de l'ouvrage;
3. Comblent les interstices entre les blocs de construction.

Le mortier est obtenu par le mélange d'un liant (chaux ou ciment), de sable, d'eau et éventuellement d'additions. 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 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.

Les mortiers peuvent être:

1. Préparés sur le chantier en dosant et en mélangeant les différents constituants y compris les adjuvants.

## ChapitreI: Recherchebibliographique

---

2. Préparés sur le chantier à partir de mortiers industriels secs pré dosés et avant l'utilisation, il suffit d'ajouter la quantité d'eau nécessaire.
3. Livrés par une centrale: ce sont des mortiers prêts à l'emploi.

### \* Caractéristiques principales

Les caractéristiques principales des mortiers sont:

1. Ouvrabilité;
2. Prise;
3. Résistances mécaniques;
4. Retraits et gonflements ,etc[16].

### 1.2-3. 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
- Pierres artificielles
- Support pour les peintures murales
- Mortier d'injection
- Mortier pour les mosaïques
- Mortier de réparation pour
- Mortier auto plaçant
- Mortier fibré. [1].

### 1.2-4 - Les constituants d'un mortier

Les différents constituants (ciment, granulat, sable, eau de gâchage, adjuvant)

#### 1.2-4-1. Les ciments

Le ciment est un matériau anhydre finement broyé, utilisé comme un liant hydraulique. Par simple mélange avec l'eau, le ciment développe des hydrates rigidifie le matériau granulaire non cohésif en matériau cohésif présentant des propriétés mécaniques élevées.

Il existe deux grandes familles de Ciments :

\*- Les ciments Portland, constitués majoritairement de silice et de chaux.

## Chapitre I: Recherche bibliographique

---

Il est utilisé principalement dans les bétons de bâtiments et les ouvrages de génie civil.

\*- Les ciments alumineux qui se composent essentiellement d'alumine et de chaux.

Et autres types comme:

- Le ciment Portland.
- Le ciment portland composé.
- Le ciment de haut fourneau.
- Le ciment pouzzolanique.
- Le ciment au laitier et aux cendres [2].

### 1.2-4-2. Les granulats

C'est l'ensemble des grains de dimensions comprises entre 0 et 125mm, peuvent être d'origine naturelle (sable et gravier de mer et de rivière), artificielle (argile et expansée) ou issue du recyclage de déchets de l'industrie (laitier de haut fourneaux). Ils constituent l'ossature du béton et occupent environ 70 à 80 % de volume totale de béton. Ils sont inertes en principes, mais peuvent favoriser certaines réaction d'hydratation de certaines minéraux du clinker. Leur utilisation pour la confection d'un béton est motivée pour le faible cout volumique, par une meilleure durabilité et stabilité volumétrique par rapport au mélange ciment –eau. En effet, la nature, la quantité, la forme, la granulométrie, la propreté, l'état de surface et le type de granulats sont des facteurs ayant une influence sur les caractéristiques du béton, aussi bien à l'état durci qu'à l'état frais. [3].

#### \*Caractéristiques des granulats recyclés :

Les granulats sont les principaux composants du béton (70 % en poids). Les performances mécaniques des granulats vont donc conditionner la résistance mécanique du béton et leurs caractéristiques géométriques et esthétiques, en particulier, l'aspect des parements des ouvrages. Le choix des caractéristiques des granulats est déterminé par les contraintes mécaniques, physico-chimiques et esthétiques du projet à réaliser et de mise en œuvre du béton.

Pour obtenir une bonne qualité de béton contenant des granulats recyclés, il faut que ces derniers soient aussi de bonne qualité. Les propriétés acceptables des granulats sont un élément de base pour un béton recyclé de qualité. Cependant, les proportions adéquates de mélange et la méthode de production sont aussi importantes pour avoir la qualité recherchée du béton.

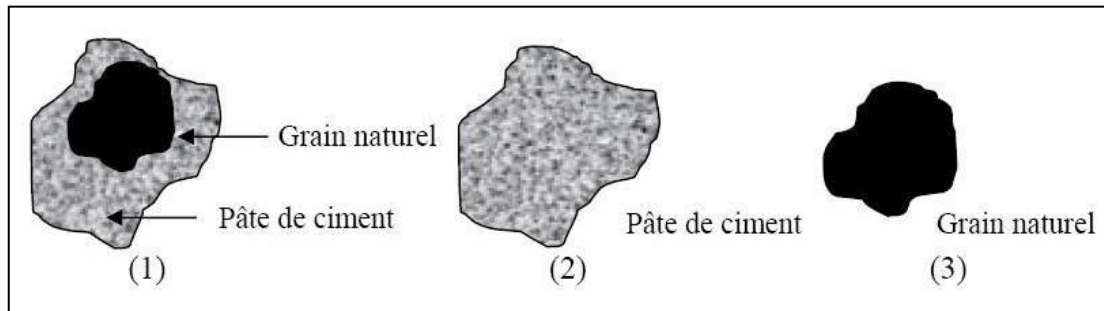
Les granulats recyclés, fabriqués à partir des déchets de démolition des constructions, ont plusieurs formes (Figure 2-1)



## Chapitre I: Recherche bibliographique

---

- (1) Un grain de gravier enrobé par la pâte de ciment;
- (2) Une pâte de ciment seule;
- (3) Un grain de gravier naturel.



**Figure 1-1** : forme des granulats recyclés.

La présence aléatoire du vieux mortier collé aux granulats complique la caractérisation exacte des granulats recyclés. Cette présence est inévitable, et les propriétés physico mécaniques des granulats de démolition seront dépendantes du volume de mortier collé aux granulats. Il a été montré que la quantité du mortier attaché aux granulats est proportionnelle à la fraction fine et elle croit en fonction de la résistance du béton concassé [21].

### 1.2-4-3. L'eau de gâchage

Le dosage en eau est un facteur très important de la composition du mortier. Son influence sur la propriété du mortier est significatif (*i.e.* la propriété créée par les vides lorsque l'eau s'élimine pour différentes raisons).

Avec E/C couramment utilisé de 0,5 on estime que la moitié de l'eau de gâchage sert à l'hydratation du ciment, l'autre moitié est eau de mouillage interstitielle qui contribue à la plasticité du mortier requise pour sa mise en œuvre. [1].

### 1.2-4-4 Les adjuvants

Un adjuvant est un produit incorporé en faible quantité au moment du malaxage du béton ou du mortier en afin de modifier les propriétés du mélange à l'état frais et/ou à l'état durci. Chaque adjuvant est défini par une fonction principale et une seule, un adjuvant peut présenter une ou plusieurs fonctions secondaires.

On distingue 3 catégories d'adjuvants:

#### \*Les adjuvants qui modifient l'ouvrabilité du béton

- plastifiants réducteurs d'eau
- super plastifiants hauts réducteurs d'eau.

### \* Les adjuvants qui modifient la prise et le durcissement

- accélérateurs de prise.
- accélérateurs de durcissement.
- retardateurs de prise.

### \* Les adjuvants qui modifient certaines propriétés du béton

- entraîneurs d'air.
- hydrofuges de masse.
- rétenteurs d'eau.[25]

## 1.2-5 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.

### 1.2-5-1 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.

### 1.2-5-2 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.

### 1.2-5-3 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. [2].

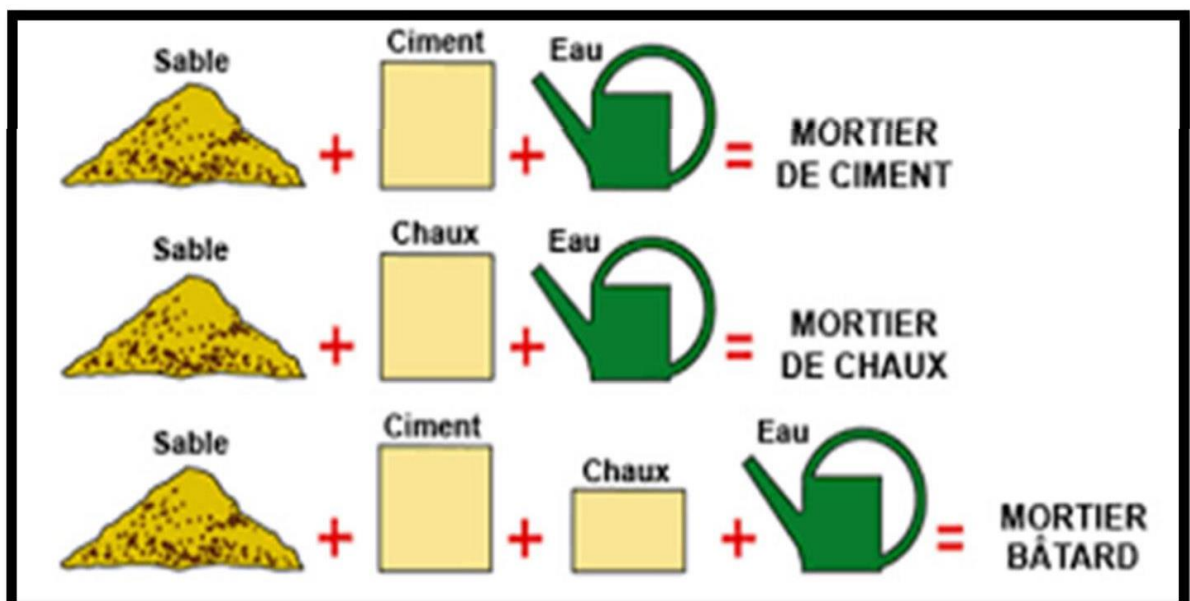


Figure 1-2: Les différents types de mortiers. [22]

**1.2-6.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 ultérieure 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 mécanique, au mortier structurels comme le ductal à une résistance mécanique à la compression dépassant les 100MPa.
- Comportement mécanique (lois de comportement, retrait, fluage, fatigue, fragilité,...)
- Masses volumique : mortiers lourds à mortiers légers.
- Durabilité : on 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 la boratoire[17].

### **Déchet**

La gestion des différents types de déchets et les principales techniques de traitement ou d'élimination à travers le monde .Ainsi le recyclage et la réutilisation des déchets dans le domaine des travaux publics.

Mais en Algérie, le processus d'industrialisation et de développement urbain du pays s'est effectué jusqu'à récemment sans que les précautions environnementales ne soient réellement prises en considération.[3].

### **1.3-1Définition et utilisation des déchets dans le génie civil :**

Un déchet est un matériau qui est rejetée après voir accompli un travail ou rempli une mission. C'est donc quelque chose devenue inutile, désormais de la poubelle, et qui n'a aucune valeur économique pour la plupart des personnes. Les résidus peuvent être éliminés (lorsqu'ils sont destinés à l'enfouissement dans les décharges ou à être enterrés) ou recyclés (obtenant ainsi un nouvel usage).Plusieurs définitions des déchets ont été proposées, ces

## Chapitre I: Recherche bibliographique

---

dernières années. Un point commun à ces définitions est la notion que les déchets sont des matières indésirables dont le producteur veut se débarrasser.

Selon l'article n°3 de la loi Algérienne n° 01-19 du 12 décembre 2001, " tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance, matériau, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer [17].

### **1.3-2 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;
- économiques : les produits ont une durée de vie limitée;
- écologiques : 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

### **1.3-3 Constitution chimique du déchet :**

Les déchets sont pour la plupart constitués des mêmes molécules chimiques que celles des produits d'origine. 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 [3]

### **1.3-4. Différents types de déchets :**

#### **1.3-4-1. Déchets ultimes :**

Sont des déchets qui ne sont plus valorisable, ni par recyclage, ni par valorisation énergétique.

#### **1.3-4-2. Déchets inertes :**

Déchet subissant aucune modification physique, chimique ou biologique importante ; ne se décompose pas, ne brûle pas, ne produit aucune réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradable et ne détériore pas d'autres matières avec lesquelles il entre en contact d'une

## Chapitre I: Recherche bibliographique

---

manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine.

Ces déchets sont admissibles dans les installations de stockage et proviennent essentiellement des chantiers de bâtiment et de travaux publics ou d'industries de fabrication de matériaux de construction.

Ce sont notamment les déchets suivants :

Les bétons, les tuiles et les céramiques, les briques, les déchets de verre, les terres, les enrobés bitumeux.[1].

### **1-3-4-3. Les déchets ménagers :**

Ce sont l'ensemble des déchets produits par les ménages. Ils présentent les déchets de tous les jours, jetés dans nos poubelles d'intérieur (cuisine, salle de bain, ... etc.) et présentés à la collecte en sacs de plastique ou destinés au tri (emballages ménagers en verre, plastique ou carton...). De plus, il ne s'agit pas seulement des déchets ménagers, mais aussi des déchets de jardins, des rémanents et des encombrants.

On appelle ordures ménagères tous déchets, résultant de l'activité domestique des ménages. Elles sont composées de déchets biodégradables formant la fraction fermentescible des ordures ménagères (F.F.O.M). Ce sont principalement les restes des aliments, les épluchures, les bouteilles et flacons, aérosols, boîtes de conserve, canettes, barquettes en aluminium, emballage en carton, papier aussi le verre et les ordures ménagères non valorisables.

### **1.3-4-4 Déchets assimilés :**

Les déchets ménagers et assimilés recouvrent les ordures ménagères (OM) qui proviennent des ménages et tous les déchets gérés comme tels par les collectivités locales (déchets des artisans ou commerçants).

### **1.3-4-5 Déchets verts :**

Déchets végétaux des parcs et jardins (gazon, branchages...).

### **1.3-4-6 Déchets organiques :**

Les termes suivants recouvrent la même notion : bio déchets ou déchets fermentescibles ou FFOM (fraction fermentescible des ordures ménagères).

Il s'agit de :

- déchets végétaux des parcs et jardins (déchets verts)
- déchets organiques de la cuisine (restes de repas, épluchures, papiers essuie-tout, papier journal, fleurs coupées, marc de café, filtres à café, sachets de thé, coquilles d'œufs, etc....)

## Chapitre I: Recherche bibliographique

---

- boues.

### **1.3-4-7 Déchets industriels banals (DIB) :**

Ils regroupent l'ensemble des déchets non dangereux produits par les industriels et par les entreprises du commerce, de l'artisanat, des services et de l'administration, de la métallurgie, la peinture, la chimie et la pétrochimie. Ce sont des déchets d'emballage, des déchets d'entretien et les matériels en fin de vie.

### **1.3-4-8 Déchets dangereux :**

#### **1.3-4-8-1 Déchets industriels spéciaux (DIS) :**

Ces déchets figurent en raison de leurs propriétés dangereuses, exemple : déchets contenant de l'arsenic, du plomb ; constitués de boues de peinture, d'hydrocarbures ; provenant de l'industrie pétrolière, etc.....[3].

#### **1.3-4-8-2 Déchets ménagers spéciaux (DMS) :**

Ce sont les déchets à risque contenus dans les déchets ménagers, tels que les aérosols, colles, détergents, détachants insecticides, peintures, piles, tubes néon, produits de nettoyage peut s'agir de ce qu'on appelle également les DTQS : déchets toxiques en quantité dispersé.[3].

### **1.3-5 Recyclage des déchets :**

#### **1.3-5-1 Définition :**

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.

Depuis les années 70, le recyclage est une activité importante de l'économie et des conditions de vie des pays développés.

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

- Réduire, qui regroupe tout ce qui concerne la réduction de la production de déchets,
- Réutiliser, qui regroupe les procédés permettant de donner à un produit usagé un nouvel usage.
- Recycler, qui désigne le procédé de traitement des déchets par recyclage.

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. [3].

### **1.3-6 Valorisation des déchets et sous produits dans le domaine des travaux publics :**

#### **1.3-6-1 Valorisation :**

Tout traitement où utilisation des déchets qui permet de leur trouver un débouché ayant une valeur économique positive. Le terme général valorisation englobe réemploi recyclage et réutilisation. Lorsqu'on souhaite inventorier toutes les possibilités de traitement qui peuvent être utilisées pour un déchet donné [22].

#### **1.3-6-2 Déchets de la construction/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 des dépôts favorise la pollution de l'environnement .Et puisque les réserves en granulats alluvionnaires vont s'épuiser, il est donc nécessaire de trouver un moyen pour valoriser ces produits et les réutiliser de nouveau comme granulats dans les bétons et les mortiers.

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.

De plus, les granulats de béton recyclé sont généralement plus absorbants et moins denses que les granulats ordinaires. La forme des particules est semblable à celle de la pierre concassée. Le béton fabriqué avec des granulats provenant du recyclage, présente généralement de bonnes qualités du maniabilité, durabilité et résistance à l'action du gel-dégel. La résistance en compression varie selon la résistance du béton initial et le rapport eau/liants du nouveau béton.

Le mortier fabriqué avec des sables provenant de déchets de briques, présente généralement de bonnes résistances à l'action du gel-dégel, à l'action du séchage et aux eaux usées [3].

#### **verre**

#### **1.4-1 Définition de verre :**

Le mot verre sert à désigner un matériau dur, fragile (cassant) et transparent. Le verre est 100% recyclable ,il est la seule matière minérale solide que l'on puisse produire à des dimensions et sous des formes quelconques tout en conservant sa transparence, ses propriétés physiques, chimiques, thermiques et acoustiques [5].

#### **1.4-2 Les différents types de verre:**

## Chapitre I: Recherche bibliographique

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, c'est-à-dire les produits verriers silico-sodo-calciques obtenus à la sortie du four, sans traitement ultérieur
- \* les produits de base spéciaux, c'est-à-dire les produits verriers (obtenus à la sortie du four sans traitement ultérieur) dont la composition diffère de celle du verre silico-sodo-calcique
- \* 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 [6].

### 1.4-3. Valorisations de poudre de verre dans génie civil

#### 1.4-3-1. 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. [4].



figure1.3 .poudre de verre



### 1.4-3-2. Valorisations de poudre de verre

L'éco conception et l'économie circulaire occupent (ÉEQ) une place de plus en plus centrale dans la vision stratégique d'ÉEQ. Ces deux termes s'appliquent particulièrement bien dans le cas du verre. ÉEQ a donc travaillé sur plusieurs projets vitrines avec du verre recyclé dans les dernières années afin de démontrer que la valorisation du verre apporte d'énormes bénéfices autant environnementaux, qu'économiques.[19]

### 1.4-3-3 Caractéristique physique et mécanique du verre :

La résistance du béton contenant le verre est particulièrement faible lorsque "un ciment à teneur alcaline élevée est utilisé. Une dilatation élevée est produite lorsque le verre est en contact avec du ciment à teneur alcaline élevée, ce qui explique la faible résistance des bétons à base de verre. Par exemple, pour une période de 12 mois, la dilatation d'un béton contenant du gravier est de 0,018 %, alors que celle d'un béton contenant du verre est d'environ 0,3 %. Aussi, le verre dans le béton peut conduire, en fonction de la taille des particules, à deux types de comportement aux conséquences complètement antagonistes : la réaction alcali-silice (RAS) entraînant des gonflements du béton, et la réaction pouzzolanique, améliorant les caractéristiques mécaniques et la durabilité du matériau. Ainsi, l'utilisation de granulats siliceux dans le béton entraîne une réaction alcali-silicate (RAS). Un gel expansif se forme à l'interface granulat mortier et entraîne par création de microfissures une fragilisation du matériau.

Le verre étant principalement composé de silice, le recyclage du verre dans le béton soulève ce problème. Si le verre est réduit en poudre il peut réagir avec la portlandite et former de nouveaux CSH ce qui est positif. Différents auteurs ont cherché la taille critique de granulat de verre au de là de laquelle la réaction Alcali silicate se produisait (RAS).

La couleur du verre est un indicateur du taux de silice. Analyse la composition du verre en fonction de la couleur (vert, marron et blanc par ordre de contenu en oxyde de silice croissant), et montre que le mortier à base de verre vert induit le moins de RAS. La résistance observée diminue avec le taux de remplacement. En effet montre que la résistance en compression en fonction du taux de remplacement décroît linéairement, l'expansion étant croissante en fonction l'âge et du taux de remplacement (quelque soit l'âge du béton pour un taux donné).

L'adhésion incomplète du verre à la pâte de ciment est aussi une cause de cette décroissance de la résistance.

## Chapitre I: Recherche bibliographique

Le verre de récupération peut aussi servir à la fabrication de granulats légers. La production des granules légers expansés d'une masse volumique de 525 kg/m<sup>3</sup> par pelletisation d'un mélange de verre de récupération broyé, d'argile et de silicate de sodium chauffé à une température de 850°C.

Le béton ainsi obtenu présente une résistance à la compression d'environ 17 MPa après une période de cure à la vapeur de 28 jours. Le verre récupéré est de composition variée et est souvent contaminé par la saleté ou d'autres substances qui doivent être éliminées.

Une fois broyé, le verre se présente sous forme de particules allongées et sa surface, tant des points de vue chimique que physique, le rend impropre à être utilisé comme granulats pour béton [7].

### 1.4-3-4 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. La capacité de recyclage de ces déchets est donnée dans le (tableau 4.4)[20].

**Tableau 1.1** : Tableau Capacité de recyclage :

Nature des déchets	Quantité en tonne/ an
<b>Papier</b>	385.000
<b>Plastique</b>	130.000
<b>Métaux</b>	100.000
<b>Verre</b>	50.000
<b>Matières diverses</b>	95.000
<b>Total</b>	760.000

### 1.4-3-5 Verre de récupération:

Des millions de tonnes de verre sont récupérées chaque année. En général, la résistance du béton contenant du verre est inférieure à celle du béton contenant du gravier. La résistance est particulièrement faible lorsque du ciment à teneur alcaline élevée est utilisé. Le verre de récupération réagit en présence de granules alcalins. Une dilatation élevée est produite lorsqu'il est en contact avec le ciment à teneur alcaline élevée, ce qui explique la faible résistance des bétons à base de verre. Par exemple, pour une période de 12 mois, la dilatation

## Chapitre I: Recherche bibliographique

---

du béton contenant du gravier est de 0,018%, alors que celle du béton contenant du verre est d'environ 0,3%.

Le verre de récupération peut aussi servir à la fabrication de granulats légers. La production des granules légers expansés d'une masse volumique de  $528 \text{ kg/m}^3$  par pelletisation d'un mélange de verre de récupération broyé, d'argile et de silicate de sodium chauffé à une température de  $850^\circ\text{C}$ . Le béton ainsi obtenu présente une résistance à la compression d'environ 17 MPa après une période de cure à la vapeur de 28 jours.

Le verre récupéré est de composition variée. Il est souvent contaminé par la saleté ou d'autres substances qui doivent être éliminées. Une fois broyé, le verre se présente sous forme de particules allongées. Sa surface tant des points de vue chimique que physique, le rend impropre à être utilisé comme granulats pour le béton. [22].

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté une étude bibliographique sur les mortiers, les déchets des verres et leurs valorisations d'une façon générale. Les différents types de déchets ont été illustrés en détail. Nous avons également donné une description sur les caractéristiques de déchets de verre et béton. Finalement nous avons terminé ce chapitre par les pouzzolanes car il a des points communs avec le verre et le sable.



**ChapitreII :**  
**Méthodes et**  
**Matériaux**



## **2 -1-Introduction :**

Ce chapitre décrit d'abord les propriétés mécaniques des composants du mortier i.e. déchet du béton, et le verre. En suite, il présente les principaux matériaux utilisés pour la confection des différents mélanges des mortiers.

Les essais d'identification des matériaux utilisés ont été réalisés au sein des laboratoires de génie civil d'université d'Ouargla et laboratoires de travaux publique du sud

## **2 -2-Méthodes et Matériaux :**

Les matériaux de construction sont des matériaux utilisés dans les secteurs de la construction : bâtiments et travaux publics (souvent désignés par le sigle BTP). Ils couvrent une vaste gamme des matériaux qui inclut principalement le bois ,le verre, l'acier, l'aluminium, les textiles, les matières plastiques (isolants notamment) et les matériaux issus de la transformation de produits de carrières, qui peuvent être plus ou moins élaborés (incluant le béton et divers dérivés de l'argile tels que briques, tuiles, carrelages et divers éléments sanitaires).

Pour des raisons d'économies ,écologiques ainsi que ~~et~~ climatiques, la tendance générale (qui touche aussi le génie civil) est d'économiser les ressources naturelles et énergétiques tout en limitant les émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, dans le cadre du développement d'une économie circulaire et d'une transition énergétique, de nouveaux matériaux alternatifs apparaissent (ou réapparaissent), incluant des matériaux recyclés ou intégrant des déchets industriels ou du BTP (démolition/déconstruction, avec notamment depuis quelques décennies le Gravier de Béton Recyclé ou GBR) et le Béton à contenu recyclé. Ces tendances pourraient bientôt bénéficier des apports de l'intelligence artificielle<sup>1</sup> et de matériaux dits « intelligents ».

### **Ciments [Annexe]**

Le ciment utilisé est un ciment disponible sur le marché fabriqué par la cimenterie de Ain-Touta (la cimenterie la plus proche de Ouargla). [8]

CPJ-CEM II /A 2.5 (PARTLAND) composé obtenu par le mélange finement broyé de clinker et d'ajouts.

Du sulfate de calcium est ajouté sous forme de gypse en tant que régulateur de prise.

NORME ALGERIENNE NA 442-2000 (CARRIEREBENBRAHIME)

\*Composition

Le ciment Portland composé CPJ-CEM II/A 42.5 est constitué de:

- 80 à 94% de clinker Portland.

- 6 à 20% maximum d'ajouts (calcaire pur).
- Constituants secondaires (0 à 5% sulfate de calcium comme régulateur de prise).

### **caractéristiques chimiques:**

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

### **caractéristiques physiques:**

- Début de prise  $\geq 60\text{mn}$
- Stabilité à chaud  $\leq 10\text{mm}$
- Retrait 28j  $\leq 1000\mu\text{m/m}$

### **Eau de gâchage**

L'eau utilisée pour les différentes gâchées de mortier est issue du robinet de laboratoire de béton du département de génie civil et hydraulique d'UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA. C'est eau propre et potable [10]

### **Sable:**

Les sables utilisés sont les sables appelés "sable normalisé". Les sables de bonne granulométrie doivent contenir des grains fins, moyens et gros. Les grains fins se disposent dans les interstices entre les gros grains pour combler les vides. Ils jouent un rôle important: ils réduisent les variations volumiques, les chaleurs dégagées. 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 [12].

Dans cette étude nous avons utilisé un sable alluvionnaire de classe granulaire (0/5) à couleur jaune.

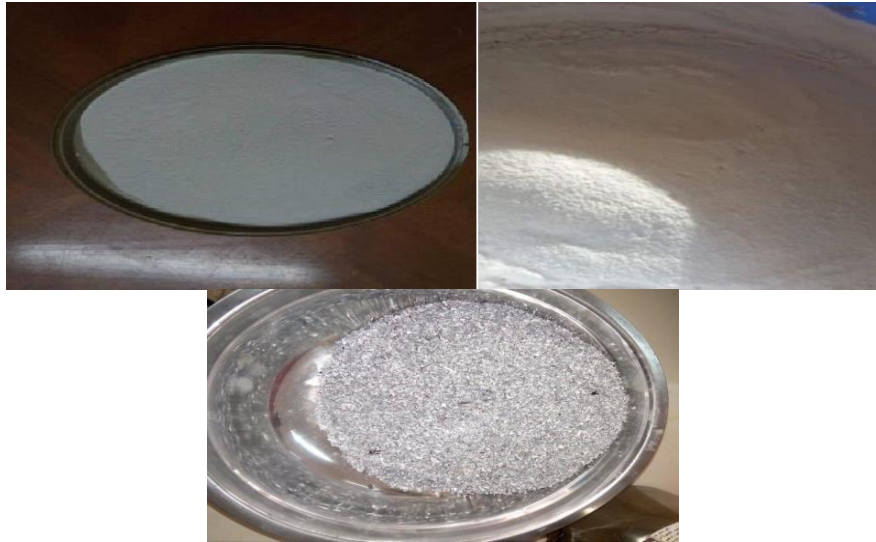
### **La poudre de verre:**

Le verre pilé est aujourd'hui principalement utilisé comme matériau à recycler en verre dans des bétons ou comme abrasif dans certains matériaux de sablage pour le décapage.

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  $SiO_2$  lui confère des propriétés pouzzolaniques en se combinant avec la chaux pour produire d'autres hydrates.

Les étapes nécessaires pour obtenir une poudre de verre sont :

- 1- Nettoyage
- 2- Concassage
- 3- Broyage
- 4- Tamisage par tamis 5 mm
- 5- Tamisage par tamis 0.08



**Photo 2.1** : poudre de verre

- **Matériau de construction ou de travaux publics:**

L'intégration de verre pilé dans la brique, le ciment ou d'autres matériaux de construction suscite depuis longtemps un intérêt de la part du monde industriel. Les principales raisons derrière sa est de diminuer les coûts d'élimination des déchets de verre et certaines préoccupations concernant le taux de recyclage du verre. Il doit cependant présenter certaines spécificités techniques.

Ce matériau étant considéré comme chimiquement inactif et contenant des quantités relativement importantes de silicium et de calcium. Il peut théoriquement remplacer des pouzzolane (selon son degré de broyage). Ce dernière peut être intégré (jusqu'à 100 % de l'agrégat) dans un ciment Portland, mais il dégrade dus à la résistance du béton (expansion, fissuration, moindre résistance à la compression, etc.), ce qui limite son usage.

Le verre pilé a été testé, et utilisé comme charge (en remplacement d'agrégats fins et grossiers pour éliminer des déchets de verre) ou comme élément décoratif (verre de couleur) dans le béton ou l'asphalte. La résistance aux chocs, au poinçonnement, au compactage diminuent avec la teneur du béton en verre.[22]

### **2.3.1- Equivalent de sable :NFP 18-598(octobre91)**

L'essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propreté d'un sable, et effectuer sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 2mm. Il prend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins, en exprimant un rapport, conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent.

La valeur de l'équivalent de sable (Es) est le rapport multiple par 100, de la hauteur de la partie sableuse sédimentée, à la hauteur totale du floculat et de la partie sableuse sédimentée.

**\*.Principe d'essai :**

Sédimentation du matériau dans une solution la vante

**\* Mode opératoire de la solution d'équivalent de sable (ES)**

-LES Réactifs :

.chlorure de calcium  $CaCl_2$

.Formaldéhyde40%

.Glycérine solution



.Eau distillée

**Mode opératoire :**

a) préparation de la solution de formaldéhyde à 40%

.peser 40g de formaldéhyde en poudre sec

.dissoudre dans 100ml de l'eau distillée

.agiter bien ,on obtient alors la solution formaldéhyde à 40%

b) les étapes:

.Peser 480g de glycérine dans un bécher de 1000 ml

. Ajouter 12 g de solution formaldéhyde

. Ajouter 111g de chlorure de calcium en poudre

. Agiter le mélange, puis compléter par l'eau distillée jusqu' à 1000ml

. Agiter une deuxième fois le mélange pour obtenir une solution de l'équivalons de sable (solution-ES-)

**-Mode opératoire d'essai**

\*Remplir les éprouvettes avec la solution lavant, jusqu'au premier trait (inférieur).

\*Verser la quantité de sable 120g et laissé au repos 10 min.

\*Boucher les éprouvettes et les agiter par des mouvements rectilignes horizontaux de 20 cm d'amplitude, 90 allés en 30 secondes (effectués de manière automatique par la Machine, si possible).

\*Laver et remplir les éprouvettes, avec le tube plongeur

\*Sortir le tube, fermer le robinet lorsque le niveau du liquide atteint le trait supérieur puis laisser reposer 20 min en évitant toute vibration. La tolérance sur le temps de repos est faible (plus ou moins 10 sec) car la hauteur du floculat dépend fortement de celui-ci.

\*Mesurer à vue les hauteurs h1 et h2. Procéder a la mesure a l'aide d'une règle la hauteur h1 du niveau supérieur du floculat et h2 à l'aide d'un piston descendu jusqu'a ce qu'il repose sur le sédiment.

$$ES = (h2/h1) 100 \%$$

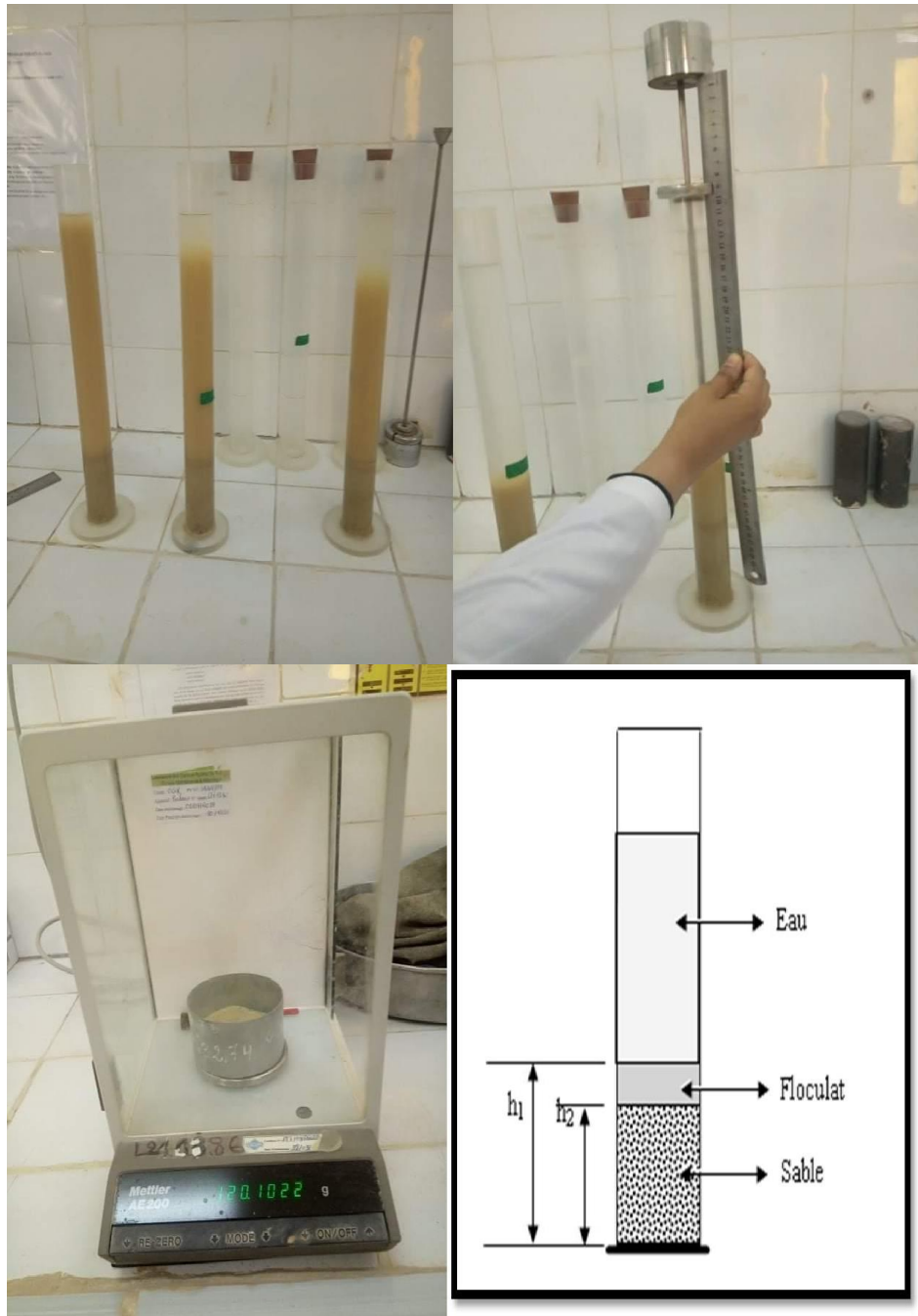


Photo 2.3 : Essai d'équivalente de sable.



**Photo 2.4 :** Essai d'équivalence de sable.

Es : Equivalent de sable (%) ;

h1 : Hauteur de sable (propre + éléments argileux) ;

h2 : Hauteur (sable propre seulement).

Es : 85 % (résultat obtenu)

A partir de l'essai équivalent sable ES, il est possible selon le résultat obtenu, de catégoriser le sable selon état de propreté (sa qualité) et donc d'en définir les possibles applications telles que montrées dans le tableau II.1.

**Tableau 2.1 :** Nature et qualité du sable selon les valeurs d'équivalent de sable

E.S à vue	E.S	Nature et qualité du sable
$E.S.V < 65$	$E.S < 60$	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement, problème d'adhérence, à rejeter pour les bétons de qualité.
$65 \leq E.S.V < 75$	$60 \leq E.S < 70$	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité courante quand on ne craint particulièrement pas le retrait.
$75 \leq E.S.V < 85$	$70 \leq E.S < 80$	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour des bétons de haute qualité (valeur optimale E.S = 75, E.S.V = 80).
$E.S.V \geq 85$	$E.S \geq 80$	Sable très propre : l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

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

### **La Masse Volumique :(NFP18-301)**

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

#### **-Définition**

La masse volumique d'un matériau est la masse de ce matériau par unité de volume. Son symbole est désigné par  $M_v$ , comme on distingue le volume absolu et le volume apparente.

### **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 de la particule ainsi que les vides entre particules.

La masse volumique apparente d'un matériau pourra avoir une valeur différente suivant qu'elle sera déterminée à partir d'un matériau compacté ou non compacté.

- ✓ Mode opératoire de l'essai

Prendre l'échantillon dans les deux mains.

- Verser l'échantillon toujours au centre du récipient, jusqu'à ce qu'il déborde tout autour en formant un cône, raser à la règle et Peser le contenu.
- Calculer la masse volumique apparente à partir de la formule suivante:

$$M_{app} = \frac{M_T - M_0}{V}$$

Avec :

- $M_0$ : La masse du récipient de mesure vide.
- $M_T$ : La masse du récipient avec l'échantillon.
- $V$  : le volume du récipient de mesure.[2]



**Photo 2.5 :** Essai de la masse volumique apparente

**Tableau 2.2 :** Résultat de la Masse volumique apparente

composition de sable	kg/m <sup>3</sup>
Sable de l'échantillon	1470

### Masses Volumiques Absolues :(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. Cette méthode est très simple et très rapide.

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

✓ Mode opératoire:

- On remplit une éprouvette graduée avec un volume  $V_1$  d'eau.
- On pèse un échantillon sec  $m$  de granulats (environ 300 g) et l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air.

En suit, on lit le nouveau volume  $V_2$ .

Le volume absolu est  $V = V_2 - V_1$

La masse volumique absolue est :

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

Où :

MV abs: Masse volumique absolue.

MS: Masse des grains solides

V1: volume de l'eau

V2: volume total (grains solides+ eau)



**Photo 2.6 :** Essai de la masse volumique absolue

**Tableau 2.3 :** Résultats de la masse volumique absolue

Composition de sable	kg/m <sup>3</sup>
Sable de l'échantillon	2730

**Analyse Granulométrique Par Tamisage (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.

Il existe cinq classes granulaires principales caractérisées par les dimensions extrêmes  $d$  et  $D$  des granulats rencontrés (Norme NFP18-101) Les fines 0/D avec  $D \leq 0,08$  mm,

- Les sables 0/D avec  $D \leq 6,3$ mm,
- Les gravillons  $d/D$  avec  $d \geq 2$  mm et  $D \leq 31,5$ mm,
- Les cailloux  $d/D$  avec  $d \geq 20$  mm et  $D \leq 80$ mm,
- Les graves  $d/D$  avec  $d \geq 6,3$  mm et  $D \leq 80$ mm,[22]

**.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].

**2-3-4 Module de finesse MF:**

Les sables doivent être présentés après la granulométrie pour que les éléments fins ne soient ni en excès, ni en trop faible proportion.

Le caractère plus ou moins fin d'un sable peut être quantifié par le calcul du module de finesse(MF).

Le module de finesse est d'autant plus petit que le granulat est riche en éléments fins.

Norme Française [NFP 18-540] Le module de finesse est égal au 1/100 e de la somme des refus cumulés exprimée en pour centrages sur les tamis de la série suivante : 0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 -5mm.

Lorsque MF 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 3.2 : le sable est un peu grossier. Il donnera des bétons résistants mais moins maniables.[22]

Le tableau suivant montre le résultat d'analyse granulométrique obtenue pour le sable utilisés

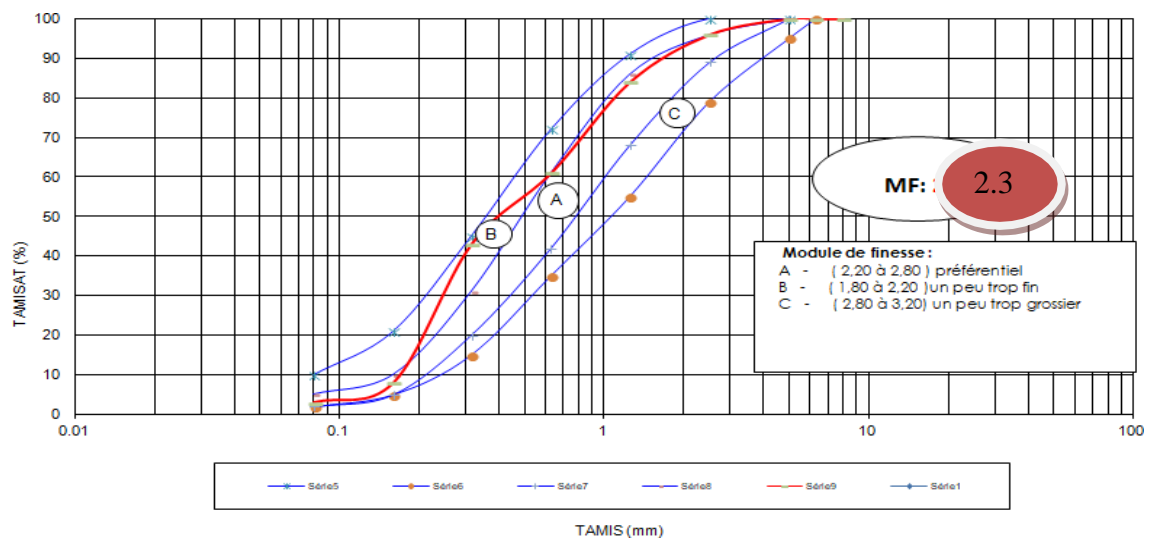
Tamis en (mm)	Refus cumulés Rn en (g)	Refus cumulés en(%)	Tamisât cumulés en (%)
5	10.22	1.022	<b>98.978</b>
2,5	31.19	3.119	<b>96.881</b>
1,25	125.62	12.562	<b>87.438</b>
0,63	403.68	40.368	<b>59.632</b>
0,315	828.70	82.870	<b>17.13</b>
0,16	938.41	93.841	<b>6.159</b>
0,08	993.11	93.34	<b>0.689</b>

**Tableau 2.4:**Résultats d'analyse granulométrique du sable alluvionnaire



**Photo 2.7 :** Essai d'analyse granulométrique

**MF=2.33[Annexe]**



**Photo 2.8 :** Courbe granulométrique sable alluvionnaire



### **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 normalisé. Ce sable est conditionné en sac plastique en dose de  $1350 \pm 5$  g.

#### **\*Matériel utilisé :**

- a)- Un malaxeur à deux vitesses : lente et rapide,
- b)- un jeu de tamis de : 0,063 – 0,08 – 0,100 – 0,125 – 0,160 – 0,200 – 0,25 – 0,315 – 0,40 – 0,50, 0,63 – 0,80 – 1,00 – 1,25 -1,6 – 2,00 mm, dans le cas où l'on désire reconstituer le sable normalisé
- c)- une balance précise au gramme, de portée au moins égale à 10 kg
- d)- des bacs

#### **\*Préparation du matériau :**

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

#### **\*Mode opératoire :**

Mélanger le sable normalisé avec le ciment à tester et l'eau dans les proportions suivantes :  $450 \pm 2$  g de ciment,  $1350 \pm 5$  g de sable normalisé et  $225 \pm 1$  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.

## Chapitre II: Méthodes et Matériaux

Ces opérations de malaxage sont récapitulées dans le tableau 1

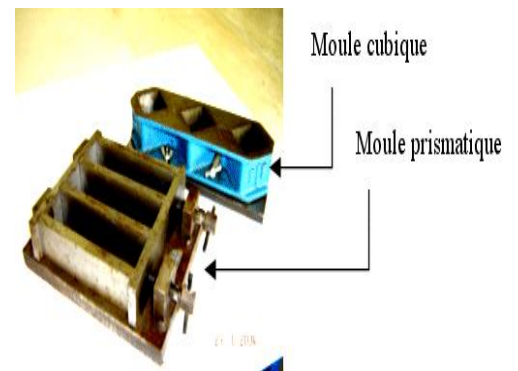
Opérations	Introduction de l'eau	Introduction du ciment		Introduction du sable	Introduction de la cuve		
Durée			30 s	30 s	15 s	1 min 15s	60 s
Etat du malaxeur	Arrêt		Vitesselente		Arrêt		Vitesser apide

**Tableau 2.5 :** Opérations de malaxage du mortier normal.

Le mortier prêt, le verser dans des moules prismatiques 4x4x16 cm. La mise en place est réalisée par vibration.[23]



**Photo 2.8.1 :** Malaxeur de mortier



**Photo .8.2 :** Moule pour moulage des éprouvettes de mortier

### Maniabilité NF P18-452 et NF P 15-437 (consistance de mortier):

- **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. Il convient donc de définir un mode opératoire susceptible d'apprécier cette consistance, qui est des essais définis par les normes NF P 18 - 452 et NF P 15-437.

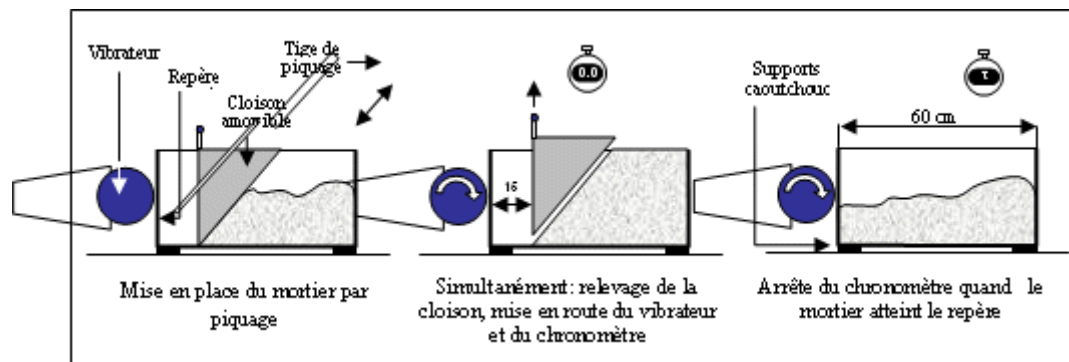
- **Principe de l'essai:**

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 B" (schématisé dans la figure ci-dessous). 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 par d'un vibreur et d'une cloison amovible.

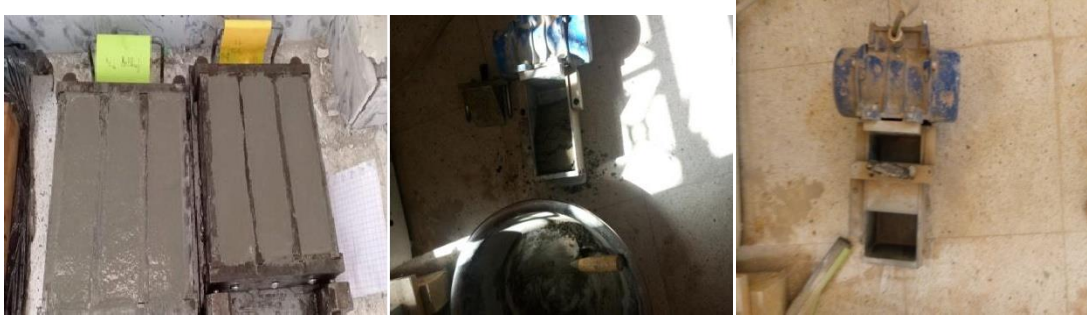
Un malaxeur normalisé est également requis pour la réalisation du mortier.



**Photo 2.9. : Principe de fonctionnement du maniabilimètre B**

- **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 mis 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).[22]



**Photo 2.10 :** Maniabilimètre de mortier et des moules

### Les compositions utilisées:

Dans notre travail, nous avons préparé environ 126(7\*6\*3) éprouvettes pour la caractérisation physique et mécanique des mortiers confectionnés en différent pourcentage de poudre de verre et de sable de déchet de béton.

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

**Tableau 2.6 :** Les pourcentages utilisés pour le mortier.

Sable naturel (SN) %	sable de déchet de verre (SV) %	Nomination
100	0	(SN)
70	10	(SB20-SV10)
70	20	(SB10-SV20)
50	25	(SB25-SV25)

### 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.
- 1/5 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.

**Tableau 2.7 :** Les compositions utilisées pour le mortier

compositions	SN(g)	SV(g)	C(g)	E(g)
<b>C01</b>	1500	0	500	240
<b>C02</b>	1050	150	500	240
<b>C03</b>	1050	300	500	240
<b>C04</b>	750	375	500	240

### **Malaxage du mortier:**

Le malaxage et la confection du mortier de verre sont effectués selon une méthode inspirée de la norme EN-196-1. Cette méthode est effectuée par l'imbibition des verres dans une quantité d'eau qui représente 10% de volume totale. On gâche l'échantillon pour une période de 5 min. Puis, on malaxe les agrégats (sable) avec une quantité d'eau (30%) pour une période de 30s.

Par la suite, on ajoute progressivement les verres humides en parallèle avec 30 % de l'eau de gâchage. Dans ce point, il est important de malaxer le mélange une période de 3 min afin de : (i) éviter l'absorption brusque d'une très grande quantité d'eau de gâchage ce qui gênerait l'opération de malaxage, et (ii) de faciliter la séparation des verres (pour éviter leur regroupement). Finalement, on ajoute le ciment et le reste de l'eau, et on continue le malaxage pour une période de 2 min et 30s.

### **Préparation et Conservation des Eprouvettes de Mortier de verre:**

La préparation des éprouvettes de mortier classique et le verre est effectuée selon une méthodologie inspirée de la norme EN196-1.

Après l'opération de malaxage, les moules (4X4X16 cm) sont remplis en deux couches, suivie d'une vibration à table vibrante (une période de 10 s) pour chaque couche.

Ensuite, les moules sont couverts par un morceau de plastique pour les conserver une période de 24h dans les conditions du laboratoire ( $T = 30 \pm 2$  °C; humidité relative (HR) de  $65 \pm 5$  %). Après ce processus, on effectue l'opération de démoulage.

Les éprouvettes de mortier classique et de verre sont conservées dans l'eau pendant 7 et 14 jours. Le reste à l'air libre jusqu'à la date de leur écrasement. En effet, des

études antérieures, ont montrées l'efficacité de ce type de traitement (7,14) sur l'amélioration des performances des bétons en climat chaud et sec.

### **Essais de maniabilité (consistance de mortier)**

Elle nous permis d'apprécier la fluidité d'un mortier qu'est l'objet des essais définis par les normes NF P18-452 et NF P 15-437.

#### **- 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.

#### **- L'appareil utilisé**

L'appareil utilisé est appelé maniabilimètre LCL .Il est consiste d'un boîtier parallélépipédique métallique (7.5cm× 7.5cm×15cm), posé sur des supports en caoutchouc . Il est également équipé d'un vibreur et muni d'une cloison amovible.

#### **- Conduite de l'essai**

Le mortier est introduit dans la partie la plus grande ,qui est délimitée par la cloison. Il est mis en place par piquage en quatre couches. Quatre 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.

**Tableau 2.8 : Type de mortier selon le temps de maniabilité**

<b>Classe de consistance</b>	<b>Durée (s)</b>
<b>Ferme</b>	<b><math>t \geq 40</math></b>
<b>Plastique</b>	<b><math>20 &lt; t \leq 30</math></b>
<b>Très plastique</b>	<b><math>10 &lt; t \leq 20</math></b>
<b>Fluide</b>	<b><math>t \leq 10</math></b>

#### **Préparation des éprouvettes:**

Les éprouvettes sont de forme prismatique 4cm x 4cm x 16cm. Elles doivent être moulées le plus vite possible après la confection du mortier.

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.

Le moule est enlevé de la table à choc, et après avoir retiré la hausse, on enlève l'excédent de mortier par arasage. La surface des éprouvettes est ensuite lissée.



**Photo 2.11 :** la table de choc et des moules.

### **Conservation des éprouvettes:**

Les éprouvettes doivent restées dans le moule et être protégées contre les chocs, les vibrations et les dessiccations pendant un minimum de 16h et un maximum de 3jours (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 14 jours à une température de  $20\text{ }^{\circ}\text{C} + 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ainsi dans une chambre à  $28\text{ }^{\circ}\text{C} + 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Photo 2.12 :** 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 de notre campagne expérimentale (études des propriétés physiques et mécaniques).



**Chapitre III :**  
**Résultats et**  
**Discussion**



### 3.1. Introduction

Après la caractérisation physique et chimique des matériaux utilisés Et l'effectuation de série d'expériences avec le nouveau lier .Ce chapitre étudie le comportement mécanique du béton de verre. La résistance à la compression, la résistance à la traction (à 7, 14 et

28 jours), et la capacité d'absorption d'eau ont été déterminées .De plus, nous examinerons également l'effet de la combinaison de déchets de verre sur les différentes propriétés physiques et mécaniques du mélange. Les résultats obtenus ont été comparés avec les résultats d'un mélange de verre pour évaluer l'efficacité des déchets de verre dans l'amélioration des performances de différents mortiers.

#### Essai destructif

#### 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 4cm x 4cm.

#### Résistance à la flexion

Placer le prisme dans le dispositif de flexion avec une face latérale de moulage sur les rouleaux d'appui et son axe longitudinal perpendiculaire à ceux-ci. Appliquer la charge verticalement par le rouleau de chargement sur la face latérale opposée du prisme et l'augmenter de 50 N/s  $\pm$  10 N/s, jusqu'à rupture.

Conserver les demi-prismes humides jusqu'au moment des essais en compression. La résistance en flexion (en N/mm<sup>2</sup>) est calculée au moyen de la formule :

$$R_f = \frac{1.5 F_f l}{b^3}$$

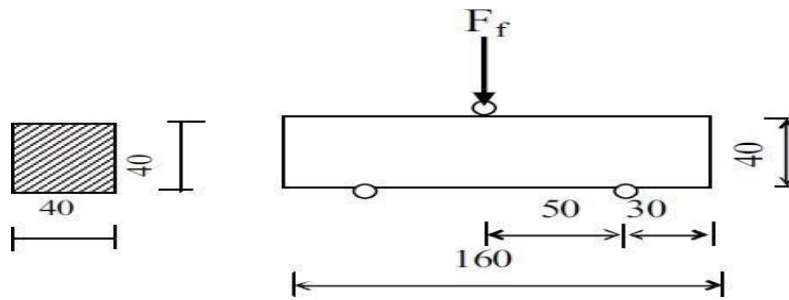
Avec :

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

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

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

$l$ : est la distance entre les appuis, en millimètre



**Figure 3.1 :** .essai de traction par flexion

- **La dénomination utilisée est la suivante:**

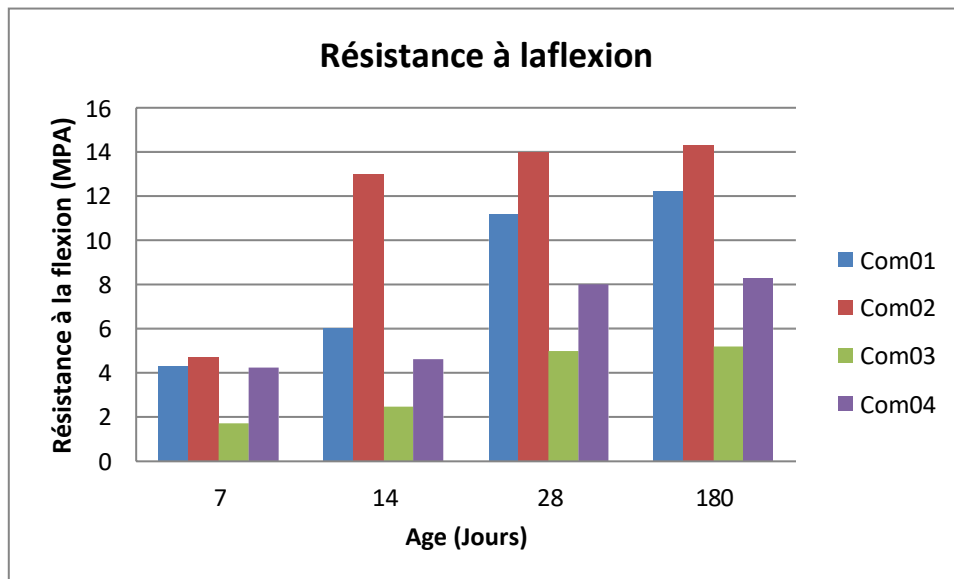
Com 01	composition 01
(SN)	Sable naturel
(SV)	sable de déchet de verre

**Tableau 3.1:** Composition- résistance Flexion- Compression

Composition	02/09/2020 Com 01 MT				02/09/2020 Com 02 SN=70%/SV=30%			
	7 jours	14 jours	28 jours	180 jours	7 jours	14 jours	28 jours	180 Jours
<b>Résistance Flexion (<math>\sigma</math>)MPA</b>	3.4	6.0	11.2	12.2	4.72	12.98	14	14.3
<b>Résistance Compression (<math>\sigma</math>)MPA</b>	12.1	15.6	29	30.6	17	19.4	35	35.3

Composition	02/09/2020 Com 03 SN=30%/SV=70%				02/09/2020 Com 04 SN=SV=50%			
	7 jours	14 jours	28 jours	180 jours	7 jours	14 jours	28 jours	180 Jours
<b>Résistance Flexion (<math>\sigma</math>)MPA</b>	1.72	2.47	5	5.2	4.24	4.61	8	8.3
<b>Résistance Compression (<math>\sigma</math>)MPA</b>	3.8	5	10	10.6	11.8	16.8	32	32.4

Les courbes de la figure 3.1 définissent la variation de la résistance à la flexion en fonction de l'âge



**Figure 3.2 :** Evolution de la résistance de flexion en fonction de l'âge des éprouvettes. La figure III.01 permet de dire que la résistance à la flexion augmente en fonction de l'âge pour toute l'éprouvette.

A partir des résultats obtenus ci-dessus, on peut remarquer que la résistance à la flexion pour les compositions du mortier com03 et com04 sont faibles par rapport au mortier témoin.

On peut également noter que, la résistance à la flexion pour la composition du mortier com02 est relativement supérieure d'ordre 22% par rapport au mortier témoin.

### Résistance à la compression

Pour calculer la résistance en compression il faut :

- Centrer chaque demi-prisme latéralement par rapport aux plateaux de la machine 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.

- Augmenter la charge avec une vitesse de  $2400 \text{ N/s} \pm 1200 \text{ N/s}$  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 (en  $\text{N/mm}^2$ ) est calculée au moyen de la formule :

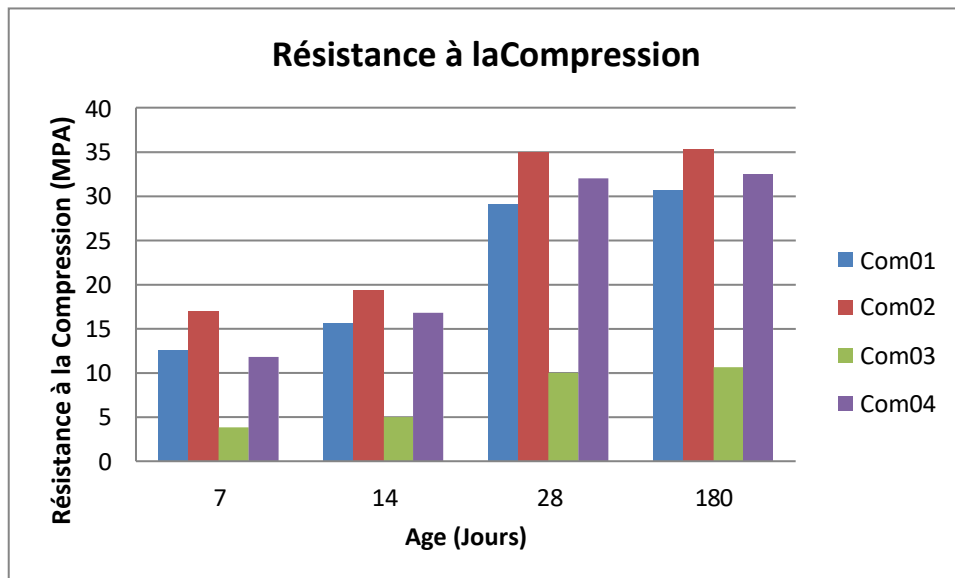
$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

## Chapitre III: Résultats et Discussion

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

Fc: est la charge maximale à la rupture, en newtons

Les courbes de figure 3.02 représentent la variation de résistance à la compression en fonction de l'âge pour les éprouvettes.



**Figure 3.3 :** La résistance à la compression en fonction de l'âge pour les éprouvettes

Comme le cas précédent de la résistance à la flexion nous remarquons que

Noter que la résistance à la compression augmente en fonction de l'âge pour tous les types de mortier. La résistance à la compression pour les compositions du mortier com03 et com04 est faible par rapport au mortier témoin. On peut également observer que la résistance à la compression pour la composition du mortier com02 est relativement supérieure, d'ordre 18% par rapport au mortier témoin.

### **Gonflements sur retraits et gonflements:**

Les retraits ont été mesurés sur des prismes 4 x 4 x 16 cm, munis de plots à leurs extrémités et conservés. La procédure de démoulage est effectuée dans une enceinte à 20°C et à 50 % d'humidité relative. Ce retrait progresse de manière logarithmique entre 1 et 28 jours.

En outre, le mortier prend son retrait plus rapidement que la pâte pure. Le rapport du retrait de la pâte pure sur le retrait du mortier augmente avec le temps. Il est de l'ordre de 1,5 à 2,5 les premiers jours, puis il accroît avec le temps 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).

Le gonflement des mortiers (qui se produisent lorsqu'ils sont conservés dans l'eau) se mesure sur les mêmes éprouvettes de 4 x 4 x 16 cm conservées dans l'eau à 20 °C. Ils sont en général assez faibles (cas de ciment stable ayant une expansion aux aiguilles de le châtelier inférieure sur pâte pure à 10 mm).



L'appareil de retrait

## **Conclusion**

L'effet des deux additifs (poudre de verre et sable) a été étudié et discuté à travers plusieurs essais sur le mortier. Les performances mécaniques des différents taux de remplacement pour chacun d'entre eux ont été analysées. Les conclusions tirées sont:

Après 180 jours, l'ajout de la poudre de verre augmente la résistance à la compression d'environ 14% et de 14% dans le cas de la résistance à la flexion, Cette nette amélioration est obtenue par l'éprouvette 2 dont le taux de la poudre de verre est de 12,5% et le sable naturel est de 87,5%.

Nous concluons également que:

L'addition de poudre de verre pour un (d'après le tableau présenté en page 33 ; le taux de la poudre de verre est de 10% et la poudre de béton est de 20% et le sable naturel est de 70% pour obtenir l'amélioration citée dans les performances du béton) a donné des résultats considérablement supérieurs par rapport à la formule témoin. L'amélioration des résistances mécaniques ont été 18% pour la compression 22% pour la flexion.

## **Conclusion générale**

---

## **Conclusion générale**

Les déchets industriels augmentent en raison du développement technologique et de l'augmentation de la population. Nous avons donc pensé de les valoriser dans un autre domaine pour les réduire. Les déchets de verre utilisés sont sous forme de poudre pour le but de l'associer au sable.

D'autre part, il convient de noter l'abondance de verre dans notre région, d'où la nécessité de prendre en compte l'intérêt mondial pour l'introduction du verre .

Nous avons préparé plusieurs mélanges (proportions différentes) pour étudier l'effet de l'additif (poudre de verre) sur les propriétés physiques et mécaniques du mortier.

On conclue que :

L'ajout de poudre de verre a donné résultats acceptables par rapport à la composition témoin, notamment la composition contenant 10 % de poudre de verre pour laquelle nous avons observé une nette amélioration de la maniabilité et la de la résistance mécanique du mortier résultant.

L'utilisation des déchets dans la fabrication de ciment peut donner un autre type de ciment de caractéristiques différentes ce qui influe sur la matrice cimentaire et la durabilité des ouvrages.

### **Perspectives :**

Cette étude suggère d'autres pistes d'investigations pour décortiquer les avantages de l'incorporation des matériaux recyclés comme la poudre des verres recyclés et les déchets des bétons recyclés et pour garantir ses performances tant dans les conditions de laboratoire que dans celles d'in-situ. À cet effet, cette étude propose de poursuivre des investigations futures :

- \* Etude approfondie sur la morphologie de la poudre des verres recyclés en y associant les déchets des bétons recyclés
- \* La valorisation des déchets du béton et du verre dans le domaine de génie civil.
- \* Etude de mortier à base de poudre de verre et des déchets du béton
- \* Etude des propriétés mécaniques et des retraits pour les mortiers.



## **Références Bibliographiques**

### Références Bibliographiques

- [1] 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 bougara –Boumerdas,2017
- [2] THABET R ;ZAMAKIF.« Etude des propriétés mécaniques des bétons de sable dedune renforcés par des déchets industriels »mémoire master Université de KasdiMerbah Ouargla ,2019
- [3] SAADANI S. « Comportement des béton a base de granulats recycles»mémoire magister Université deConstantine.2006
- [4] BOULIFA M ;DEBABI A.« Utilisation de poudre de verre dans le mortier » mémoire master Université de KasdiMerbah Ouargla,2017
- [5] <https://www.google.com/search>(Date 02/04/2020-h23:41).
- [6] 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
- [7] CléoLANEYRIE « Valorisation des déchets de chantier du BTP: comportement à haute température des bétons de granulats recyclés ». Génie civil. Université de Cergy Pontoise,Français.2014
- [8] BELFERRAG A. « valorisation des fibres métallique issues des déchet pneumatiques dans les bétons de sable da dune» mémoire magister .Université de Ouargla,2006.
- [9] BELKHIRI.H, DERRAGUI . « Contribution à l'étude des comportements mécaniques de mortier à base de sable de dune et fines siliceuses ».mémoire demaster. UniversitéZianeAchourdeDjelfa,2019
- [10] ALIA A ;BAKHMED A. «L'effet d'ajout des fibres métalliques sur les propriétés physico-mécanique des bétons de sable de dunes »mémoire master .Université Ouargla,2017
- [11] BOUFEDAH BADISSI A.«Influence de la granularité sur les caractéristique des granulats et sue la propriété béton ordinaire » mémoire magister Université de Constantine,2011
- [12] MAKHLOUF N. « Caractérisation en statique du comportement en traction directe du béton armé de fibres en copeaux » mémoire magister Université deTizi-Ouzou,2010

## Références Bibliographiques

---

[13] CHELABI H ; TALEB Z.« Amélioration des propriétés mécanique du plâtre de construction avec des déchets plastiques et verre »mémoire master ;Université de Bouira 2017

[14] ACHILI K. « Etude Poudre de verre dans le béton »mémoire master Université de Tizi-Ouzou,2017

[15] BOUREMA M.« Etude des caractéristiques d'un BHP à base de déchet de brique rouge à l'état frais et durci » mémoire master Université de Skikda,2015

[16] MOUSSACEB. Résumé de cours présenté par « Matière recyclage des matériaux de construction (RMC) » Université deBejaia

[17] 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 deTizi-Ouzou,2016

[18] BARKAT A.« valorisation des déchets de brique dans la réalisation des ouvrages en béton » mémoire magister Université deOuargla,2006

[19] ECO Entreprises Québec (ÉEQ) mémoire sur le mandat d'initiative -Les enjeux de recyclage et de valorisation locale du verre,2019

[20] Mohamed A ;Hamdani M.« valorisation des déchets en verre dans l'industrie des briques réfractaires » mémoire master Université de Saida,2012

[21] AMINA D. « performances d'un béton auto plaçant abase de granulats recycles, laitier et la pouzzolane naturelle» mémoire magister Université deBlida,2012

[22] <https://fr.wikipedia.org/wiki/verre-pilé#propriétés> (Date18/04/2020-h15:20).

[23] DELALDJA D.« Valorisation des déchets industriels dans la formulation des mortiers soumis à des températures élevées recycles » mémoire master Université de M'sila,2018

[24] <https://www.google.com/search> (Date 27/08/2020-h21:56).

**Annexe**

## CIMENT PORTLAND COMPOSE CPJ-CEM II/A 42.5



### NORME ALGERIENNE NA 442-2000

#### Notre ciment

L'activité principale de l'entreprise est la fabrication et la commercialisation du ciment portland composé CPJ CEM II/A 42.5. ECDE produit à la commande d'autres types de ciments tels que : Le CPJ CEM II/A 52.5 et le CPJ CEM II/A 32.5

#### Présentation

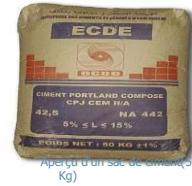
Le ciment CPJ-CEM II/A 42,5 est un ciment Portland composé obtenu par le mélange finement broyé de clinker et d'ajouts. Du sulfate de calcium est ajouté sous forme de gypse en tant que régulateur de prise.

#### Composition

Le ciment Portland composé CPJ-CEM II/A 42,5 est constitué de : 80 à 94% de clinker Portland, 6 à 20% maximum d'ajouts (calcaire pur). Constituants secondaires (0 à 5% sulfate de calcium comme régulateur de prise).

#### Spécification

Le CPJ-CEM II/A 42,5 de l'ECDE répond aux exigences de la norme NA 442-2000



#### CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

Ciment ECDE
$SO_3 \leq 2.00 \%$
$Cl \leq 0.08 \%$

#### CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

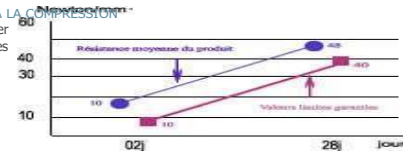
Norme NA 442	Ciment ECDE
Début de prise $\geq 60$ mn	Début de prise $> 60$ mn
Stabilité à chaud $\leq 10$ mm	Stabilité à chaud $< 7$ mm
Retrait 28j $\leq 1000 \mu\text{m/m}$	Retrait 28j $< 650 \mu\text{m/m}$

#### EVOLUTION DES RESISTANCES A LA COMPRESSION

Les résistances mécaniques à la compression, mesurées sur éprouvettes de mortier normal à 28 jours d'âge conformément à la norme NA 234 donnent les résultats suivants:

Limite inférieure (Li) :  $\geq 42.5$  Newtons/mm<sup>2</sup> Limite supérieure (Ls) :  $\leq 62.5$  Newtons/mm<sup>2</sup>  
Valeurs limites garanties:

A 02 jours d'âge : 10.0 Newtons/mm<sup>2</sup> A 28 jours d'âge : 40.0 Newtons/mm<sup>2</sup>



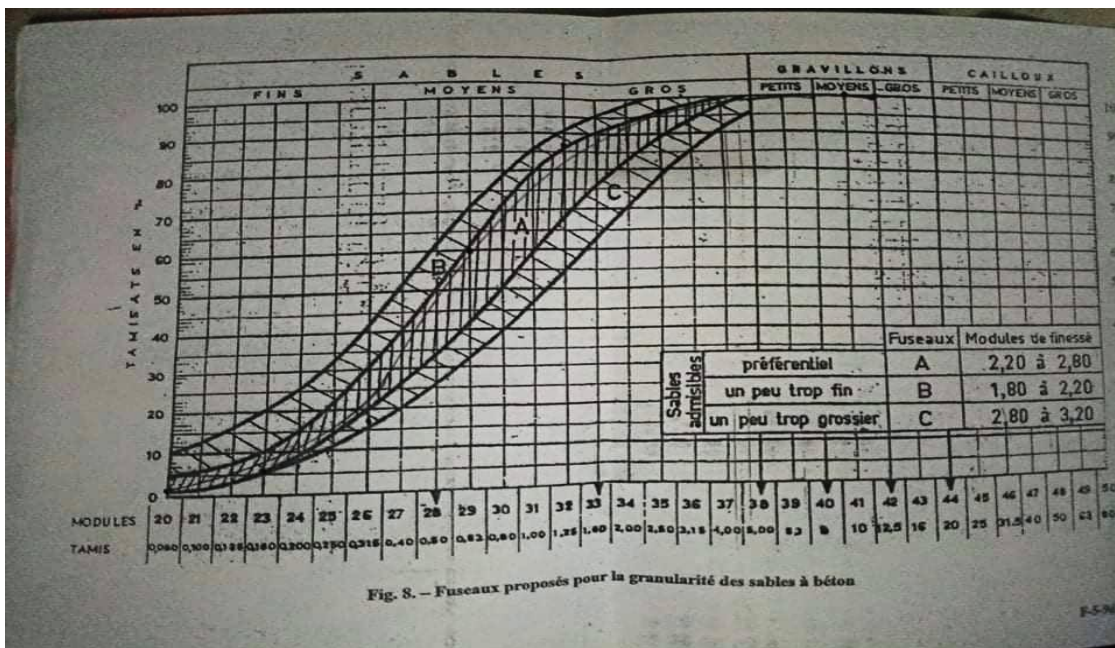
#### Domaine d'utilisation

- Béton courant (non armé ou faiblement armé: fondations, portées réduites, décoffrage différé). Produits préfabriqués en béton non armé (blocs, hour ...)
- Maçonnerie. Stabilisation des sols.
- Travaux en grande masse (barrages etc...) Béton routier.
- Béton fortement sollicité.

#### Précautions et recommandations pour l'emploi

- Il est recommandé de stocker le ciment dans les endroits étanches secs pour éviter l'hydratation du produit.
- Pendant le durcissement et en saison chaude, maintenir le béton humide en l'arrosant régulièrement ou en utilisant des produits de cure afin d'éviter la dessiccation des parties superficielles.
- Eviter les décoffrages prématurés pour préserver les résistances à long terme.
- Utiliser les agrégats propres (sable, gravier...).
- Respecter le dosage ciment - eau - agrégats.
- Utiliser tout moyen (vibreux ...) pour assurer une compacité maximale du béton, facteur important pour la garantie de résistance mécanique optimums.
- Eviter un surdosage de ciment qui provoquerait une tendance à la fissuration du béton et donc une perte de résistance.

www.ecde.dz



## Annexe

---



Photo 01: Presse de compression+L'appareil et le dispositif utilisés

## Annexe

---



Photo 02 : Conservation des éprouvettes dans l'eau+éprouvettes séchait

## Annexe

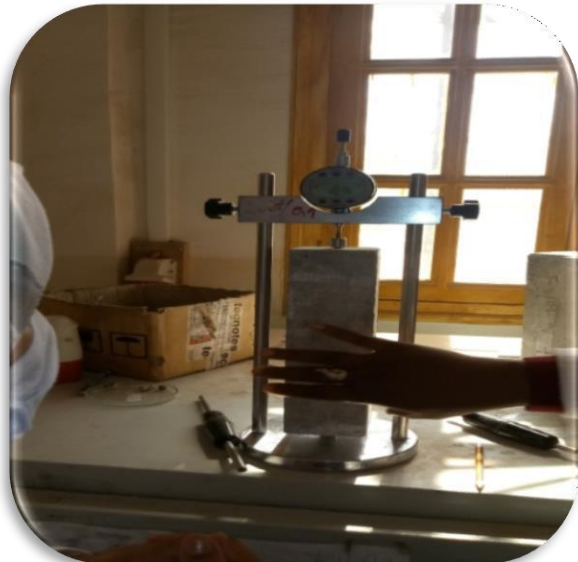
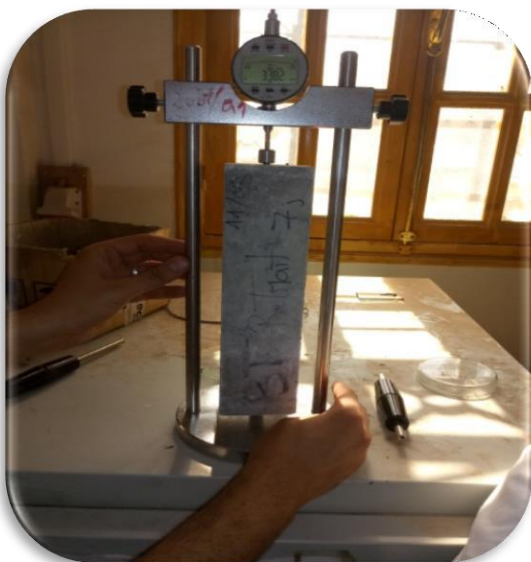


Photo 03: L'appareil de retrait



Photo 04: L'appareil de choc+ des éprouvettes