

# UNIVERSITE KASDI-MERBAH OUARGLA

Faculté des sciences appliquées  
Département de Génie mécanique



## Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de

## MASTER ACADEMIQUE

**Domaine** : Sciences et Technologies.

**Filière** : génie mécanique

**Spécialité** : fabrication mécanique et productique

### **Présenté par :**

BENHANIA HAMZA

GASMI YUCEF

### **Thème :**

Valorisation des déchets  
composites

### **Devant le jury :**

CHAIB Hachem MCA

BOUAKBA Mostapha

MEBARKI Abd elyamine

Professeur

MAA

Président

Encadreur

Examineur

**Année universitaire** : 2021/2022

Dédicace

*Je dédie ce mémoire*

*A ma chère maman*

*Pour sa patience, son amour, son soutien*

*Et son Encouragements.*

*A mon frère.*

*A mes amis et mes camarades.*

*Sans oublier tous les professeurs que ce soit du*

*Primaire, du moyen, du secondaire et de*

*L'enseignement supérieur.*

*Benhania hamza*

*Gasmi youcef*

## **Remerciement**

Avant tout, nous remercions **DIEU** tout puissant de nous avoir donné la force, le courage, la persistance et de nous avoir permis d'exploiter les moyens disponibles afin d'accomplir ce travail.

J'adresse, particulièrement, nos remerciements à notre promoteur de thèse

**Pr. Bouakba Mustapha** pour son soutien durant la réalisation de notre mémoire, ses explications et ses précieux conseils, sa patience tout au long de l'élaboration de ce modeste travail ainsi que ses connaissances bibliographiques qui nous ont beaucoup apporté.

Un grand merci à tous les enseignants et les responsables du département de génie mécanique pour leur soutien quotidien qu'on a trouvé toujours pour nous aider.

Nous exprimons notre gratitude à tout le personnel de la faculté des sciences appliquées et particulièrement monsieur le doyen.

Nous remercions les membres du jury d'avoir accepté de juger notre travail. Nous souhaitons également remercier toute nos familles et amis pour leur soutien et leur confiance.

Merci de m'avoir accompagnée dans cette aventure

## Sommaire :

Introduction générale .....	1
I.1. INTRODUCTION : .....	4
1.2- Les déchets : .....	4
1.3- Les verres : .....	5
1.4- Structure du verre : .....	5
1.4.1- Le verre en génie civil :.....	6
1.5- Avantages économique et techniques « du béton de verre : .....	6
1.5.1- L'avantage technique : .....	7
1.5.2- Avantages économiques : .....	7
1.6- Généralité sur le béton : .....	8
1.6.1- Les méthodes d'utilisation de verre dans le béton .....	8
1.6.2- Les études précédentes :.....	9
1.7. Les principaux constituants des BAP :.....	11
1.8. Le verre en tant qu'ajout cimentaire : .....	14
1.9- Propriétés essentielles d'un béton : .....	14
1.9.1- Propriétés du béton frais :.....	14
1.9.2- Propriétés du béton durci :.....	15
1.10- La masse volumique du béton frais :.....	15
1.10.1- Résistance à la compression :.....	15
<b>1.10.2- Résistance à la traction.....</b>	<b>17</b>
<b>1.10.2.1- Traction directe :.....</b>	<b>17</b>
1.10.2.2- Traction par fendage : (essai brésilien) .....	18
1.10.2.3- Traction par flexion :.....	18
<b>1.11- Caractéristique de résistance du béton : .....</b>	<b>18</b>
<b>1.11.1- Les différentes classes de béton :.....</b>	<b>19</b>
<b>1.11.2- Les différents types de béton :.....</b>	<b>19</b>
<b>II.1- INTRODUCTION : .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2- Origine de la production de déchets : .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3- Différents types de déchets : .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.1- Déchets ultimes :.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2- Déchets inertes :.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.3- Déchets assimilés :.....</b>	<b>24</b>

<b>2.3.4- Déchets verts :</b> .....	24
Déchets végétaux des parcs et jardins (gazon, branchages, jéride).....	24
<b>2.3.5- Déchets verre :</b> .....	24
<b>2.3.6-Déchets dangereux :</b> .....	25
<b>2.3 .7- Déchets non dangereux :</b> .....	26
<b>2.3.8- Déchets industriels banals (DIB) :</b> .....	26
<b>2.3.9-Les déchets d’emballages. :</b> .....	27
<b>2.4- Recyclage des déchets :</b> .....	28
<b>2.5- Procédés du recyclage:</b> .....	30
<b>2 .7- La chaîne du recyclage :</b> .....	31
<b>a. Collecte de déchets :</b> .....	31
<b>b. Transformation :</b> .....	31
<b>c. Commercialisation et consommation :</b> .....	31
<b>2.9- Méthodes de gestion des déchets :</b> .....	32
<b>2.9.1- L’enfouissement :</b> .....	32
<b>2.9.2- L’incinération :</b> .....	33
<b>2.9.3- La décharge contrôlée :</b> .....	33
<b>2.9.4- Le compostage.....</b>	34
<b>III.1 Introduction :</b> .....	35
<b>3.2.-Les agrégats de verre :</b> .....	35
<b>3.4-Essai de compression :</b> .....	37
<b>3.5-Résultats et discussion:</b> .....	38
<b>Conclusion Générale</b> .....	46

## **Listes des figures :**

Figure 1.1. déchets.....	4
Figure 1.2. Représentation schématique de la structure du verre de slice.....	6
Figure 1.3. les moules cylindriques cubiques et les éprouvettes pour mesurer .....	17
Figure 1.4. traction direct.....	18
Figure 1.5. mesure de la résistance à la traction par flexion.....	19
Figure 2.1. déchets de verres.....	23
Figure 2.2. compositions des déchets du bâtiment.....	25
Figure 2.3. incinération en plein air et usine d'incinération.....	25
Figure 2.4. composition des déchets du bâtiment.....	27
Figure 2.5. usine de recyclage des déchets.....	30
Figure 2.6. enfouissement des déchets .....	32
Figure 2.7. incinération en plein air et usine di cinération .....	33
Figure 2.8. photo d'une décharge contrôlée.....	34
Figure 3.1. matérielle utilisé dans l'élaboration de l'éprouvette.....	35
Figure 3.2. machine de compression .....	36
Figure 3.3. essai de compression .....	38
Figure 3.4.éprouvettes testé.....	39
Figure 3.5. courbe de la résistance à la rupture à 14 jours.....	41
Figure 3.6. histogramme de la résistance à la rupture 14 jours .....	41
Figure 3.7 courbe de la contrainte à la rupture à la 14 jours.....	42
Figure 3.8 histogramme de la contrainte à la rupture de à 14 jours.....	42
Figure 3.9.courbe de résistance à la rupture à 28 jours.....	43
Figure 3.10 histogramme de la résistance à la rupture à 28 jours.....	43
Figure 3.11 courbe de contrainte à la rupture à la 14 jours.....	44
Figure 3.12 histogramme de la contrainte à la rupture à 28 jours .....	44
Figure 3.13 courbe de la résistance à la rupture à 14 et 28 jours .....	45

**Figure 3.14 histogramme de la résistance à la rupture à 14 et 28 jours .....45**

**Listes des tableau :**

**Tableau 3.1 les différents types d'éprouvettes étudiés en poids .....37**

**Tableau 3.2 résultats obtenus d'essai de compression .....40**

## Résumé

Le verre est un matériau largement utilisé dans de nombreux domaines industriels et économiques, telle que la fabrication de pots et de miroirs ... etc. Et tout matériau fréquemment utilisé doit contenir des déchets, ces déchets doivent être éliminés Pour se débarrasser, il y a de grand dommages à l'environnement, comme les incendies des forêts, et pour éviter ces dommages, ils doivent être enfouis. Mais le processus d'enterrement est coûteux pour les grandes entreprises en raison des grandes quantités produites. Afin de réduire les coûts d'élimination de ces déchets et de préserver l'environnement, nous avons décidé de mener des études en ajoutant des déchets de verre comme renfort aux matériaux composites. Où nous avons ajouté du verre cassé au béton et étudié dans

## ملخص

لزجاج مادة كثيرة الاستعمال في العديد من المجالات الصناعية والاقتصادية, مثل صناعة الجرار والمرايا ...الخ. وكأي مادة تستخدم بكثرة يخلف تصنيعها نفايات يجب التخلص منها. لكن رميها يخلف أضرار كبيرة على البيئة كحرائق الغابات و غيرها, ولتجنب هذا الضرر يجب دفنها. لكن عملية الدفن مكلفة للشركات الكبيرة بسبب الكميات الكبيرة المنتجة. من أجل تقليل تكاليف دفن هذه البقايا والحفاظ على البيئة, قررنا إجراء دراسة متمثلة في مذكرة. موضوع هذه المذكرة هو دراسة الخصائص الميكانيكية للمواد المركبة بعد تقويتها ببقايا الزجاج المكسور



**INTRODUCTION**  
**GENERALE**

## Introduction générale

La plupart des pays en développement du monde sont confrontés à d'énormes problèmes de gestion de leurs déchets solides. L'élimination des déchets solides se pratique principalement par le déversement de déchets sur des sites ouverts (décharges) et l'incinération sans aucune forme de contrôle ou de restriction. Ces pratiques affectent l'environnement en polluant l'eau, l'air et la terre avec une grande répercussion sur la santé de la société.

L'avantage de l'utilisation des déchets de verre comme substitut des granulats naturels dans le béton offre une solution environnementale prometteuse au problème croissant d'une gestion efficace des déchets de verre à pays en développement. Le verre est un matériau indispensable à l'homme et l'un des plus anciens matériaux fabriqués par l'homme sur terre. En raison de ses propriétés, le verre peut prendre de nombreuses formes, notamment le verre plat, le verre à bulbe, le verre pour récipient ou en bouteille et le verre à tube cathodique (en plus d'être produit dans de nombreuses couleurs). Cependant, le verre a une durée de vie limitée à formes sous lesquelles il est produit [1]. De plus, sur la base des compositions chimiques, le verre peut être classé en différentes catégories, le type de verre le plus utilisé et le plus facilement disponible étant le verre sodé-calcique [2, 3]. Ces dernières années, la quantité de déchets de verre produits a augmenté progressivement en raison de l'utilisation croissante des produits verriers. Cela a conduit à d'immenses déchets de verre déversés dans des décharges ou des déchetteries [4]. De plus, l'Environmental Protection Agency des États-Unis (US EPA) a déclaré que 11,5 millions de tonnes de déchets de verre sont produites chaque année aux États-Unis [5]. D'où la nécessité de réutiliser ou de recycler les déchets de verre afin de prévenir les nuisances environnementales causées par le stockage ou le déversement des déchets de verre à décharges ou déchetteries. Contrairement aux autres déchets solides, le verre est considéré comme un matériau non biodégradable et constitue donc une menace pour l'environnement par une élimination sans discrimination. Le verre est théoriquement un matériau 100% recyclable, ce qui signifie que les déchets de verre peuvent être recyclés à l'infini sous forme de calcin dans la production de verre sans aucune perte de pureté et de qualité. Cependant, [6] ont rapporté qu'en comparant le recyclage du verre avec ceux d'autres déchets solides, le recyclage du verre se fait moins à pays en développement. En outre, une étude réalisée par [7] a déclaré que, bien que des efforts croissants aient été déployés ces derniers temps pour recycler les déchets de verre, plus de 50% des déchets de

verre collectés dans certaines parties du monde sont toujours éliminés dans des décharges. Aux États-Unis, par exemple, 11 480 milliers de tonnes de déchets de verre ont été générées en 2014 et seulement 26% ont été recyclées, le reste étant mis en décharge [5]. Certains des défis qui limitent son recyclage comprennent le mélange à la source de verres de couleurs différentes.

En outre, d'autres défis incluent le coût opérationnel et l'élimination des contaminants et des résidus du flux de verre usagé.

Les déchets de verre offrent des options alternatives égales en tant que matériau de remplacement pour les granulats conventionnels dans le béton et l'incorporation de déchets de verre granulaire concassé comme agrégats dans le béton profite non seulement à l'environnement mais réduit également le besoin d'extraire les matières premières. Plusieurs recherches ont été menées sur le recyclage et la réutilisation des déchets de verre comme substitut à l'utilisation d'agrégats naturels dans le béton.

Une étude de [8] a observé que la poudre de verre pouvait être utilisée comme substitut des granulats ou du ciment dans le béton jusqu'à 30% sans aucun effet négatif à long terme sur le béton. D'autres travaux ont fait le pourcentage de remplacement et la dimension du verre. Alors que ces pourcentages variaient entre 0% et 75% pour le sable et 0% à 50% pour le ciment.

Ce travail de mémoire comporte en plus d'une recherche bibliographique, un travail expérimental en compression à quels nous avons amélioré la résistance à la compression d'un matériau composite en ajoutant des déchets de verre. Ce travail est divisé en troisième chapitres :

Le premier chapitre est consacré à une recherche bibliographique, Nous aborderons dans ce chapitre des généralités sur les matériaux composite Introduction générale (définition, composition, domaines d'utilisation) ; à la fin de ce chapitre on a définis les déchets en générale et les déchets composite (déchets des matériaux composites)

Le deuxième chapitre est consacré à valorisation des déchets

Le troisième chapitre 'logicielle Excel, afin de vérifier les résultats du deuxième chapitre et validée les résultats empiriques.

On a conclu ce mémoire de fin d'étude avec une conclusion généralat.

# **CHAPITRE I**

## **Recherche bibliographique**

## **I.1. INTRODUCTION :**

Il existe différentes familles de matériaux : les métaux, les plastiques, les composites, etc.... Les matériaux composites ne sont pas une nouveauté, ils ont tous temps été utilisé par l'homme, citons par exemple le bois, le béton et le béton armé [9]. Ce chapitre est consacré à la présentation des différents constituants des matériaux composites.

## **1 .2-Les déchets :**

Dans le secteur des déchets, le rôle des définitions (et du vocabulaire) est particulièrement critique. Ainsi, selon la loi 01-19 du 12 décembre 2001, relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets le déchet est défini comme étant tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériaux, produit ou, plus généralement, tout objet, bien meuble dont le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer D'après, [10] « Les termes de "bien meuble" et "abandon" font appel à des notions de droit civil appartenant à la terminologie du droit des biens. Le terme "abandon" pourrait rattacher juridiquement le déchet "bien meuble" à la catégorie des "choses sans maîtres", choses volontairement délaissées par leur propriétaire. Cependant, la notion de détenteur et la définition de l'abandon renvoient implicitement à la responsabilité du producteur et/ou du détenteur de déchets. Aussi, derrière tout déchet surtout générateur de nuisances, se trouve une personne physique qui le produit ou le détient et qui en est responsable.



**Figure1.1 :Déchets**

### **1.3- Les verres :**

Le verre est un des plus anciens matériaux de l'humanité, on peut le trouver à l'état naturel dans certaines roches d'origine volcanique ou météorique. Sa fabrication par l'homme remonte à la plus haute antiquité, la date de naissance du verre n'est pas facile à fixer avec précision, car elle varie avec le degré de sévérité adopté pour définir le verre, d'après MOREY. Les plus anciennes pâtes vitreuses étaient connues depuis environ 1200 ans avant Jésus-Christ, le verre pur date de 7000 ans avant Jésus-Christ. Les verres ont été trouvés en Egypte et ils ont été probablement ramenés d'Asie [11].

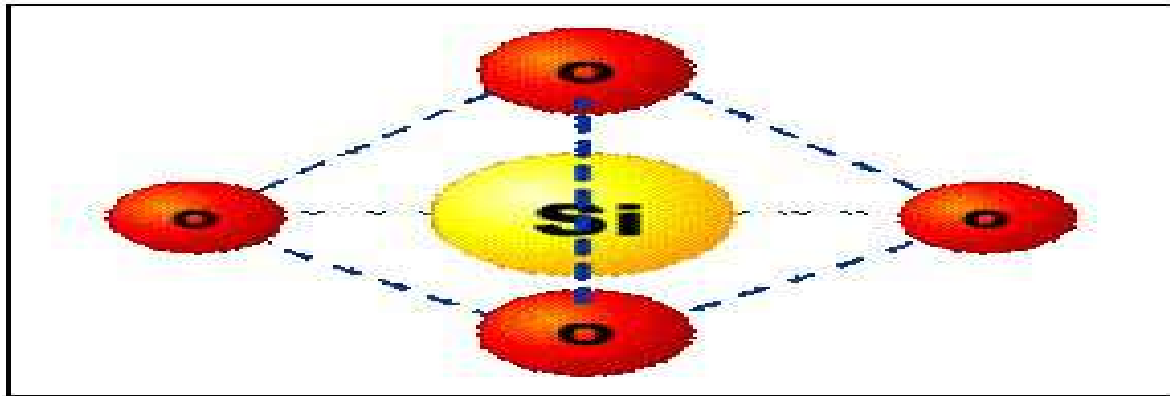
A l'occident, la fabrication du verre était dispersée sur des sites isolés après la chute de l'empire romain, mais elle était connue à Byzance et plus tard au moyen orient par les arabes. En l'année 1300, Venise devenait le lieu de la naissance de l'industrie du verre en Europe, le progrès à techniques du verre et ses applications par la suite était rapide [11].

Le début de l'industrie artisanale du verre qui correspondait à l'utilisation de soufflage se situe au début de notre 15<sup>ème</sup> siècle. Au 17<sup>ème</sup> siècle avec le développement des connaissances dans le domaine de l'optique, sont apparus les premiers instruments d'observations utilisant le verre (lunette télescope ...). L'industrie verrière pour la fabrication de bouteilles et de verres à vitres a commencée aux Etats Unis au début du 18<sup>ème</sup> siècle. En 1879, Monsieur Thomas Edison a inventé l'ampoule incandescente qui a changé les vies des millions de personnes tout autour du monde. C'est une application typique qui n'est possible sans l'utilisation de verre qui lui seul satisfait les propriétés nécessaires pour le fonctionnement : dureté, transparence, tenir le vide et résister aux températures élevées en même temps. Avec le progrès technologique, le champ d'application du verre n'a cessé de s'étendre surtout dans l'optique pour la fabrication des composants optiques tels que : les lentilles, les prismes, miroirs...etc. Son large spectre d'utilisation, la rendue indispensable dans des applications fines de haute précision. Pour cette raison il a été classé comme « matériau noble » par la communication scientifique [11].

### **1.4- Structure du verre :**

Dans tout solide, il existe entre les éléments constituant un certain arrangement qui détermine sa structure. Il en est ainsi pour le verre, les éléments constitutifs du verre de silice sont les tétraèdres  $\text{SiO}_4$  qui sont assemblés par les sommets par des ions  $\text{O}^{2-}$  figure (I.2).

Dans le cas de la structure cristalline (quartz) l'angle Si-O-Si est constant et égale à  $140^\circ$ , alors qu'il peut varier dans le cas de silice vitreuse autour d'une valeur moyenne de  $145^\circ$ . Cela suffit pour que le réseau de silice vitreuse soit désordonné.



**Figure 1. 2 :** Représentation schématique de la structure du verre de silice.

#### **1.4 .1- Le verre en génie civil :**

Le verre est employé couramment dans beaucoup de secteurs par les produits manufacturés tels que le verre à vitres, les bouteilles, la verrerie, et la tuyauterie de vide. Toutes expériences et essais avec le verre ont prouvé que c'est un matériel idéal pour la réutilisation ce qui va aider à économiser d'énergie. Une de ses contributions significatives est au champ de construction et génie civil où le verre a été réutilisé pour la production du béton.

#### **1.5- Avantages économique et techniques « du béton de verre :**

Beaucoup de recherches et d'études ont prouvé que le verre peut efficacement être employé comme un remplacement de granulats fins sans changement substantiel de force ce qui nous donne une bonne option en cours d'avoir le béton vert. L'incorporation du verre dans le secteur de construction est très avantageuse et utile.

### **1.5.1-L'avantage technique :**

➤ Ce type de béton léger fournit de faible densité ce qui réduit les charges à constructions, en plus la bonne conductivité thermique est l'une des caractéristiques qui aide à avoir des éléments d'enveloppe de bâtiment et d'isolation thermique efficace et durable.

➤ Le béton léger fait à partir des granulats de verre faits en incorporant ces granulats dans la matrice cimentaire possède un niveau dm 'absorption d'eau fondamentalement nulle. Ce type de béton est considéré l'un des matériaux les plus durables et avec l'emphase courante sur la longévité du béton à rendement élevé, il est seulement normal de compter sur ces ingrédients extrêmement durables.

➤ Bon remplissage des coffrages et enrobage des armatures adéquat sans vibration.

➤ Facilité de coulage dans des endroits confinés et/ou difficiles d'accès.

➤ Possibilité de confectionner des structures de géométrie complexe et/ou fortement ferraillées.

➤ Meilleures performances et durabilité grâce à leur grande compacité.

➤ Propriétés mécaniques analogues ou supérieures à celles du béton vibré.

➤ Amélioration des qualités esthétiques des parements et des surfaces.

➤ Mise en place aisée par pompage.

➤ Pour un certain nombre de raisons, les granulats en verre améliorent les propriétés d'écoulement du béton frais de sorte que des résistances très hautes puissent être obtenues même sans utilisation des super plastifiants.

➤ L'excellente dureté du verre donne le béton une résistance d'abrasion qui peut être atteint seulement avec peu d'agrégats en pierre normaux ou avec l'addition des fines métalliques.

### **1.5.2- Avantages économiques :**

➤ L'application de ce type de béton dans la construction réduit les coûts du bâtiment, décharge la construction et contribue de façon considérable dans le processus d'incorporer des matériaux de construction verts dans des projets de génie civil.



➤ La quantité de verre de rebut a graduellement augmentée au cours des années dues à une utilisation toujours croissante des produits de verre. La plupart des verres de rebut ont été vidées à emplacements de remblayage qui sont indésirables parce qu'ils ne sont pas biodégradables. En raison de ceci il y a un potentiel énorme pour l'usage du verre de rebut dans le secteur de construction.

➤ Le potentiel esthétique du verre offre de nombreuses nouvelles applications avec une grande amélioration au niveau du parement.

➤ L'utilisation du verre en béton ouvre un vaste marché afin de produire une variété de produits de spécialité ou dans des opérations de construction et bétonnage locales.

## **1.6- Généralité sur le béton :**

Le mot béton veut dire durcir. Il est introduit en 1753 dans la langue française et désigne un matériau composite utilisé largement dans le monde de la construction [12].

Il est constitué par des matériaux granulaires (sables, graviers) enrobés par un liant hydraulique comme par exemple le ciment ou le bitume. Nous traitons ici uniquement des bétons de ciment portland à base de calcaire. Le matériau béton se fabrique donc à partir d'éléments chimiquement actifs (ciments, additifs, adjuvants, eau) et d'éléments mécaniques (sables, gravillons, air) [13].

Le béton typique standard a une masse volumique variant de 2000 kg / m<sup>3</sup> à 2600 kg / m<sup>3</sup> pour une résistance variant de 15 à 80 MPA.

### **1.6.1- Les méthodes d'utilisation de verre dans le béton :**

On peut utiliser le verre dans le béton sous des formes suivantes :

a. **Poudre** : généralement utilisé comme substitution du ciment.

b. **Granulats** : utilisé pour remplacer complètement ou partiellement de sable ou gravier (agrégats).

c. **Fibre** : utilisé comme renfort.

### 1.6.2-Les études précédentes :

D'après des recherches, on a conclu les notes suivantes :

(Oluwarotimi M) [14] a indiqué que les déchets de verre recyclé ont été dosés en niveaux de 25, 50, 75 et 100% en poids pour remplacer le sable dans le béton en utilisant un rapport de mélange de 1 : 2 : 4 (ciment : sable : gravier) à un rapport E / C de 0,5 ciblant une force de 20 MPA à 28 jours. Des tests, qui incluent la fluorescence X (XRF), ont été effectués sur les déchets de verre et de ciment ; un essai d'affaissement a été effectué sur le béton fraîchement préparé à différents pourcentages de teneur en verre. Des essais de résistance à la compression et à la traction ont été effectués sur 60 échantillons après 14, 28 jours de durcissement. La microstructure du béton a été examinée au microscope électronique à balayage (MEB). Les résultats ont montré que l'ouvrabilité et la résistance mécanique du béton produit diminuaient avec l'augmentation de la teneur en verre usé. Cependant, le béton contenant 25% et 50% de déchets de verre a montré une amélioration significative de la résistance, mais il est recommandé que la teneur optimale en verre soit de 25% pour la production d'éco-béton durable.

(R. Hamid et M. A. Zubair) [15] ont constaté que les résistances à la compression des échantillons de béton avec du verre recyclé sont supérieures à celles des échantillons témoins à tous les âges de 7, 28, 56 et 90 jours. À 60 jours, le gain de résistance des échantillons de témoins ne montre aucun incrément significatif, mais les deux échantillons qui incluent du verre recyclé présentent toujours un incrément significatif de résistance. On constate que le verre recyclé donne de meilleurs résultats lorsqu'il est utilisé à une taille de 300 microns et moins. La force enregistrée du témoin, échantillon 2 et 3 à 90 jours est de 47, 61 et 55 MPa.

(M. Adaway et Y. Wang) [16] ont constaté que ce projet visait à déterminer le niveau de remplacement du verre résultant en une résistance optimale à la compression. Trois échantillons de béton ont été testés à 7 et 28 jours, pour des proportions de remplacement du verre de 15, 20, 25, 30 et 40%. La résistance à la compression s'est avérée augmenter jusqu'à un niveau de 30%, moment auquel la résistance développée était de 9% et 6% supérieure à celle du témoin après 7 et 28 jours respectivement. Cela démontre que le béton contenant jusqu'à 30% d'agrégats de verre fin présente un développement de résistance à la compression plus élevé que le béton traditionnel.

(Ali Mardani) [17] a constaté que la réduction maximale de la résistance a été observée à échantillons contenant 60% d'agrégats de verre recyclés. De plus, l'augmentation de la teneur en granulats de béton recyclé a entraîné une diminution de la valeur UPV et une augmentation de l'absorption d'eau, de la profondeur de pénétration de l'eau sous pression, de la pénétration des ions chlorure et de la sorptivité de l'eau du mélange de béton. Cependant, dans le mélange contenant des agrégats de verre recyclé, la valeur UPV a augmenté et les propriétés de transport ont été améliorées avec l'augmentation de la teneur en agrégats de verre recyclé. (Zain ab Z. Ismail & Enas A. AL-Hashmi) [18] ont constaté que les résultats ont prouvé 80% d'activité de résistance pouzzolanique donnée par les déchets de verre après 28 jours.

La résistance à la flexion et la résistance à la compression des échantillons contenant 20% de verre usé étaient respectivement de 10,99% et 4,23% supérieures à celles de l'échantillon témoin à 28 jours. Les tests des barres de mortier ont démontré que les déchets de verre finement broyés ont contribué à réduire l'expansion de 66% par rapport au mélange témoin.

(M. Mageswari & B. Vidivelli) [19] ont constaté que le sable naturel a été partiellement remplacé (10%, 20%, 30%, 40% et 50%) par SGP. La résistance à la compression, la résistance à la traction (cubes et cylindres) et la résistance à la flexion jusqu'à 180 jours d'âge ont été comparées à celles du béton fabriqué avec des granulats fins naturels. Le module de finesse, la gravité spécifique, la teneur en humidité, l'absorption d'eau, la densité apparente, le % de vides, le % de porosité (lâche et compact) pour le sable (S) et le SDA ont également été étudiés. Les résultats des tests indiquent qu'il est possible de fabriquer du béton contenant de la poudre de verre en feuille (SGP) avec des caractéristiques similaires à celles du béton de granulats de sable naturel à condition que le pourcentage de SGP sous forme de granulats fins soit limité à 10-20%, respectivement. (Mahmoud Nili) [20] a indiqué que le recyclage est la meilleure solution à la crise résultant des énormes volumes de déchets et comporte des avantages économiques et environnementaux. Dans le présent travail, des déchets de verre (WG) ont été utilisés pour remplacer partiellement les granulats fins jusqu'à 0, 10, 20 et 30%, tandis que les granulats de béton recyclé ont été utilisés comme remplacement pour les granulats grossiers à 0%, 20%, 35% et 50% (en poids d'agrégat grossier). Les résultats montrent que la présence de RCA et de WG à mélanges de béton a amélioré la résistance à la compression et la résistance électrique des échantillons. En outre, une réduction de la capacité d'absorption d'eau des échantillons RCA-WG a été atteinte. (W.K. Kupolati, W.T. Mbadie)

[21] ont constaté que le recyclage et la réutilisation des déchets restent une option majeure pour la réduction des déchets, préservant les ressources naturelles de l'épuisement et de la réduction des émissions de gaz à effet de serre contribuant ainsi à un environnement vert durable. Dans cette étude, l'accent a été mis sur la réutilisation des déchets de verre sodocalcique broyés en granulats grossiers comme substitut du granulats naturel grossier dans le béton normal. Les variables de cette étude sont des agrégats grossiers tandis que le rapport ciment, sable et eau-ciment est resté constant.

Le verre broyé a varié de 0 à 100% pour 25% en poids pour remplacer l'agrégat grossier dans le mélange de béton. Des mélanges de béton ont été préparés en utilisant une proportion de mélange de 1 : 2 : 4 (ciment : sable : granit) à un rapport eau-ciment de 0,5 visant une résistance nominale de 20 MPA. Des essais d'affaissement ont été effectués sur des mélanges de béton frais et des essais ont également été effectués sur un nombre total de 60 éprouvettes de cube en béton de taille 150 x 150 x 150 mm.

Et 60 éprouvettes de cylindre en béton de dimension 100 mm de diamètre sur 200 mm de hauteur après 3, 7, 28 et 90 jours de durcissement. Les résultats des tests d'affaissement montrent une diminution de l'ouvrabilité du béton à mesure que la teneur en verre augmente. Les résultats des tests ont également indiqué que la résistance à la compression et à la rupture du béton durci diminue avec l'augmentation de la teneur en verre usé par rapport au témoin. Cependant, le mélange de béton composé de 25% de déchets de verre se compare bien au contrôle et peut être adopté de manière appropriée pour la production de béton normal.

### **1.7. Les principaux constituants des BAP :**

Les constituants des BAP peuvent être assez différents de ceux des bétons ordinaires. Ils peuvent différer tant par leurs proportions que par leur choix, étant donné le mode de mise en place des BAP, il convient de porter une attention particulière au type de liant ainsi qu'à la granulométrie des gravillons si l'on désire obtenir de meilleures qualités de béton. Généralement, on peut diviser les constituants entrant dans la fabrication du BAP, selon leur utilisation, en trois catégories ; les matériaux de base (ciment, granulats et eau de gâchage), les additions minérales, ainsi que les adjuvants chimiques [22].

#### **a. Matériaux de base :**

Les granulats, le ciment et l'eau forment les éléments de base de tous types de béton. Ils sont qualifiés ainsi puisqu'ils sont historiquement les seuls constituants des bétons de nos ancêtres et parce qu'ils ont toujours les plus grosses proportions relatives dans le mélange de BAP.

#### ▪ **Les granulats :**

Les granulats roulés ou concassés peuvent en principe être utilisés. Afin d'empêcher tout risque de blocage du BAP par les barres d'armature lors du coulage, on limite en général le diamètre maximal des granulats à 16 mm. Le mélange pour béton (granularité) est caractérisé par une teneur élevée en sable et en éléments fins. Le passant au tamis de 2 mm devrait être idéalement compris entre 38 et 42%. De même, la proportion de farines ( $< 0,125$  mm) ne devrait pas être trop faible, l'optimum étant situé entre 4 et 8%. Le choix d'une granularité continue appropriée est très important, étant donné la forte incidence du volume des vides sur la quantité nécessaire de pâte de ciment. Afin d'assurer une bonne stabilité du BAP (éviter toute ségrégation), il est recommandé de choisir un sable spécialement optimisé, au besoin recomposé. Partir de plusieurs fractions [23].

#### ▪ **Le ciment :**

En principe, tous les types normalisés de ciment conviennent pour la fabrication de BAP. Cependant, l'utilisation du ciment portland (contenant seulement le clinker) nous donne toute latitude pour varier et contrôler les quantités introduites des additions minérales.

#### ▪ **L'eau de gâchage :**

Toute eau du réseau public d'eau potable convient pour la fabrication de béton Auto plaçant. Étant donné que le dosage en eau influence de manière considérable la viscosité et la capacité d'autoplaçant du béton, il est indispensable de s'écarter le moins possible de la valeur planifiée. Il est ainsi très important de mesurer et de prendre en compte l'humidité des granulats et tout spécialement du sable. Cas échéant, on tiendra également compte de la teneur en eau des adjuvants.

#### **b. Additions minérales :**

Les BAP sont caractérisés par une fluidité importante et surtout une diminution de la ségrégation et du ressuage (par rapport au béton vibré).

Pour obtenir ces propriétés et pour un meilleur arrangement granulaire, on ajoute de fortes teneurs en additions minérales. Nous présentons ci-dessous les différentes additions minérales éventuelles qu'on peut incorporer à compositions des BAP :

1. Les fillers calcaires
2. Les pouzzolanes naturelles
3. Le laitier de haut fourneau
4. La fumée de silice
5. Les cendres volantes, ...

### **c. Adjuvants chimiques :**

#### **▪ Les superplastifiants :**

Ce sont des réducteurs d'eau à haute efficacité, et se présentent généralement sous forme de liquide. Ils sont composés de longues molécules organiques de masse élevée.

Le mode d'action des superplastifiants est extrêmement complexe. Il peut être expliqué comme suit :

Lorsqu'ils sont en contact avec un milieu aussi polaire que l'eau, les grains de ciment tendent à s'agglomérer sous forme d'amas (floculation). Par conséquent, cette floculation piège un certain volume d'eau entre les grains de ciment (eau captive) qui n'est plus disponible pour assurer une bonne maniabilité au béton.

Les superplastifiants en s'adsorbant à la surface des grains de ciment brisent cette dynamique. Ils neutralisent les différentes charges et donnent la même charge électrostatique à chaque grain de ciment. Ces charges de même signe vont créer des forces répulsives entre les particules et, par conséquent, la dispersion des grains du ciment et libère l'eau qui est maintenant disponible à la lubrification du mélange d'où l'augmentation de la maniabilité [24].

## **1.8. Le verre en tant qu'ajout cimentaire :**

Le verre est un matériau amorphe dont le constituant majoritaire est la silice (50-80 %). Ce caractère amorphe lui permet de développer des propriétés pouzzolaniques intéressantes, lorsqu'il est réduit en poudre, permettant son utilisation comme ajout cimentaire au même titre que les ajouts cimentaires classiques tels que les cendres volantes. Que l'indice de réfraction sans trop augmenter l'aberration chromatique du verre de la dalle des tubes cathodes que l'on retrouve à postes téléviseurs, les écrans d'ordinateur, etc. L'ajout du plomb dans ce type de verre permet également une bonne protection contre les rayons X.

## **1.9- Propriétés essentielles d'un béton :**

Le béton est un matériau composite qui fait partie de notre cadre de vie. Il a mérité sa place par ces caractéristiques de résistance, ses propriétés en matière thermique, sa résistance au feu, son isolation phonique, sa durabilité, ainsi que par la diversité qu'il permet à formes, les teintes et les textures. Pour utiliser au mieux le béton, il faut bien connaître ses propriétés à l'état frais et à l'état durci[25].

### **I-9-1- Propriétés du béton frais :**

La propriété essentielle du béton frais est son ouvrabilité qui est la facilité offerte à la mise en œuvre du béton pour le remplissage parfait du coffrage et l'enrobage complet du ferrailage. L'ouvrabilité doit être telle que le béton soit maniable et qu'il conserve son homogénéité. Elle est caractérisée par une grandeur représentative de la consistance du béton frais. Dans le cas de béton ordinaire elle est principalement influencée par :

- La nature et le dosage du liant.
- La forme des granulats.
- La granularité et la granulométrie.
- Le dosage en eau.

L'ouvrabilité peut s'apprécier de diverses façons et en particulier par des mesures de plasticité. Il existe de nombreux essais et tests divers permettant la mesure de certaines caractéristiques dont dépend l'ouvrabilité.

### 1.9.2- Propriétés du béton durci :

Lorsque le béton a durci, sa forme ne peut plus être modifiée mais ses caractéristiques continuent d'évoluer pendant de nombreux mois, voire des années.

- La compacité d'un béton (ou sa faible porosité) est un avantage déterminant pour sa durabilité.

- Une bonne résistance à la compression est la performance souvent recherchée pour le béton durci

- Les phénomènes de retrait sont une caractéristique prévisible dans l'évolution du béton.

- Les caractéristiques de déformations sous charge du béton sont connues et peuvent être mesurées.

### 1.10-La masse volumique du béton frais :

On mesure la masse volumique du béton frais à l'aide d'un récipient étanche à l'eau et suffisamment rigide. Le béton est mis en place dans le récipient et vibré à l'aide d'une aiguille vibrante, une table vibrante ou un serrage manuel en utilisant une barre ou tige de piquage, après un arasement approprié. Le récipient et son contenu doivent être pesés afin de déterminer la masse volumique qui sera calculée en utilisant la formule suivante :

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

**D:** est la masse volumique du béton frais (kg/m<sup>3</sup>)

**m<sub>1</sub>:** est la masse du récipient (kg).

**m<sub>2</sub>:** est la masse du récipient plus la masse du béton contenu dans le récipient (kg).

**V:** est le volume du récipient en mètre cube (m<sup>3</sup>) La masse volumique du béton est arrondie aux 10 kg/m<sup>3</sup> les plus proches.[26]

#### 1.10.1- Résistance à la compression :

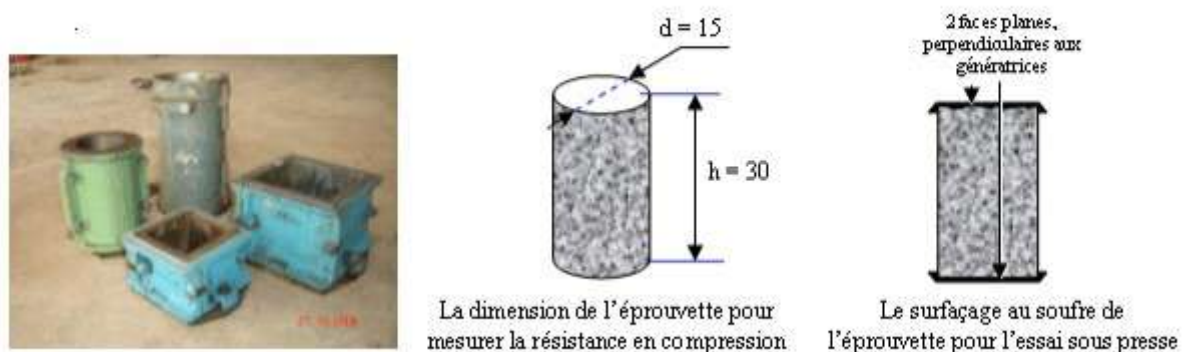
Parmi toutes les sollicitations mécaniques, la résistance du béton en compression uniaxiale a été la plus étudiée, vraisemblablement parce qu'elle projette généralement une image globale de la qualité d'un béton, puisqu'elle est directement liée à la structure de la pâte de ciment hydratée. De plus, la résistance du béton en compression est presque invariablement



l'élément clé lors de la conception des structures en béton et lors de l'établissement des spécifications de conformité.

La résistance en compression à **28** jours est désignée par  $f_{c28}$ . Elle se mesure par compression axiale de cylindres droits de révolution et d'une hauteur double de leur diamètre. Le cylindre le plus couramment employé est le cylindre de 16 (d = 15,96 cm) dont la section est de 200 cm<sup>2</sup>. La normalisation européenne indique comme dimension des cylindres **d = 15** cm de **H = 30** cm. Elle varie suivant la taille des éprouvettes essayées. Plus celles-ci sont petites et plus les résistances sont élevées.

La résistance sur cylindre d'élanement 2 (par exemple diamètre de 16 cm, hauteur de 32 cm) est plus faible de l'ordre de 20% que la résistance sur cubes de 20 cm (Figure I.12).



**Figure 1.3:** Les moules cylindriques, cubiques et les éprouvettes pour mesurer la résistance en compression.

Un béton est défini par la valeur de sa résistance caractéristique à la compression à 28 jours,  $f_{c28}$ . La résistance à la compression du béton est mesurée par la charge conduisant à l'écrasement par compression axiale d'une éprouvette cylindrique 16 cm de diamètre et de 32 cm de hauteur. Les éprouvettes sont chargées jusqu'à rupture dans une machine pour essai de compression, La charge maximale atteinte est enregistrée et la résistance en compression calculée. La résistance à la compression est donnée par l'équation suivant:

$$FC = F/AC$$

Où :

-**FC** : résistance en compression, exprimée en méga pascal (Newton par millimètres carrés).

- **F** : charge maximale, exprimée en Newtons.

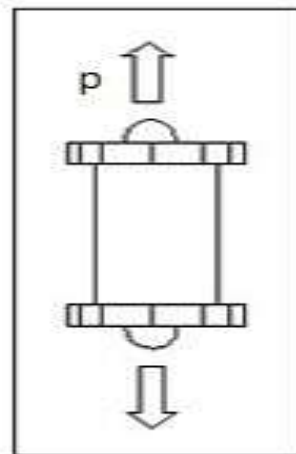
-**AC** : l'aire de la section de l'éprouvette sur laquelle la force de compression est appliquée, calculée à partir de la dimension nominale de l'éprouvette.

## 1.10.2- Résistance à la traction

### 1.10.2.1- Traction directe :

C'est un essai très délicat à réaliser car il consiste en la mise en traction du cylindré de béton après collage des têtes de traction sur les deux faces. La difficulté rencontrée est le centrage de ces têtes. L'opération doit être réalisée sans efforts de flexion [27].

La résistance à la compression doit être exprimée à 0,5 MPA.



**Figure 1.4:** traction directe.

### 1.10.2.2- Traction par fendage : (essai brésilien)

L'essai consiste à écraser un cylindre de béton placé suivant deux génératrices opposées entre les deux plateaux de la presse. Si « p » est la charge de compression maximale entraînant l'éclatement du cylindre, « D » le diamètre nominal de l'éprouvette et « L » la longueur du cylindre, la résistance en traction par fendage est donnée par l'équation suivante (N/mm<sup>2</sup>) près.

### 1.10.2.3-Traction par flexion :

Cet essai très utilisé permet de simuler le type de sollicitation le plus courant à éléments des ouvrages (fig.1.7). Les éprouvettes utilisées pour ce type d'essai sont propre uniquement aux mortiers, elles sont prismatiques de dimensions 7x7x28 cm. La résistance à la traction par flexion est obtenue par l'application de la formule de résistance des matériaux suivante :

$$f_{ct} = \frac{M}{a^2} \text{ et la relation du moment de flexion s'écrit } MF = F \cdot L/4 : aI$$

Où F : Charge de rupture, L : Portée, I : Inertie de flexion et a : Côté du prisme [28].



**Figure 1.5:** Mesure de la résistance à la traction par flexion.

### 1.11- Caractéristique de résistance du béton :

La résistance mécanique du béton est évolutive, elle augmente beaucoup au cours du premier mois après coulage. On considère que cette valeur est stable et quasi-maximale à 28 jours. De plus le béton subit en générale un certain nombre de traitements chimiques après son séchage selon son utilisation, les contraintes et les intempéries auxquelles il devra faire face. Ces traitements influent sur ses valeurs de résistance. La résistance des bétons dépend en grande partie du type de sollicitation auxquels ils sont soumis. Les bétons ont de très bonnes valeurs de résistance à la compression de l'ordre en générale de 20MPa à 40MPa mais cela peut être multiplié par dix pour certain type de béton à usage bien spécialisé. La résistance en traction est plutôt une des grandes faiblesses du béton et n'est égale qu'à 10% à 15% de la résistance en compression. La résistance en flexion est usuellement définie par une valeur légèrement inférieure à la racine carrée de la résistance en compression. La résistance en torsion du béton dépend d'une autre valeur appelée le module de rupture et de la dimension de l'élément. La résistance en cisaillement du béton est d'environ 5% de la résistance en compression. Le module de Young pour le béton standard va de 15 000 Pa à 42 000 Pa. Pour les autres types de béton, il augmente avec la valeur de la résistance à la compression [29].

### **1.11.1-Les différentes classes de béton :**

- Bétons ordinaires: (BO) Entre 20 ET 50 MPA.
- Bétons Haute performance : (BHP) Entre 50 et 100 MPA.
- Bétons à ultra haute performance (BFUHP) 150 MPA.
- Bétons expérimentaux 600 MPA.

### **1.11.2- Les différents types de béton :**

- Béton a prise lente (avec retardateur de prise).
- Béton a prise rapide (avec accélérateurs de prise).
- Béton auto plaçant (avec fluidifiant).
- Bétons avec entraîneurs d'air.



**CHAPITRE II**  
**VALORISATION DES**  
**DECHETS**

## II.1- INTRODUCTION :

La question touchant à la gestion des déchets a commencé à se poser de manière préoccupante avec le développement et la gestion de l'environnement urbain. Le volume de déchets s'amplifie de façon préoccupante. Leur caractère hétérogène et leurs effets sur la santé humaine et le développement durable rend plus complexe le choix d'une filière de traitement la mieux adaptée et la plus viable possible. Aujourd'hui comme les villes des pays en développement en général, celles de l'Algérie font partie des villes où la problématique de la gestion de l'environnement est pertinente.

Un déchet est défini comme " Tout résidu d'un processus de production, de transformation, ou d'utilisation, toute substance, matériau produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon et qui sont de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, à dégrader les sites ou les paysages, à polluer l'air ou les eaux, à engendrer des bruits ou des odeurs. D'une façon générale, à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement [1].

Parmi les différents modes de gestion des déchets, le recyclage tient une place toute particulière ; considéré par les uns comme la voie royale de la valorisation des déchets, il est contesté par d'autres, qui remettent en cause son intérêt, en soulignant d'éventuels effets négatifs, notamment sur le plan environnemental [2].

## 2.2- Origine de la production de déchets :

La production des déchets est inéluctable pour les raisons suivantes :

- **biologiques** : tout cycle de vie produit des métabolites.
- **chimiques** : toute réaction chimique est régie par le principe de la conservation de la matière et dès que veut obtenir un produit à partir de deux autres on en produira un quatrième
- **technologiques** : tout procédé industriel conduit à la production de déchet ;
- **économiques** : les produits en 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.

## **2.3- Différents types de déchets :**

### **2.3.1- Déchets ultimes :**

La loi du 13 juillet 1992 a introduit la notion de déchets ultimes et en donne la définition suivante : « un déchet, résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité à conditions techniques et économiques du moment, notamment par l'extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux. » A terme, seuls les déchets qui n'ont pu être ni recyclés, ni incinérés avec récupération d'énergie, pourront être mis en décharges. Les déchets ultimes issus des usines d'incinération d'ordures ménagères et déchets assimilés, dénommés mâchefers, peuvent être transformés après traitement en granulats et utilisés pour réaliser les fondations de route [3].

### **2.3.2- Déchets inertes :**

Déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, ne se décompose pas, ne brûle pas, et 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 manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine. Ces déchets sont admissibles à 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 [4].



**Figure 2.1.**Déchets inertes.



### **2.3.3- 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).

### **2.3.4- Déchets verts :**

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

### **2.3.5- Déchets verre :**

Le verre est un corps solide, non cristallin, homogène, provenant du refroidissement progressif de certaines substances après fusion. Le verre est l'un des matériaux les plus utiles car il possède de nombreuses qualités.

Il est facile à modeler, transparent et peut prendre de nombreuses formes. Le problème environnemental que posent les déchets non biodégradables tels que les bouteilles non réutilisables (verre) devient une préoccupation majeure au regard des quantités énormes produites à grandes villes. L'une des rares voies de recyclage de ces déchets est de les stocker à procédés de construction (béton). Ainsi, le verre est un matériau riche en silice et en sodium. Son utilisation dans une matrice cimentaire entraîne deux réactions à effet contraire :

La réaction alcali silice néfaste pour les bétons par les gonflements qu'elle génère, et la réaction pouzzolanique qui est bénéfique. Des millions de tonnes de verre sont récupérées chaque année et une voie de recyclage du verre consiste à l'utiliser à matériaux de construction. Il est utilisé sous deux formes principales: les granulats (taille > 4mm) et les poudres (taille < 4mm). Les granulats sont utilisés en remplacement des graves à bétons et lui procurent une résistance moindre. Les poudres sont utilisées à mortiers en remplacement du sable mais aussi dans l'industrie du ciment comme fines.



**Figure 2.2 :** Déchets de verres

### **2.3.6-Déchets dangereux :**

Les déchets dangereux sont les déchets issus de l'activité industrielle contiennent, en quantité variable, des éléments toxiques ou dangereux qui présentent des risques pour la santé humaine et l'environnement et qui de ce fait, nécessitent un traitement particulier, adapté à leur dangerosité. Un déchet dangereux présente une ou plusieurs des caractéristiques suivantes explosif, comburant, inflammable, irritant, nocif, toxique, cancérigène, infectieux, corrosif, mutagène, ...



**Figure 2.3:** Déchets de verres

### **2.3 .7- Déchets non dangereux :**

Les déchets non dangereux sont les déchets qui ne sont pas toxiques et ils ne constituent pas un risque sur la santé ou l'environnement parce qu'ils ne présentent aucune des caractéristiques relatives au degré de dangerosité. Ils sont principalement générés par les entreprises et les industriels, mais aussi par les collectivités et les ménages.

Le traitement de ces déchets permet de les transformer en matières réutilisables ou en matières premières secondaires et de limiter ainsi l'épuisement des matières premières.

Typologies des déchets acceptés [5] :

- Déchets Industriels Banals (D.I.B).
- Ordures ménagères résiduelles (O.M.R.) .
- Encombrants - Emballages valorisables en mélange ou prétriés.
- Bois A et Bois B.
- Déchets verts.
- Papiers, cartons.
- Verre.
- Déchets minéraux (sable, laitiers...).
- Déchets volumineux (laine de verre, polystyrène...).
- PVC (menuiserie).

### **2.3.8- 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.

#### **2.3.8.1- Déchets industriels spéciaux :**

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....

### 2.3.9-Les déchets d'emballages. :

Cette catégorie regroupe essentiellement des déchets constitués de papiers, plastique, cartons...etc. [6].

Les déchets de démolition de bâtiments ou de routes peuvent donc être constitués de l'ensemble de ces types de déchets [7].

-Béton (40%),

-Brique (30%),

-Bois (10%),

-Plastique (5%),

-Métaux (5%),

-Autres éléments (10%). Le traitement de ces déchets permet d'extraire les éléments non appropriés (comme les métaux) dans la fabrication de granulats recyclés pour usage routier. On distingue trois types de matériaux issus du recyclage: - Granulat recyclé béton.



Figure 2.4: Compositions des déchets du bâtiment [2].

## 2.4- Recyclage des déchets :

La valorisation matière, appelée communément recyclage ou recyclage matière, est une opération visant à introduire aux fins de leurs fonctions initiales ou à d'autres fins les matériaux provenant de déchets dans un cycle de production en remplacement total ou partiel d'une matière première vierge. Le recyclage se trouve à l'influence de deux considérations :

- La production de matériaux ou de produits finis à partir de matières premières non traditionnelles

- Le mode de traitement d'un déchet Le premier aspect conduit à intégrer le déchet au même niveau qu'une matière première, et le second aspect conduit à considérer le recyclage comme une opération de traitement de certains déchets. La chaîne du recyclage est comme la suite :

Les opérations de recyclage des déchets commencent par la collecte des déchets. À la suite de la collecte, les déchets, triés ou non, sont envoyés dans un centre de tri où différentes opérations permettent de les trier de manière à optimiser les opérations de transformation. Une fois triés, les déchets sont pris en charge par les usines de transformation. Ils sont intégrés dans la chaîne de transformation qui leur est spécifique. Ils entrent dans la chaîne sous forme de déchets et en sortent sous forme de matière prête à l'emploi. Une fois transformés, les produits finis issus du recyclage sont utilisés pour la fabrication de produits neufs qui seront à leur tour proposés aux consommateurs et consommés. Pour être, en fin de vie, à nouveau jetés, récupérés et recyclés.

Les déchets constituent un produit qu'il faut utiliser au mieux de nos possibilités du moment. Toute l'activité humaine consiste à créer des richesses en partant d'un produit pour en fabriquer un autre, en transformant les choses pour en créer de nouvelles. Le déchet peut être ce produit qu'il faut savoir utiliser et transformer pour en faire un matériau utile, une véritable " matière première secondaire ". Utiliser un déchet c'est préserver les matières premières naturelles. Les déchets peuvent ainsi se substituer aux importations de matériaux. C'est aussi, bien souvent, réaliser une économie termes financiers. Il existe de très nombreux cas où utiliser un déchet est moins coûteux pour tout le monde qu'utiliser une matière première naturelle (le verre, l'aluminium, par exemple). Les bénéfices économiques et environnementaux du recyclage sont considérables : il permet de protéger les ressources (il offre une source d'approvisionnement en matières premières alternative aux autres sources),

de réduire les déchets, de créer des emplois, de protéger la nature et d'économiser les matières premières.

Le recyclage ou la valorisation est non seulement utile, mais aussi souhaitable. C'est une façon de s'engager sur l'avenir. [8]

Le recyclage qui est la « réintroduction directe d'un matériel dans son propre cycle de production en remplacement total ou partiel d'une matière première neuve ». Certains matériaux sont plus aisément recyclables que d'autres.

Le recyclage est généralement issu d'un processus de raffinage » débouchant sur une matière première homogène, raffinage induisant lui aussi des déchets et des pollutions [9].

Les avantages du recyclage sont :

- Reprise de matière première : lorsque le produit est principalement composé d'une ou plusieurs matières premières facilement séparables et réutilisables, on peut le collecter à cette fin ;

- Le recyclage permet de réduire l'extraction de matières premières ;

- Conversion en d'autres produits : sans certains cas (matières fermentescibles), les produits ne peuvent être recyclés ni sous la forme initiale ni sous forme de matières premières, on peut tout de même les réutiliser après compostage ou fermentation pour en faire des engrais et/ou du carburant (gaz naturel, biogaz principalement). On parle alors de revalorisation.

- Récupération d'énergie : on peut faire brûler le déchet pour récupérer de l'énergie : c'est l'incinération d'ordures. Cependant, ceci ne consiste pas à proprement parler une opération de recyclage. On parle alors de « valorisation énergétique » par opposition à la « valorisation de matière » qui consiste le recyclage.[10]

- Enfin, la valorisation énergétique des résidus via leur incinération avec récupération de la vapeur dégagée et/ou la production d'électricité [11]



**Figure 2.5 :**Usine de recyclage des déchets

## **2.5- 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. Le recyclage dit « organique » consiste, après compostage ou fermentation, à produire des engrais et du carburant tel que le biogaz.

## **2.6- Les types d'élimination :**

Selon le type et la nature du déchet obtenu ; on doit choisir le type d'élimination appropriée parmi les types suivants :

- Décharge ou réutilisation du déchet (remplissage ou remblai).
- Déchet recycle.
- Valorisation énergétique
- Incinération
- Déchet recyclable après de contamination.

## **2.7- La chaîne du recyclage :**

### **a. Collecte de déchets :**

Les opérations de recyclage des déchets commencent par la collecte des déchets. Les déchets non recyclables sont incinérés ou enfouis en centres d'enfouissement techniques.

Les déchets collectés pour le recyclage ne sont pas destinés ni à l'enfouissement ni à l'incinération mais à la transformation. La collecte s'organise en conséquence. La collecte sélective, dite aussi séparative et souvent appelée à tort tri sélectif est la forme la plus répandue pour les déchets à recycler.

Le principe de la collecte sélective est le suivant :

Celui qui crée le déchet le trie lui-même.

À la suite de la collecte, les déchets, triés ou non, sont envoyés dans un centre de tri où différentes opérations permettent de les trier de manière à optimiser les opérations de transformation. Le tri manuel est une de ces opérations.

### **b. Transformation :**

Une fois triés, les déchets sont pris en charge par les usines de transformation. Ils sont intégrés dans la chaîne de transformation qui leur est spécifique. Ils entrent dans la chaîne sous forme de déchets et en sortent sous forme de matière prête à l'emploi.

### **c. Commercialisation et consommation :**

Une fois transformés, les produits finis issues du recyclage sont utilisés pour la fabrication de produits neufs qui seront à leur tour proposés aux consommateurs et consommés. Pour être en fin de vie, à nouveau jetés, récupérés et recyclés.

## **2.8- GESTION DES DECHETS :**

La gestion des déchets est la collecte, le transport, le traitement, la réutilisation ou l'élimination des déchets, habituellement ceux produits par l'activité humaine, afin de réduire leurs effets sur la santé humaine ou l'environnement. L'accent a été mis, ces dernières décennies, sur la réduction de l'effet des déchets sur la nature et l'environnement et sur leur valorisation.



La gestion des déchets concerne tous les types de déchets, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux, chacun possédant sa filière spécifique. Les manières de gérer les déchets diffèrent selon qu'on se trouve dans un pays développé ou en voie de développement, dans une ville ou dans une zone rurale, que l'on ait affaire à un particulier, un industriel ou un commerçant.

La gestion des déchets non toxiques pour les particuliers ou les institutions à agglomérations est habituellement sous la responsabilité des autorités locales, alors que la gestion des déchets des commerçants et industriels est sous leur propre responsabilité. [13]

## **2.9- Méthodes de gestion des déchets :**

La gestion des déchets consiste en la détermination du type de traitement à appliquer à telle ou telle autre catégorie des déchets. Certes pour assurer une bonne gestion des déchets, il faut mettre des moyens sur le plan financier que matériel, par conséquent, la bonne gestion limitera les dégâts sanitaires. C'est ainsi que nous allons examiner successivement les différents modes de gestion des déchets. Ces méthodes sont actuellement au nombre de cinq.

### **2.9.1- L'enfouissement :**

L'enfouissement est une méthode d'évacuation des déchets organiques qui consiste à creuser une fosse profonde de 0,5 à 1m pour y verser des déchets, asperger de l'essence et la couvrir d'une couche de terre afin de brûler sans fumée les déchets. Ce procédé utilise comme produits désinfectants ou désodorisants le chlore, la chaux, le mazout, et l'essence. Cette méthode reste très appropriée dans des formations sanitaires.



**Figure 2.6 :** Enfouissement des déchets.

### 2.9.2- L'incinération :

C'est un procédé urbain d'élimination finale des déchets qui consiste à brûler au moyen d'un feu les déchets produits par les hôpitaux. Les procédés de l'incinération comprennent le ramassage des déchets et ordures, le triage pour dissocier les déchets combustible et non combustible. Elle peut être considérée comme un procédé par l'excellence de traitement des immondices, c'est une méthode satisfaisante qui présente cependant quelques inconvénients, parmi lesquels on peut citer :

- Elle nécessite une évacuation des cendres après son exécution,
- Elle provoque un danger de pollution de l'environnement par sa fumée,
- Elle nécessite un investissement et un coût d'exploitation élevés pour sa construction



**Figure 2.7:** Incinération en plein air et usine d'incinération.

### 2.9.3- La décharge contrôlée :

La décharge contrôlée est un dépotoir public prévu à l'avance pour l'évacuation des immondices ménagères. Elle a l'avantage d'offrir des éléments pour l'alimentation des jardins ou des plantations d'arbres. Cette méthode n'est pas conseillée pour le traitement des déchets hospitaliers.



**Figure 2.8 :** Photo d'une décharge contrôlée

#### **2.9.4- Le compostage**

Le compostage est un procédé de décomposition des matières organiques usée de manière à le récupérer sous une autre forme permettant une utilisation ultérieure comme engrais. Il nécessite la préparation suivante : réception des ordures, triage des ordures, préparation des compostes, décomposition, présentation du produit fini.

**Chapitre III : Etude**  
**expérimentale d'un matériau**  
**composite renforcé par des**  
**déchets de verre**  
**(béton/verre)**



### III.1 Introduction :

L'objectif principal de cette partie est d'exposer les caractéristiques mécaniques des matériaux utilisés au cours de ce travail. De plus, dans un deuxième temps, nous expliquons les essais normalisés et les méthodes à suivre pour atteindre notre but, qui est l'effet engendré par le remplacement de sable avec des pourcentages de verre sur la résistance à la compression du béton renforcé. Les matériaux utilisés dans cette expérimentation sont : les granulats (le sable, le verre, les graviers), le ciment, et l'eau.

#### 3.1.-Les agrégats de verre :

Les agrégats de verre est un déchet (ou un verre volontairement broyé) qui a au cours des âges connu divers usages. Les agrégats de verre utilisé dans notre travail sont de couleur transparent et de diamètre  $< 315$  mm proches de ceux du sable.



**Figure 3.1:** matériels utilisé dans l'élaboration de l'éprouvette.



**Figure 3.2:** machine de compression

Nous avons élaboré six types d'éprouvettes, la différence entre eux est dans le pourcentage des déchets de verre dans chaque type (0,1,2,5,7, 10) % et. Le tableau suivant présente les taux de mélange utilisé dans cette étude:

**Tableau 3.1 :** les différents types d'éprouvettes étudiés en poids

TYPE D'EPROUVETTE	% sable	% CIMENT	% VERRE	TYPE DE VERR
TYPE1	60	40	0%	POUDR E
TYPE2	60	40	1%	POUDR E
TYPE3	60	40	2%	POUDR E
TYPE4	60	40	5%	POUDR E
TYPE5	60	40	7%	POUDR E
TYPE6	60	40	10%	POUDR E

### .3-Elaboration des éprouvettes :

**Le premier type:**(ciment+sable +verre en poudre 0%) En mélange 600 gr de ciment avec 400 gr de sable, Après avoir bien mélangé, on le met à moules et on le laisse sécher.

**Le deuxième type:**(ciment+ sable + verre en poudre 1%) En mélange 600 gr de ciment avec 400 gr de sable et 10gr de poudre de verre, Après avoir bien mélangé, on le met à moules et on le laisse sécher.

**Le troisième type** :(ciment + sable + verre cassé 2%) En mélange 600 gr de ciment avec 400 gr de sable et 20gr de verre poudre, Après avoir bien mélangé, on le met à moules et on le laisse sécher.

**Le quatrième type** :(ciment + sable + verre en poudre 5%)En mélange 600 gr de ciment avec 400 gr de sable et 50gr de verre en poudre, Après avoir bien mélangé, on le met à moules et on le laisse sécher.

**Le cinquième type** :(ciment + sable + verre cassé 7%) En mélange 600 gr de ciment avec 400 gr de sable et 70 gr de verre poudre, Après avoir bien mélangé, on le met à moules et on le laisse sécher

**Le sixième type**: (ciment + sable + verre cassé 10%) En mélange 600 gr de ciment avec 400 gr de sable et 100 gr de verre poudre, le mélange se met à moules.

### **3.4-Essai de compression :**

L'essai de compression consiste à soumettre une éprouvette de forme cylindrique, placée entre les plateaux d'une presse, à deux forces axiales opposées. L'essai de compression est surtout utilisé pour déterminer la contrainte de rupture des matériaux fragiles qui sont difficiles à usiner pour un essai de traction. Nous commençons les essais et on note les résultats enregistrés sur l'écran de l'appareil.





**Figure 3.3:**Essai de compression



**Figure 3.4:** éprouvettes testés

### 3.5-Résultats et discussion:

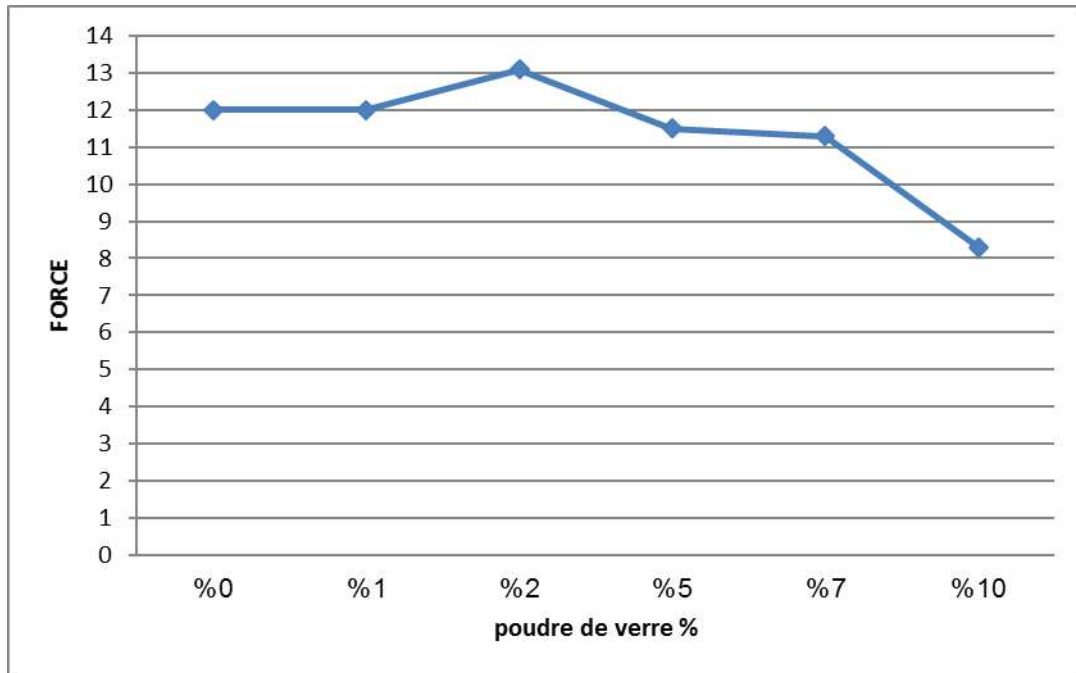
Les résultats des essais de compression de différents bétons élaborés après 14 jours et 28 jours sont récapitulés dans le tableau suivant.

**Tableau 3. 2 :** résultats d'essai de compression par 14 jours et 28 jours

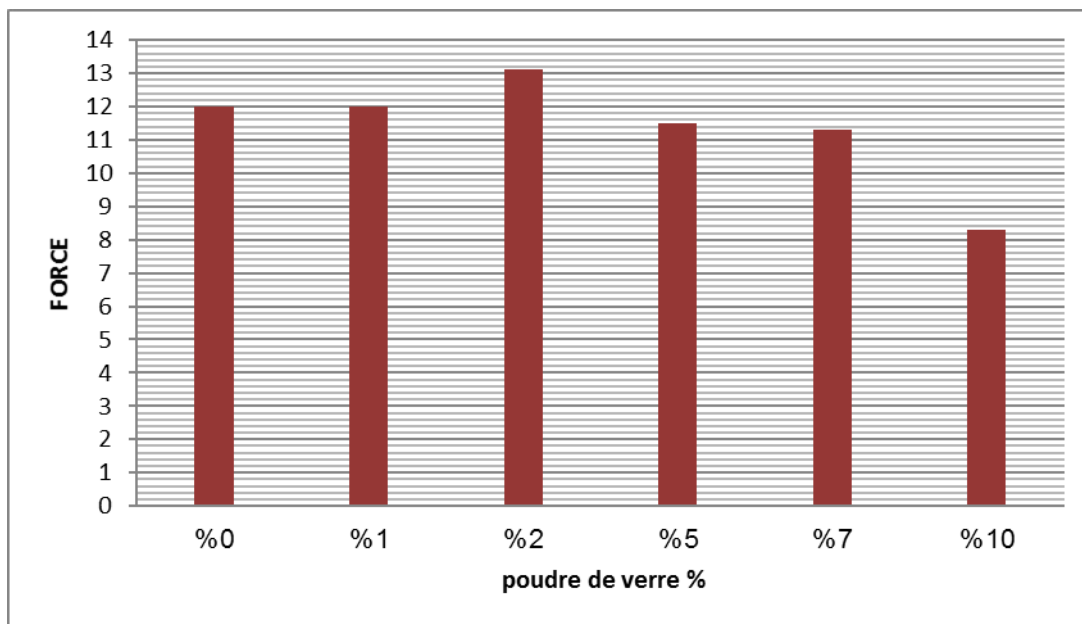
Type	Période (jours)	Force à la rupture (KN)	Type	Période (jours)	Force à la rupture (KN)
0%	14	12	0%	28	13
1%	14	12	1%	28	13.8
2%	14	13.1	2%	28	15.4
5%	14	11.5	5%	28	11.04
7%	14	11.3	7%	28	11.7
10%	14	8.3	10%	28	10.6

L'effort à la compression moyenne à 14 et 28 jours pour les différents types des éprouvettes étudiées est représenté à la figure 19. L'analyse des résultats montre que Le type 4 (ciment + sable + verre en poudre 2%) donne un effort à la rupture en compression de l'ordre 15.4 KN à 28j et 13.1 KN à 14j, par contre le type 5(ciment + sable + verre cassé 10%) étale à un effort à la rupture en compression la plus basse pour le test à 28 jours et aussi à 14j de l'ordre 10.6 KN et 8.3 KN successivement. Le béton sec type 1(ciment+sable) atteint un effort moyen à la rupture en compression de l'ordre 13 KN à 28j et 12 KN à 14j. Le mélange ciment + sable + verre en poudre 2% (type 2) atteint une résistance presque de 1.2 fois par rapport au mélange ciment + sable (béton sec type 1) donc une augmentation de la résistance à la rupture en compression de l'ordre de 18%. Par contre le type six ne donne pas une amélioration de la résistance à la rupture en compression. Lorsque de l'eau est ajoutée au ciment, une réaction chimique se produit, cette réaction produit une matière.

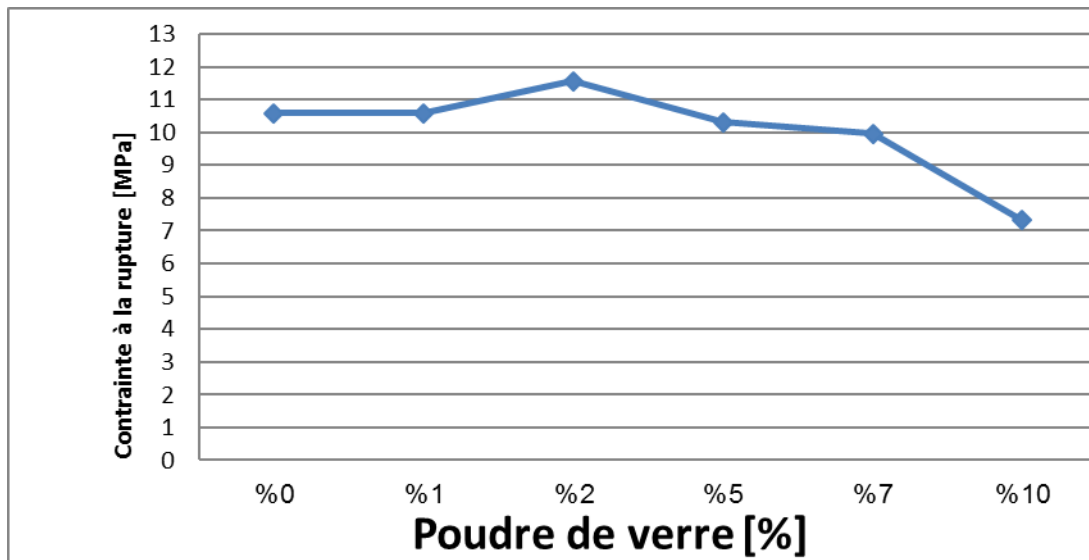
Où ce matériau encapsule les particules de petits et gros agrégats et lie l'ensemble pour former du béton. , Le meilleur résultat a été achevée par le type 4 (ciment + sable + verre en poudre 2%), Après avoir mélangé la poudre de verre avec le sable et ciment et ajouté de l'eau, la matière gélatineuse se forme, qui encapsule les granulés de sable et de ciment. Donc les granules de verre augmentent la dureté du béton et sa résistance à la compression. , Par contre le sixième type (ciment + sable + verre poudre 10%), atteint une résistance moins de 1.18 fois par rapport au type 1(béton sec), à cause de pourcentage de poudre de verre élevé dans le mélange, La matière gélatineuse n'adhère pas bien en raison de la surface lisse du verre, donc rigidité faible et résistance a la rupture plus faible.



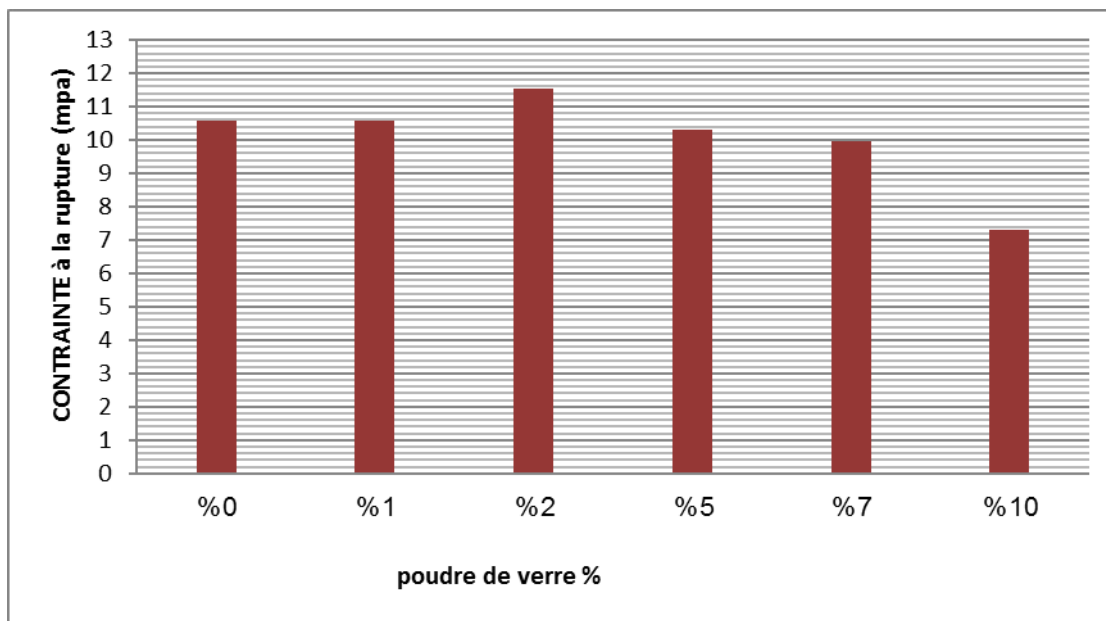
**Figure 3.5 :** courbe de la résistance à la rupture à 14 jours.



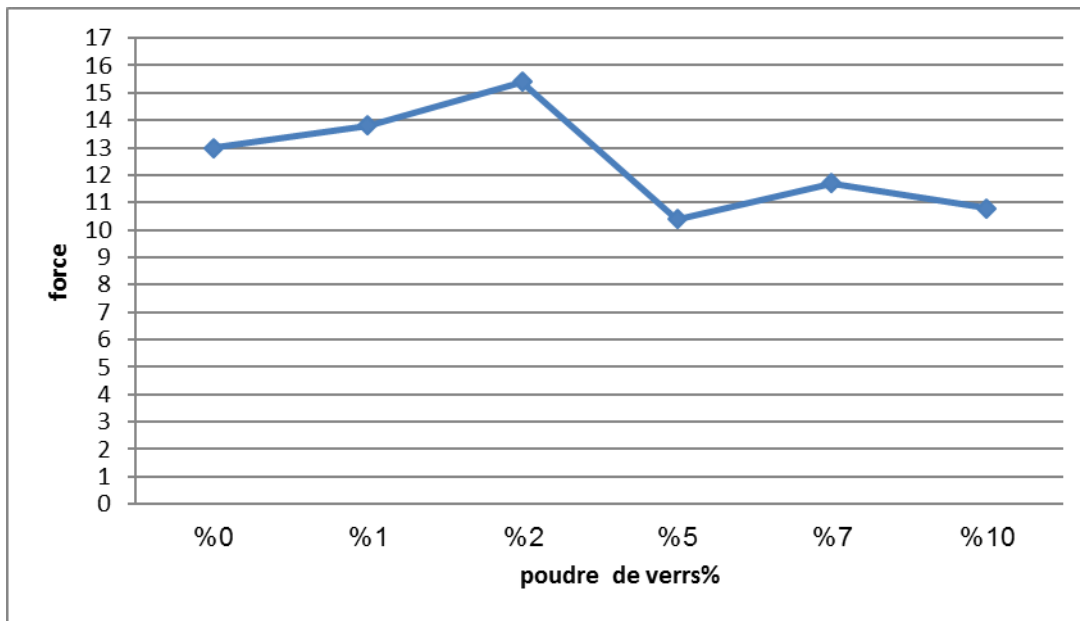
**Figure 3.6:** Histogramme de la résistance à la rupture à 14 jours



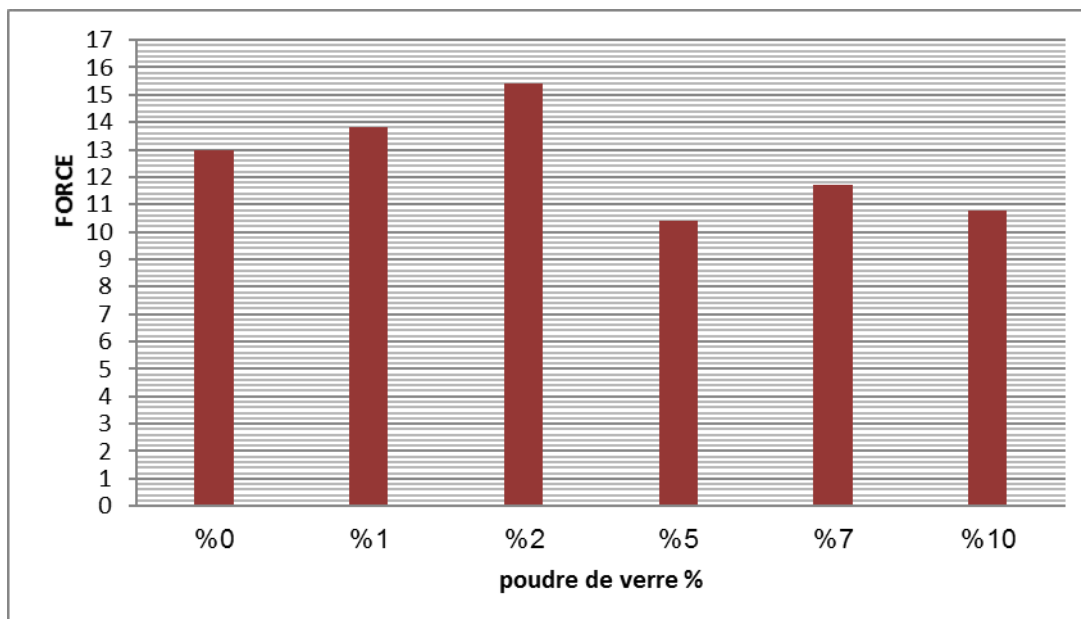
**Figure 3.7:** courbe de la contrainte à la rupture à 14 jours.



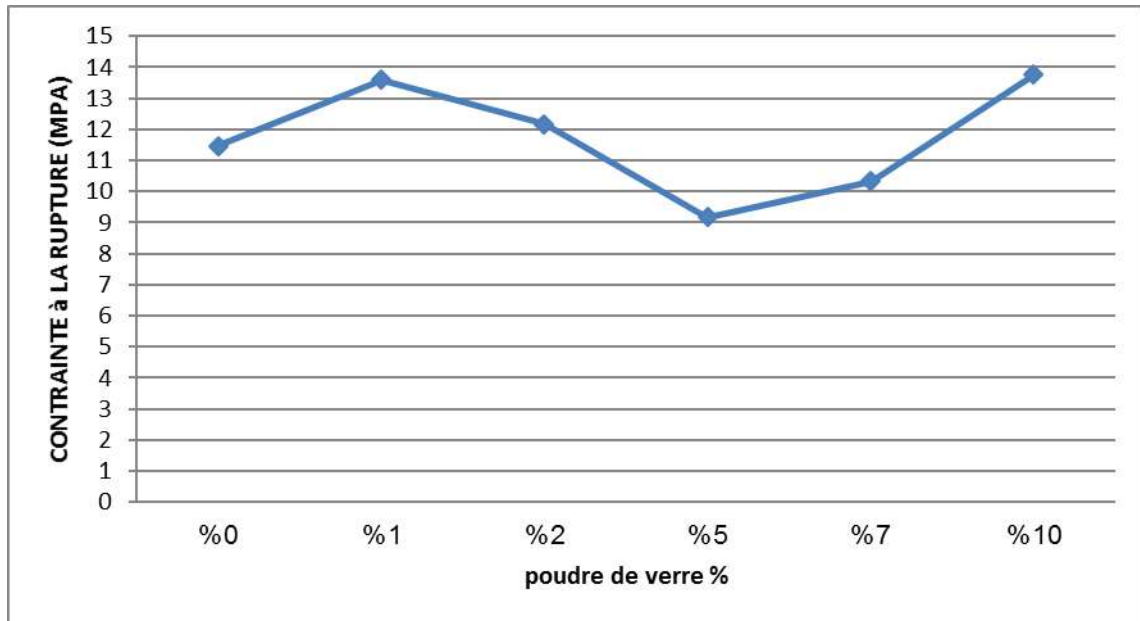
**Figure 3.8 :** Histogramme de la contrainte à la rupture à 14 jours.



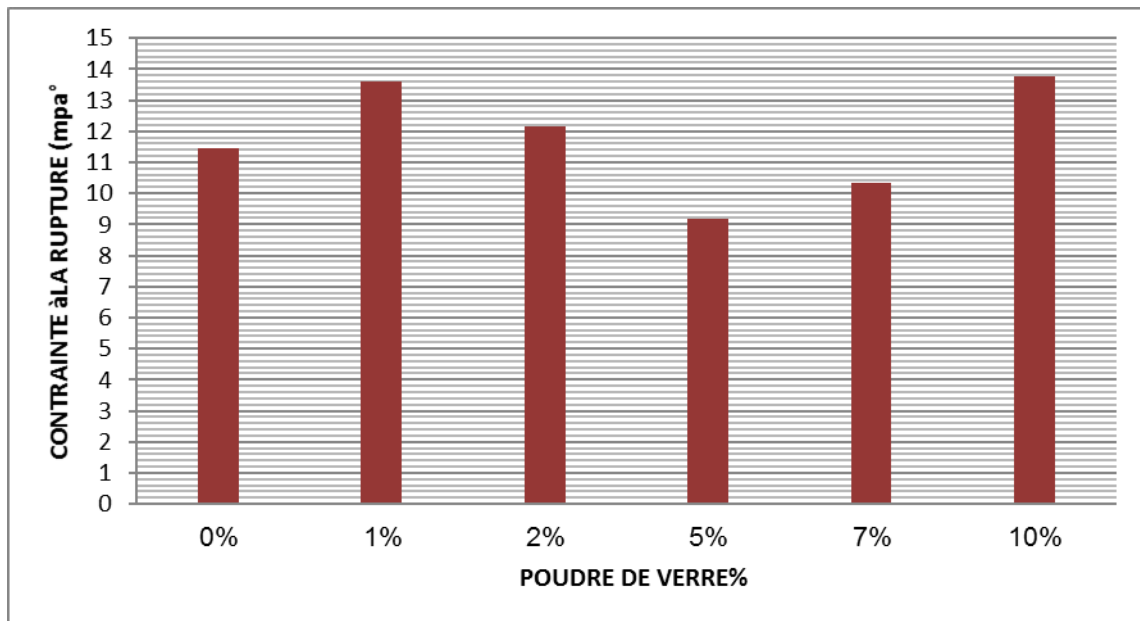
**Figure 3.9** : courbe de la résistance à la rupture à 28 jours.



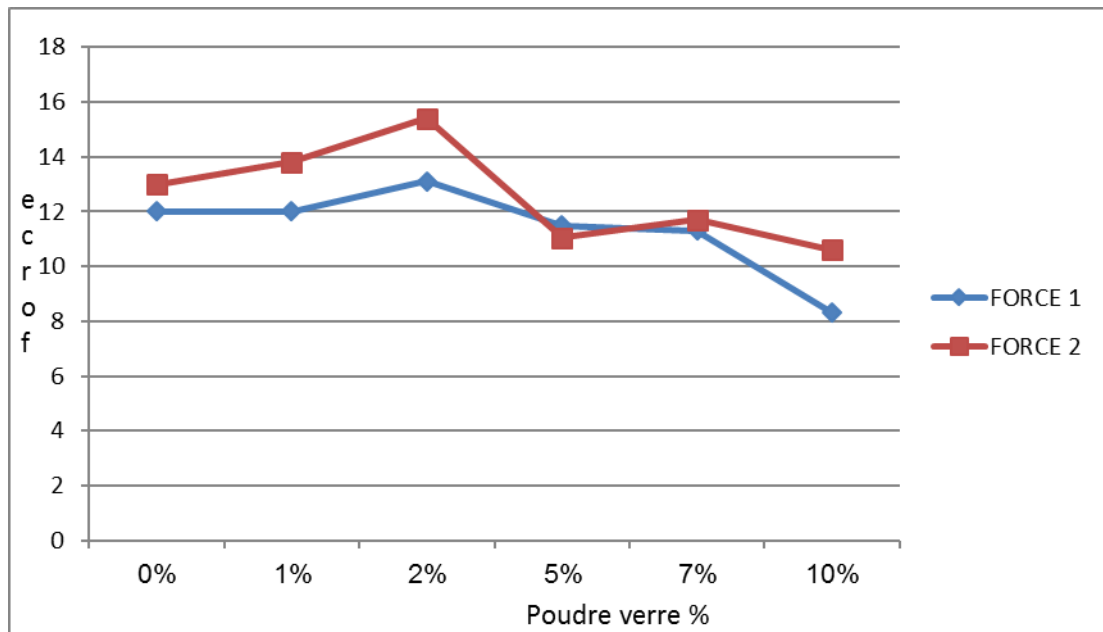
**Figure 3.10** :Histogramme de la résistanceà la rupture à 28 jours



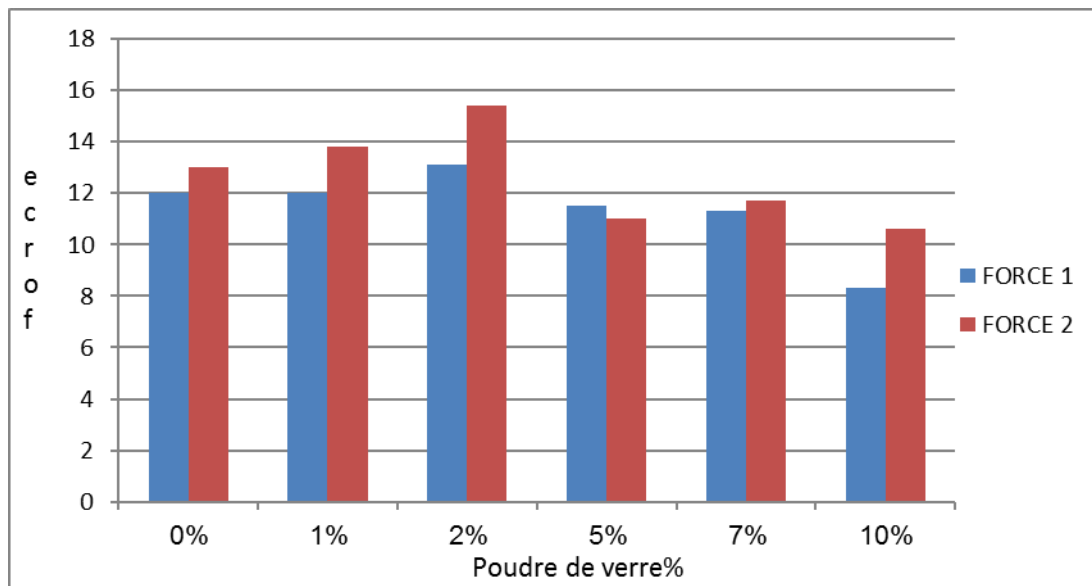
**Figure 3.11** : courbe de la contrainte à la rupture à 14 jours.



**Figure 3.12** :Histogramme de la contrainte à la rupture à 28 jours.



**Figure 3.13 :** courbe de la résistance à la rupture à 14 et 28 jours.



**Figure 3.14:** Histogramme de la résistance à la rupture à 14 et 28 jours

Le pourcentage optimal de déchets de verre qui donne les valeurs maximales des caractéristiques mécaniques et physiques est de 2%. Cette étude visait à trouver des moyens efficaces de réutiliser les déchets de verre comme granulat fin dans le béton. Les données présentées dans cette recherche montrent qu'il existe un potentiel prometteur pour l'utilisation des déchets de verre dans le béton ; de plus amples recherches pourraient être envisagées concernant son effet à long terme sur les propriétés du béton.

# **Conclusion Générale**



## **CONCLUSION :**

Afin de préserver l'environnement et de réduire les dépenses d'élimination des déchets de verre par enfouissement et autres qui constituent un problème pour les grandes entreprises, nous avons pu confirmer la possibilité d'utiliser ces déchets comme un renfort des mâtereaux composites comme le béton. L'analyse des résultats montre, que la taille du déchet de verre à une relation croissante avec la résistance à la compression (plus que la taille du déchet est fin, on aura une résistance à la compression élevée). L'augmentation du volume et de la concentration du déchet de verre affaiblit la résistance du mélange en raison de la surface de contact entre le résidu de verre et la matière cimentaire. Lorsque la résistance maximale est atteinte, les bords du déchet de verre deviennent le point de départ de la fissure.

Les résultats de cette recherche confirment que l'utilisation des déchets de verre comme matériau de remplacement d'agrégats fins dans le béton est efficace et peut être utilisée à l'avenir. L'effet des déchets de verre dans le béton est plus évident à l'âge avancé de 14 jours

Le pourcentage optimal de déchets de verre qui donne les valeurs maximales des caractéristiques mécaniques et physiques est de 2%. Cette étude visait à trouver des moyens efficaces de réutiliser les déchets de verre comme granulats fins dans le béton. Les données présentées dans cette recherche montrent qu'il existe un potentiel prometteur pour l'utilisation des déchets de verre dans le béton ; de plus amples recherches pourraient être envisagées concernant son effet à long terme sur les propriétés du béton.

Après cette recherche qui a dégagé de nouvelles interrogations concernant l'emploi des déchets de verre comme matériau alternatif avec le sable dans le béton. Ces questions pourraient conduire à de nouvelles recherches sur ce sujet et son effet sur la durabilité et la morphologie de la microstructure des ouvrages en béton armé, on cite notamment :

- Résistance et microstructure d'un éco-béton produit à partir des déchets de verre comme substitut partiel du ciment.
- L'effet de la substitution d'un pourcentage entre (40-60) % du sable par les fines de verre
- L'effet de la substitution du sable par les fines de verre dans le béton conservé à eaux remontées de la nappe phréatique.
- Impact de l'utilisation combinée de poudre de verre dépoli et d'agrégats de verre concassé sur certaines propriétés du béton de ciment Portland.
- Déchets de verre comme matériau de ciment supplémentaire dans le béton.



# **Références bibliographique**

## **Références bibliographique :**

- [1]Ali, E. E., & Al-Tersawy, S. H. Recycled glass as a partial replacement for fine aggregate in self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 35, 785–791. doi:10.1016/j.conbuildmat.2012.04.117 (2012)
- [2]Shi, C., & Zheng, K. A review on the use of waste glasses in the production of cement and concrete. *Resources, Conservation and Recycling*, 52, 234–247. (2007) doi: 10.1016/j.resconrec.2007.01.013 [3]Siddique, R. **Waste glass**. Chap. 4 in *Waste materials and by-products in concrete*. Springer. (2008) doi:10.1007/978-3-540-74294-4
- [4]Rashad, A. M. Recycled waste glass as fine aggregate replacement in cementitious materials based on Portland cement. *Construction and Building Materials*, 72, 340–357. (2014) doi:10.1016/j.conbuildmat.2014.08.092
- [5] United States Environmental Protection Agency. *Advancing sustainable materials management: Facts and figures report*. Retrieved from <https://www.epa.gov/smm/advancingsustainable-materials-management-facts-and-figures> (2014)
- [6]Tan, K. H., & Du, H. Use of waste glass as sand in mortar. Part I. Fresh, mechanical and durability properties.”. *Cement and Concrete Composites*, 35, 109–117. (2013) doi: 10.1016/j.cemconcomp.2012.08.028
- [7]Afshinnia, K., & Rangaraju, P. R. Impact of combine use of ground glass powder and crushed glass agrégat on selecteprophéties of Portland cement concrete. *Construction and Building Matériel*, 117, 263 –272. (2016). doi:10.1016/j.conbuildmat.2016.04.072
- [8]Shayan, A., & Xu, A. Performance of glass powder as a pozzolanic material in concrete, a field trial on concrete slabs. *Cement and Concrete Research*, 36, 457–468. (2006). doi:10.1016/j.cemconres.2005.12.012
- [9] Jean Marie. Berthelot « **comportement mécanique et analyse des Structures** », édition TEC et DOC, 1999.
- [10] CNRS, INRA, INSERM **Gestion des déchets** : guide pour les établissements publics d’enseignement supérieur ou de recherche. 194 p
- [11] La Chimie chez Dr Sahar mardi 5 août 2014 <http://chimiedrsahar.blogspot.com/2014/08/generalites-sur-les-verres.html>
- [12]<http://www.geniecvl.com/introduction-le-materiau-beton/>
- [13] T. Djedid, A. Guettala ; study of the workability and mechanical strength of concrete in the face of upwelling (**case of the el oued region of algeria**).P 369.

- [14] Oluwarotimi M. Olofinnade, Anthony N. Ede, Julius M. Ndambuki, Ben U. Ngene, Isaac I. Akinwumi and Olatokunbo Ofuyatan : Strength and microstructure of eco concrete produced using waste glass as partial and complete replacement for sand.
- [15] **R. Hamid, and M. A. Zubir:** Compressive Strength of Concrete with Recycled Glass as Partial Aggregate Replacement.
- [16] **M. Adaway & Y. Wang :** Recycled glass as a partial replacement for fine aggregate in structural concrete – Effects on compressive strength.
- [17] **Ali Mardani-Aghabaglou • Murat Tuyan • Kambiz Ramyar :** Mechanical and durability performance of concrete incorporating fine recycled concrete and glass aggregates.
- [18] **Zainab Z. Ismail& Enas A. AL-Hashmi.** Recycling of Waste Glass as A Partial Replacement for Fine Aggregate in Concrete. Journal of Waste Managem. (2008)
- [19] **M. Mageswari & Dr. B.Vidivelli.** The Use of Sheet Glass Powder as Fine Aggregate Replacement in Concrete. Journal of The Open Civil Engineering. (2010)
- [20] **Mahmoud Nili, Mahdi Hoseinian, Nader Biglari Joo,& Siavash Ahmadi.** Assessing the Influences of Waste Glass and Recycled Concrete Aggregate on Properties of Concrete. Fib Symposium Prague. **Topic 2: Poster Session.2011()**
- [21] **W.K. Kupolati, W.T. Mbadie, J.M. Ndambuki, R. Sadiku.** Environmental greening through utilization of glass waste for production of concrete.
- [22] **BRAHIM N., « Etude des propriétés rhéologiques et mécaniques des bétons autoplaçant ».** Mémoire de magister. Université de Mohamed Khider –Biskra, 2006.
- [23] **HOLCIM ., « Le béton autocompactant ».** Recommandation étudiée par la société Holcim. Suisse, 2004.
- [24] **BAALBAKI M., « Influence des interactions du couple ciment/adjuvant dispersant sur les propriétés des bétons : Importance du mode d’interaction des adjuvants».** **Thèse de Doctorat. Université de Sherbrooke, Québec 1998.**
- [25] **BOUKLI HACENE-** Thèse de Doctorat contribution à l’étude de la résistance caractéristique des bétons de la région de Tlemcen. **UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID – TLEMCEN.2009**
- [26] **BOUFEDAH BADISSI AHMED-**Mémoire de Magister Influence de la granularité (**classe granulaire 4/22.4**) sur les caractéristiques des granulats et sur les propriétés des bétons ordinaires. Université Mentouri Constantine .2011
- [27] **AYAD MOHAMED BARKA YASSINE-** Mémoire de Magister Modélisation des bétons ordinaires par des plans d’expériences. **UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID – TLEMCEN.2013**

- [28] BOUFEDAH BADISSI AHMED-Mémoire de Magister Influence de la granularité (classe granulaire 4/22.4) sur les caractéristiques des granulats et sur les propriétés des bétons ordinaires. Université Mentouri Constantine .2011
- [1] LAIFA W., « Contribution à l'étude des effets du laitier cristallisé et des fibres de diss sur les propriétés des bétons autoplaçants », thèse de doctorat, **université Badji Mokhtar-Annaba, 2015.**
- [2]Julien BERTHOLON, « Maîtrise Sciences de l'Environnement, Milieux Urbains et Industriels »,
- [3] BHIM M., MERABET W., BOUCETTE T.A., « Effets des dechets de démolition en brique sur les propriétés autoplaçants des bétons », ALGERIE EQUIPEMENT n° 50, Decembre 2011 **Université de Cergy-Pontoise, 2002**
- [4] CHELABI H , TALEB Z ., « Amélioration des propriétés mécaniques du plâtre de construction avec des déchets plastiques et verre ». Mémoire de master ,**université de bouira 2011**
- [5] BOUGLOUF Mohamed, « Contribution à la gestion et la valorisation des déchets solides et ménagers à Skikda (Nord-est algérien) », mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Magistère en Sciences de la mer, 24/04/2014.
- [6] GRONDIN Aurélie « valorisation des granulats recycles de béton : Etude des caractéristiques physiques et mécaniques des Bétons de granulats recycles de béton » Mémoire Projet de fin d'étude, 2011 à Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg : INSAStrasbourg.
- [7] Oikonomou N.D. «Recycled concrete aggregates, Cement and Concrete Composites» 27 (2), pp. 315-318, 2005
- [8] Bensmaol Salem ; « La problématique de la gestion des déchets solides à travers le mode de traitement des déchets ménages et hospitalier : Cas de la commune de Béjia » ; Magistère en Science Economique. Option : Economie de l'environnement Année 2010 .
- [9] HAL : [archives-ouverts.fr](http://archives-ouverts.fr) ; « Les déchets ». Yvom Pesqueux. Le déchet. Doctorat, Sénégal 2016.Cel -01325113.
- [10] Ait Mamer Chahrazed et Kechout Aghilas « Contribution à l'étude de l'état de la gestion des déchets ménagers et assimilés dans la commune de **Tizi-Ouzou.** » mémoire de fin d'étude Spécialité : Gestion des déchets Solides. **Département de Science Biologique UMMTO. (Année 2015/2016)**
- [11] **Les déchets et leur élimination.** « Les déchets en chiffre : Edition 2015 » ADEME. Fiche 25 à 46.
- [12] BOURMATTE N ., « Granulats recycles de substitution pour bétons hydrauliques » , thèse de doctorat , **université des Frères M'entouri constantine , Mars 2017 .**

[13]biblio .Univ- Annaba. dz 2018 Bak ouche -Bouchra. Pd

