

République Algérienne Démocratique 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

Département de Génie Civil
Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de
Master

Option : Structures

Présenté par
BENHAROUNE LAHCENE

Thème :

*Utilisation des agrégats de verre comme remplaçant
partiel de sable de construction dans le mortier*

Mme. AKCHICHE H

U K M O

Président

Dr. CHAIB H

U K M O

Examineur

Dr. SAGGAI S

U K M O

Encadreur

Année universitaire : 2017/2018

Remerciements

*Je tiens à remercier avant tout **ALLAH** le Tout Puissant Qui m'a accordé la force, la volonté et la patience d'accomplir ce modeste travail, et Qui m'a offert aussi la santé et le courage pour réaliser mon travail.*

*En second lieu, je remercie mon encadreur **Dr. SAGGAI S***

*Je remercie vivement les membres du jury de soutenance de cette mémoire : **Mme.***

***AKCHICHE H** président jury et **Dr. CHAIB H** examinateurs qui nous fait*

l'honneur

Pour ses conseils, son aide, son encouragement et ses orientations durant toute la période du mémoire.

Mes remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à tous les enseignants du département de Génie Civil qu'ion participé à notre formation

Sommaire

| | |
|--|-----|
| Résumé | I |
| Liste des tableaux | II |
| Liste des figures | III |
| Liste des photos | IV |
| Introduction Général | 01 |
| Chapitre I: Recherche bibliographique. | |
| I.1. Introduction..... | 02 |
| I.2. Historique..... | 02 |
| I.3.Utulisation de verre dans le domaine de Génie Civil..... | 03 |
| I.3.1.Définition de verre..... | 03 |
| I.3.2. Les caractéristiques des agrégats de verre | 03 |
| I.3.3. Valorisations de verre dans le domaine de Génie Civil | 04 |
| I.3.4. Déchats de verre dans le mond..... | 04 |
| I.4.Conclusion..... | 05 |
| Chapitre II: Matériaux et Méthodes. | |
| II.1.Introduction..... | 06 |
| II.2.Sable..... | 06 |
| II.2.1. Equivalent De Sable (NF P 18 598)..... | 06 |
| II.2.1.1.But de essai..... | 06 |
| II.2.1.2.Principe de manipulation..... | 06 |
| II.2.1.3.mode opératoire d essai..... | 06 |
| II.2.2.La Masse Volumique (NF P18-301)..... | 07 |
| II.2.2.1.La masse volumique absolue..... | 09 |

Sommaire

| | |
|---|----|
| A .Définition..... | 07 |
| B .Mode opératoire d'essai..... | 07 |
| II.2.2.2.La Masse Volumique Apparente | 07 |
| A .Définition | 07 |
| B . Mode opératoire de l'essai | 07 |
| II.2.3. Analyse Granulométrique Par Tamisage..... | 08 |
| II.2.3.1.Module De Finesse..... | 08 |
| II.2.3.2.Facteur D'uniformité Cu.....1..... | 08 |
| II.2.4.Mesure de la finesse (surface spécifique)..... | 08 |
| II.2.4.1. Objectif de l'essai..... | 08 |
| II.2.4.2.Principe de l'essai..... | 09 |
| II.2.4.3.Équipement nécessaire..... | 09 |
| II.2.4.4.Conduite de l'essai..... | 09 |
| II.3.Les agrégats de verre..... | 10 |
| II.4.Le ciment..... | 11 |
| II.4.1. Etapes de fabrication du ciment..... | 11 |
| II.4.2.L'extraction et la préparation des matières premières..... | 12 |
| II.5.Eau de gâchage | 12 |
| II.6.Préparation de mortier..... | 13 |
| II.6.1.Essai sur mortier..... | 13 |
| II.6.2.Formulation d'un mortier témoin..... | 13 |
| II.6.3.Malaxage du mortier..... | 13 |
| II.6.4.Préparation des éprouvettes | 13 |
| II.6.5.Conservation des éprouvettes | 14 |
| II.6.6.Les compositions utilisées | 14 |

Sommaire

| | |
|--|----|
| II.6.7.Résistances mécaniques des mortiers | 15 |
| A . Résistance a la compression..... | 15 |
| B .Résistance aLa flexion | 16 |
| II.7. Conclusion | 17 |
| Chapitre III: Discussion des Résultats. | |
| III.1.Résultats | |
| III.1.1.Les caractéristiques de sabl..... | 18 |
| A. Analyse granulométrique de sable | 19 |
| B. observation | 19 |
| III.1.2.Les caractéristiques des agrégats de verre | 20 |
| III.1.3 Les caractéristiques du ciment | 21 |
| A. Composition chimique | 21 |
| B. Composition minéralogique..... | 21 |
| III.1.4 .Résistance à la compression | 22 |
| III.1.5 .Résistance à la flexion | 24 |
| III.2. Discussion générale | 26 |
| Conclusion général | 31 |
| Anexe..... | |

الملخص:

-أصبح البحث عن مادة رابطة اقل تكلفة باستخدام المواد الطبيعية والنفايات الصناعية مصدر قلق كبير في إعداد الملاط, في السنوات الأخيرة وجد الباحثون إن مجاميع الزجاج في شكل مسحوق يمكن إدخالها إلى الاسمنت للحصول على اسمنت ارخص و اقل تلويثا, قمنا في هذا البحث بالتحري عن تأثير استبدال مواد الركام بحبيبات الزجاج بنسب مختلفة من 0% إلى 20% في الملاط, لهذا استخدمنا الركام الزجاجي كبديل جزئي لرمال البناء .

بعض النتائج من خلال الدراسة تبين إن تعويض نسبة من الرمل بحبيبات الزجاج يرفع من الخصائص الميكانيكية لخليط الملاط.

الكلمات المفتاحية : ملاط /الركام (رمال البناء) /الركام الزجاجي /اسمنت / المقاومة الميكانيكية.

Résumé :

La recherche d'un liant moins couteux en utilisant des matières naturelles et des déchets industriels est devenue une préoccupation majeure dans la préparation de mortier. Dans ces dernières années, les chercheurs ont trouvé que les agrégats de verre sous forme de poudre peuvent être introduits au ciment pour obtenir un ciment moins couteux et moins polluant. Dans Cette recherche nous avons étudié l'effet de la substitution des agrégats de verre en différentes pourcentage de 0 à 20% dans la préparation de mortier. Pour cela, nous avons utilisé les agrégats de verre comme remplaçant partiel de sable de construction.

D'après les résultats la présence des agrégats de verre comme remplaceant partiel de sable alluvionnaire augment les caractéristique mécanique de mortie

Mots clés : mortier/ les agrégats de verre/sable de construction/ciment/résistance mécanique.

Summary :

The search for a less expensive binder using natural materials and industrial waste has become a major concern in mortar preparation. In recent years, researchers have found that glass aggregates in the form of powder can be introduced to cement to obtain a cheaper and less polluting cement. In this research we investigated the effect of substitution of glass aggregates in different percentages from 0 to 20% in the mortar preparation. For this, we used glass aggregates as a partial substitute for construction sand.

Desteined results have shoun that the partial replacement of alluvionnaire sand by glass aggregate rise mechanic charactericts of mortar.

Key words: mortar/ glass aggregates/cement/ Sand Construction/ mechanical strength.

Liste Des Tableau

Chapitre II :

Tableau(II.01):La composition utilisée pour les différents échantillons de mortier.....

Chapitre III :

Tableau(III.01) : résultat de la masse volumique.....

Tableau(III.02) : résultat de l'équivalent de sable.....

Tableau (III.03): Composition chimique des agrégats de verre(en %)......

Tableau(III.04). Composition chimique de ciment (en %)......

Tableau(III.05). Composition minéralogique de ciment (en %)......

Liste des Figure

Chapitre II :

Fig(II.01). Courbe contrainte-déformation en compression simple.....

Fig(II.02). courbe de Comportement du béton en traction simple.....

Chapitre III :

Fig(III.01). Courbe granulométrique de sable alluvionnaire.....

Fig(III.02).La résistance à la compression en fonction de la variation des agrégats de verre.

Fig(III.03). La résistance à la compression en fonction de la variation de l'âge.....

Fig(III.04). La résistance à la flexion en fonction de la variation des agrégats de verre.....

Fig(III.05). La résistance à la flexion en fonction de la variation de l'âge.....

Photo(I.01). Comment faire tourner les déchets.....

Photo(II.01).Ciment portland de AIN TOUTA BATNA.....

Introduction Générale

Introduction Générale

Dans des pays en développement, où des projets d'industrialisation diversifiés, associés à une urbanisation rapide, sont entrepris pour améliorer le niveau de vie, le problème majeur est la pollution de l'environnement par la production croissante de déchets domestiques et industriels. L'élimination des déchets est devenue un problème majeur, notamment en ce qui concerne l'élimination des déchets de verre produits par les ménages et l'industrie dans le pays. Les quantités de déchets de verre ont augmenté ces dernières années en raison de l'industrialisation croissante et de la rapidité d'amélioration du niveau de vie. Malheureusement, la majorité des déchets de verre ne sont pas recyclés mais plutôt abandonnés et sont donc à l'origine de certains problèmes graves tels que le gaspillage des ressources naturelles et les problèmes environnementaux. Pour ces raisons, cette étude a été menée dans le cadre de recherches expérimentales de base afin d'analyser les possibilités de déchet de verre broyé sous forme d'agrégats fins dans le mortier. Si la grande quantité de déchets générés est utilisée à la place des matériaux naturels dans l'industrie de la construction, il y aurait trois avantages: conserver les ressources naturelles, éliminer les déchets des matériaux (souvent inesthétiques) et libérant des terres précieuses pour d'autres usages. (**Blewett, Blewett 2000**)

Le verre est un produit courant que l'on peut trouver sous différentes formes: bouteilles, bocaux, fenêtres et pare-brise, ampoules, tubes à rayons cathodiques, etc. En raison de l'espace disponible limité dans les sites d'enfouissement et des réglementations environnementales strictes, alternatives économiques et environnementales saines pour l'utilisation de ces déchets de verre. Par conséquent, les ingénieurs civils ont été mis au défi de convertir ces déchets de verre en matériaux de construction et de construction utiles.

La présente étude consiste à vérifier l'effet de l'utilisation de déchet de verre sous forme d'agrégats comme remplaçant partiel de sable de construction sur les propriétés de mortier.

Pour a la notre document est structuré comme suit.

Un premier chapitre que concerne la recherche bibliographique où nous allons faire un aperçu historique sur l'utilisation des déchets de verre duos forme d'agrégats pour le remplacement du sable utilisé dans la préparation de mortier et ou de béton.

Dans le deuxième chapitre nous allons présenter les différents matériaux utilisés avec les différentes méthodes adoptées pour réaliser nos expériences.

Enfin dans le troisième chapitre nous allons exposer nos résultats et bien sure les analyser et les discuter et conclusion et perspective.

Chapitre I

Recherches Bibliographiques

I.1. Introduction :

La pollution est la dégradation d'un écosystème par l'introduction, généralement humaine, de substances ou de radiations altérant de manière plus ou moins importante le fonctionnement de cet écosystème (Peiry, 2004). Par extension, le mot désigne aussi parfois les conséquences de phénomènes géologiques comme une éruption volcanique (Anonyme, 2017). La pollution d'origine humaine peut avoir un impact très important sur la santé et dans la biosphère comme en témoigne l'exposition aux polluants et le réchauffement climatique qui transforme le climat de la Terre et son écosystème, en entraînant l'apparition de maladies inconnues jusqu'alors dans certaines zones géographiques, des migrations de certaines espèces, voire leur extinction si elles ne peuvent s'adapter à leur nouvel environnement biophysique.

I.2. Historique et causes de l'utilisation des agrégats de déchet de verre dans le mortier :

La production de béton nécessite de nombreuses quantités d'agrégats naturels (Sharma et al, 2015).

L'utilisation du sable en tant qu'agrégat fin conduira à l'exploitation des ressources normales. Si le sable est remplacé par les déchets de verre par dosage spécifique, cela diminuera la teneur en sable et réduira ainsi les effets néfastes du sable, rendant l'industrie du béton durable (Iqbal Malik et al, 2013).

La quantité de déchets de verre produite a augmenté au cours des dernières années en raison des exigences croissantes des produits en verre. Lorsque le déchet de verre sera réutilisé dans l'industrie du béton, le coût du béton sera réduit (Topcu et al, 2004). Le recyclage de déchets de verre en le transformant en granulats fins conduit à économiser les sites d'enfouissement et réduit la demande d'extraction de matières premières naturelles pour le secteur de la construction (M. Rakshvir et al, 2006). Le verre est un matériau transparent utilisé dans les produits manufacturés tels que le verre à vitre et le verre pour contenants. C'est un matériau parfait pour le recyclage et ses utilisations permettent d'économiser beaucoup d'énergie. Une de ses contributions importantes est la production de béton. En raison de la réaction alcali-silice (ASR), qui entraîne une diminution de la durabilité et de la résistance du béton, son application n'est pas encore courante. Les agrégats de verre sont forts mais cassants, ils ont une forme angulaire et une texture relativement lisse (Topcu et al, 2004). Il présente un faible retrait et une faible absorption d'eau, et une résistance élevée à l'usure (Taha et al, 2008).

L'utilisation de déchets de verre provoque l'interaction entre les alcalis dans le ciment et la silice dans les agrégats qui donnent du gel de silice qui peut gonfler en absorbant de l'eau. Le volume de gel augmente, ce gonflement génère des fissures (**Meyer et al, 1996**). Les résistances à la flexion, à la compression et à la traction du béton de déchets de verre avaient une tendance à la baisse avec un rapport de déchets de verre croissant (**Park et al, 2004**); l'incorporation de 30% de poudre de verre pouvait être réalisée sans effets à long terme. Le béton de déchets de verremélange la résistance à la compression, mais la maniabilité diminue lorsque le contenu de les déchets de verre augmente L'influence pouzzolanique du déchet de verre est plus nette à l'âge tardif [28 jours] dans le béton, le pourcentage optimal de déchets de verre qui attribue des résultats maximaux de résistance à la flexion et à la compression à 20% et à la poudre de déchets de verre diminue l'expansion ASR. La possibilité d'utiliser de la poudre de déchets de verre comme solution de remplacement partielle du sable jusqu'à ce que 30% des tailles de particules (0-1,18) mm aient été observées, le poids diminue de 5% et la maniabilité augmente avec la teneur en déchet de verre (**Iqbal Malik et al, 2013**). Utilisation de la température de frittage améliorée les déchets de verre, absorption d'eau réduite. L'ajout de 30 à 50% de déchets de verre a produit un agrégat léger de haute qualité avec une densité inférieure (**Tuan et al,2013**).

I.3. Utilisation de verre dans le domaine de Génie Civil :

I.3.1 Définition de verre :

Le verre est un matériau, isotrope, solide obtenu par un refroidissement rapide d'un liquide. D'un point de vue structural, il est amorphe ou non-cristallin. Il ne présente donc ni ordre à longue distance, ni périodicité atomique. Mais ce qui caractérise réellement le verre, par rapport à d'autres matériaux amorphes, est le phénomène de transition vitreuse, que l'on retrouve systématiquement avant la cristallisation et qui caractérise la transition de l'état solide amorphe à l'état de liquide visqueux. (**Boulifa&Dababi,2017**)

I.3.2 Les caractéristiques des agrégats de verre :

Les caractéristiques intéressant un granulats ou un agrégat varient fonction de l'usage auquel ce granulats est destiné, mais aussi de l'origine et de la nature de ce granulats.les, normes spécifiques à chaque usage définissent les caractéristiques pour lesquelles une mesure ou une évaluation est nécessaire. (**ENDPC, 1990**)

Par exemple la connaissance de la teneur en chlorure est importante pour des granulats destinés à la fabrication des bétons hydrauliques, sans intérêt pour les granulats destinés à la fabrication des bétons bitumineux.

Pour les caractéristiques, il y a trois types de caractéristique celles de chimique, physique et géométrique.(ENDPC, 1990)

I.3.3 Valorisations de verre dans le domaine de Génie Civil :

Des recherches récentes aux États- Unis a permis de considérer le verre recyclé comme une construction en béton potentiellement "adapté à l'usage" matériel. Ces recherches effectuées pendant les années 1960, 1970 et 1980 sur l'étude de la réaction de silice alcaline de l'agrégat de verre ont conclusions définitive.(ENDPC, 1990)

Parallèlement à ces progrès scientifiques, les modifications apportées à la législation environnementale encouragent positivement les granulats secondaires dans le béton et les déchets de verre sont disponibles en plus grandes quantités en tant que conteneur, en fin de vie.

I.3.4 Déchets de verre dans le monde :

Le verre et les routes

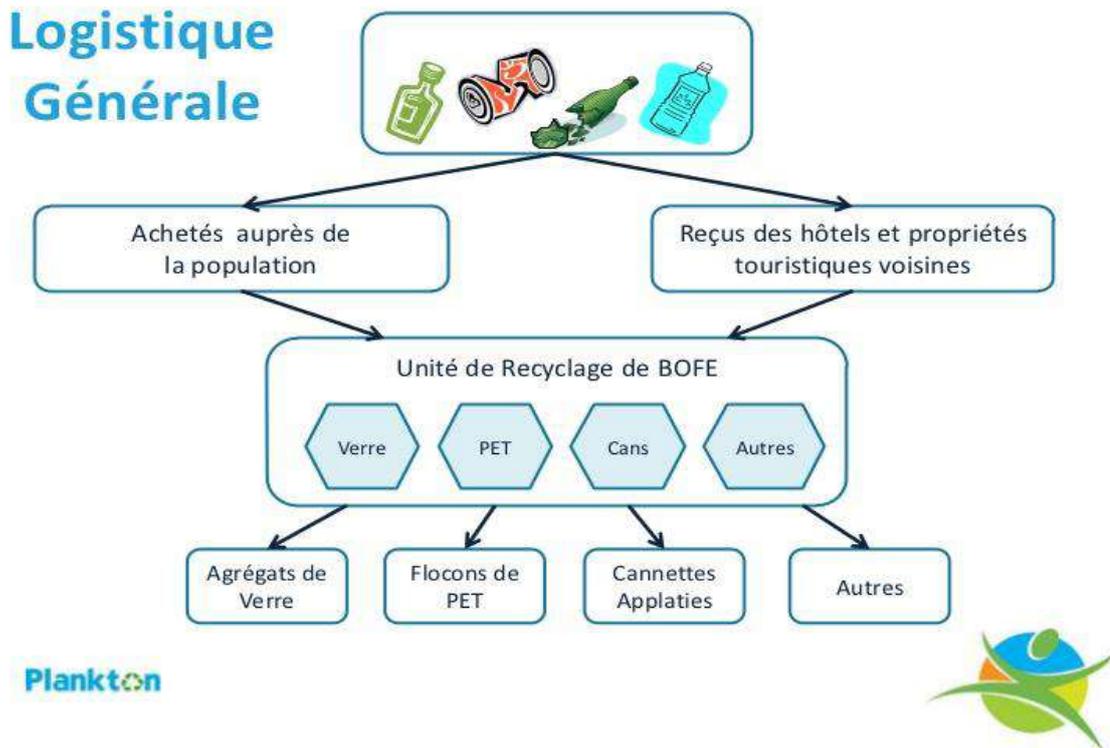
(Glasphalt): Peut-être utiliser de déchets de verre dans les routes au lieu de gravier ou de petits cailloux de mélange de quelques pourcentages, et ce type d'industrie fut un grand succès en Amérique et avéré très réussie à conserver la température, comme sa propriété, et est la résistance au glissement sur la route.

(Read repaire matériel): est un mélange de verre et de l'huile usée, le ciment et l'utilisation de cet article est utilisé pour bricoler sur la route ou pour remplir les trous et les ébauches de forage et au-dessus de la route. (**Boulifa&Dababi,2017**)

Le verre et les bâtiments

(Terrezzo): est un mélange de particules de verre, de marbre et de ciment Portland gris ou de couleur blanche est utilisé pour les planchers et les murs.

(brique et tuiles en verre moussé): est Un mélange de verre avec un matériau en caoutchouc a faible densité et en ajoutant des substances chimiques qui ont la capacité de résister à la température et de la résistance, est considéré comme un matériau insonorisant (**Boulifa& Dababi,2017**).



Photo(01). Comment faire tourner les déchets. (W02, 2019)

I.4. Le sable :

I.4.1. Définition :

Le sable, dans le domaine de la construction, avant d'être un matériau qu'on prend à la pelle ou à la truelle, fait l'objet de description et de prescriptions normatives. Pour la confection de mortiers, bétons et enduits, le sable est un granulat, qui doit être conforme à la norme NF EN 12620+A1 de juin 2008. Pour cette norme, le sable est une désignation des classes granulaires pour lesquelles D (dimension maximum) est inférieur ou égal à 4 mm. Le sable peut résulter de l'altération naturelle de roches massives ou meubles et/ou de leur concassage ou du traitement des granulats

I.4.2. les types de sables :

Le sable est avant tout un matériau naturel, issu du quartz ou du silice, largement utilisé dans le domaine de la construction. Le sable est constitué de grains plus ou moins fins, dont la dimension varie de 0,15 mm à 4,76 mm. En fonction de la taille des grains, on parle de sable fin, de gros sable ou de sable graveleux . Il existe ainsi **différents types de sables**, qui auront différentes utilisations en construction.

I.4.2.1.sables naturels :

Les sables naturels peuvent être issus des rivières. Également appelé :

***sable des rivières** : ou « sable alluvionnaire », il se caractérise par sa forme arrondie et sa dureté, et il provient de l'action de l'eau sur les rochers.

* **sable de carrière** : extrait des sablonnières et à la forme angulaire. Le sable de carrière est soit retiré du sol en masse, soit fabriqué à partir de roches extraites en carrière.

***sable de mer** : qui provient de roches sous-marines, il est particulièrement chargé en sel. L'utilisation de ce type de sable nécessite un rinçage minutieux et peut être à l'origine d'éventuelles efflorescences.

***sable de feuilles** : est un sable fin, comportant de nombreux vides d'air qui imposent lors de son utilisation une association avec d'autres sables. Ce sable est récupéré sur les reliefs montagneux.

I.4.2.2.Sables artificiels :

Les sables artificiels comprennent les sables résultant du concassage de blocs de laitier des hauts-fourneaux, le sable concassé obtenu de façon identique mais sans filler, le laitier granulé ayant subi un refroidissement rapide, et le laitier broyé obtenu à partir du concassage du laitier granulé.

I.4.3.Qualités requises pour un sable naturel ou artificiel :

Un sable est jugé de bonne qualité s'il remplit certaines conditions.

Tout d'abord, il ne doit pas renfermer plus de 3 % d'impuretés (limons, produits industriels nocifs, poussière etc.).

En suite, il doit être composé de grains de taille et de dimensions différentes, de manière à remplir les vides laissés entre les divers types de granulats.

I. 4. Conclusion :

Ce chapitre est un aperçu général de verre et ses utilisations ainsi les valorisations de verre dans le domaine de génie civil, passant par les déchets de verre (les agrégats de verre), en suite nous avons parlé des pour photo la recyclage des déchets, enfin nous avons terminé ce chapitre par les types de sables.

Chapitre II
Matériels et Méthodes

II.1.Introduction :

Les caractéristiques des matériaux utilisés dans la composition d'un mortier jouent un rôle très important, ainsi les propriétés essentielles du mortier sont largement influencées par les caractéristiques de ses constituants. De ce fait, nous allons parler de la normalisation des modes d'essais et d'identification des composants d'un mortier, selon les normes en vigueur. Dans ce chapitre, on présente les différents matériaux à utiliser dans la préparation du mortier à étudier ainsi que les essais à effectuer selon les normes françaises et les modes opératoires.

II.2.Sable :

Le sable utilisé dans notre travail expérimental est un sable alluvionnaire au gisement de SIDI SLIMAN et il a les caractéristiques suivantes :

II.2.1 Equivalent De Sable (NF P 18 598) :

II.2.1.1.But de l'essai :

L'essai de l'équivalent de sable est utilisé de manière courante pour évaluer la propreté des sables.

Cet essai consiste à séparer les particules fines contenues dans le granulat des éléments sableux plus grossiers. Une procédure normalisée permet de déterminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté.

II.2.2. La Masse Volumique (NF P18-301) :

La masse volumique absolue et apparente permet le passage de la masse au volume des différentes classes granulaires, elle est souvent très nécessaire.

II.2.2.1.La masse volumique absolue :

A .Définition :

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

B .Mode opératoire d'essai :

Mettre dans une éprouvette un volume V_1 d'eau.

Lire de nouveau le volume V_2 .

Le volume absolu est $V = V_2 - V_1$

MV abs: Masse volumique absolue.

MS: Masse des grains solides

V1: volume de l'eau

V2: volume total (grains solides+ eau).

II.2.2.2.La Masse Volumique Apparente (NFP 94-064) :

A .Définition :

C'est la masse de l'unité de volume apparent du corps, c'est-à-dire du volume constitué par la matière du corps et les vides qu'elle contient.

B . 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:

Avec :

M0: La masse du récipient de mesure vide.

MT: La masse du récipient avec l'échantillon.

V : le volume du récipient de mesure.

II.2.3. Analyse Granulométrique Par Tamisage (NFP 18-560) :

L'analyse Granulométrique par tamisage est une méthode d'essai qui consiste à tamiser le granulat sur une série de tamis à mailles carrées de dimensions d'ouverture décroissantes et à peser le refus sur chaque tamis. On trace ensuite la Courbe Granulométrique, courbe exprimant les pourcentages cumulés, en poids, de grains passant dans les tamis successifs.

***Module De Finesse :**

C'est un module qui nous permet de caractériser la finesse des différents types de sable par la somme des pourcentages des refus cumulés pour les tamis de série suivant (mm).

II.4.Mesure de la finesse (surface spécifique) :

II.4.1. Objectif de l'essai :

Les ciments se présentent sous forme de poudre finement divisée. Cette finesse est une caractéristique importante : lors du gâchage, plus la surface de ciment en contact avec l'eau est grande et plus l'hydratation est rapide et complète. La finesse d'un ciment est généralement exprimée par sa surface massique: c'est la surface totale des grains contenus

dans une unité de masse de poudre. La surface massique est généralement exprimée en de surface des grains de ciment par gramme de poudre.

II.4.2.Principe de l'essai :

L'essai a pour but de calculer le débit d'air susceptible de passer à travers la poudre. La surface massique du ciment étudié n'est pas mesurée directement, mais par comparaison avec un ciment de référence dont la surface massique est connue. Il s'agit de faire passer un volume d'air connu à travers une poudre de ciment. Plus la surface massique de cette poudre est importante et plus le temps t mis par l'air pour traverser la poudre est long. Dans les conditions normalisées décrites, la surface est proportionnelle à .

II.4.3.Équipement nécessaire :

un appareil appelé «Perméabilimètre de Blaine». Il se compose pour l'essentiel d'une cellule dans laquelle est placé le ciment à tester et d'un manomètre constitué d'un tube en verre en forme de U rempli, jusqu'à son repère inférieur d'une huile légère. La cellule est équipée d'une grille en sa partie inférieure. Un piston sert à tasser le ciment dans la cellule sous un volume V défini.

une balance précise à 0,001 g.

un chronomètre précis à 0,2 s près.

du ciment de référence de surface massique (S_0) et de masse volumique (ρ_0) connues (les deux).

des rondelles de papier filtrant adaptées au diamètre de la cellule.

du mercure pour mesurer le volume V de la couche tassée.

un thermomètre précis à 0,1 °C près pour mesurer la température de l'air.

II.4.4.Conduite de l'essai :

Le liant hydraulique dont on désire mesurer la surface spécifique doit être à porosité constante (égale à 0,500).

- Méthode : peser à 0,01 g près, une masse m de liant telle que, compte tenu de son volume V après tassement dans la cellule, sa porosité soit égale à 0,500.
- La masse de matière à prendre s'écrit: $m = (1 - e) \rho V$ avec ρ et V sont respectivement la masse volumique et le volume utile de la cellule.

Placer la grille au fond de la cellule. Appliquer sur cette grille, au moyen d'une tige à face inférieure plane et d'une équerre, un disque neuf de papier filtre.

Verser le liant dans la cellule en utilisant un entonnoir.

Donner quelques légères secousses à la cellule pour niveler la couche supérieure du liant, puis placer sur celui-ci un autre disque neuf de papier filtre.

Tasser avec précaution au moyen du piston en évitant la remontée de la poudre au-dessus du papier filtre jusqu'à ce que le collier vienne buter contre le haut de la cellule.

Retirer le piston lentement (Il est commode de pratiquer une légère rotation alternative).

Vérifier le niveau du liquide du manomètre qui doit affleurer au trait inférieur. Enduire de vaseline la partie ronde de la cellule et la placer sur son ajustage en lui imprimant un léger mouvement de rotation pour répartir la vaseline ; veiller au cours de cette opération à ne pas altérer le tassement de la couche.

Aspirer lentement au moyen de la poire l'air du tube jusqu'à ce que le niveau du liquide atteigne le trait supérieur. Fermer le robinet. Mettre en marche un chronomètre sensible au cinquième de seconde quand le niveau de liquide atteint le deuxième trait. L'arrêter quand le niveau de liquide atteint le troisième trait. Noter le temps écoulé t ainsi que la température de la pièce

Faire trois mesures et prendre la moyenne arithmétique des trois temps.

II.3. 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. Il était autrefois aussi nommé grésil ou groisil en France. Le «calcin » désigne spécifiquement des débris de verre utilisé dans les verreries qui recyclent du verre issu du tri sélectif des déchets (et/ou leur propres déchets de verre). Le calcin constituait en France au début des années 2000 environ 5 % du verre d'emballage et il est trop pollué pour être valorisé en verrerie.

Les agrégats de verre utilisé dans notre travail sont de couleur transparent et de diamètre entre 0,125 et 0,60 mm diamètres proches de ceux du sable alluvionnaire.

II.4. Le ciment :

.Le ciment est un liant hydraulique, il se présente sous l'aspect d'une poudre très fine, qui mélangée avec de l'eau, forme une pâte faisant prise et durcissant progressivement dans le

temps, il est obtenu par broyage fin du clinker avec une quantité nécessaire de gypse et un ou des ajout(s) minéraux actifs (ciment composé), faite simultanément ou par malaxage minutieux des mêmes matériaux broyés séparément. (ENDPC, 1990)

*Le ciment CPA- CEM II 42.5 ES de l'ERCE répond aux exigences de la norme NA 433 :2002

Caractéristiques Physiques :

- Temps de début de prise mesuré sur pâte pure ≥ 60 minutes.
- Retrait à 28 jours d'âge sur mortier normal $\leq 1000 \mu\text{m} / \text{m}$.
- Stabilité mesurée sur éprouvette de pâte pure $\leq 05 \text{ mm}$.

Caractéristiques Mécaniques : Les résistances mécaniques à la compression font apparaître une valeur moyenne des résultats à 28 jour voisine de $52,5 \text{ N} / \text{mm}^2$.

Les valeurs limitées garanties sont : $\geq 10,0 \text{ N} / \text{mm}^2$ à 02 jours.

$\geq 40,0 \text{ N} / \text{mm}^2$ à 28 jours.



Photo(II.01).Ciment portland d'AIN TOUTA BATNA.

II.5.Eau de gâchage :

L'eau est un indispensable composant du mortier, mais utilisée en trop grande quantité, elle nuit à sa durabilité.

Les adjuvants améliorent les propriétés des bétons. Ils sont utilisés en faible quantité : moins de 5 % du poids de ciment. Ils agissent sur des propriétés telles que la maniabilité, le temps de prise, la qualité hydrofuge...

Importance du rapport eau/ciment : **(Ollivier et al, 2008)**

Les dosages de l'eau et du ciment sont deux facteurs importants. En effet, l'ouvrabilité et la résistance sont grandement affectées par ces deux paramètres. Plus le rapport eau/ciment est grand, plus l'ouvrabilité sera grande. En effet, plus il y a d'eau, plus le béton aura tendance à remplir aisément les formes. Le rapport des masses E/C « moyen » est normalement fixé à 0,55. C'est ce rapport qui est le plus souvent utilisé, car le béton obtenu dispose d'une assez bonne ouvrabilité, tout en ayant une bonne résistance.

Le phénomène de ressuage est dû à un rapport eau sur ciment trop élevé. Il se manifeste par l'apparition d'une flaque au-dessus du béton frais. Au niveau des granulats, on observe la présence d'eau à l'interface entre les granulats et la pâte de ciment. La résistance en est réduite, car l'eau s'évapore et il y a des vides entre le granulat et la pâte. **(Ollivier et al, 2008)**.

II.6.Préparation de mortier :

II.6.1.Essai sur mortier :

La composition du mortier est définie par la norme EN 196-1. Le mortier doit être composé en masse, d'une partie de ciment, de trois parties de sable normalisé et d'une demi-partie d'eau .

Chaque gâchée pour trois éprouvettes d'essai doit comporter $450 \text{ g} \pm 2 \text{ g}$ de ciment, $1350 \text{ g} \pm 5 \text{ g}$ de sable et $225 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ d'eau.

II.6.2.Formulation d'un mortier témoin :

Pour la composition du mortier de sable témoin, nous avons utilisé un dosage en ciment et sable correspondant à celui qui est un mortier normalisé; c'est à dire une partie de ciment et trois parties de sable.

II.6.3. Malaxage du mortier :

- Il faut malaxer chaque gâchée de mortier mécaniquement au moyen du malaxeur spécifié.
- Verser l'eau dans le récipient et introduire le ciment.
- Mettre alors immédiatement le malaxeur en marche à petite vitesse et après 30 s, introduire régulièrement tout le sable (pendant les 30 s suivantes).
- Mettre le malaxeur à sa vitesse la plus grande et continuer à mélanger pendant 30s supplémentaires.
- Arrêter le malaxeur pendant 1 min 30 s. Pendant les 15 premières secondes, enlever au moyen d'une raclette en caoutchouc 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 (**Dupain et al, 1995**).
- Dans notre travail nous avons utilisé un malaxeur automatique de marque CONTROLS.

II.6.4. 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.

II.6.5. Conservation des éprouvettes :

Le moule rempli de mortier est convenablement identifié, puis placé jusqu'au moment du démoulage couvert d'un couvercle, sur un support horizontal dans laboratoire dont la température de $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ et humidité de $50\pm 5\%$.

Le démoulage est effectué entre 20 h et 24 h après le moulage. Les éprouvettes sont alors marquées convenablement avec un crayon résistant à l'eau. Les éprouvettes sont

placées dans l'eau et conservé dans une chambre humide sous conditions de température de $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ et $90\pm 5\%$ d'humidité

II.6.6. Les compositions utilisées :

Dans notre travail, nous avons préparé environ 108 éprouvettes pour la caractérisation physique et mécanique des mortiers confectionnés en différent pourcentage des agrégats de verre. On donne les nomenclatures nommée dans le travail :

*Tem \rightarrow Ciment+Sable de construction+Eau.

*E(10) \rightarrow Ciment+Sable de construction(90%)+Verre(10%)+Eau.

*E(20) \rightarrow Ciment+Sable de construction(80%)+ Verre(20%)+Eau.

S : Sable de construction(alluvionnaire).

C : Ciment.

A.V : Les a agrégats de verre.

E : Eau.

Tableau(II.01): Les compositions utilisées pour les différents échantillons de mortier.

| | S (g) | C (g) | E (g) | A V |
|--------|-------|-------|-------|-----|
| T | 1350 | 450 | 225 | 0 |
| E (10) | 1215 | 450 | 225 | 135 |
| E (20) | 1080 | 450 | 225 | 270 |

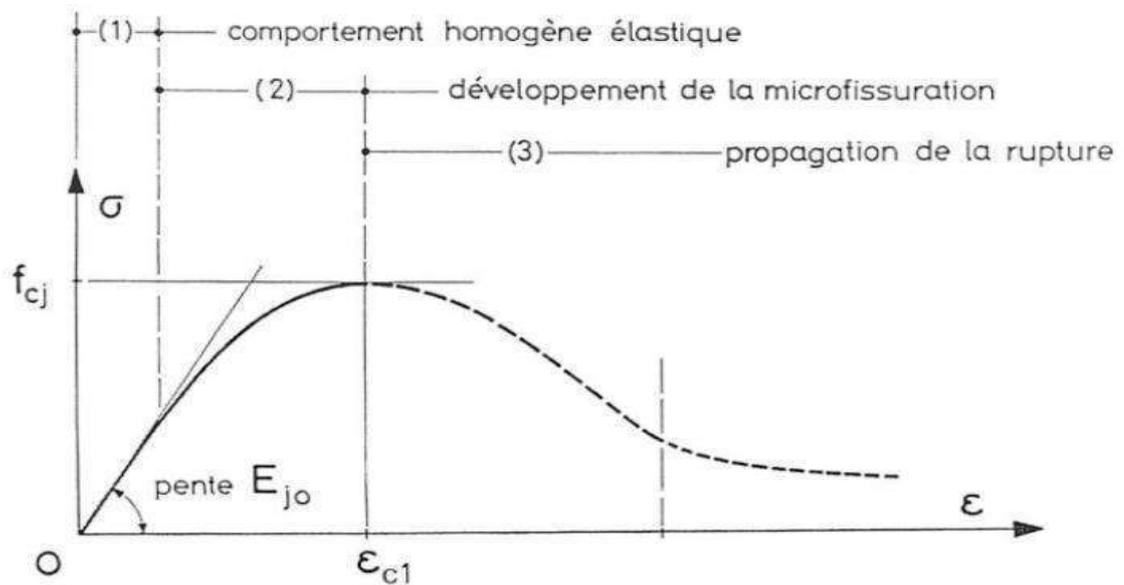
II.6.7. Résistances mécaniques des mortiers :

Pour la détermination de la résistance à la flexion, on utilise 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.

A . Résistance a la compression :

Comportement en compression: La résistance en compression est le paramètre de base pour le béton, elle définit souvent une classe de résistance dont sont censées découler

beaucoup d'autres propriétés. La résistance à compression se traduit par la relation de contrainte et d'élongation, cette relation est schématisée sur la figure I.(**A.Lammouchie et al 2018**)



Figure(II.01). Courbe contrainte-déformation en compression simple(**Lammouchie et al 2018**)

On distingue cette déformation en trois étapes :

* Une phase de comportement analogue à celui d'un matériau homogène et élastique, se traduisant par une relation à peu près linéaire entre la contrainte et la déformation.

* La phase de développement de la microfissuration qui entraîne une incurvation progressive de la courbe jusqu'à l'atteinte du maximum de contrainte.

* La phase de développement des surfaces de fracture et d'une fissuration plus ou moins généralisée, c'est-à-dire la propagation progressive de la rupture. (**Lammouchie et al 2018**)

- Centrer chaque demi-prisme latéralement par rapport aux plateaux de la machine à ± 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 N/mm²) est calculée au moyen de la formule :

$$\rightarrow F_c = \frac{F}{S}$$

F_c = Résistance en Compression (MPa).

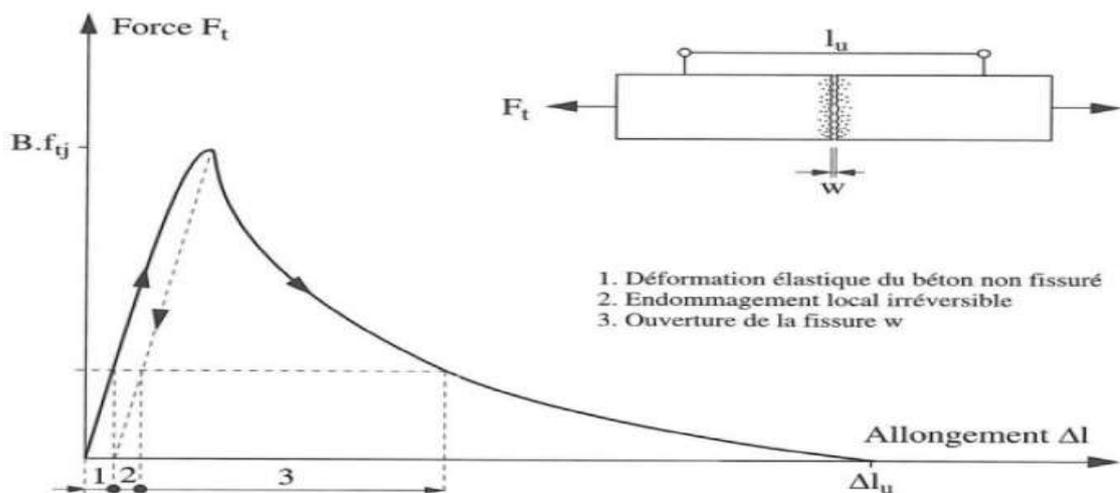
F = la force de compression (N).

S = la surface (mm²).

- F_c est la résistance en compression, en newtons par millimètre carré ou en MPa.
- F est la charge maximale à la rupture, en newtons.

B .Résistance a La flexion :

Comportement en traction: Dans le second comportement et avec la force de la pression, qui caractérisent les propriétés mécaniques du béton



FigureI(II.02). courbe de Comportement du béton en traction simple(Lammouchie et al 2018)

La figure ci-dessus montre la courbe de contrainte et de déformation du béton en une seule tension. Dans la première étape, le comportement est semi-linéaire jusqu'à ce qu'il atteigne la force maximale, et cette charge maximale correspond à la formation de la fissure.

- D'après l'étude de **Boulifa et Debabi (2017)** présente une étude de mortier par les résultats témoin suivant:

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/mm²) est calculée au moyen de la formule :

$$F_f = \frac{M}{W} = \frac{M}{I} \cdot Y / \quad M = \frac{F \cdot L}{4} = \frac{F \cdot 4a}{4} = F \cdot a$$

$$I = \frac{a^4}{12} \quad / \quad Y = \frac{a}{2}$$

$$\rightarrow F_f = \frac{6F}{a^2}$$

F_f = résistance à la flexion (MPa)..

- est la résistance en flexion, en newtons par millimètre carré ou en MPa.
- est le côté de la section carrée du prisme, en millimètres.
- est la charge appliquée au milieu du prisme à la rupture, en newtons.
- est la distance entre les appuis, en millimètres.

II.7. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté d'une manière détaillée les différents matériaux utilisés dans le cadre de cette recherche.

Les méthodes adoptées se résument dans les méthodes expérimentales en appliquant les études des propriétés physiques et mécaniques.

Chapitre III
Résultats et Discussion

III.1.Résultats :

Dans ce chapitre, nous allons présenter tout d'abord les caractéristiques de sable et agrégats de verre et les caractéristiques du ciment. On passe par la suite aux résultats des essais physiques et mécaniques (la compression et la flexion). Effectués sur les éprouvettes de mortier. Enfin, nous discutons. Ces résultats en les comparant avec d'autres travaux.

III.1.1.Les caractéristiques de sable :

Le sable utilisé est celui du gisement de SIDI SLIMANE- TOUGGOURT est un sable alluvionnaire de class granulaire (0/5) à couleur jaune. Les caractéristiques sont représentées dans les tableaux suivants :

Tableau(III.02) : résultat de l'équivalent de sable.

| Essai | 01 | 02 | 03 | Moyenne |
|--------------------------------------|--|-------|-------|-----------|
| Hauteur Total (H1)(cm) | 11,4 | 11 | 10,4 | |
| Hauteur de sable par piston (H2)(cm) | 10,1 | 10,3 | 10,1 | |
| ES (%)= (H2/H1) X 100 | 88,60 | 93,64 | 97,12 | 93 |
| OBS | Es > 60 acceptable pour mortier de qualité courante. | | | |

A. Analyse granulométrique de sable :

Cette analyse est faite aussi souvent que nécessaire pour maintenir la bonne granulométrie du sable à utiliser. La granulométrie d'un agrégat de sable pour le ferrociment est déterminée en passant un échantillon représentatif de sable à travers un tamis.

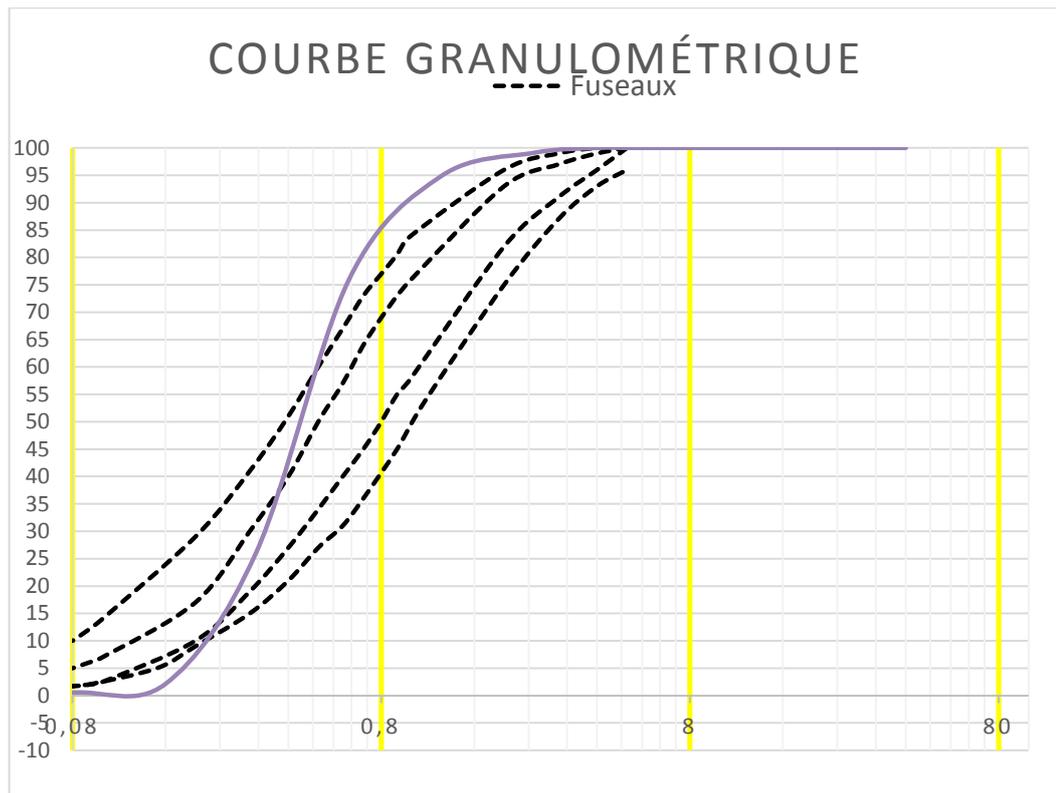


Fig.(III.01). Courbe granulométrique de sable alluvionnaire pour essayer le test

- Poids total avant lavage : 1000g
- Poids total après lavage : 945g
- Température de séchage : 75°
- Module de finesse : 2.02

B.observation :

- Sable naturel fin 0/5.
- Module de finesse acceptable compris entre (1.8 et 2.8). **(W01, 2019)**

III.1.2. Les caractéristiques des agrégats de verre :

Les étapes de préparation des agrégats de verre

**01****02****03****04****05**

Phot (III 04) : Comment préparer des granulés de verre

- apporter les déchets de verre.
- Nettoyez le verre et tout ce qui existe même des propriétés de verre ne changent pas.
- Concassage de verre en petits morceaux et les mettre dans le broyeur.
- Mettre le verre concassé dans le broyeur quelque temps.
- tamiser de verre à tamis 0,60 le reste est ramené au broyeur et réserve le passant les

agrégats utilisée dans l'expérience et compris entre 0,125 et 0,60 mm.

Pour les caractéristiques des agrégats de verre, nous allons aborder les Caractéristiques chimique.

Tableau (III.03): Composition chimique des agrégats de verre(en %).(Boulifa et Dababi,2017)

| SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | BaO | Na ₂ O | K ₂ O | SO ₃ | MnO | Cr ₂ O ₃ | NiO | PbO |
|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|-------|-------------------|------------------|-----------------|-------|--------------------------------|-------|-------|
| 71.9 | 0.054 | 1.705 | 0.248 | 10.905 | 1.299 | 0.035 | 13.063 | 0.575 | 0.095 | 0.026 | 0.111 | 0.006 | 0.028 |

III.1.3 Les caractéristiques du ciment :

Le ciment utilisé est un ciment Portland de CPJ CEMII A 32,5 Mpa. Il résulte du broyage du avec environ 5 % du gypse, pour la régularisation de la prise. Le ciment utilise est celui de la cimenterie d'Ain-Touat (Batna).

La fiche technique

Le ciment est un liant hydraulique c'est à dire un matériau qui forme une pâte capable de sceller par durcissant (la prise du ciment) ; lorsqu'on mélange avec de l'eau.

Résistance au feu et résistance mécanique à la compression et à la traction ainsi la flexion plus ou moins implorantes selon la composition du ciment.(Olivier et al,2008)

A. Composition chimique :

Le ciment c'est un matériau céramique composé de fragments ou de poudres minérales. Il existe nombreuses déclinaisons de ciments, avec des variations dans les proportions de compositions, les techniques de fabrication et dans le choix des matières. (Wikipédia 01,2019)

Tableau(III.04). Composition chimique de ciment (en %).

| SIO ₂ | AL ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | RI | SO ₃ | PAF |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------|-----------------|------|
| 22 | 5,02 | 2,94 | 64,36 | 2,07 | 0,73 | 1,94 | 0,64 |

B. Composition minéralogique :

L'originalité du ciment naturel Prompt ne provient pas d'une composition chimique particulière mais plutôt d'une cuisson à température basse et à large spectre thermique de 600 à 1 200°C (sous le point de fusion) très légèrement supérieure à celle des chaux hydrauliques et d'un mélange intime et naturel de calcaire et d'argile. Ce mélange à l'échelle du micron est nécessaire pour la formation des minéraux lors de la cuisson car la diffusion des éléments atomiques est faible à l'état solide)(Wikipédia 01,2019)

Tableau(III.05). Composition minéralogique de ciment (en %).

| C ₃ S | C ₂ S | C ₃ A | C ₄ AF |
|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| 51,28 | 24,68 | 8,33 | 8,94 |

III.1.4 .Résistance à la compression :

La figure(III.02) représente la variation de la résistance à la compression en fonction de la variation des agrégats de verre remplaçant le sable alluvionnaire.

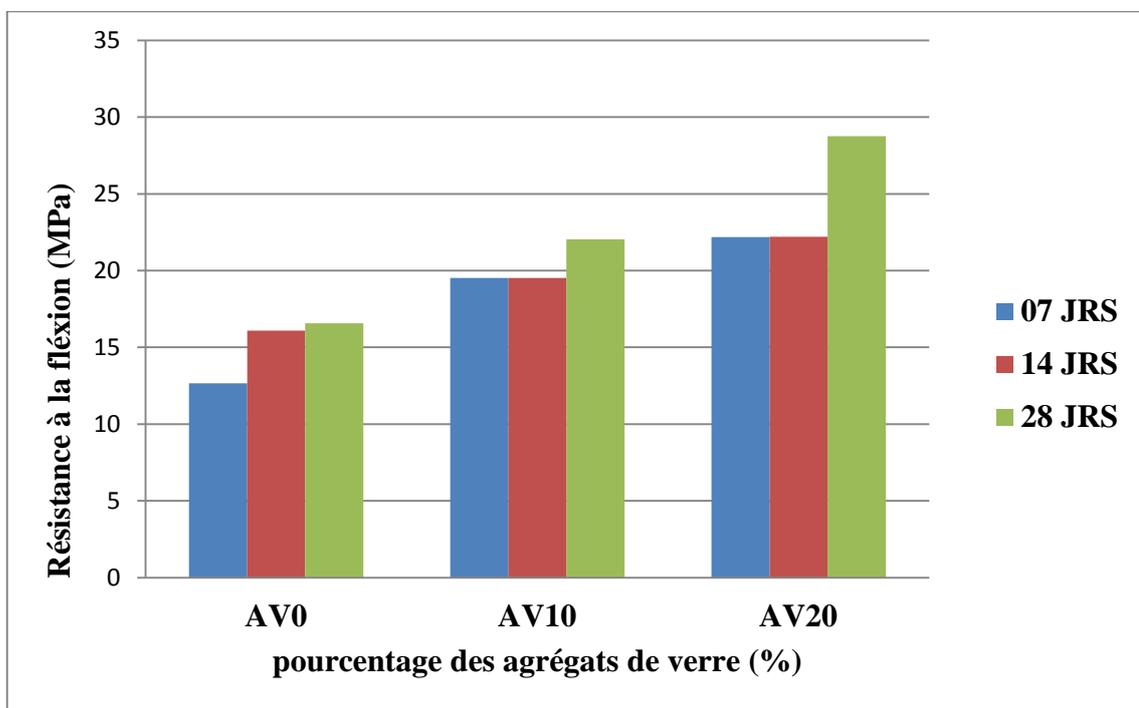


Fig. (III.02).La résistance à la compression en fonction de la variation des agrégats de verre.

D'après la figure(III.02), la présence des agrégats de verre augmente la résistance à la compression par rapport au témoin. La différence de la résistance à la compression dépasse les 27% en passant du cas témoin au cas de présence des agrégats de verre qui remplacent partiellement le sable alluvionnaire pour l'âge de 7 jours. Elle diminue et devient entre 0 et 13% pour l'âge de 14 jours. Pour l'âge de 28 jours, la résistance à la compression dans le cas de remplacement partiel du sable alluvionnaire par des agrégats de verre dépasse celle du cas témoin et arrive jusqu'à plus de 29% pour le cas de 20% des agrégats de verre.

La figure(III.03).représente la variation de la résistance à la compression en fonction de la variation de l'âge.

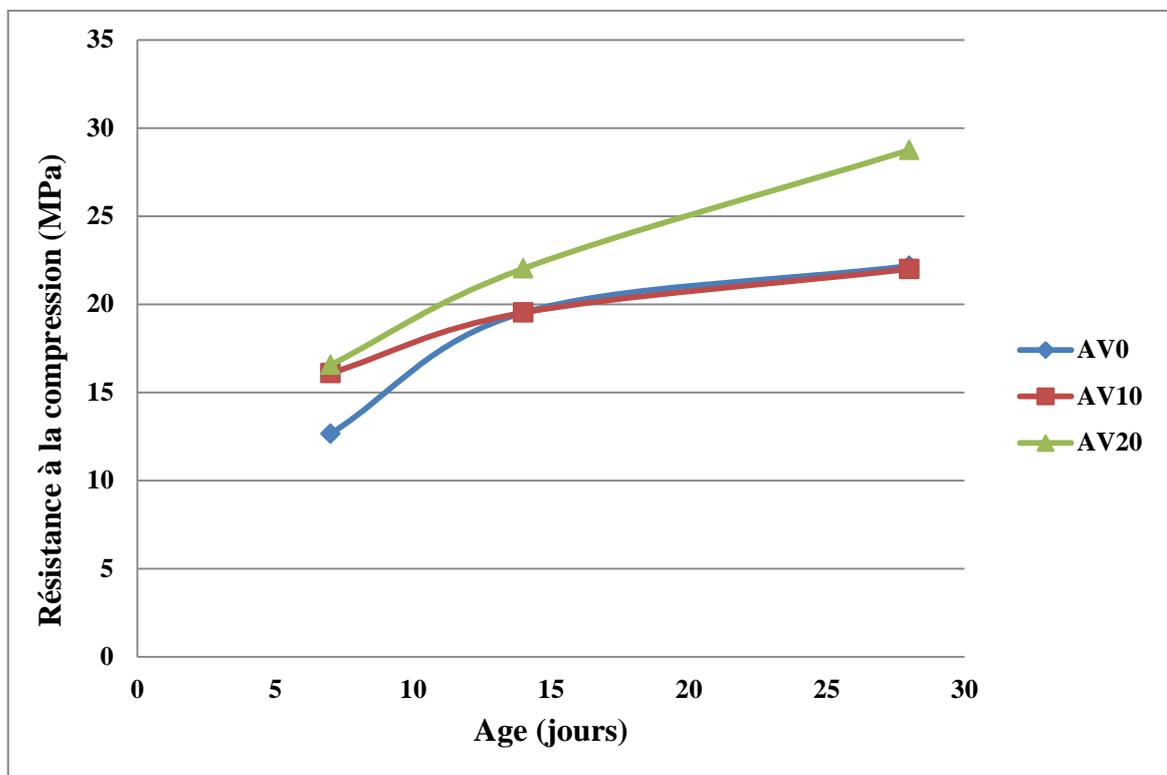


Fig. (III.03). La résistance à la compression en fonction de la variation de l'âge.

D'après la figure(III.03), la résistance à la compression augmente avec l'âge ; elle est la plus importante dans le cas de remplacement de sable alluvionnaire par les agrégats de verre en particulier dans le cas de remplacement par 20%. L'augmentation d'un âge à l'autre est relativement uniforme dans le cas de présence des agrégats de verre. Pour le cas de témoin, la résistance à la compression augmente rapidement en passant des échantillons

de l'âge de 7 jours aux échantillons de l'âge de 14 jours, cette augmentation devient faible entre 14 jours et 28 jours.

III.1.5 .Résistance à la flexion :

La flexion est une contrainte qui est en fait composée de deux contraintes fondamentales : la compression et traction .la partie de l'objet ou est appliquée la contrainte de flexion est soumise à la compression tandis que la partie externe de l'objet est soumise à la traction. Compte tenu que le béton est très résistance en compression et très peu en traction .Les résultats de l'essai de flexion sont grandement affectés par la résistance à la traction du béton (Boulifa&Dababi, 2017).

La figure(III.04).représente la variation de la résistance à la flexion en fonction de la variation des agrégats de verre remplaçant le sable alluvionnaire.

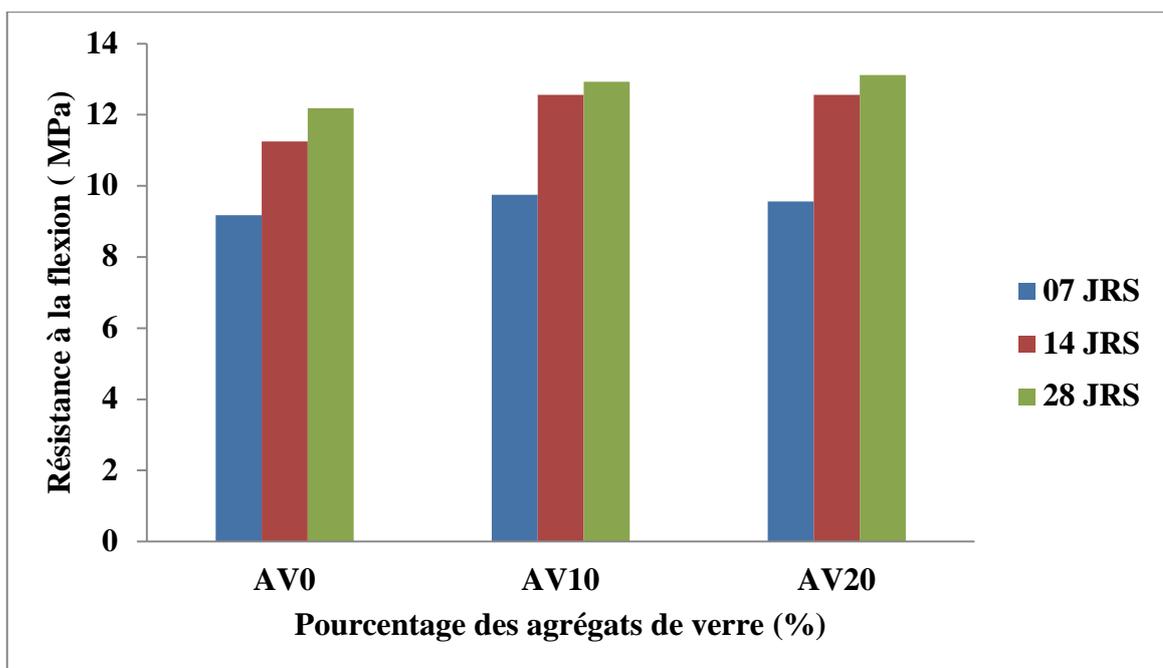


Fig. (III.04). La résistance à la flexion en fonction de la variation des agrégats de verre.

La figure(III.04), montre que la présence des agrégats de verre dans les échantillons de mortier contribue à l'augmentation légère de la résistance à la flexion. Cette augmentation est maximale dans le cas de 10% des agrégats de verre et dépasse les échantillons témoins de 6,21%. Pour l'âge de 14 jrs

Nous avons également note une légère augmentation de 0,19 pour les agrégats de verre qui remplacent partiellement les sables du glacier dans la force de flexion a 28 jours

par conséquent, nous notons la force de flexion pour les âges de 07 et 10 jours, ce qui correspond ou remplacement de 10% .

La figure (III.05).représente la variation de la résistance à la compression en fonction de la variation de l'âge.

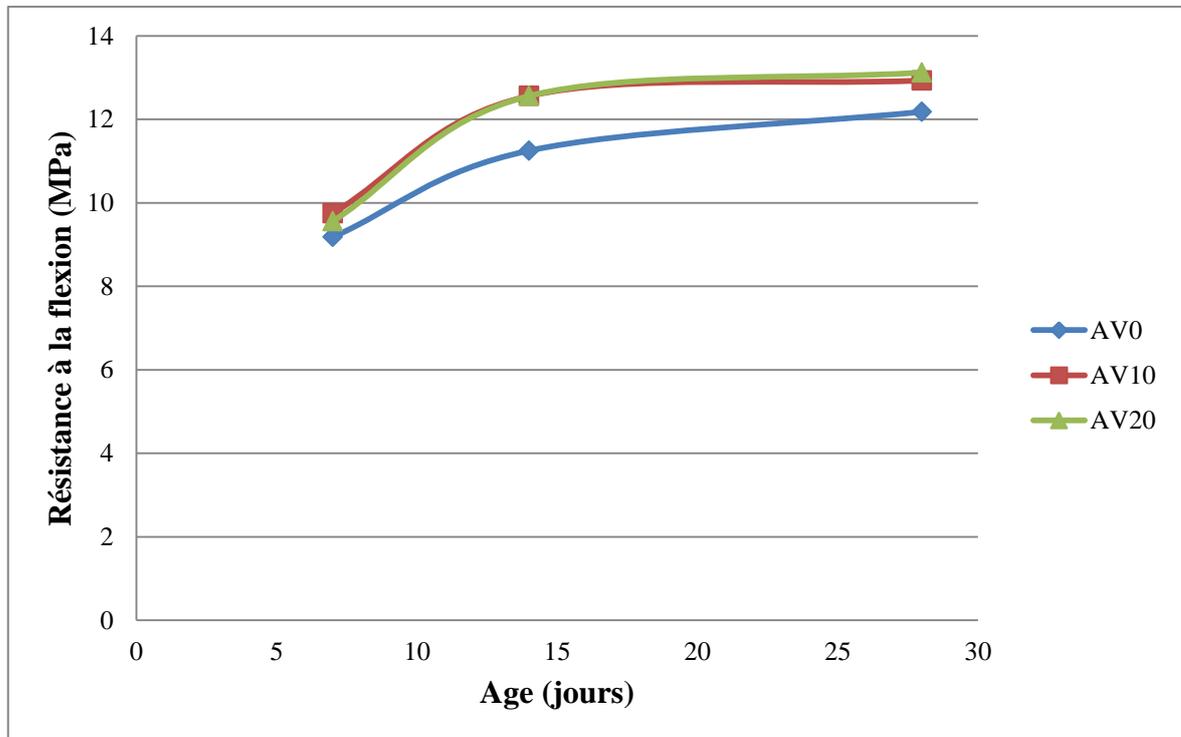


Fig. (III.05). La résistance à la flexion en fonction de la variation de l'âge.

D'après la figure(III.05),la résistance à la flexion avec l'âge ; est le plus important dans le cas du remplacement des agrégats de verre volcaniques de sable, en particulier dans le cas du remplacement de 20% et10% et stabilité avec la même augmentation relativement uniforme dans le cas des agrégats de verre .

la force de la pression augmente rapidement en passant des échantillons âgés de 7 jours à ceux âgés de 14 jours, et cette augmentation est élevée entre 14 et 28 jours sous une forme uniforme de 10% et 20 %.

III.2. Discussion générale :

Les résultats de notre étude expérimentale ont permis d'en déduire que le remplacement partiel de sable alluvionnaire par des agrégats de déchets de verre de diamètres entre 0,125 et 0,6 mm contribue à l'augmentation dans le mortier.

Les essais sur les caractéristiques mécaniques ont montré que :

Dans le cas de la variation de la résistance à la compression en fonction de la variation du taux de remplacement de sable par les agrégats de verre, l'accroissement du taux engendre une augmentation de la résistance à la compression. Cette augmentation est de l'ordre de 29% pour le cas de 20% de remplacement de sable par rapport au cas de l'échantillon témoin pour l'âge de 28 jours.

Pour la variation de la résistance à la compression par rapport à la variation de l'âge, la résistance augmente quand l'âge augmente, mais le taux d'accroissement diffère d'un type de mortier à un autre et d'un âge à un autre et il est le plus important dans le cas de remplacement par 20% avec plus 73% entre l'âge de 7 jours et l'âge de 28 jours.

En ce qui concerne la variation de la résistance à la flexion par rapport à la variation du taux de remplacement de sable par les agrégats de déchets de verre, la résistance augmente quand le taux de remplacement augmente. Cette augmentation est faible comparée à celle enregistrée dans le cas de la résistance à la compression et elle est maximale dans le cas de remplacement partiel de sable avec 20% des agrégats de déchets de verre avec 13,12 MPa, une valeur qui dépasse celle de l'échantillon témoin de 7,7% pour l'âge de 28 jours.

Pour le cas de la variation de la résistance à la flexion par rapport à la variation de l'âge, la résistance augmente avec l'âge de l'échantillon pour les différents types de mortier examinés. Le taux entre l'âge de 7 jours et l'âge de 28 jours est important dans le cas de remplacement de sable par 20% des agrégats de verre et il est de 37%.

Les résultats obtenus vont avec ceux de plusieurs auteurs en particulier ceux de **(Zainab et al,2009)** qui stipulent que le remplacement de sable par des agrégats de sable avec un taux de 20% et après un âge de 28 jours contribue à l'augmentation des résistances à la compression et à la flexion.

Contrairement au cas de remplacement de sable par des agrégats de verre, le remplacement partiel de ciment par de la poudre de verre dans la préparation de mortier

engendre une perte de performances de ce dernier et contribue à une légère diminution des résistances à la compression et à la flexion selon plusieurs auteurs comme (**Saggai et al, 2019 et Bhandri et Tajne, 2013**).

Le remplacement partiel du granulat naturel ou du ciment par le verre dans les bétons, améliore ses propriétés mécaniques notamment les résistances en compression. Toutefois, certains travaux conseillent l'utilisation de ce matériau, en prenant certaines précautions.

Conclusion générale

Conclusion Général

Conclusion général :

La valorisation et le recyclage des déchets sont un moyen pour minimiser leur effet sur l'environnement et par conséquent sur la santé humaine. Ils permettent aussi de trouver des moyens pour minimiser la dégradation de l'air, de l'eau et du sol.

Parmi ces déchets, il y a le verre qui est un déchet inerte qu'on a commencé depuis longtemps à l'utiliser dans différents domaines tels que les constructions à cause de ces caractéristiques avantageuses surtout pouzzolaniques (préparation du béton et de mortier) (**Sadiqul Islam et al., 2017; Aliabdo et al., 2016**).

Les résultats de nos différentes expériences ont montré que la présence des agrégats de verre comme remplaçant partiel de sable de construction à donner des bons résultats qui sont proche de ceux de mortier témoin pour le cas de 28 jours en ce qui concerne les résistances à la flexion et à la compression.

Comparés à ceux des travaux de **Debabi et Boulifa (2017)**, ces résistances sont faibles à celles des cas de mortier où le ciment est partiellement remplacé par la poudre de verre.

Ce qui renforce l'hypothèse de relation entre la taille de la particule de verre et le mode de remplacement et le comportement mécanique de mortier.

A la fin de ce travail, on suggère la conduite d'autres expériences pour ce genre de composition de mortier portent sur les essais non-destructives (durabilité, porosité et ultrason).

On suggère aussi d'augmenter le pourcentage de remplacement de sable de construction par les agrégats de verre et de vérifier les effets de ce remplacement sur les différents paramètres physiques et mécaniques.

Références Bibliographiques

A. Michael Ritter, US Dept of Agriculture, Forest Service, *Timber bridges : Design, construction, inspection, and maintenance*, Washington D.C., 1990, 944 p.

A. Sharma, A. Sangamnerkar, Glass Powder – A Partial Replacement for Cement, *International Journal Of Core Engineering & Management (IJCEM)* 2015, 1(11).86-93.

A.Lammouchie, N.CHaabani, Brique de terre stabilisé, master génie civil (structure), faculté des sciences appliquées, 2018, Université de Ouargla.

Anonyme.2017.Pollution.<https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Pollution&oldid=135382805>

B- A. Tuan., Ch-L.Hwang, K-L. Lin, Y-Y. Chen, M-P. Young. Development of lightweight aggregate from sewage sludge and waste glass powder for concrete. *Construction and Building Materials* 2013;47: 334–339

B. Taha, G.Nounu. Properties of concrete contains mixed color waste recycled glass as sand and cement replacement. *Construction Build Mater* 2008;22(5):713–720.

B. Topcu and M. Canbaz. Properties of Concrete containing waste glass. *Cement and Concrete Research* 2004; (34) :267-274

C. Meyer, S. Baxter , Jin W In: Alkali–silica reaction in concrete with waste glass as aggregate 1996, 1388–1397.

IB.Topcu,M.Canbaz. Properties of concrete containing waste glass. *Cement and Concrete Researc* 2004;34(2):267–274.

J.Blewett, I. J.Blewett, P K Woodward.2000. Phase and amplitude responses associated with the measurement of shear-wave velocity in sand by bender elements. *Canadian Geotechnical Journal*, 37(6) pp 1348-1357,

J-P. Ollivier et A. Vichot, *La durabilité des bétons*, Presses de l'École des ponts et chaussées, Paris, 2008.<https://fr.wikipedia.org/wiki/Ciment>

Ouvrage Collectif, Presses de l'École nationale des Ponts et Chaussées, 1990.<https://fr.wikipedia.org/wiki/Granulat>

K.K.PEIRY, Pollution and transboundary transfer of potentially hazardous substances: concepts. UNSW 2004.

<http://www.ecoconsult.ch/uploads/1144- IEL Slide4 Pollution-hazwastes.pdf>

L. Geurmiti, Diplôme de Magister ,Faculté des sciences et de la technologie et des sciences de matière, 2013, contribution à l'amélioration de certaines caractéristiques du béton de structure a base de sable.

Références Bibliographiques

M.Boulifa ,A.Debabi,Utilisation de poudre de verre dans le mortier,Mémoire Master Structure ,Département De Génie Civil Et Hydraulique, Université de Ouargla, 2017.

M. Iqbal Malik, Muzafar Bashir, Sajad Ahmad, Tabish Tariq, Umar Chowdhary. StudyOfConcrete Involving Use of Waste Glass as Partial Replacement of Fine Aggregates. IOSR Journal of Engineering 2013 ; 3(7).08-13.

M.Rakshvir, S.V.Barai, Studies on recycled aggregates-based concrete. Waste Management & Research 2006; 24 (3):225–233.

NFP 18-598 October 1991.<<Graulats :Equivalent de sable>>AFNOR-Parise-1997.

https://fr.wikipedia.org/wiki/Essai_de_compression

P.S Bhandari., K.M Tajne.(2013). Use of waste glass in cement mortar.INTERNATIONAL JOURNAL OF CIVIL AND STRUCTURAL ENGINEERING 3(4), 704-711.

J Wiley & Sons,Proprieties mécanique.*Materials Science & Engineering an Introduction*, U.S.A, , 2003 (ISBN 0-471-22471-5)

R. DUPAI, R. LANCHAN, J. C. SAINT AROMAN,.Granulats, sols, ciment et bétons, caractérisation des matériaux de génie civil par mes essais de laboratoire1995.

S.B Park., B.C Lee .,J.H Kim, Studies on mechanical properties of concrete containing waste glass aggregate. Cement and Concrete Research 2004; 34 (12):2181–2189.

S.Saggai ,S.Dahmani, M Boulifa, A. Debbabi (2019). Waste Glass Powder in mortar: technical and environmental effects. Conférence Internationale sur les Matériaux, le Patrimoine et l'Environnement en Zones Arides. Université Ahmed DRAIA, Adrar 17 & 18 février 2019.

Wikipédia (01) :SCIENCE DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION Travaux pratiques.

https://ft.univtlemcen.dz/assets/uploads/pdf/departement/gc/tp/analyse_granulometrique.pdf

Wikipédia (02): Comment faire tourner les déchets.

https://www.google.com/search?rlz=1C1CHBD_frDZ744DZ744&q=Plankton+unit+communautaire+de+recyclage&tbm=isch&source=univ&sa=X&ved=2ahUKEwi4156Ag6jjAhVM8uAKHVUSA9IQsAR6BAgJEAE&biw=1366&bih=625

Wikipédia (03) : pour Les agrégats

métalliques.<http://www.cimentetarchitecture.com/Ciment-naturel-Prompt/La-definition>

Z Zainab. Ismail *, AEnas. AL-Hashmi.(2009). Recycling of waste glass as a partial replacement for fine aggregate in concrete. Waste Management 29, 655–659

Annexes



Photo 01: Sable.

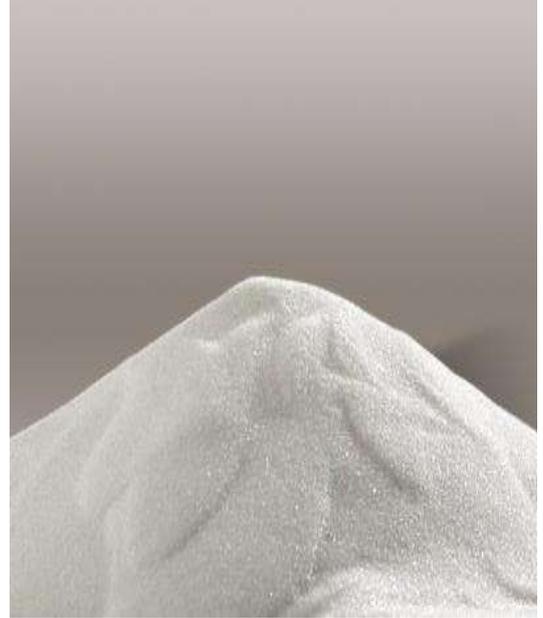


Photo 02: Les agrégats de verre.



Photo 03: Moule 4*4*16(cm²).



Photo 04: Balance électronique.

Annexes



Photo 05: Malaxeur de mortier.



Photo 06: table de choc.



Photo 05: Essai de flexion.



Photo 06: Essai de compression.
