

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur
Et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira de Bejaia
Faculté de Technologie
Département de Génie Civil

Projet de fin d'études

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en génie civil
Option : Structures*

Thème :

**ETUDE DE L'INFLUENCE DU GRIGNON D'OLIVE
CONCASSE COMME GRANULAT SUR LES
CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET MECANQUES
DU BETON**

Réalisé par :

M^{lle} : ALOUACHE DALIDA
M^{lle} : IDIR SOUAD

Encadré par :

Mr : N.CHELOUAH

Promotion 2018

Remerciements

- *Nous rendons grâce à dieu le tout puissant de nous avoir donné le savoir et la volonté, surtout la patience pour réaliser ce modeste travail.*
- *Nous remercions notre promoteur Mr N.Chelouah, en sa qualité d'encadreur, pour sa gentillesse, son aide, ses précieux conseils et pour la confiance qu'il nous a témoigné en dirigeant ce travail.*
- *Nous remercions les membres de jury pour avoir accepté d'examiner ce mémoire et juger ce travail, on leurs exprime toute notre gratitude pour l'intérêt qu'ils ont accordé à ce travail.*
- *Nous remercions également Mr Zoubiri, technicien du laboratoire béton.*
- *Nous tenons à remercier profondément et sincèrement tous ceux qui nous ont aidés, conseillé, orienté et encouragé dans la réalisation de ce travail.*
- *Enfin, nous remercions vivement tous ceux qui ont contribué à notre formation, qui nous ont transmis le savoir et la bonne conduite.*

Dalida et Souad

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère qui a tant donné pour me voir réussir ; à mes très chers frères, à tous mes amis sans exception.

S. Idir

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère et à mon très chère père qui ont tant donné pour me voir réussir ; à mes très chers frères ; à tous mes amis sans exception.

D. Alouache

Table de matière

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Notations et symboles	
Introduction générale.....	01
Chapitre I : Généralités sur les bétons léger	
I.1 Introduction	03
I.2 Les bétons légers	03
I.3 Les types de béton léger	04
I.3.1. Le béton cellulaire	04
I.3.2. Le béton caverneux	05
I.3.3. Les bétons de granulats légers	06
I.3.3.1. Les bétons de granulats légers naturels	07
I.3.3.2. Les bétons de granulats légers de matériaux ayant subi un traitement thermique	07
I.3.3.3. Les bétons de granulats légers de matériaux artificiels ne subissant pas de traitement spécial.....	07
I.3.3.4. Les bétons de granulats de matériaux artificiels subissant divers traitements spéciaux	08
I.4 classification des bétons légers	08
I.5 Caractéristiques des bétons légers	09
I.6 Les avantages et inconvénients des bétons légers par rapport au béton ordinaire	10
I.6.1. Avantages techniques	10
I.6.2. Avantages de mises en œuvre	10
I.6.3. Avantages Economiques :.....	10
I.6.4. Les inconvénients des bétons légers par rapport au béton ordinaire	11
I.7 Différence entre bétons classiques et bétons légers.....	11
I.8 Domaine d'application des bétons légers	11

Chapitre II : déchets agricoles

II.1 Introduction.....	12
II.2 Définitions	12
II.2.1 La coque de noix de palme traitée.....	12
II.2.2 Les balles de riz	13
II.3 Production de l'huile d'olive.....	13
II.4 Caractéristiques du grignon d'olive	14
II.5 Valorisation des grignons d'olive	14

Chapitre III : Caractérisation des matériaux

III.1 Introduction	16
III.2 Matériaux utilisés	16
III.2.1Ciment	16
III.2.2 Granulats	17
III.2.3 Eau de gâchage	18
III.2.4 Adjuvant	18
III. 3. Essais effectués sur les granulats	19
III.3.1 Echantillonnage au laboratoire	19
III.3.2 Analyse granulométrique par tamisage	20
III.3.3 Masse volumique des granulats	26
III.3.3.1 Détermination de la masse volumique apparente	26
III.3.3.2 Détermination de la masse volumique absolue	28
III.3.4 Absorption d'eau.....	30
III.4 Caractéristiques intrinsèques du ciment	32
III.4.1 Mesure des temps de début et de fin de prise	32

Chapitre IV : Formulation des bétons et essais

IV.1 Introduction	35
IV.2 Détermination de la composition du béton léger et normal	35

IV.2.1 Formulation des bétons	35
IV.3 Confection des éprouvettes	39
IV.3.1 Conservation des éprouvettes	39
IV.4. Essais effectués sur les bétons frais.....	39
IV.4.1 Essai d'affaissement	39
IV.4.2 Masse volumique du béton frais.....	43
IV.5 Essais effectués sur les bétons durcis.....	46
IV.5. 1 Masse volumique du béton durci.....	46
IV.5.2 Essai de résistance à la compression à 28 jours.....	49
IV.5.3 Masse volumique sèche	52

Conclusion générale

Référence bibliographique

Lexique

Annexe

Résumé

Liste des figures

Figure I.1 : Représentation schématique des différents types de bétons légers	4
Figure I.2 : Masse volumique sèche habituelle de bétons légers confectionnés avec différents types de granulats légers à 28 jours	9
Figure II.1 : Section transversale du grignon d'olive avec ses différentes parties	14
Figure III.1 : grignons d'olives.....	18
Figure III.2: Opération de quartage.....	19
Figure III.3 : colonnes de tamis.....	21
Figure III.4 : Opération de l'analyse granulométrique.....	22
Figure.III.5: Courbe granulométrique des différents granulats utilisés.....	25
Figure III.6: Mesure de la masse volumique absolue	29
Figure III.7 : Grignons D'olives immergés dans l'eau	31
Figure III.8 : Grignons d'olives séchés à l'aide d'essuie-tout.....	31
Figure III.9 : Appareil de VICAT.....	34
Figure IV.1 : Bulles d'air dans le béton.....	39
Figure IV.2 : Schéma explicatif de l'essai d'affaissement.....	40
Figure IV.3 : Cône d'ABRAMS	40
Figure IV.4 : Classe d'affaissement.....	42
Figure IV.5 : Masse volumique fraîche.....	44
Figure IV.6 : Evolution de la masse volumique du béton durci en fonction du temps.....	47
Figure IV.7 : Evolution de la masse volumique du béton durci en fonction du temps.....	48
Figure IV.8 : Résistance à la compression à 28 jours.....	50
Figure IV.9 : Résistance à la compression à 28 jours.....	51

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Classification des bétons légers en fonction de la densité	8
Tableau II. 1 : Composition chimique des grignons d'olive	14
Tableau III.1 : Caractéristiques physiques du ciment employé	16
Tableau III.2 : Caractéristiques chimiques du ciment employé	17
Tableau III.3 : Composition minéralogique du ciment.....	17
Tableau III.4: Analyse granulométrique du sable 0/4 mm.....	23
Tableau III.5: Analyse granulométrique des gravillons 4/8.....	24
Tableau III.6 : Analyse granulométrique du gravier 8/15.....	24
Tableau III.7 : Masse volumique apparente des granulats.....	27
Tableau III.8 : Masse volumique absolue des granulats.....	30
Tableau III.9 : Composition chimique des grignons d'olives	30
Tableau III.10 : Absorption d'eau des grignons d'olive (2/4) mm.....	32
Tableau III.11 : Temps de début et de fin de prise du ciment utilisé.....	34
Tableau IV.1: Composition des bétons	38
Tableau IV.2 : Volume et masse du sable et grignons d'olives concassé (2/4) mm.....	38
Tableau IV.3 : Evaluation de la consistance en fonction de l'affaissement.....	41
Tableau IV.4 : Classe d'affaissement.....	42
Tableau IV.5 : Pourcentage d'adjuvant	42
Tableau IV.6: Affaissements obtenus au cône d'ABRAMS.....	43
Tableau IV.7 : Résultats des masses volumiques fraîches.....	44
Tableau IV.8: Résultats des masses volumiques fraîches.....	45
Tableau IV.9: Masse des composants du béton normal.....	46
Tableau IV.10: Masse volumique théorique de béton avec G.O.C (2/4mm).....	46
Tableau IV.11: Evolution de la masse volumique en fonction du temps.....	47
Tableau IV.12: Résultats de la résistance à la compression au 28 eme jour.....	50
Tableau IV.13 : Résultats de la résistance à la compression au 28 eme jour.....	51
Tableau IV.14 : Masse volumique sèche du béton normal	53
Tableau IV.15 : Masse volumique sèche du béton avec 5% de G.O.C (2/4mm)	53
Tableau IV.16: Masse volumique sèche du béton avec 10% de G.O.C (2/4mm)	53
Tableau IV.17 : Masse volumique sèche du béton avec 15% de G.O.C (2/4mm)	53
Tableau IV.18 : Masse volumique sèche du béton avec 20% de G.O.C (2/4mm)	54

Notations et symboles

G.O.C : Grignon d'olive concassé.

C : ciment (Kg/m^3).

E : eau.

Mf : module de finesse.

PS : poids spécifiques.

SSB : surface spécifique de blaine.

Al₂O₃ : Alumine.

CaO : la chaux.

SiO₂ : la silice.

C₃S : Silicates tricalciques.

C₂S : Silicates bi calciques.

C₃A : Aluminates tricalciques.

C₄AF : Alumino-ferrite tétra calcique.

Ms : masse de l'échantillon sec.

A : Affaissement.

W : Teneur en eau

Introduction générale

En pratique, la masse volumique d'un béton de densité normale varie de 2200 à 2600 Kg/m³, en conséquence, le poids propre des éléments de béton est élevé et peut représenter un fort pourcentage de la charge sur la structure. L'utilisation d'un béton de masse volumique plus faible peut donc être bénéfique en termes d'éléments portants de sections plus petites et de la réduction correspondante des fondations. Occasionnellement l'utilisation d'un béton de masse volumique plus faible peut permettre de construire sur un sol de faible capacité portante, ainsi avec ces faibles densités les coffrages subissent une pression moindre qu'avec un béton de densité normale [1].

Les bétons légers, c'est à dire ceux dont la masse volumique à l'état sec est inférieure à 1800 kg/m³, sont employés dans le génie civil depuis le début du 20^{ème} Siècle, dans les pays développés d'Europe (France, Allemagne), d'Amérique (USA) et d'Asie (Japon et ex URSS). Depuis lors, les applications ne cessent de se multiplier à cause des avantages que présente ce produit tant sur le plan économique que technique. Ces bétons normalement réalisés par trois manières, en employant les agrégats légers, l'aération ou le gaz, ou en réduisant la partie fine du granulat. Dans chacun des trois cas la réduction de la densité du béton est réalisée par une augmentation des vides d'air dans le béton [2].

Pour développer un tel béton, deux éléments doivent être pris en considération : les concepts liés à la formulation des bétons légers et l'utilisation de granulats légers. Par ailleurs, il devient de plus en plus intéressant d'évaluer le potentiel des matériaux légers comme source de matières premières [3].

Les caractéristiques mécaniques des bétons de granulats légers dépendent fortement des propriétés et proportions de granulats présents dans la formulation.

En particulier, de par leur forte porosité, les granulats légers sont beaucoup plus déformables que la matrice cimentaire et leur influence sur la résistance du béton est complexe. [3].

Notre travail consiste à substituer une partie de sable par le G.O.C dans le béton comme granulats légers et analyser ensuite l'influence des propriétés de ces granulats sur le comportement mécanique des bétons légers.

Le programme expérimental s'appuie sur la variation du pourcentage des granulats légers (G.O.C) à incorporer dans le béton, afin de voir ses effets sur les caractéristiques mécaniques des bétons de granulats légers.

Les objectifs de ce mémoire sont:

- la formulation d'un béton léger à base de grignons d'olives concassé pour atteindre la masse volumique de 2000 kg/m^3
- la formulation d'un béton léger par la substitution d'un pourcentage de sable (2/4) mm par des grignons d'olives concassé (2/4) mm

Le présent mémoire s'articule autour de deux parties.

La première partie, comporte deux chapitres, est consacrée à la recherche bibliographique.

Au premier chapitre, nous exposons un aperçu sur les bétons léger, les différents types et classes du béton léger afin de caractériser ces propriétés. Le deuxième chapitre fait un survol sur l'utilisation des déchets agricoles et leurs définitions.

La deuxième partie, contient le troisième et quatrième chapitre, est consacrée à l'étude expérimentale.

Le troisième chapitre regroupe les caractéristiques des matériaux utilisés durant notre étude, ainsi que les différents essais effectués.

Dans le quatrième chapitre, nous présentons les procédures de confection des mélanges (béton), ainsi que les différents essais effectués sur le béton frais et durci. Nous présentons les résultats d'une étude expérimentale conduite sur deux méthodes de formulations de bétons légers de grignons d'olives concassé cités en haut, et nous exposons en détail les résultats obtenus et leurs interprétations.

Le manuscrit se termine par une conclusion générale rassemblant une synthèse des résultats et une perspective.

Chapitre I :

Généralités sur le béton léger

Chapitre II : Déchets agricoles

Chapitre III: Caractérisation des matériaux

Chapitre IV:
Formulation des bétons, essais
et interprétation des résultats

Conclusion générale

Introduction générale

Annexe

I.1 Introduction [4]

Dans la construction d'un certain nombre d'ouvrage, une réduction de poids est de nature à entraîner des économies générales. L'emploi de granulats légers permet de réaliser des bétons pour lesquels la densité peut varier de 0.5 à 2 mais dont la résistance en compression est d'autant plus faible que la densité est moins élevée.

Les bétons légers pourront être utilisés pour la construction de structure résistante (poutres, dalles, poteaux, etc.) mais seront plus particulièrement employés pour la fabrication d'agglomérés, pour des bétons banchés non porteurs ou faiblement chargés et pour des bétons isolants, l'isolation étant d'autant meilleure que la densité est faible.

Plusieurs ouvrages importants tels que des ponts en béton armé et en béton précontraint. Des immeubles, des couvertures en voile mince ont été réalisés avec des bétons légers. Cependant après une période de grande vogue, l'utilisation des bétons légers est assez ralentie et surtout limitée à des éléments préfabriqués.

I.2 Les bétons légers [1], [3]

Le béton est un terme générique qui désigne un matériau de construction composite fabriqué à partir de granulats (sable, gravillons) agglomérés par un liant.

Le béton léger fait partie de la gamme des bétons spéciaux. Qui vous facilitera grandement la tâche. Ce béton est composé en majorité de constituants légers, ce qui le rend bien moins lourd qu'un béton ordinaire. Et par conséquent, bien plus pratique d'utilisation. En effet la masse d'un béton de densité normale varie de 2200 à 2600 Kg/m³, tandis que celle du béton léger oscille entre 300 et 1850 Kg/m³. Les matériaux lourds qu'on retrouve chez les bétons classiques tels que les granulats sont remplacés. A la place, il est possible d'ajouter des billes de polystyrène par exemple.

Ce béton à des fins d'isolation et d'allègement ou les deux à la fois, il peut également être utilisé pour des éléments porteurs à condition que l'on possède les granulats permettant d'atteindre les résistances voulues.

Enfin Le béton léger se caractérise essentiellement par leur faible masse volumique, adaptable aux exigences, par leur excellent rapport poids/résistance et par leur bonne isolation thermique.

Le processus de fabrication de ces bétons gaz doit être parfaitement étudié et contrôlé. Ce qui limite leurs emplois aux produits préfabriqués en usine. A cette sujétion s'ajoute le fait qu'ils sont habituellement traités par étuvage ou autoclavage. Ce qui présente l'avantage, de la possibilité d'atteindre rapidement leur résistance.

- Soit un produit moussant à base de savons ou de détersifs qui, en cours de malaxage, provoque une infinité de petites bulles, ce qui donne un béton mousse. Leur mise en œuvre nécessite un certain nombre de précautions telles que limiter la hauteur de chute à 1 mètre maximum lorsqu'ils sont mis en place à la benne afin d'éviter de rompre leur structure alvéolaire, ne pas piétiner le béton pour la même raison. Mettre le béton en place sans délai d'attente dès l'arrivée des camions, ne pas couler de béton mousse par des températures inférieures à +5° C.... ne pas vibrer. Protéger la coulée de la pluie et de la dessiccation.
- La densité des bétons cellulaires varie, suivant les compositions, de 0.4 à 1.2 et leur conductivité thermique en fonction de leur densité est comprise entre 0.16 W/m/°C pour une masse volumique de 1200 Kg/m³.

Les résistances à la compression sont d'environ 0.5 à 0.8 MPa pour des masses volumiques de 400 Kg/m³ et atteignent 4 à 5 MPa pour des masses volumiques de 1200.

I.3.2. Le béton caverneux

Les bétons caverneux sont obtenus en supprimant la totalité ou une partie du sable dans le béton. Un béton ne contenant pas de sable produit une agglomération de gros granulats dont les particules sont recouvertes par un film de pâte de ciment d'une épaisseur de 1 à 3 mm. Cette substitution crée à l'intérieur du béton de larges cavités (pores), responsables de la diminution de la masse volumique et de la baisse de la résistance à la compression [3].

Ces bétons sont composés d'un mélange de granulats normaux ou légers, enrobés de pâte de ciment les collant entre eux. La pâte de ciment ne remplit pas la totalité des vides interstitiels, et de l'air reste contenu entre les granulats. Ces bétons ont donc une porosité élevée; ils sont drainants [5]. Ils sont fabriqués avec un minimum d'eau pour éviter le lavage de la pâte de ciment sur les granulats.

Le béton caverneux est l'un des types de béton léger obtenu quand on ne met pas de granulats fins dans le mélange. Ce béton ne compte que du ciment, de l'eau et de gros granulats. Il

existe donc de gros vides au sein de la masse qui sont responsables de sa faible résistance. Toutefois la minuscule dimension de ces vides empêche tout mouvement capillaire de l'eau. La masse volumique du béton caverneux dépend de sa granulométrie.

La résistance en compression du béton caverneux est généralement comprise entre 1.5 et 14MPa. On note une augmentation de la résistance avec l'âge semblable à celle des bétons de densité normale. La résistance en flexion est habituellement égale à 30 % de la résistance en compression, c'est-à-dire supérieure à celle du béton ordinaire. Ce béton est très résistant au gel [1].

Leur utilisation n'est généralement pas associée à la recherche de la légèreté du produit, mais bien davantage pour les particularités économiques occasionnées par la faible teneur en ciment. On les utilise principalement dans la confection de murs porteurs de bâtiments domestiques et dans les panneaux de remplissage de cadres de structure. En raison de sa grande perméabilité à l'eau, le béton caverneux est utilisé comme matériau pour le pavage des routes résidentielles et piétonnes, des parkings, des trottoirs et des serres [3].

I.3.3. Les bétons de granulats légers [5]

Le béton de granulats légers est un béton léger contenant un pourcentage volumique important de granulats légers induisant une masse volumique inférieure à celle d'un béton normal. La masse volumique de ce type de béton est comprises entre 800 – 2100 kg/m³.

Les bétons de granulats légers sont fabriqués avec des granulats à faible masse volumique tel que l'argile expansée, le laitier expansé la pierre ponce, le polystyrène expansé.

La présence de granulats légers dans le béton pose quelques contraintes lors de sa fabrication, son transport, sa mise en place et sa mise en œuvre :

- vue leur fragilité mécanique, les granulats peuvent être cassés lors de leur malaxage ce qui pourrait augmenter leur masse volumique ;
- vue leur légèreté, les granulats peuvent se séparer du béton par flottaison.
- vue la capacité élevée d'absorption d'eau de la majorité des granulats légers, cette absorption peut induire une augmentation de leur masse volumique et un déséquilibre entre la quantité d'eau ajoutée et celle vraiment utilisée par le ciment pour le durcissement du béton.

En comparaison avec le béton normal et en plus d'une masse volumique plus faible, le béton de granulats légers :

- a une conductivité thermique plus faible ce qui le rends bon comme isolant thermique ;
- a généralement une résistance mécanique plus faible, généralement entre 5 et 40 MPa.

Les bétons de granulats légers sont fabriqués comme les bétons courants, mais avec des granulats légers. Il existe en effet de nombreuse variété de bétons de granulats légers que l'on peut classer de différentes façons. On peut ainsi distinguer quatre grands groupes [2].

I.3.3.1. Les bétons de granulats légers naturels [5]

Il s'agit des bétons fabriqués avec de la ponce ou de la pouzzolane, matériaux volcaniques naturels de structures très poreuse qui permettent par concassage des granulats légers. Ces matériaux sont relativement peu connus en Algérie, leur emploi reste donc sans domaine d'application, mais il n'est pas exclu, que dans l'avenir, certaines de leurs propriétés les rendent plus avantageux pour certaines réalisations.

I.3.3.2. Les bétons de granulats légers de matériaux ayant subi un traitement thermique [5]

Ce sont les bétons fabriqués avec des granulats d'argile, de schiste, d'ardoise, et de perlite expansés ou de vermiculite exfoliée.

La perlite expansée s'obtient par traitement thermique de verres volcaniques .Ce granulats n'est pas produit en Algérie, mais principalement aux USA et en URSS. La vermiculite est un minéral comportant à l'état naturel deux couches de molécules d'eau entre deux feuillets élémentaire. Le traitement par la chaleur provoque l'écartement des différentes lamelles et l'on appelle ce phénomène l'exfoliation.

Il faut enfin noter que ces deux types de granulats sont extrêmement légers (masse volumique apparente inférieure à 150 Kg/m^3) et sont donc principalement employés pour réaliser des bétons isolants mais non porteurs.

I.3.3.3. Les bétons de granulats légers de matériaux artificiels ne subissant pas de traitement spécial [2]

Il s'agit des bétons réalisés avec du mâchefer, produit de la combustion du charbon ou des ordures ménagères. Ce matériau est en très nette régression et on l'utilise que pour la fabrication de parpaings.

I.3.3.4. Les bétons de granulats de matériaux artificiels subissant divers traitements spéciaux [5]

On peut utiliser pour fabriquer des granulats légers de très nombreux déchets industriels comme le laitier de haut fourneau expansé sur les lieux de production. Les cendres volantes qu'on peut fritter, ou le verre qu'on peut également expansé.

I.4 classification des bétons légers [4], [5], [7]

Un béton léger est défini par deux caractères de base, dont dépendent les autres caractères ou données nécessaires au calcul. Il s'agit :

- de la masse volumique sèche.
- de la résistance à la compression à l'âge de 28 jours.

La nouvelle version de la norme EN 206 classe les bétons suivant les fourchettes de masse volumiques indiquées dans le tableau ci- dessous :

Tableau I.1 : Classification des bétons légers en fonction de la densité [4]

Classe de masses volumiques	LC 1,0	LC1,2	LC1,4	LC1,6	LC1,8	LC2,0
Kg/m ³	>800 et ≤1000	>1000 et ≤1200	>1200 et ≤1400	>1400 et ≤1600	>1600 et ≤1800	>1800 et ≤2100

Une autre classification pour béton léger basée sur la masse volumique est logique, puisque la masse volumique et la résistance sont étroitement liées. Les bétons sont classés en fonction de la masse volumique (comprise entre 1350 et 1900 kg/m³) en trois catégories :

1- le béton léger de structure : 1350 – 1900 kg/m³

Dont la masse volumique est comprise entre 1350 kg/m³ et 1900 kg/m³ ce béton est utilisé pour des applications structurales et présente une résistance à la compression minimale de 17 MPa.

2- le béton léger de faible masse volumique : 300 – 800 kg/m³

A une masse volumique comprise entre 300 kg/m³ et 800 kg/m³ n'est pas utilisé pour des applications structurales, mais surtout comme isolant thermique, R_c < 7 MPa

3- le béton de résistance moyenne se situe entre les deux :

Sa résistance à la compression est comprise entre 7 et 17 MPa.

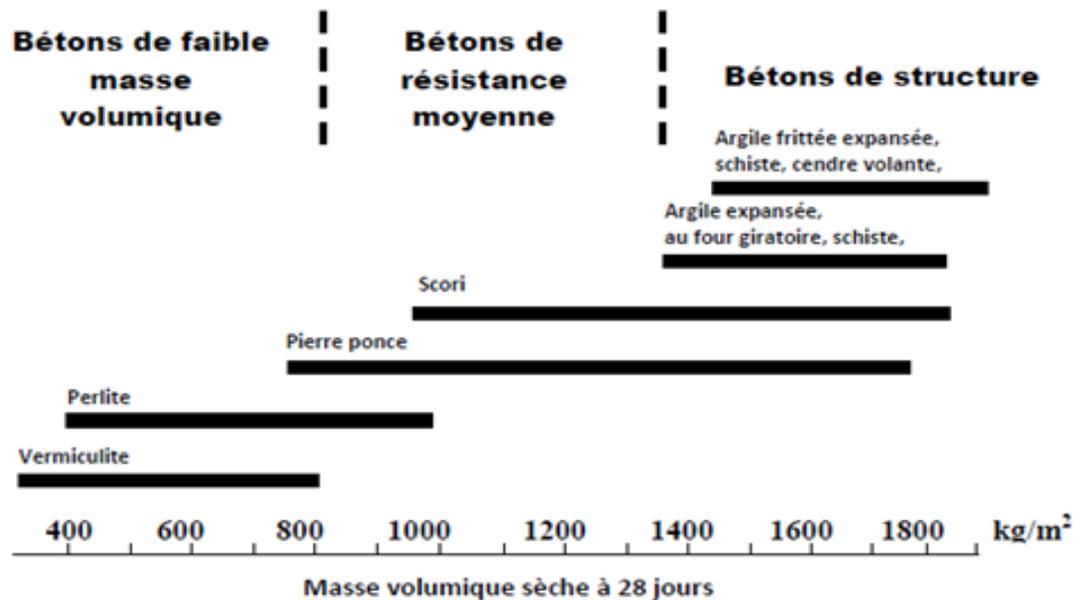


Figure I.2 : Masse volumique sèche habituelle de bétons légers confectionnés avec différents types de granulats légers à 28 jours [1]

I.5 Caractéristiques des bétons légers [3], [5]

La masse volumique

La masse volumique du béton représente l'une des caractéristiques les plus importantes dans le cadre de la présente recherche. La réduction de la masse volumique est rendue possible en changeant le type de granulat et en faisant varier les proportions des différents constituants.

Les propriétés mécaniques

Parmi les propriétés mécaniques, on retrouve la résistance à la compression, à la flexion et à la traction. Ces propriétés sont des paramètres secondaires dans la conception d'un béton ultra- léger puisque leur importance est relativement mineure pour ce type de béton. Toutefois, on ne peut les négliger puisque tous les bétons, peu importe l'application, nécessitent un minimum de résistance mécanique.

I.6 Les avantages des bétons légers par rapport au béton ordinaire [5]

Le béton léger est utilisé pour plusieurs avantages par rapport au béton ordinaire, on peut les classés en trois catégories qui sont :

I.6.1. Avantages techniques

- Légèreté : plus léger qu'un béton classique, le béton léger a une densité de 0,4 à 1,2 en comparaison de 2,2 à 2,5 pour un béton classique.
- Isolant : Le béton léger a un pouvoir isolant thermique et phonique beaucoup plus important qu'un béton classique.

I.6.2. Avantages de mises en œuvre

- Exécution simple et rapide : accessibilité sur chantier entre 24 et 48 h après coulage, selon l'épaisseur.
- Maniabilité : pompable sur de longues distances et de grandes hauteurs, il est facile à mettre en œuvre, notamment en forte épaisseur.
- Coffrages plus légers.

I.6.3. Avantages Economiques :

- une augmentation de la productivité sur le chantier en raison du faible poids du matériau.
- le béton léger, par sa légèreté, réduit le poids mort des bâtiments, ce qui réduit considérablement la dimension, donc le poids, des fondations.

I.7 Les inconvénients des bétons légers par rapport au béton ordinaire [5]

- Les propriétés mécaniques : la résistance à la compression du béton léger peut être sensiblement diminuée, ce qui limite les applications possibles de ce type de béton. En effet, un béton allégé ne peut être utilisé en béton structural lorsque sa densité est trop basse, il est alors utilisé en béton de remplissage.
- Le béton léger peut présenter des limitations en termes de manutention (utilisation de camion tapis et de camion pompe). Si le pompage est plus aisé compte tenu de la faible masse volumique (distance et hauteur), il peut nécessiter le déploiement de technologies : pompe à rotor et pompe à piston.

I.8 Différence entre bétons classiques et bétons légers [8]

Béton léger

Les granulats dans le béton léger ont généralement une densité plus faible, car ils sont plus poreux. Le résultat est un granulat avec une forte valeur d'absorption, ce qui peut parfois nécessiter la prudence dans la détermination de la quantité de chaque ingrédient à utiliser. Pré-humidifier l'agrégat avant de le combiner avec les autres ingrédients peut aider à atténuer le changement de consistance qui pourrait accompagner l'absorption.

Béton classique

Le béton classique est fabriqué à partir de granulats d'une densité plus élevée que celle d'un béton léger. Ces granulats sont beaucoup moins poreux et absorbants, et le béton résultant a un rapport masse-volume plus élevé. Les mélangeurs et les pompes peuvent présenter des taux d'usure plus élevés lorsqu'ils travaillent avec ce type de matériau.

I.9 Domaine d'application des bétons légers [9]

Les bétons légers sont soit manufacturés, soit fabriqués et coulés sur le chantier. Dans les éléments manufacturés entrent les petits éléments : hourdis, éléments creux pour les conduits de ventilation ou de fumée ou les éléments de plus grandes dimensions : cloisons, dalles pour bardages, éléments de planchers. Le béton coulé sur chantier trouve de nombreuses applications dans le bâtiment, mais aussi comme matériau de remplissage ou en sous-couche dans les sols et les chaussées. Bâtiment : sous-couches de dalles et planchers, formes de pente ; réhabilitation de planchers anciens, dalles d'isolation sur terre-plein, chapes ; applications routières et en sols : sous-couches de chaussées et sols d'aires de jeux ; remplissages divers (fouilles, cavités).

II.1 Introduction

La recherche sur l'utilisation des déchets agricoles comme granulat dans la production de béton est relativement récente. Plus de recherche sur la durabilité à long terme de ce type de béton donnerait plus de confiance à l'industrie de la construction dans leur utilisation pour leurs projets plus sensibles. Le but de cette recherche est d'introduire certains des déchets solides agricoles notamment les grignons d'olive concassé comme granulat pour la fabrication de béton. La reconnaissance mutuelle de ces matériaux, et leur utilisation dans le béton par les ingénieurs civils, ouvrirait la voie à d'autres utilisations potentielles des déchets agricoles dans l'industrie de la construction [10].

II.2 Définitions

Les déchets agricoles peuvent être définis comme les résidus de la culture et de la transformation de produits agricoles bruts tels que les fruits, les légumes, la viande, la volaille, les produits laitiers et les récoltes. Les déchets agricoles peuvent se présenter sous la forme de solides, de liquides ou de boues en fonction de la nature des activités agricoles. De plus, les résidus et le déchet de l'industrie agricole constituent une part importante de la productivité agricole mondiale. Bien que la quantité de déchets produits par le secteur agricole soit considérablement faible par rapport aux déchets produits par d'autres industries, le potentiel de pollution des déchets agricoles est élevé à long terme [10].

Il y a beaucoup de déchets agricoles qui peuvent être utilisés dans le domaine du génie civil et nous mentionnons les suivants :

II.2.1 La coque de noix de palme traitée

Les coques de noix de palme sont souvent utilisées comme granulats dans les bétons légers. Ces bétons présentent une résistance à la compression plus faible que les bétons de granulats ordinaires soit à cause d'une mauvaise adhérence entre les coques de noix de palme et la pâte de ciment ou à cause de leur forte capacité d'absorption d'eau. L'étude expérimentale dans ce travail, consiste à étudier l'influence du traitement des coques de noix de palme sur la résistance mécanique d'une part et d'autre part l'évolution dans le temps de la résistance à la compression du béton de coques de noix de palme par rapport à celle du béton de granulat ordinaire. Quatre types de traitement ont été investigués, à savoir un traitement thermique, un traitement au lait de chaux, un traitement au silicate de sodium. Les résultats obtenus montrent que parmi les types de traitements utilisés, le lait de chaux a donné de meilleurs

résultats sur la résistance à la compression. Les résultats montrent également une différence entre l'évolution de la résistance à la compression des bétons coques de noix de palme par rapport au béton [11].

II.2.2 Les balles de riz

Les balles de riz actuellement utilisées comme combustible ou dans le compostage. Aucune filière n'a encore été réellement développée pour l'utilisation de ce déchet.

Deux possibilités de valorisation des balles de riz existent:

- Intégrer les balles de riz brutes dans le béton (par exemple, le béton de bois).
- Calciner les balles de riz et utiliser les résidus résultant de cette calcination comme substitut au ciment ou comme complément à un liant (ex: chaux, ciment) en vue de constituer un mortier de maçonnerie. Ces balles de riz calcinées ont montré une forte réaction pouzzolanique avec le ciment, en raison de la présence de SiO₂ amorphe [12].

II.3 Production de l'huile d'olive

L'oléiculture se situe parmi les cultures les plus importantes dans le bassin méditerranéen. Les pays riverains producteurs d'huile d'olive sont confrontés aux problèmes d'élimination des résidus de cette culture.

De nos jours, avec la promotion des vertus bénéfiques de l'huile d'olive pour la santé, la demande de ce produit ne cesse d'augmenter et par conséquent l'état encourage les agriculteurs à développer davantage la production.

L'Algérie fait partis des pays méditerranéens dont le climat est plus propice à la culture de l'olivier. Elle se positionne en 7eme rang après l'Espagne, l'Italie, la Grèce, la Tunisie...qui sont par ordre d'importance, les plus gros producteurs au monde d'huile d'olive.

Les 2/3 du verger national oléicole sont concentrés dans la région de la Kabylie et en particulier dans la wilaya de Bejaia, notre zone d'étude. Le ministre de l'agriculture et du développement rural, a annoncé en décembre 2006 que son département compte encourager la culture intensive de l'olivier à travers l'ensemble du territoire national. Un plan gigantesque de plantation d'oliviers a été programmé afin d'exploiter toutes les potentialités existantes dans le pays [13].

II.4 Caractéristiques du grignon d'olive

a) composition physique

Le grignon d'olive est un type de déchet agricole, il peut être exploité dans différents domaines, biologies, génie civil, ils sont utilisés traditionnellement sous leurs différents formes, qu'elles soient liquides ou solides. Le grignon d'olive représente le résidu solide des huileries après extraction de l'huile (généralement par pression après broyage d'olive, il comporte la pellicule de fruits (Épicarpe), la pulpe (mésocarpe), la coque du noyau (endocarpe)) [10].

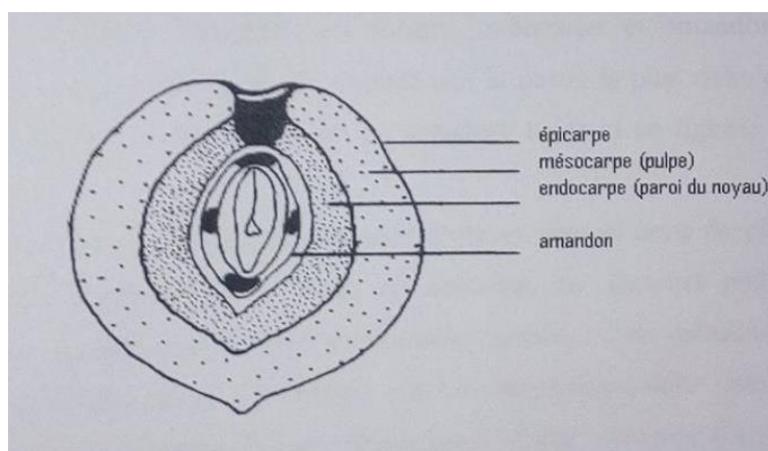


Figure II.1 : Section transversale du grignon d'olive avec ses différentes parties [10]

b) composition chimique

Exemple :

La composition chimique du grignon d'olive est composée principalement de cellulose 33.42%, lignine 22.61%, Hémicellulose 15.12%, Matières grasses 3.47% et une petite quantité de cendre 2.41%. Le grignon d'olive est principalement composé de matières organique .Le grignon d'olive est dépourvu de matière azotées, Maymone et al ont déjà montré que le grignon d'olive est pauvre en matières azotées et riche en cellulose [14].

Tableau II. 1 : Composition chimique des grignons d'olive [14]

	Lignine (%)	Cellulose (%)	Hémicellulose (%)	Cendres (%)	Matières grasses (%)
Teneur en (%)	22.61	33.42	15.12	2.41	3.47

II.5 Valorisation des grignons d'olive [15]

Les grignons d'olive ont des applications nombreuses :

➤ **Utilisation dans l'alimentation animale**

Utilisation des grignons d'olive dans l'alimentation animale après addition d'autres composantes (cactus, mélasse, son, minéraux...).

➤ **Utilisation des grignons comme combustible**

Le grignon d'olive est un combustible de valeur calorifique moyenne (2950 kcal/kg).

Après séparation de la pulpe du noyau, la pulpe est transformée en pellets et les noyaux peuvent être utilisés directement dans les chaudières.

➤ **Utilisation des grignons d'olive pour la fertilisation des terres agricoles**

Utilisation du compost des grignons d'olive sur les terres agricoles pour l'amélioration de la fertilité des sols et de la productivité des cultures. L'épandage de ces déchets doit faire l'objet d'une étude préalable afin de préciser les doses et les périodes d'épandage adaptées aux cultures fertilisées.

Cette technique permet d'une part de réduire les coûts de fertilisation et d'autre part de limiter la pollution de ces rejets.

III.1 Introduction [16]

L'emploi judicieux des matériaux utilisés dans la construction exige la connaissance de leurs diverses propriétés ; physiques, chimiques, minéralogiques et mécaniques, permettant de faire un choix répondant à leur destination. Par ailleurs, il est essentiel que ces matériaux soient malaxés correctement afin de produire un mélange homogène à grande échelle et possédant par conséquent des propriétés uniformes. Ainsi, pour évaluer ces propriétés, on doit choisir des moyens adéquats afin de parvenir à un meilleur contrôle.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à la présentation des caractéristiques de matériaux utilisés durant ce projet de recherche.

III.2 Matériaux utilisés

Les bétons légers étudiés sont constitués de graviers et d'un mortier de sable de densité normal. Pour conserver la même maniabilité, un plastifiant est ajouté.

Des grignons d'olive rentrent dans la composition de béton (granulats légers).

III.2.1 Ciment [17]

Pour tous les mélanges on a utilisé un seul type de ciment (CEM II/A-L 42.5 N) provenant de la cimenterie (S.C.A.E.K) à Ain-Kebira. Ses analyses physiques, chimiques et minéralogiques communiquées par le producteur sont représentées respectivement dans les tableaux (III.1), (III.2) et (III.3).

Tableau III.1 : Caractéristiques physiques du ciment employé

Essais physiques Norme (En 196-3 et 6)		Garantie NA 442	Mesures
P.S	(g/cm ³)		3.12
SSB	cm ² /g		3715
Temps de prise (min)	début	≥ 60	183
	fin		286
Expansion (mm)	A. Chaud	≤ 10	0
Refus (%)	90 μ		1.05
Consistance normal	%		25.61
Chaleur hydratation Norme (EN-196-8)	J/g	≤ 270	244.39

Tableau III.2 : Caractéristiques chimiques du ciment employé

Compositions chimiques Norme (EN 196-2)	
Eléments	Mesures
SiO ₂ -T	20.62 %
Al ₂ O ₃	3.96 %
Fe ₂ O ₃	4.37 %
CaO-T	61.49 %
MgO	1.38 %
SO ₃	1.59 ≤ 3.5 %
K ₂ O	0.29 %
Na ₂ O	0.12 %
Cl	0.01 ≤ 0.1 %
P.A.F	6.18 %
CaO libre	0.76 %
R. insoluble	6.14 %

Selon les équations de Bogue la composition minéralogique du ciment utilisé est la suivante :

Tableau III.3 : Composition minéralogique du ciment

Eléments	C3S	C2S	C3A	C4AF
Teneur (%)	64.12	13.95	2.63	15.50

III.2.2 Granulats [18]

Les granulats sont définis comme étant un ensemble de grains chimiquement inerte de dimensions comprises entre 0 et 125 mm, sont mélangés à la pâte de ciment, constituent le squelette du béton.

- Sable

Dans tous les mélanges de notre étude, nous avons utilisé un sable de carrière de Bouandas de classe granulaire (0/5mm), utilisé couramment dans la confection de béton .Sa courbe granulométrique est représentée dans la figure (III.5).

- Gravier

Nous avons utilisé deux types de gravier, il s'agit de gravier de type (8/15) et (4/8) Gravier concassé, de nature calcaire. Afin d'obtenir une bonne adhérence entre la pâte du liant et les graviers, nous avons procédé à leur lavage et qui, une fois séchés, ont été conservés dans des sacs bien fermés. L'analyse granulométrique des gravillons est représentée dans la figure (III.5).

- Grignons d'olives (granulats légers)

Dans notre étude, nous avons utilisé des grignons d'olives comme granulats légers, issus de la région de seddouk, présentés ci-dessous. Ils ont été lavés, nettoyés et ensuite étuvé. Après étuvage les grignons d'olives ont été broyés et ensuite tamisés pour avoir du grignon d'olives de diamètre 2/4 mm

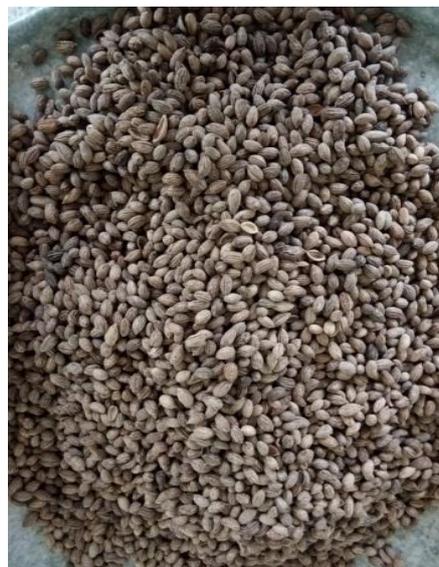


Figure III.1 : grignons d'olives

III.2.3 Eau de gâchage [16]

L'eau de gâchage est la quantité d'eau totale ajoutée au mélange sec de béton. C'est d'elle que dépendent en grande partie la cohésion et la résistance de ce matériau de construction omniprésent. Grâce à l'eau de gâchage, le mélange de béton frais peut être mis en œuvre avec une ouvrabilité contrôlée.

Cette eau est d'une grande importance, elle est soumise à certaines exigences et a même fait l'objet d'une norme (NFP 18-303).

III.2.4 Adjuvant [16]

Les adjuvants sont des produits (liquides ou poudres) qui sont ajoutés au béton en faible quantité (moins de 5%) permettent d'améliorer certaines propriétés maniabilité et imperméabilité, ou qualités : compacité et résistance au gel, souhaitées soit sur béton frais soit sur béton durci. Les adjuvants sont toujours incorporés dans la masse du béton frais.

Le mode d'action des adjuvants est :

- Soit mécanique : en modifiant la consistance du mélange.
- Soit physique : en agissant sur la tension superficielle des composants.
- Soit chimique : en modifiant la vitesse de prise et la réaction d'hydratation du ciment.

Le type d'adjuvant utilisé est un plastifiant, réducteur d'eau (voir Annexe), dont le rôle est le suivant :

- Améliore la plasticité et l'ouvrabilité des bétons.
- Permet de diminuer la quantité d'eau de gâchage, donc d'augmenter la résistance.

III.3 Essais effectués sur les granulats

III.3.1 Echantillonnage au laboratoire [16]

Le passage de l'échantillon total prélevé sur le tas à l'échantillon réduit nécessaire à l'essai, peut se faire par quartage.

Quartage

L'échantillon est divisé en quatre parties égales, dont on ne retient que la moitié en réunissant deux parties opposées.

Cette sélection est homogénéisée et un nouveau quartage est effectué, l'opération pouvant se répéter trois ou quatre fois. On obtient ainsi un échantillon représentatif du matériau initial.

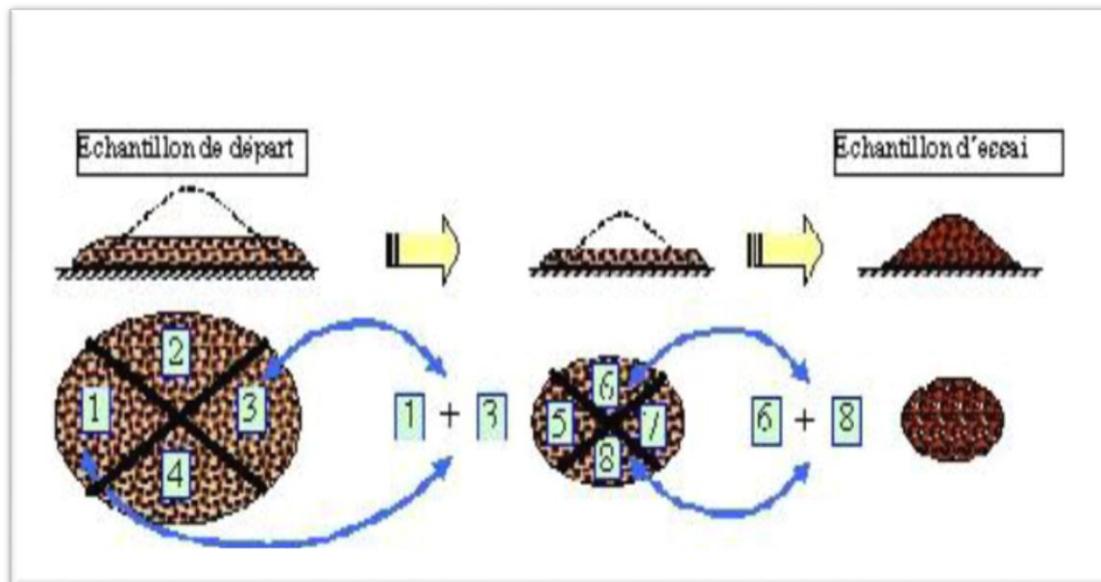


Figure III.2: Opération de quartage

III.3.2 Analyse granulométrique par tamisage (NF P 18-560) [16]

Définition

L'analyse granulométrique sert à déterminer la distribution en poids des particules d'un matériau suivant leurs dimensions. L'analyse granulométrique complète comprend en général deux opérations.

Le tamisage : pour la distribution pondérale des particules de dimensions supérieures ou égale à 80 microns.

But de l'analyse granulométrique

- Détermination de la grosseur et le pourcentage en poids des différentes formes de granulats consistants les échantillons.
- Tracer la courbe granulométrique.

Principe de l'essai

L'essai consiste à fonctionner au moyen d'une série de tamis et passoires emboîtés les uns sur les autres reposant sur un fond de tamis un matériau en plusieurs classes de tailles décroissantes.

Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis.

Equipements utilisés

Ce sont des amis qui son constitués d'un maillage métallique définissant des trous carrés de dimensions normalisées.

La dimension des amis est donnée par l'ouverture de la maille, c'est-à-dire par la grandeur de l'ouverture du carré. Elles vont de 0.08 à 80 mm

Il est également conseillé dans la mesure du possible, d'utiliser une machine à tamiser électrique, ce qui permet des résultats plus fiable.



Figure III.3 : colonnes de tamis

Dimensions des tamis utilisés

- Pour le sable on a utilisé des tamis d'ouvertures : (5 – 2.5 – 1.25 – 0.63 – 0.315 – 0.160) mm
- Pour les gravillons 4/8 on a utilisé des tamis : (10 – 8 – 6.3 – 5 – 2.5 – 1.25 – 0.63) mm
- Pour les gravillons 8/15 on a utilisé des tamis d'ouvertures : (16 – 12.5 – 10 – 8 – 6.3 – 5 – 2.5) mm

Mode opératoire

On prend une quantité représentative d'un échantillon de sol sec, la masse de l'échantillon à analyser dépend des dimensions et du pourcentage des éléments les plus gros que cet

échantillon contiennent. Il est recommandé de se tenir des limites définies par la formule suivante : $200 D < M < 600 D$

Avec **M** : la masse de l'échantillon exprimée en grammes.

D : la dimension maximale exprimée en mm des plus gros.

- Après le séchage de l'échantillon on pèsera celui-ci à 0.1 g.
- On choisit une série de tamis d'ouvertures décroissantes de haut vers le bas .on disposera sous le dernier tamis un fond de tamis.
- Le matériau est versé en haut de la colonne.
- Une couverture ferme l'ensemble (pour éviter toute perte).
- On effectue la vibration à l'aide de la machine à tamiser électrique.

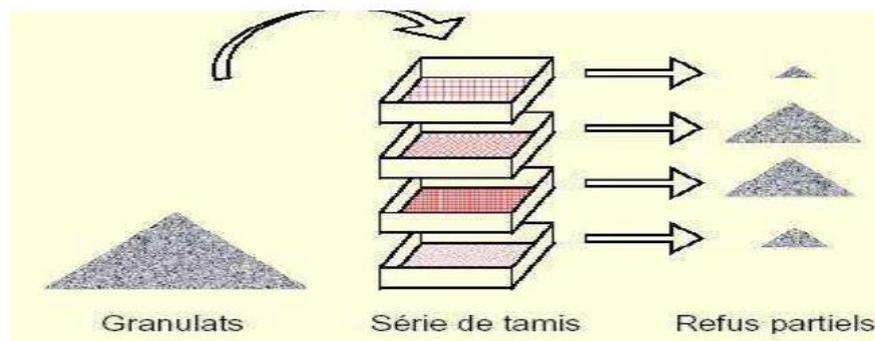


Figure III.4 : Opération de l'analyse granulométrique

Remarques

- On appelle refus, la masse de matériel retenu par un tamis.
- On appelle tamisât, la masse de matériau passant par ce même tamis.

Le refus du tamis le plus grand est pesé ; on l'appelle R1.

Le refus du tamis immédiatement inférieur est pesé avec le refus précédent on l'appelle R2.

L'opération est poursuivie pour tous les tamis pris dans l'ordre des ouvertures décroissantes, y compris le tamisât contenu dans le fond de tamis.

La masse des refus cumulés doit être égale au poids de l'échantillon introduit en tête de colonne.

Les pertes acceptables durant l'essai ne doivent pas dépasser 2% du poids total de l'échantillon.

❖ Préparation de l'échantillon

Selon la norme [NFP 18-560], le poids du matériau utilisé est de telle sorte : $P \geq 0.2 D$

Sachant que : P : poids de l'échantillon en kg.

D : diamètre du plus grand granulat.

Prenant le poids de sable en son état humide naturel.

Le matériau pesé, est lavé sur le tamis de 0.08 mm séché à l'étuve pendant 24h.

❖ Sable 0/5 mm

La masse de l'échantillon soumise à l'essai doit être supérieure ou égale à $0.2 * D$.

$$M \geq 0.2 * 5 = 1 \text{ kg}$$

On prend 1 kg de sable et on lui fait l'analyse, les résultats sont présentés dans le tableau suivant

Tableau III.4: Analyse granulométrique du sable 0/5 mm

Poids de l'échantillon (g)	Tamis (mm)	Poids des refus partiel (g)	Poids des refus cumulés (g)	Refus cumulé %	Tamisât cumulés %
1000	5	6.2	6.2	0.62	99.38
	2.5	478.1	484.3	48.8	51.2
	1.25	282.4	766.7	77.26	22.74
	0.63	167.2	933.9	94.11	5.89
	0.315	31.3	965.2	97.26	2.74
	0.160	24	989.2	99.68	0.32
	Fond	3.1	992.3	100	0

❖ **Gravillons (4/8) mm et gravier (8/15) mm**

Le poids des matériaux utilisés sont les suivant :

Gravillon 4/8 $P \geq 0.2 * 8 = 1.6 \text{ kg}$ on prend 2 kg

Gravier 8/15 $P \geq 0.2 * 15 = 3 \text{ kg}$ on prend 4 kg

Les résultats de l'analyse granulométrique sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau III.5: Analyse granulométrique des gravillons 4/8

Poids de l'échantillon (g)	Tamis (mm)	Poids des refus partiel (g)	Poids des refus cumulés (g)	Refus cumulé %	Tamisât cumulés %
2000	10	4.02	4.02	0.20	99.8
	8	34	38.02	1.95	98.05
	6.3	352	390.02	20.06	79.94
	5	740	1130.02	58.12	41.88
	2.5	680	1810.02	93.10	6.9
	1.25	74	1884.02	96.91	3.09
	0.63	20	1904.02	97.94	2.06
	Fond	40	1944.02	100	0

Tableau III.6 : Analyse granulométrique du gravier 8/15

Poids de l'échantillon (g)	Tamis (mm)	Poids des refus partiel (g)	Poids des refus cumulés (g)	Refus cumulé %	Tamisât cumulés %
4000	16	30	30	0.75	99.25
	12.5	490	520	13.01	86.99
	10	602	1122	28.09	71.91
	8	1232	2354	58.93	41.07
	6.3	690	3044	76.21	23.79
	5	166	3210	80.37	19.63
	2.5	258	3468	86.83	13.17
	Fond	526	3994	100	0

❖ Expressions des résultats par des courbes granulométrique

Les pourcentages des tamisât cumulés sont représentés sous la forme d'une courbe granulométrique en portant les ouvertures des tamis en abscisse sur une échelle logarithmique et les pourcentages en ordonnée sur une échelle arithmétique.

Les représentations graphiques des analyses granulométriques des tableaux [(III.4), (III.5), (III.6)] sont données par la figure (III.5).

Les courbes granulométrique sont continuées car, tous les tamis enregistrent un refus.

Figure ci-dessous présente les courbes granulométriques des granulats utilisés dans le béton

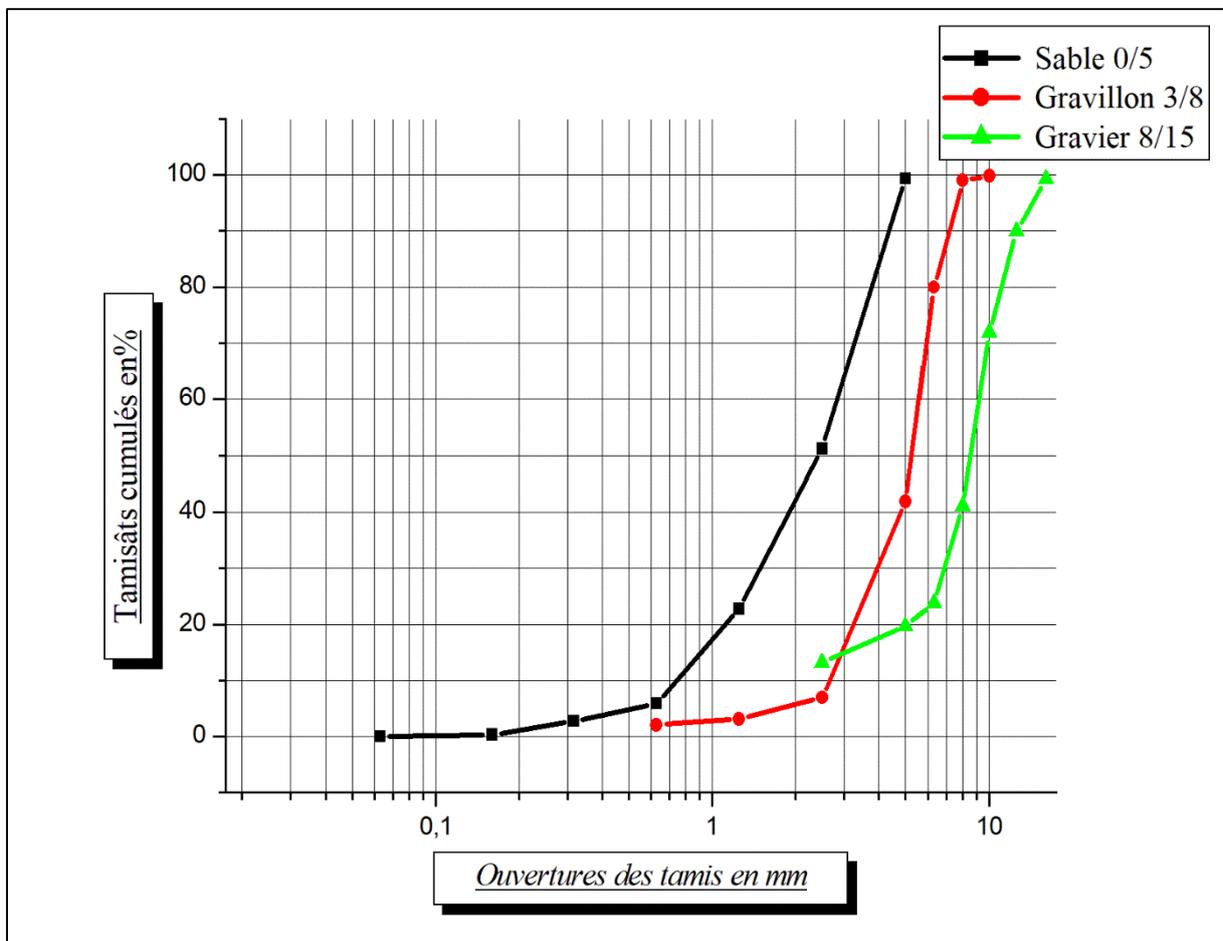


Figure III.5: Courbe granulométrique des différents granulats utilisés

Module de finesse du sable (NF P 18-540)

Le module de finesse est égal au 1/100 e de la somme des refus cumulés exprimée en pourcentage sur les tamis de la série suivante : (0.16 - 0.315 - 0.63 - 1.25 - 2.5 - 5) mm

$$Mf = (0.62 + 48.8 + 77.26 + 94.11 + 97.26 + 99.68) / 100.$$

$$Mf = 4.17$$

Le sable est grossier. Il confirme le résultat de l'analyse granulométrique. Le taux de particule fine est inférieur à 0.6 mm est très faible.

III.3.3 Masse volumique des granulats (NF P 18-555) [19]

La masse volumique d'un corps se définit comme étant le rapport de la masse d'un volume donné. Comme on distingue le volume absolu et le volume apparent, il faut aussi distinguer de même, la masse volumique absolue et la masse volumique apparente.

III.3.3.1 Détermination de la masse volumique apparente « ρ_p » (NF P 18-554)

On appelle masse volumique apparente, la masse de l'unité de volume du matériau en vrac, c'est-à-dire vides compris.

Principe de l'essai

Il suffit de remplir un récipient, dont on connaît le volume, en prenant de grandes précautions pour éviter tous phénomènes parasites qui pourraient provoquer le tassement ; en effet, un tassement trop important ou trop faible donnerait un résultat erroné. Pour limiter ce risque d'erreurs, l'essai se fera sur plusieurs pesées, avec lesquels on fera une moyenne, on pèse ensuite l'échantillon en ayant pris de déduire la masse du récipient.

Enfin la masse de l'échantillon est divisée sur le volume du récipient.

Matériels utilisés

- Un récipient.
- Une balance.
- Une règle pour arasement du récipient.

Conduite de la mesure

La mesure consiste au remplissage d'un récipient de volume connu, et à la pesée du granulat correspondant. L'opération doit être menée comme suit :

- 1- Après étuvage de l'échantillon : le prendre entre deux mains formant un entonnoir.
- 2- Placer ces deux mains à 10 cm environ au-dessus du récipient, laisser tomber le matériau, ni trop vite ni trop lentement, on le disposant sans tassement par couche horizontales successives.
- 3- Verser ainsi le matériau, toujours au centre du récipient jusqu'à ce qu'il déborde tout autour en formant un cône.
- 4- Araser la couche supérieure du granulat à l'aide d'une règle.
- 5- Peser le contenu, soit M' .

L'opération doit être effectuée trois fois pour chaque échantillon, on calcule alors sa masse volumique apparente,

Tel que $\rho_p = (M' - M) / V_r$

Avec :

M' : masse du récipient + échantillon

M : masse du récipient vide

V_r : volume du récipient

On a : $M = 488 \text{ g}$ $V_r = 1020 \text{ cm}^3$

Les résultats obtenus sont dans les tableaux suivants :

Tableau III.7 : Masse volumique apparente des granulats

Type de granulat	N° de série	M' – M (g)	ρ_p (kg/dm ³)	ρ_p moyenne
Sable 0/5	1	1660	1.62	1.62
	2	1670	1.63	
	3	1670	1.63	
Gravillon 4/8	1	1470	1.44	1.42
	2	1440	1.41	
	3	1450	1.42	
Gravier 8/15	1	1440	1.41	1.41
	2	1460	1.43	
	3	1440	1.41	
Grignon d'olive concassé (2/4) mm	1	687.3	0.67	0.67
	2	674.7	0.66	
	3	677.1	0.66	

III.3.3.2 Détermination de la masse volumique absolue « ρ_s » [NF P 18-555]

Définitions

Le volume absolu du corps est généralement déterminé en mesurant le volume d'un liquide que déplace l'introduction de ce corps.

La masse volumique absolue « ρ_s . » est la mesure par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre les grains, exprimée en t/m³, kg/dm³ ou en g/cm³.

La masse volumique absolue a la même valeur que la densité d'un même matériau, la seule différence étant que la densité n'a pas d'unité.

Principe de l'essai

En partant d'une masse de granulats, et en la plongeant dans un volume d'eau V_1 , on obtiendra sa masse volumique absolue par la division de cette masse par la différence des volumes : $V_2 - V_1$

Tel que : $\rho_s = P / (V_2 - V_1)$ en g/cm^3 .

Avec :

ρ_s : masse volumique absolue.

P : masse du matériau étudié.

V_1 : volume d'eau.

V_2 : volume d'eau après introduction des granulats.

Matériels utilisés

Une éprouvette graduée et une balance.

Méthode de l'éprouvette graduée

Cette méthode est très simple, très rapide, et elle utilise du matériel très courant de laboratoire.

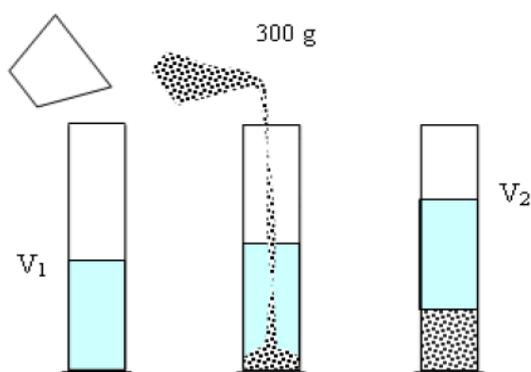


Figure III.6: Mesure de la masse volumique absolue

Conduite de la mesure

- 1- Remplir une éprouvette graduée avec un volume V_1 d'eau.
- 2- Peser un échantillon sec de granulats de masse P , et l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air.
- 3- Le liquide monte dans l'éprouvette, lire le nouveau volume V_2 .
- 4- La masse volumique absolue est donc : $\rho_s = P / (V_2 - V_1)$ en g/cm^3 .
- 5- Cet essai est effectué trois fois pour chaque échantillon, et on prendra la moyenne.

La masse de l'échantillon et le volume d'eau sont :

400 g dans 500 ml d'eau → pour le sable 0/5 et les gravillons 4/8.

200g dans 500 ml d'eau → pour le gravier 8/15.

Les résultats obtenus sont inscrits dans le tableau suivant.

Tableau III.8 : Masse volumique absolue des granulats

Type de granulat	No de série	$V_2 - V_1$ Cm^3	ρ_s (g/cm^3)	ρ_s moyenne
Sable 0/5	1	150	2.66	2.66
	2	150	2.66	
	3	150	2.66	
Gravillon 4/8	1	150	2.66	2.66
	2	150	2.66	
	3	150	2.66	
Gravier 8/15	1	60	3.33	2.66
	2	80	2.52	
	3	70	2.85	
Grignon d'olive concassé (2/4) mm	1	340	1.18	1.15
	2	330	1.21	
	3	330	1.21	

Interprétation des résultats

On constate que le grignon d'olive est plus léger par rapport aux granulats utilisés. Le grignon d'olive est composé de cellulose, hémicellulose et lignine qui sont des composants poreux. Le tableau ci-dessous donne la composition chimique du grignon d'olive.

Tableau III.9 : Composition chimique des grignons d'olives [14]

	Lignine (%MS)	Cellulose (%MS)	Hémicellulose (%MS)	Cendres (%MS)	Matières grasses (%MS)
Teneur en (%)	22.61	33.42	15.12	2.41	3.47

III.3.4 Absorption d'eau [20]**➤ Pour les granulats légers (grignon d'olive concassé 2/4 mm)**

Les granulats sont généralement caractérisés par des essais normalisés donnant des informations sur leur masse volumique et leur absorption d'eau.

Pour cette étude, nous avons déterminé l'absorption d'eau des grignons d'olives par l'essai qui consiste à immerger une masse « m1 » des granulats dans une éprouvette remplie d'eau pendant 30mn.

Il convient de secouer régulièrement l'éprouvette et surtout à la fin de l'essai afin d'éliminer le maximum de bulles piégées entre les grains.

En fin d'essai, les granulats sont séchés en surface à l'aide d'un essuie-tout puis peser pour prendre la masse « m2 ».

Pour 3 échantillons on fait 3 essais.



**Figure III.7 : Grignons
D'olives immergés dans l'eau**



**Figure III.8 : Grignons d'olives
séché à l'aide d'essuie-tout**

➤ **Calcul du pourcentage d'absorption d'eau**

A la fin de l'essai, nous pouvons déterminer l'absorption d'eau à 30 mn des granulats à l'aide de la relation suivante et selon la norme DIN 4222 part 2.

$$W = 100 \times (m_2 - m_1 / m_1) \%$$

Nous avons pris pour chaque essai une masse de 100 g de grignons d'olives. De 2/4 mm

Les résultats sont inscrits dans le tableau suivant :

Tableau III.10 : Absorption d'eau des grignons d'olive (2/4) mm

Masse prise en (g)	N° de série	Absorption d'eau W (%)	Moyenne %
100	1	6.2	6.83
	2	7.5	
	3	6.8	

Interprétation

La valeur moyenne d'absorption d'eau du grignon d'olive est de 6.83 %, cela montre que le G.O.C est poreux. Certains auteurs ont lié cette absorption à la cellulose qui est poreuse.

La cellulose en réalité est une matière organique et absorbante d'eau.

III.4 Caractéristiques intrinsèques du ciment

III.4.1 Mesure des temps de début et de fin de prise [16]

Objectif de l'essai

Il est nécessaire de connaître le début et fin de prise des pâtes de ciments (Des liants hydrauliques) afin de pouvoir évaluer le temps disponible pour la mise en place correcte des mortiers et des bétons qui seront ensuite confectionnés.

Les essais se font à l'aide de l'aiguille de Vicat qui donne deux repères pratiques : le début de prise et la fin de prise.

Principe de l'essai

L'essai consiste à suivre l'évolution de la consistance d'une pâte de consistance normalisée ; l'appareil utilisé est l'appareil de Vicat équipé d'une aiguille de 1.13mm de diamètre. Quand sous l'effet d'une charge de 300g l'aiguille s'arrête à une distance d du fond du moule telle que $d = 4\text{mm} \pm 1\text{mm}$ on dit que le début de prise est atteint. Ce moment, mesuré à partir de début de malaxage, est appelé « TEMPS DE DEBUT DE PRISE ». Le « TEMPS DE FIN DE PRISE » est celui au bout de quelle l'aiguille ne s'enfonce plus que de 0.5 mm

Équipement nécessaire

- Salle climatisée : l'essai doit se dérouler dans une salle, dont la température et de $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ et dont l'humidité relative est supérieure à 90%. A défaut d'une telle humidité relative, l'échantillon testé pourra, entre deux mesures, être entreposé dans l'eau maintenue à $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
- Malaxeur normalisé : avec une cuve de 5 litres de contenance et d'une pale de malaxage pouvant tourner à 2 vitesses (dites lente 140 tr/mn et rapide 285 tr/mn).
- Appareil de VICAT (du nom de l'ingénieur français). L'appareil est composé d'un moule tronconique de 40 mm de hauteur et d'une tige coulissante équipée à son extrémité d'une aiguille de 1.13 mm de diamètre.
- Balance précise à 0.1g près.
- Chronomètre précise à 0.1 s près.

Conduite de l'essai

Le mode opératoire de l'essai est fixé par la norme EN 196-3. Il s'agit de confectionner une pâte de consistance normalisée : On préparera 400 g de ciment, une pâte pure de rapport E/C = 0.3. ceci permettra de préparer 1 moule. On versera l'eau dans la cuve du malaxeur, contenant le ciment, on déclenchera les deux chronomètres, (un pour la gâchée, un autre pour base du temps, pour la manipulation).

La pâte est alors rapidement introduite dans le moule tronconique posé sur une plaque de verre, sans tassement ni vibration excessif. Il faut enlever l'excès de pâte par un mouvement de va-et-vient effectué avec une truelle maintenue perpendiculairement à la surface supérieure du moule. Puis l'ensemble est placé sur la platine de l'appareil de Vicat.

Quatre minute après le début de malaxage, l'aiguille est amenée à la surface de l'échantillon et relâchée sans élan (sans vitesse). l'aiguille alors s'enfonce dans la pâte. Lorsqu'elle est immobilisée (ou après 30 s d'attente), relever la distance d séparant l'extrémité de l'aiguille de la plaque de base.

Recommencer l'opération à des intervalles de temps convenablement espacés (10-15 mn) jusqu'à ce que $d = 4 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$

Cet instant mesuré à 5 mn près est le temps de début de prise pour le ciment concerné (étudié).

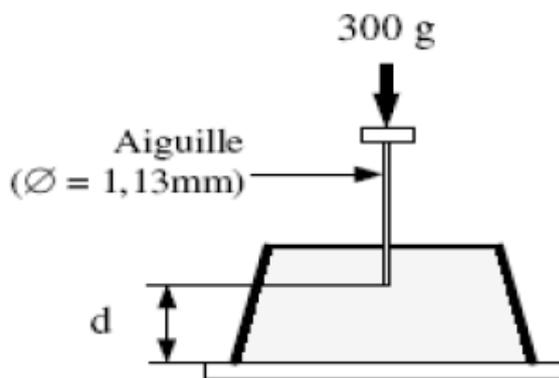


Figure III.9 : Appareil de VICAT

Résultats obtenue :

Tableau III.11 : Temps de début et de fin de prise du ciment utilisé

Temps de début de prise	<u>2 heures et 30 minutes</u>
Temps de fin de prise	<u>3 heures et 45 minutes</u>

Interprétation

On constate que le début de prise du ciment a commencé après 2h et 30 min de la mise en place de la pâte dans le moule tronconique. La prise du ciment est lente.

IV.1 Introduction [16]

L'étude de la formulation d'un béton consiste à définir la composition optimale des granulats et le dosage en ciment et en eau, de façon à atteindre les propriétés du béton recherchées.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux procédures suivies pour confectionner nos mélanges, ainsi que les différents essais expérimentaux pour les caractériser à l'état frais et durci.

Le grignon d'olive concassé 2/4 mm est introduit respectivement dans le béton par substitution du sable normal afin d'atteindre une masse volumique du béton de 2000 kg/m^3 .

Une deuxième partie d'essai a été réalisée par substitution du sable normal de 2/4 mm par le grignon d'olive concassé par 5%, 10%, 15% et 20% respectivement afin de voir le comportement de substitution du grignon d'olive concassé dans le béton vis-à-vis de la résistance à la compression et la masse volumique.

IV.2 Détermination de la composition du béton léger et normal [21]

Réaliser un béton léger par incorporation des granulats légers dans la matrice cimentaire.

Le granulat utilisé est le grignon d'olive concassé de masse volumique 1.15 kg/dm^3 . Le dosage

En ciment = 350 kg/m^3 . Le rapport E/C=0.5

Sachant que :

La masse volumique du sable 0/5 mm : 2.6 kg/dm^3 .

La masse volumique du granulat 4/8 mm : 2.6 kg/dm^3 .

La masse volumique du granulat 8/15 : 2.6 kg/dm^3 .

La masse volumique du ciment utilisé = 3.1 kg/dm^3 .

IV.2.1 Formulation des bétons [21]

En raison de la différence des masses volumique entre les grignons d'olive concassé et les Granulats normaux, il est souhaitable de formuler ce genre de béton par le calcul volumétrique, Une fois les volumes connus on procède au calcul massique.

➤ **Une formulation volumétrique**

Teneur en mortier (Ciment + sable 0/5 mm + eau)=600 litres/m³ de béton.

Teneur en granulat 4/8 mm=200 litres/m³ de béton.

Teneur en granulat 8/15 mm =200 litres/m³ de béton.

Donc la teneur en mortier + la teneur en granulat 4/8 mm + la teneur en granulat 8/15 mm =1000 litre =1m³ de béton.

Calcul des quantités des composants du béton normal

Sachant que la teneur en mortier (ciment + sable 0/5 (mm) + eau) = 600 litres/m³ de béton.

Le volume de sable = 600 litre/m³ - le volume du ciment - le volume de l'eau - le volume des vides.

$$600 = V_{\text{sable}} + 175 + \frac{350}{3.1} + 20$$

$$600 = V_{\text{sable}} + 175 + 112.90 + 20$$

$$V_{\text{sable}} = 600 - 175 - 112.90 - 20$$

$$V_{\text{sable}} = 292.1 \text{ l} / \text{m}^3 = 292.1 \text{ dm}^3 / \text{m}^3$$

Le volume des granulats 4/8 mm = 200 l/m³

Le volume des granulats 8/15 mm = 200 l/m³

➤ **Calcul du poids massique du sable 0/5, granulat 4/8 et granulat 8/15**

$$V_{\text{SABLE}} = 292.1 \text{ l/m}^3 \quad ; \quad \text{masse volumique} = 2.6 \text{ kg/dm}^3$$

➤ **Les poids massique des composants de béton normal :**

$$M_{\text{sable}} = 292.1 \times 2.6 = 759.46 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

$$M_{4/8} = 200 \times 2.6 = 520 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

$$M_{8/15} = 200 \times 2.6 = 520 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

$$M_{\text{eau}} = 175 \times 1 = 175 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

$$M_{\text{ciment}} = 350 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

Calcul des quantités des composants du béton léger

➤ **Béton avec grignon d'olive concassé 2/4 mm**

Le volume du mortier dans le béton est estimé approximativement à 600 l/m³

$V_{\text{mortier}} = V_{\text{sable}} + V_{\text{eau}} + V_{\text{ciment}} + V_{\text{ide}}$

$$600 = V_{\text{sable}} + 175 + \frac{350}{3.1} + 20$$

$$600 = V_{\text{sable}} + 175 + 112.90 + 20$$

$$V_{\text{sable}} = 600 - 175 - 112.90 - 20$$

$$V_{\text{sable}} = 292.1 \text{ l/m}^3 = 292.1 \text{ dm}^3 / \text{m}^3$$

$$V(4/8) = V(8/15) = 200 \text{ l/m}^3$$

Masse du sable = $292.1 \times 2.6 = 759.46 \text{ kg}$ pour 1 m^3 de béton

$$M_{4/8} = 200 \times 2.6 = 520 \text{ kg/m}^3$$

$$M_{8/15} = 200 \times 2.6 = 520 \text{ kg/m}^3$$

$$M_{\text{eau}} = 175 \times 1 = 175 \text{ kg/m}^3$$

$$M_{\text{ciment}} = 350 \text{ kg/m}^3$$

On suppose que x est le pourcentage du grignon d'olive concassé à introduits dans le béton :

$$\text{Dans la Masse du sable} = \frac{759.46(100 - x)}{100} = 759.46 + 7.594x$$

$$\text{et la masse du grignon d'olive concassé (2/4)} = \frac{292.1 \times 1.15}{100} x = 3.36x$$

Pour atteindre une masse volumique du béton léger qui est de l'ordre de 2000 Kg/m^3 , on somme les composants du béton et on déduit la valeur de x .

$$759.46 + 520 + 520 + 175 + 350 - 7.594x + 3.36x = 2000$$

$$324.46 = 4.24x \Rightarrow x = 76.52\%$$

Le pourcentage de grignon d'olive concassé (2/4mm) à introduire dans le béton est de 76,52 % par rapport au sable pour atteindre la masse volumique de 2000 kg/m^3 .

$$\text{Masse de sable (0/2)} = \frac{759.46(100 - 76.52)}{100} = 178.32 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masse du grignon d'olive concassé (2/4)} = \frac{292.1 \times 1.15 \times 76.52}{100} = 257.04 \text{ kg/m}^3$$

➤ Confection du béton

Des gâchées de béton de 0.02 m^3 ont été réalisées afin de mesurer l'affaissement au cône d'Abrams du béton frais et remplir les 3 éprouvettes cubiques $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$.

Tableau IV.1: Composition des bétons

composants	Béton normal (Kg/m ³)	Béton léger avec 76.52% G.O 2/4mm (Kg/m ³)
Sable 0/5 mm	759.46	178
Granulat 4/8 mm	520	520
Granulat 8/15 mm	520	520
Ciment	350	350
Eau	175	157.33
Adjuvant	1.75	3.5
G.O concassé 2/4 mm	/	256.67

❖ Etapes de production du béton frais

- Malaxer les granulats + le ciment pendant une minute.
- Ajouter 2/3 de l'eau de gâchage et malaxer pendant 2 minutes.
- Ajouter 1/3 de l'eau de gâchage mélangée à l'adjuvant et malaxer pendant 2 minutes.
- **Substitution de 5% ,10%,15% et 20% de sable de (2/4mm) par le grignon d'olive Concassé (2/4mm)**

Exemple de calcul :

Le volume du sable normal est 292.1 l/m³

$$292.1 - 5 \times \frac{292.1}{100} = 292.1 - 14.605 = 277.49 \text{ l/m}^3$$

$$277.49 \text{ l/m}^3 \times 2.6 \text{ Kg/dm}^3 = 721.47 \text{ Kg/m}^3$$

$$\frac{5 \times 292.1}{100} = 14.605 \text{ l/m}^3 = 14.605 \times 1.15 = 16.795 \text{ Kg/m}^3$$

Tableau IV.2 : Volume et masse du sable et grignons d'olives concassé (2/4) mm

Pourcentage	0%	5%	10%	15%	20%
Volume sable (l/m ³)	292.1	277.49	262.89	248.28	233.68
Masse sable (Kg/m ³)	759.46	721.47	683.51	645.54	607.56
Volume grignon d'olive concassée (2/4mm) (l/m ³)	0	14.605	29.21	43.81	58.42
Masse grignon d'olive concassée (2/4mm) (Kg/m ³)	0	16.795	33.59	50.38	67.18

IV.3 Confection des éprouvettes [16]

Pour chaque formulation ,3 éprouvettes cubiques (15*15*15) cm³ sont réalisées. Les éprouvettes remplies de béton frais sont vibrés afin de mettre le béton en place et d'évacuer les bulles d'aires existantes dans le béton frais qui peuvent nuire aux caractéristiques mécaniques du béton durci. Toutes les éprouvettes seront destinées à l'essai de résistance à la compression (Essai mécanique).



Figure IV.1 : Bulles d'air dans le béton

IV.3.1 Conservation des éprouvettes [22]

Après vibration du béton frais les éprouvettes sont recouverte de matière plastique pendant 24h afin d'éviter l'évaporation de l'eau qui peut entrainer des fissures dues au retrait.

Afin d'assurer un bon murissement du béton, on doit maintenir une humidité satisfaisante favorable durant la période d'hydratation du ciment.

Après le démoulage les éprouvettes sont conservées sous l'eau à une température de 20 C ° pendant 7 jours. Ensuite les éprouvettes sont exposées à l'air libre et on mesure leurs masses volumiques à 7 et 28 jours.

IV.4. Essais effectués sur les bétons frais

IV.4.1 Essai d'affaissement (cône d'ABRAMS norme p18-451) [16]

Principe de l'essai

Il s'agit de constater l'affaissement d'un cône de béton sous l'effet de son propre poids.

Plus cet affaissement sera grand et plus le béton sera fluide.

Appareil utilisé

L'appareillage utilisé est composé :

- D'un cône, dont les dimensions intérieures sont : $d=100$ mm, $D=200$ mm
- D'une plaque de base.
- D'une tige piquante en acier de 600mm de longueur et de 16 mm de diamètre.
- D'un portique et d'une règle pour mesurer l'affaissement.
- D'une truelle pour manipuler le béton.

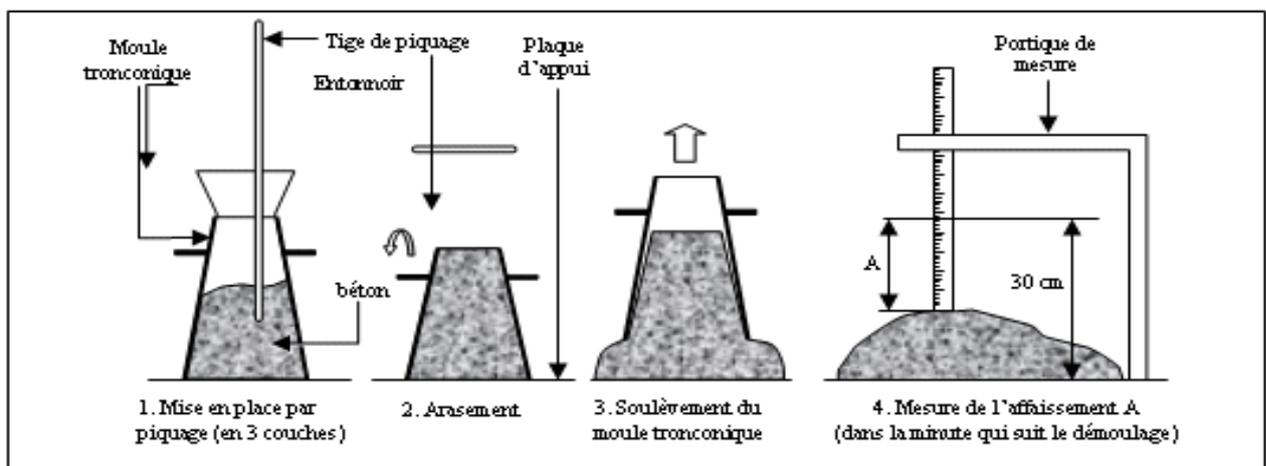


Figure IV.2 : Schéma explicatif de l'essai d'affaissement



Figure IV.3 : Cône d'ABRAMS

Mode opératoire

- Humidifier la surface d'appuis et y placer le moule tronconique.
- Introduire le béton en quatre couches successives en piquant chaque couche, 15 coups à l'aide d'une barre d'acier.
- Araser à l'aide d'une ruelle.
- Démouler immédiatement en soulevant le moule avec précaution.
- Attendre 1 mm et mesurer l'affaissement à l'aide d'un portique et de la règle graduée.
- Nettoyer la plaque d'appui et le moule.

Remarque

L'essai d'affaissement au cône d'ABRAMS (NF P 18-451), s'applique aux bétons, dont les granulats ont une dimension inférieure ou égale à 40 mm

L'affaissement est mesuré par la différence de hauteur entre le moule et le niveau supérieur du béton après démoulage. Le résultat obtenu permet ainsi de classer le béton. Cependant, il est évident qu'il ne peut concerner les bétons trop fermes dont l'affaissement n'est plus mesurable.

Le tableau suivant donne une classification du béton et la puissance de serrage nécessaire pour les mettre en œuvre.

Tableau IV.3 : Evaluation de la consistance en fonction de l'affaissement

Mise en œuvre	affaissement	béton
Vibration puissante	0–2	Très ferme
Bonne vibration	3–5	Ferme
Vibration courante	6–9	Plastique
piquage	10–13	Mou
Léger piquage	≥15	Liquide

Classe de l'affaissement (NF P 18-305)

Le tableau suivant, nous donne les classes d'affaissement.

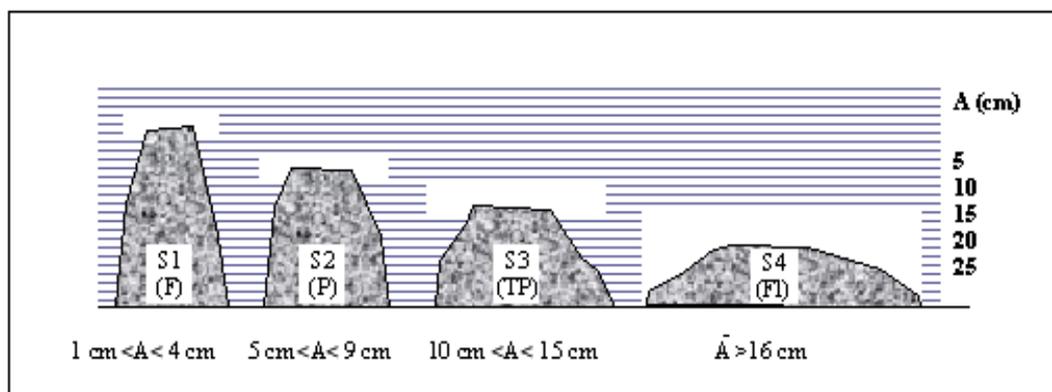
Tableau IV.4 : Classe d'affaissement

consistance	ferme	plastique	Très plastique	fluide
Affaissement en (cm)	≤ 4	5 à 9	10 à 15	≥ 16
Notation	F S1	P S2	TP S3	FL S4

Remarque

Les classes sont notés S1, S2, S3, S4 et appelées classes d'affaissement. « S » rappelle ici l'initial du nom de l'essai en anglais : Slump test.

La norme NF P 18-305 définit les mêmes classes d'affaissement mais les notes F, P, TP et FL (ferme, plastique, très plastique et fluide).

**Figure IV.4 : Classe d'affaissement****L'adjuvant (plastifiant)****Tableau IV.5 : Pourcentage d'adjuvant**

Béton avec	Béton normal	76.52 % G.O concassé 2/4mm	5% G.O concassé 2/4mm	10% G.O concassé 2/4mm	15% G.O concassé 2/4mm	20% G.O concassé 2/4mm
Pourcentage(%)	0.5	1	0.3	0.5	0.7	0.9

Interprétation

Le dosage en adjuvant augmente en fonction du pourcentage du grignon d'olive concassé introduit dans le béton, pour assurer une bonne maniabilité. Une quantité d'eau est absorbée par le grignon d'olive en raison de l'absorption d'eau par le grignon d'olive concassé qui est poreux. Cette eau absorbée n'a pas contribué à la maniabilité du béton.

Tableau IV.6: Affaissements obtenus au cône d'ABRAMS

Composition de béton avec	volume du plastifiant Kg/m ³	Affaissement (cm)
Béton normal	1.75	12.5
Avec 76.52 % G.O.C (2/4) mm	3.5	20
Avec 5% de G.O.C (2/4) mm	1.05	10
Avec 10% de G.O.C (2/4) mm	1.75	15
Avec 15% de G.O.C (2/4) mm	2.45	14.4
Avec 20% de G.O.C (2/4) mm	3.15	17.5

Interprétation des résultats

Les consistances obtenues par les dosages d'adjuvant nous a permet d'obtenir des bétons maniabiles.

Selon les classes d'affaissement, les bétons utilisés sont de consistance suivante :

- Béton normal : $10 \leq A \leq 15 \rightarrow S3$
- Béton avec 76.52% G.O.C (2/4) mm : $A > 16 \rightarrow S4$
- Béton avec 5% G.O.C (2/4) mm : $10 \leq A \leq 15 \rightarrow S3$
- Béton avec 10% G.O.C (2/4) mm : $10 \leq A \leq 15 \rightarrow S3$
- Béton avec 15% G.O.C (2/4) mm : $10 \leq A \leq 15 \rightarrow S3$
- Béton avec 20% G.O.C (2/4) mm : $A > 16 \rightarrow S4$

IV.4.2 Masse volumique du béton frais [16]

Une fois les pesées de moules remplis de béton frais effectuées les résultats des masses volumiques fraîches obtenus sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau IV.7 : Résultats des masses volumiques fraiches

N° de série d'éprouvette		Type de béton	Masse volumique fraiche (kg/dm ³)	Masse volumique fraiche moyenne
I	a	Normal	2.48	2.47
	b		2.45	
	c		2.48	
II	d	Avec 76.52% de G.O.C (2/4) mm	2.04	2.03
	e		2.03	
	f		2.02	

Interprétation

Quand le grignon d'olive concassé de (2/4) mm est introduit par substitution dans le béton, la masse volumique diminue, et atteint la masse volumique fraiche de 2.03 Kg/dm³ pour un dosage de grignon d'olive concassé (2/4) mm de 76.52%. Cette masse volumique fraiche est conforme à celle qui est projeté au début lors de la formulation du béton. Cela montre que le béton formulé est homogène.

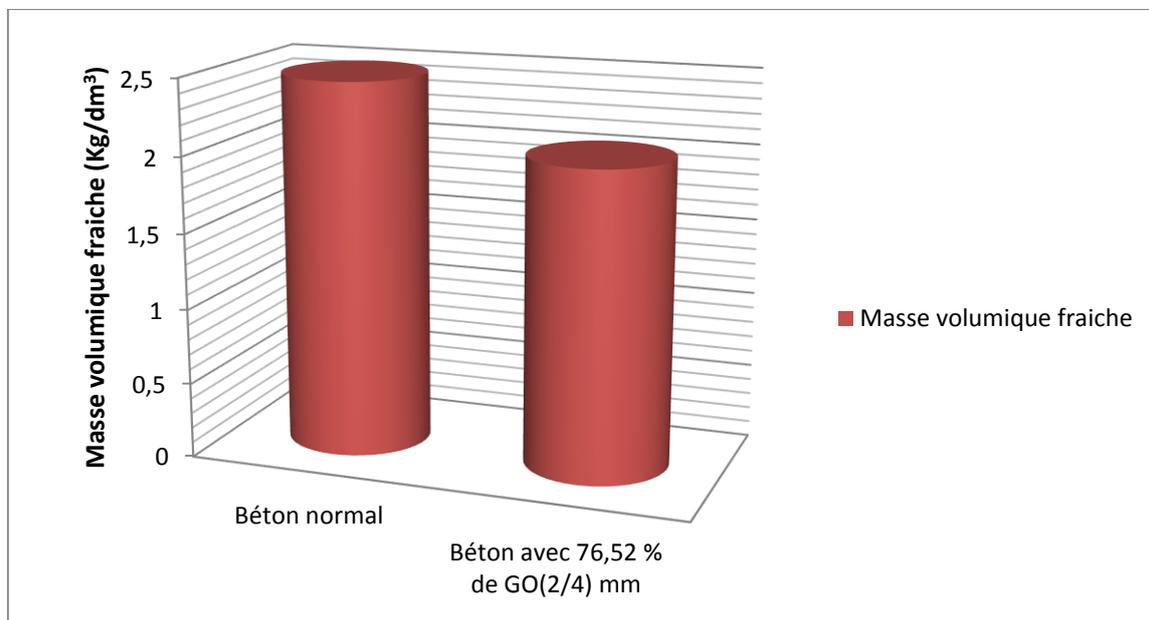


Figure IV.5 : Masse volumique fraiche

Interprétation :

L'incorporation du grignon d'olive concassé (2/4 mm) a réduit la masse volumique du béton.

Tableau IV.8: Résultats des masses volumiques fraîches

N° de série d'éprouvette		Type de béton	Masse volumique fraîche (kg/dm ³)	Masse volumique fraîche moyenne
I	a	Normal	2.48	2.47
	b		2.45	
	c		2.48	
III	1	Avec 5% de G.O.C (2/4) mm	2.4	2.39
	2		2.39	
	3		2.39	
IV	4	Avec 10% de G.O.C (2/4) mm	2.37	2.34
	5		2.33	
	6		2.32	
V	7	Avec 15% de G.O.C (2/4) mm	2.32	2.37
	8		2.39	
	9		2.4	
VI	10	Avec 20% de G.O .C (2/4) mm	2.33	2.36
	11		2.33	
	12		2.41	

Interprétation

La masse volumique fraîche diminue en fonction du dosage du grignon d'olive concassé en raison de la légèreté du G.O.C introduit dans le béton. Ces masses volumiques sont inférieures à celles du béton normal sans G.O.C.

❖ Calcul de la masse volumique théorique [23]

Exemple de calcul

- Béton normal

Tableau IV.9: Masse des composants du béton normal

composants	Masses (Kg/m ³)
Sable 0/5	759.46
Granulat 4/8 (mm)	520
Granulat 8/15 (mm)	520
Ciment	350
Eau	175
adjuvant	1.75

$$\rho_{ph} = (759.46 + 520 + 520 + 350 + 175) / m^3 = 2324.46 \text{ Kg/m}^3 = 2.32 \text{ Kg/dm}^3.$$

Les masses volumiques théoriques des bétons avec le grignon d'olive concassé sont dans le tableau suivant :

Tableau IV.10: Masse volumique théorique de béton avec G.O.C (2/4 mm)

Béton avec	Masse volumique théorique (kg/dm ³)
76.52% G.O.C 2/4 mm	1.98
5% G.O.C 2/4 mm	2.30
10% G.O.C 2/4 mm	2.28
15% G.O.C 2/4 mm	2.26
20% G.O.C 2/4 mm	2.24

La masse volumique fraîche pratique du béton avec 76.52% de G.O.C est de l'ordre de 2.03 Kg/dm³. Par contre celle calculer théoriquement, elle est de l'ordre de 1.98 Kg/dm³. Cela est de même pour les bétons avec 5%, 10%, 15% et 20% du G.O.C.

On constate qu'il y a un petit écart entre les masses volumiques théoriques et les masses volumiques pratiques. Cela montre que le béton produit est homogène.

IV.5 Essais effectués sur les bétons durcis**IV.5.1 Masse volumique du béton durci [16]**

On détermine la masse volumique apparente d'un béton en fonction du temps, à partir des éprouvettes cubique qu'on a confectionné.

Le tableau suivant nous donne l'évolution de la masse volumique en fonction du temps

Tableau IV.11: Evolution de la masse volumique en fonction du temps

N° de série	Composition du béton avec	Masse volumique (kg/dm ³)			
		0 heures	24 heures	7 jours	28 jours
I	Normal	2.47	2.43	2.45	2.41
II	76.52% G.O.C (2/4) mm	2.03	2.01	2.09	1.98
III	5% G.O.C (2/4) mm	2.39	2.37	2.38	2.33
IV	10% G.O.C (2/4) mm	2.34	2.33	2.36	2.30
V	15% G.O.C (2/4) mm	2.37	2.31	2.37	2.32
VI	20% G.O.C (2/4) mm	2.36	2.28	2.34	2.30

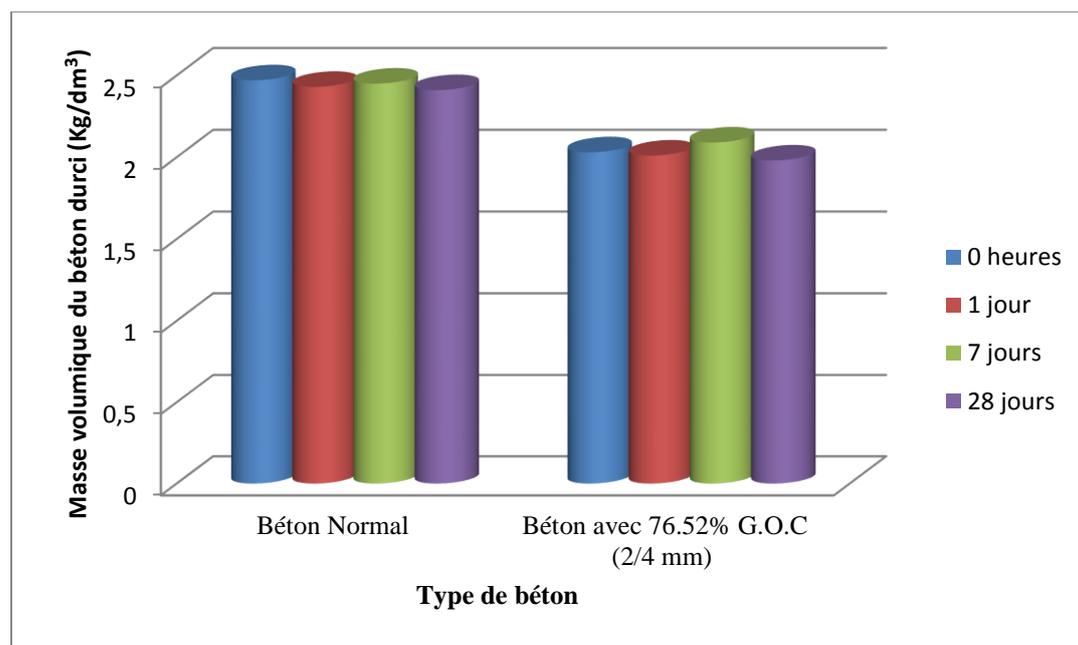


Figure IV.6 : Evolution de la masse volumique du béton durci en fonction du temps

La figure ci-dessus montre une grande différence entre la masse volumique du béton normal et celle du béton avec 76.52% de grignon d'olive concassé. Le béton s'est allégé en incorporant le grignon d'olive concassé. En fonction du temps et à partir du 7^{ème} jour on remarque qu'il y a une légère diminution de la masse volumique en raison du départ d'eau.

Par contre du 1^{er} au 7^{ème} jour, la masse volumique a augmenté en raison de l'incorporation des éprouvettes en béton dans l'eau.

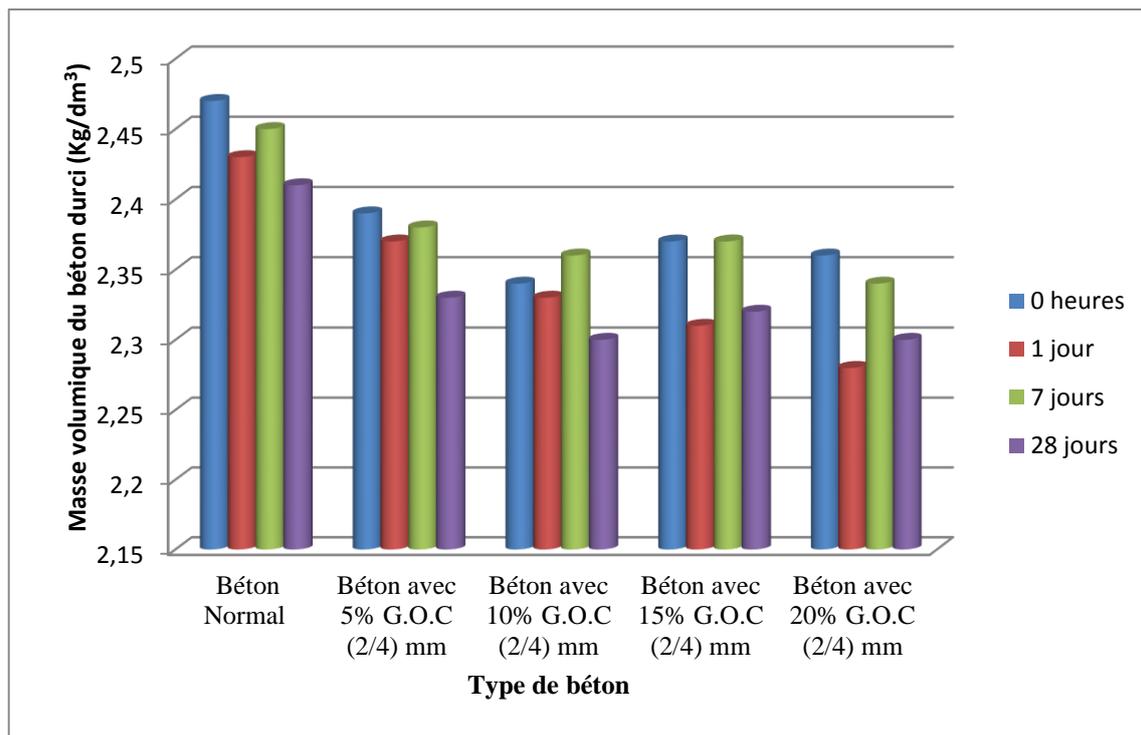


Figure IV.7 : Evolution de la masse volumique du béton durci en fonction du temps

Interprétation

Avant le démoulage, la masse volumique du béton diminue en raison du départ d'eau, bien que les éprouvettes cubiques soient couvertes de matière plastique. Ce départ d'eau est insignifiant (peu d'eau évaporée).

Après démoulage les éprouvettes sont plongées dans l'eau et la masse volumique augmente d'une manière faible en raison de la faible absorption d'eau par le béton et qui est relativement étanche. À partir du 7eme jour, les éprouvettes exposées à l'air libre montrent aussi un faible départ d'eau.

Lors de l'introduction de 76.52% du grignon d'olive concassé, la masse volumique du béton après 28 jours est atteinte (1.98 Kg/m³). Cela montre que le grignon d'olive concassé introduit dans le béton fait réduire la masse du béton.

L'introduction de grignon d'olive par plusieurs paliers de 5%, 10%, 15% et 20% ; la masse volumique diminue d'une manière très faible est d'un pourcentage de [3.32 à 4.56%] par rapport au béton normal.

En conclusion, pour atteindre un béton léger par introduction du grignon d'olive concassé, il est impérativement important d'augmenter le dosage en grignon d'olive concassé au détriment de la résistance à la compression qui est vérifié ci-dessous.

IV.5.2 Essai de résistance à la compression à 28 jours NF P 18-406 [7]

But de l'essai

L'essai a pour but de déterminer la résistance à la compression du béton.

Principe de l'essai

L'éprouvette est soumise à une charge croissante jusqu'à rupture.

La résistance à la compression est le rapport entre la charge de rupture et la section transversale de l'éprouvette.

Equipement nécessaire

- une machine d'essai appelée « presse » de force et de dimensions appropriés à l'éprouvette à tester.
- Un moyen pour rectifier les extrémités des éprouvettes pour éviter l'excentricité de l'effort P.

Conduite de l'essai

L'éprouvette une fois rectifiée, doit être centrée sur la presse d'essai.

La charge de rupture P, est la charge maximale enregistrée au cours de l'essai.

Soit « S » la section orthogonale de l'éprouvette, la résistance F_c , est exprimée en MPa à 0.5 MPa près et a pour expression : $F_c = P / S$.

- F_c : est directement obtenue en MPa.
- P : est exprimé en méga newton (MN).
- S : est la section en m^2 .

Résultat de la résistance à la compression

Les essais de la résistance à la compression ont été effectués au 28 eme jour au niveau du laboratoire de béton.

On note :

$F_{c 28}$: résistance du béton au 28 eme jour.

Les résultats de la compression sont inscrits dans le tableau suivant :

Tableau IV.12: Résultats de la résistance à la compression au 28 eme jour

N° de série d'éprouvette		Type de béton	Résistance F ₂₈ (MPa)	Résistance F _c moyenne
I	a	Normal avec 0% G.O.C (2/4mm)	43.32	46.66
	b		46.94	
	c		49.73	
II	d	Avec 76.52% de G.O.C (2/4) mm	4.26	6.04
	e		7.82	
	f		6.04	

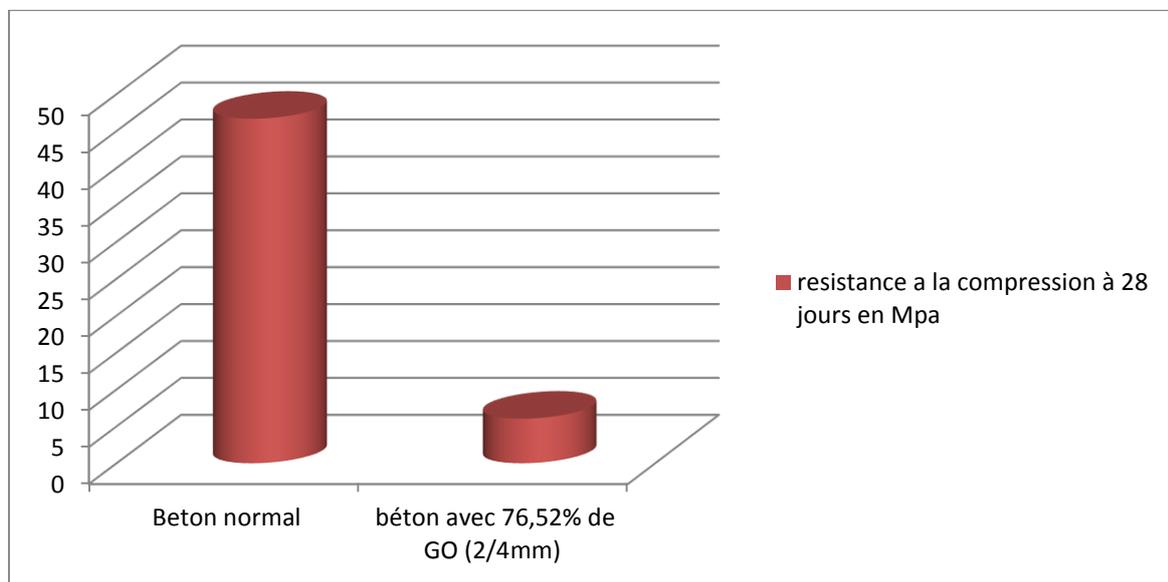


Figure IV.8 : Résistance à la compression à 28 jours

Interprétation

Le béton avec 76.52% de grignon d'olive concassé à une résistance à la compression très faible par rapport au béton normal, ceci est dû à la forte proportion de grignon d'olive concassé dans le béton, les grignons d'olives n'ont pas une bonne adhérence avec le ciment.

Tableau IV.13 : Résultats de la résistance à la compression au 28 eme jour

N° de série d'éprouvette		Type de béton	Résistance F_c 28 (MPa)	Résistance F_c moyenne
I	a	Normal	43.32	46.66
	b		46.94	
	c		49.73	
III	1	Avec 5% de G.O.C (2/4) mm	38.24	40.31
	2		41.75	
	3		40.95	
IV	4	Avec 10% de G.O.C (2/4) mm	33.72	36.31
	5		37.86	
	6		37.36	
V	7	Avec 15% de G.O.C (2/4) mm	37.92	38.30
	8		36.53	
	9		40.44	
VI	10	Avec 20% de G.O.C (2/4) mm	34.92	33.34
	11		30.31	
	12		34.80	

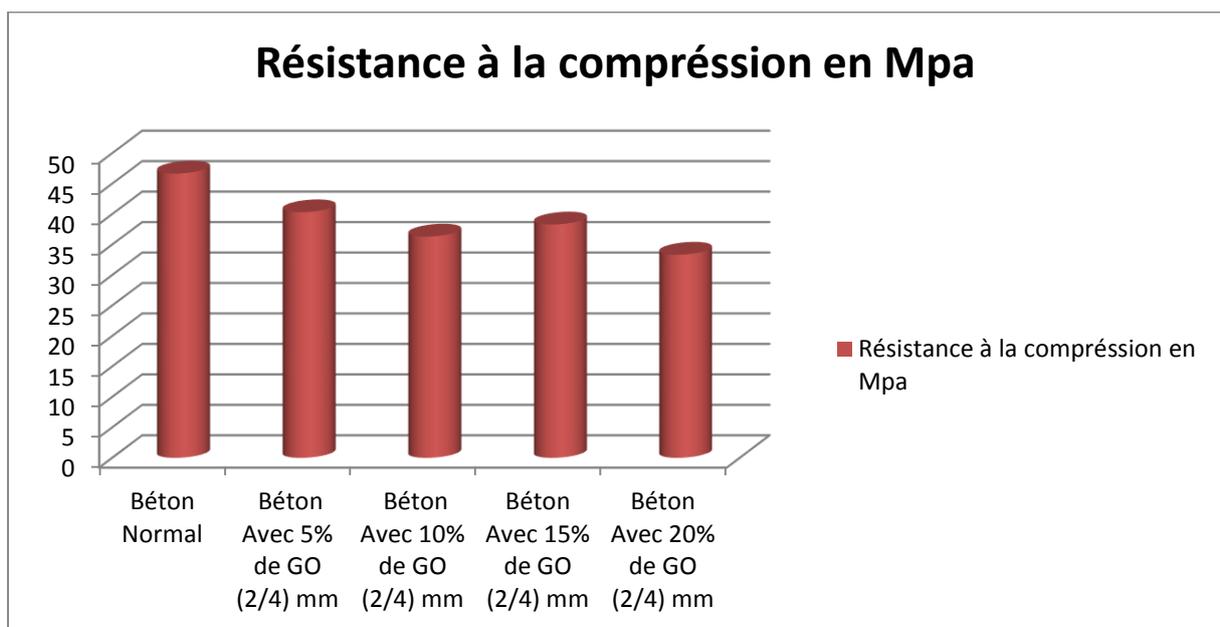


Figure IV.9 : Résistance à la compression à 28 jours

Interprétation

Plus le pourcentage de grignons d'olives concassé dans le béton est élevé, moins la résistance à la compression sera importante.

IV.5.3 Masse volumique sèche [16]**Calcul de la masse volumique sèche pratique****Calcul de la masse volumique sèche au 28^{ième} jours d'âge**

Pour calculer la masse volumique sèche, il suffit de suivre les étapes suivantes :

- Après écrasement des éprouvettes, à l'aide de la machine de compression, Un échantillon de béton est immédiatement récupéré et pesé.
- Peser l'échantillon après étuvage.
- Le laisser dans une étuve à 105°C et lui effectuer des pesées jusqu'à ce que sa masse soit constante.

Connaissant la masse d'une éprouvette à 28 jours d'âge et son volume. Et la masse de l'échantillon prélevé avant et après étuvage, on calcule par la règle de trois la masse volumique sèche.

Exemple de calcul**Béton normal**

La masse de l'éprouvette à 28 jours d'âge (avant écrasement) est égale à 8.145Kg.

La masse de l'échantillon récupéré (avant son étuvage) est égale à 0.33386 Kg.

La masse de même échantillon après étuvage est égale à 0.31996 Kg. On peut donc, déduire la masse de l'éprouvette après étuvage.

Soit «M» sa masse, on aura :

Avant étuvage	après étuvage
0.33386 Kg.....	0.31996 kg
8.145Kg	M= 7.805Kg

Les résultats de calcul des masses volumiques sèches des bétons sont représentées dans les tableaux suivant :

Tableau IV.14 : Masse volumique sèche du béton normal

N° d'éprouvette	Composition de béton	ρ sèche (Kg/dm ³)	ρ sèche moyenne (Kg/dm ³)
a	Béton normal	2.33	2.31
b		2.33	
c		2.28	

Tableau IV.15 : Masse volumique sèche du béton avec 5% de G.O.C (2/4mm)

N° d'éprouvette	Composition de béton	ρ sèche (Kg/dm ³)	ρ sèche moyenne (Kg/dm ³)
1	Béton avec 5% G.O.C (2/4mm)	2.27	2.25
2		2.23	
3		2.24	

Tableau IV.16: Masse volumique sèche du béton avec 10% de G.O.C (2/4mm)

N° d'éprouvette	Composition de béton	ρ sèche (Kg/dm ³)	ρ sèche moyenne (Kg/dm ³)
4	Béton avec 10% G.O.C (2/4mm)	2.23	2.22
5		2.20	
6		2.23	

Tableau IV.17 : Masse volumique sèche du béton avec 15% de G.O.C (2/4mm)

N° d'éprouvette	Composition de béton	ρ sèche (Kg/dm ³)	ρ sèche moyenne (Kg/dm ³)
7	Béton avec 15% G.O.C. (2/4mm)	2.22	2.23
8		2.24	
9		2.24	

Tableau IV.18 : Masse volumique sèche du béton avec 20% de G.O.C (2/4mm)

N° d'éprouvette	Composition de béton	ρ sèche (Kg/dm ³)	ρ sèche moyenne (Kg/dm ³)
10	Béton avec 20% G.O .C (2/4mm)	2.17	2.20
11		2.23	
12		2.20	

Interprétation

Les bétons avec le grignon d'olive concassé (2/4mm) ont des masses volumiques inférieures à celles du béton normal. Donc l'introduction de granulats légers (grignon d'olive concassé) dans un béton permet d'alléger ce dernier.

Conclusion générale

L'incorporation de la fraction 2/4 (mm) de grignons d'olives concassés (déchets agricoles) dans le béton, nous renseigne sur leurs influences sur la résistance à la compression du béton.

En effet, les propriétés physiques (porosité, légèreté) de la fraction 2/4 (mm) de grignons d'olives donnent des résistances à la compression inférieure à celle du béton normal et font diminuer leur densité. Ainsi, l'utilisation des granulats légers dans un béton permet d'alléger ce dernier.

Dans ce travail on s'est limité à l'utilisation d'une seule fraction de grignons d'olives concassés (2/4 mm), et à l'étude de leurs influences sur la masse volumique et sur la résistance à la compression du béton.

L'utilisation des grignons d'olives nous a permis d'avoir un béton avec des masses volumiques inférieures à celles des bétons normaux. Par ailleurs l'incorporation d'un grand pourcentage de grignons d'olives concassés nous donne un béton léger mais avec une résistance à la compression très faible par rapport au béton normal.

L'utilisation des grignons d'olives concassés par substitution de petites parties de sable (2/4 mm) de 5%, 10%, 15% et 20% par le grignon peut-être plus bénéfique, dans notre travail on a constaté qu'il ne faut pas introduire une quantité de G.O.C qui dépasse 15% , car cela permet d'avoir un béton avec une résistance à la compression acceptable, et d'avoir aussi une masse volumique inférieure à celle du béton normal.

Dans notre travail nous avons constaté que les grignons d'olives n'ont pas une bonne adhérence avec le ciment. Le grignon d'olive concassé est une matière organique et le chemin de rupture passe par la zone de contact du G.O.C avec le ciment hydraté.

Enfin nous pensons, que la continuité de ce travail et l'exploitation des déchets agricole nécessite une attention particulière.

En perspective, on peut traiter le grignon d'olive concassé et l'utiliser dans le béton afin d'alléger la structure et d'augmenter la résistance à la compression. Le traitement du G.O.C peut se faire par calcination à certaine température afin d'augmenter probablement cette adhérence entre le G.O.C calciné et le ciment.

Références bibliographiques

- [1] A. Neville : « propriétés des bétons », Eyrolles. Paris, 2000.
- [2] B. Benkhalifa : « Contribution à l'étude des bétons légers d'argile expansée pour des éléments armés préfabriqués ». Thèse de magister. Université d'Annaba.1988.
- [3] M .Contant: « Confection de bétons légers la fabrication d'éléments architecturaux » projet d'application présenté à l'école de technologie supérieure. Ecole de technologie supérieure, l'université de Québec, édition. Montréal. 14 avril 2000.
- [4] M.Shink : « compatibilité élastique, comportement mécanique et optimisation des bétons de granulats légers » .Université Laval Québec .Avril 2003.
- [5] G.Dreux et J.Festa: « Nouveau guide du béton et ses constituants » .Eyrolles.
- [6] O.Herihiri : «formulation et caractérisation des bétons légers ». Mémoire de magister .université de Biskra ; 2010. p 135.
- [7] G.Dreux et J.Festa : « Nouveau guide du béton et de ses constituants ». 8^{eme} Editions .Eyrolles. Mai 1998.
- [8] Travaux béton conseil prix et devis (sans date). Disponible sur : « [http://travauxbeton-leger/le_beton_ léger](http://travauxbeton-leger/le_beton_leger) » (consulter le 12/03/2018).
- [9] Dr. A. Merdas, Cours de matériaux de construction II, U.F.A de sétif.
- [10] Y.Tiab, R.Slimani :« Caractérisation physico-chimique du grignon d'olive ». Mémoire de fin d'étude. Université de Bejaia. 2002.
- [11] Y. Traore. « Propriétés mécaniques d'un béton de granulats légers à base de coques de Noix de palme traitées ». Rencontres Universitaires de Génie Civil, May 2015, Bayonne, France.
- [12] E. Halleux : « Valorisation des cendres de balles de riz pour la production de matériaux Pouzzolanique à Madagascar », mémoire de fin d'études. Université de Liege. Année Académique 2012 – 2013.

[13] S.Arezki : « Etude de l'influence des ajouts (grignon d'olive et foin) sur les caractéristiques physico-chimiques de la brique de terre cuite ».mémoire de magistère. Université de Bejaia.

[14] S. Arezki, N. Chelouah, A. Tahakourt: « the effect of the addition of ground olive stones on the physical and mechanical properties of clay bricks ». Materials of construction. Vol.66, Issus 322, April-june 2016.

[15] Fella trad, le portail agricole du crédit agricole de Maroc, www.fella-trade.com.

[16] F. Dradri, A. Kasri: « Etude de l'influence de la brique broyée sur la résistance à la compression du béton ».Mémoire de fin d'étude. Université de Bejaia. 2012. P 121.

[17] Fiche technique du ciment CPJ 42.5 d'Ain El Kebira.

[18] Y. Cherati, Z. Nafa : « Eléments de matériaux de construction et essais ».Université de Guelma.

[19] Attil, TP béton 3 eme année 2010. Université de Bejaia.

[20] DIN 4222, part 2 : « Absorption d'eau des granulats légers ».

[21] N. Chelouah : « Résistance au gel et au dégel des bétons légers, dissertation 1997, Bauhaus université de weimar. Allemagne.

[22] DIN 1045 : « Confection du béton ».

[23] N. Chelouah., TP béton 3eme année, université de Bejaia.

Lexique

Pierre ponce : Une ponce ou, plus usuellement, en apposition, une pierre ponce, est une roche volcanique très poreuse et de faible densité, fréquemment inférieure à 1, ce qui lui permet de flotter à la surface de l'eau.

Laitier : le laitier correspond aux scories qui sont formées en cours de fusion ou d'élaboration du métal par voie liquide. Cette matière est un important coproduit des hauts fourneaux, appréciée comme remblai ou comme matière première dans la fabrication du ciment.

Pouzzolane : Roche volcanique légère et poreuse.

Schiste : Roche qui présente une structure feuilletée.

Ardoise : L'ardoise est une roche métamorphique qui s'est formée dans de fortes conditions de pression et de température. Elle appartient à la famille des schistes à l'intérieur de laquelle elle se distingue par la qualité de son grain, très fin.

Perlite : La perlite est un matériau qui a l'aspect de granules ou de poudre, de couleur blanche. C'est un sable siliceux d'origine volcanique.

Mâchefer : Scories, déchets solides provenant de la combustion de la houille.

Scori : Les scories sont des sous-produits solides issus de la fusion, de l'affinage, du traitement ou de la mise en forme des métaux à haute température.

NF P 18-451 : norme française qui décrit le mode opératoire de l'essai d'affaissement au cône d'ABRAMS.

NF P 305 : norme française décrivant les bétons prêts à l'emploi.

NF P 18-560 : norme française décrivant l'analyse granulométrique.

NF P 18-303 : norme française décrivant l'eau de gâchage.

NF P 18-554 et NF P 18-555 : normes françaises qui décrivent le mode opératoire de l'essai de la mesure des masses volumique.

EN 206 : norme européenne sur les bétons.

NF P 18-406 : norme française décrivant le mode opératoire de l'essai de compression.

EN 193-3 : norme européenne qui décrit le mode opératoire de l'essai de prise aiguille de VICAT.

NF P 18-540 : norme française qui décrit le mode opératoire de calcul du module de finesse.

DIN 4222 et DIN 1045 : normes allemandes du Deutsches Institut für Normung.

Annexe



سيكابلست بي في 40+ Sikaplast® BV 40+

conforme à la norme NF EN 834-2 tab.1 et 2

Présentation:
SIKAPLAST® BV 40+ est un plastifiant réducteur d'eau pour haute résistance mécanique non chloré et prêt à l'emploi, à base de polycarboxylates modifiés.

تتميز على
بمستوى أداء

تتميز سيكابلست بي في 40+ على مستوى مقاربات ميكانيكية عالية، حتى من البوليكاربوكسيلات المعدل.

- Caractéristiques générales:**
- Haute réduction d'eau,
 - Maintien prolongé de rhéologie,
 - Robustesse vis-à-vis de la ségrégation,
 - Bel aspect de parérament au décoffrage.

- مميزات عامة:**
- خفض متميز لكمية الماء
 - الحفاظ على الريولوجيا لمدة طويلة
 - يجنب تمشش الخرسانة
 - مظهر جميل للواجهات بعد نزح القوالب

Mode d'emploi:
SIKAPLAST® BV 40+ est ajouté, soit, en même temps que l'eau de gâchage, soit en différé dans le béton préalablement mouillé avec une fraction de l'eau de gâchage.

طريقة الإستعمال:
يضاف السيكابلست بي في 40+ في نفس الوقت و ماء الخلط أو يضاف بعده إلى خليط الإسمنت.

Consommation:
Plage d'utilisation recommandée: 0,3 à 1,5% du poids de liant selon les performances recherchées.

الاستهلاك:
مجال الإستعمال الملائم: 0,3 إلى 1,5 % من وزن الإسمنت حسب الكفاءة المطلوبة.

Caractéristiques:
Liquide marron, sans chlore,
Densité: 1,04 ± 0,015, PH: 4,7 ± 1

الخصائص:
سائل بني قاتم اللون، خال من الكلور،
كثافة: 1,04 ± 0,015، PH = 4,7 ± 1

Conservation/Stockage:
1 an dans son emballage d'origine intact,
Dans un local fermé, à l'abri de l'ensoleillement direct et du gel, entre 5 et 30°C.

فترة الصلاحية والتخزين:
يحفظ لمدة سنة داخل التعبئة الأصلية سليمة،
يوضع في مكان بعيد عن أشعة الشمس والجليد، ما بين 5 و 30°م.

Précautions:
En cas de contact avec la peau, lever abondamment à l'eau.
Se reporter à la notice technique pour informations détaillées.

إحتياطات:
في حالة الإتصال بالجلد، الرضاء الغزير جيداً بالماء.
لمعلومات أدق، يطلب الرجوع إلى الوثيقة التقنية.

موزع في الجزائر
Sika El Djazair
100, rue de l'Industrie, 08111 El Djazair
Tél: 213 (0) 21 50 16 92 à 95 Fax: + 213 (0) 21 50 22 08
www.sikaalgerie.com

موزع في ليبيا
Sika Libye
100, rue de l'Industrie, 08111 El Djazair
Tél: 213 (0) 21 50 16 92 à 95 Fax: + 213 (0) 21 50 22 08
www.sikaalgerie.com

Résumé

L'objectif principal de cette étude est d'analyser la possibilité de valoriser les déchets agricoles comme granulats dans la fabrication des bétons. L'étude expérimentale a porté essentiellement sur un seul type de granulats (grignon d'olive concassé 2/4 mm). Le but de cette étude est de savoir si son utilisation contribuera à l'amélioration des propriétés du béton et sa résistance à la compression et pour pouvoir atteindre la masse volumique 2000 Kg/m³.

Cette étude est portée aussi sur la substitution du sable normal à différents pourcentages 5%, 10%, 15% et 20% par le grignon d'olive concassé de diamètre 2/4 (mm). Les caractéristiques de ces bétons (masse volumique, résistance à la compression) sont analysées et comparées au béton normal sans substitution.

Les résultats obtenus ont montré la possibilité d'alléger le béton par introduction de ce grignon d'olive concassé. Mais en introduisant de petite quantité de G.O.C (il ne faut pas dépasser 15 %) pour des résistances à la compression acceptables.

Mots clés : Béton léger, propriétés mécaniques, masse volumique, grignon d'olive.

Abstract

The main objective of this study is to analyze the possibility of valuing agricultural waste as aggregates in the manufacture of concrete. The experimental study focused on a single type of aggregates (crushed olive pomace 2 / 4 mm). The aim of this study is to know if its use will contribute to the improvement of the properties of the concrete and its resistance to compression. And to reach the density 2000 Kg / m³.

This study also focuses on the substitution of normal sand at different percentages of 5%, 10%, 15% and 20% by crushed olive cake of diameter 2/4 (mm). The characteristics of these concretes (density, compressive strength) are analyzed and compared to normal concrete without substitution.

The results obtained showed the possibility of lightening the concrete by introducing this crushed olive cake. But by introducing a small amount of G.O.C (it should not exceed 15%) for acceptable compressive strengths.