REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : Matériaux en Génie Civil

Etude de l'influence couplée des déchets solides et de fibres métalliques sur les propriétés physico-mécanique d'un éco-matériau de construction

---

Présenté par :

Mr. DOUIFI Zakaria

Mr. NEDJAR Walid

Proposé et Dirigé par :

M^me.^ BLAIFI Habiba

Dr. GUENDOUZ Mohamed

Promotion Juin 2022

Remerciement

Avant tout, je remercie **Dieu** de m'avoir donné la patience et la force pour réaliser ce Présent travail.

(الحمد لله)

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à mon promoteur Monsieur: **GUNDOUZ Mohamed** pour avoir dirigé notre travail a toujours été à notre écoute, sa disponibilité pour la réalisation de ce mémoire fut remarquable et nous en somme reconnaissante, et Co-encadreur M…….. pour nous avoir aidés aussi dans ce Modeste travail.

Nous exprimons également notre gratitude à tous nos enseignants qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études. Depuis notre premier cycle d'étude universitaire.

Enfin, j'exprime mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de prés ou de loin à L'élaboration de ce travail.

Merci à tous et à tout.

Dédicaces

Au nom d'Allah le miséricordieux le très miséricordieux

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents pour leurs patiences et leurs amours, en leur espérant une longue vie et que

Dieu les gardes.

A mes frères amine et hicham et soufian et mes sœurs amira et siham et qui m'ont encouragé sans cesse et cru en moi.

A ma fiancée qui a été toujours près de moi et m'a soutenu, que Dieu te garde pour moi .

A tous mes professeurs qui nous ont enseignés.

A mes chères amies sans exception

NEDJAR Walid

Dédicaces

Premièrement et avant tout je remercie le bon dieu qui m'a donné la force et le courage pour finir ce modeste travail.

Je dédie ce travail à mes très chers parents, **ma mère** et **mon père**, je remercie pour leurs encouragements et leurs soutiens, à mes frères **Mohamed**, **Abderrahmane**, **Hamza** et à ma petite sœur que j'aime énormément **Amel,** à **mon oncle** et à tous les membres de ma famille

Et enfin je dédie ce modeste travail à tous les amis et membres de ma promotion et tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.

Je vous dis merci

«..*Zakaria*..»

.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو دراسة التاثير المزدوج للنفايات الصلبة (الغرانيت ، الصدفات و السيراميك) و الالياف الحديدية على خصائص الخرسانة المائعة في الحالة الرطبة (الجريان ، الكثافة) و الصلبة (قوة الظغط ، قوة الشد و الامتصاص الشعري)

وقد اظهرت النتائج المتحصل عليها ان الخصائص الميكانيكية للخرسانة تحسنت بزيادة النفايات الصلبة (الغرانيت ، الصدفات و السيراميك) والالياف الحديدية

Résumé

L'objective principale de cet travail est d'étudier l'effet couplée de déchets solide (granite , coquillage et céramique) et fibres métalliques sur les propriétés a l'état frais (Etalement , densité) et l'état durci (résistance à la compression , résistance à la traction et l'absorption capillaire) des mélanges obtenu ont été étudiée des résultats alitent qui les caractéristiques mécaniques de BFS est améliorées en fonction de sollicitation de granulat naturel pour les déférents types de déchets solides et l'ajouts des fibres métalliques

Abstract

The main objective of this work is to study the coupled effect of solid waste (granite, shell and ceramic) and metal fibers on the properties in the fresh state (spreading, density) and the hardened state (resistance to compression, tensile strength and capillary absorption) of the mixtures obtained have been studied alitent results which the mechanical characteristics of BFS is improved according to natural aggregate solicitation for the different types of solid waste and the addition of metal fibers

sommaire

Remerciements
dédicaces
Sommaire
Résumés
Liste des Tableaux
Liste des Figures
Notation et Abréviation
Introduction Générale
Contexte général
Objectif de travail
Plan de travail

I. *I.1* Valorisation des déchets et activité de recyclage en construction 1

I.1.1.Introduction 1

I.1.2 Déchets et type des déchets 1

I.1.3 Technique de recyclage 6

I.2 Céramique et déchets de céramique 7

I.2.1 Céramique 7

I.2.1.1 Définition 7

I.2.2.2 Type de céramique 8

I.2.2.3 Fabrication de la céramique rouge 11

I.2.2.4 Utilisation de la céramique rouge 12

I.3 Coquillages et déchet de coquillage 13

I.3.1 Introduction 13

I.3.2 Définition 13

I.3.3 Type de Coquillages 14

I.3.4 Composition du Coquillages 16

I.3.6 Valorisation de déchets de coquillages 16

I.4 Granite et déchet de granite 17

I.4.1 Origine de granite 17

I.4.2 Les compositions de granite 18

I.4.3 Diversité des granites 18

I.4.4 Utilisation des Granites 18

I.5 Béton de fibres 19

I.5.1 Définition de béton de fibres 19

I.5.2 Utilisation des fibres dans le béton 19

I.5.3 Utilisation des fibres à l'usine 20

I.5.4 Utilisation des fibres au chantier 20

I.5.5 Moyens d'utilisation des fibres 20

I.5.6 Différents types de fibres 21

I.5.7 Caractéristiques physiques et mécaniques des fibres 21

I.5.8 Rôle des fibres 21

I.5.9 Utilisation des bétons de fibre 22

I.5.10 Conclusion 22

I.6 Influence de déchets de coquillage sur les propriétés des matériaux cimentaires 23

I.6.1 Etats frais 24

1.6.2 Etats durci 27

I.7 Influence des déchets céramiques rouge sur les propriétés des matériaux cimentaires 31

I.7.1.2 Etats durci 33

I.8 Influence des déchets granite sur les propriétés des matériaux cimentaires 36

I.8.1. Etat frais 36

I.8.2. Etat durci 36

I.9 Conclusion 38

II.1 Introduction 41

II .2 Caractérisation des matériaux utilisés 41

II.2.1 Ciment 41

II.2.2Granulats 42

II.2.2.1 Déchets de coquillage 42

II.2.2.3. Le sable 44

II.2.2.4 Fillers du marbre 46

II.2.2.5 Adjuvant 47

II.2.2.6 Déchets de granite 47

II.2.2.7 Déchets de céramique rouge 49

II.2.3.1. Les fibres metallique 50

II.3 - Eau de gâchage 51

II.4 Formulation du béton 51

II.5 Séquence de malaxage du béton 53

II.6 Les essais sur le béton (BSF) 53

II.6.1 Etat frais 53

II.6.2 Démoulage et conservation des éprouvettes 54

II.6.3 Etat durci 55

II.7 Variables étudiées 58

II .8 Conclusion 59

III.1 Introduction 60

III.2.1.1 Influence de combinaison de déchets solide et fibres métallique 60

III.2.2 État durci 62

III.2.2.1 Influence du déchet solide et fibres métalliques 62

III.2.2.2 Absorption d'eau 64

Liste des Tableaux

Tableau I.1 Ordre des étapes selon lesquelles sont élaborés les cramiques. **11**

Tableau I.2 : Résistance à la traction (Rt) et à la flexion (Rf) de quelques BF par rapport au Béton classique (BC). **21**

aTableau II.1 :L'analyse chimique du ciment et composition du clinker **42**

Tableau II.2 : Proprieties physiques de SCQR **44**

Tableau II.3 : Proprieties physiques de sable **45**

Tableau.II.4 Caractéristiques physiques des fins de marbre **46**

Tableau II.5 : Propriétés physiques de MEDAFLOW 30 **47**

Tableau II.6 :Propriétés physiques de SGR **48**

Tableau II.7 : Propriétés physiques de SCR **50**

Tableau II.8 :composition des bétons formulés **51**

Tableau II.9 : Les essais de caractérisation sur le béton à l'étant durci **55**

Tableau III.1:Résultats d'essais à l'état frais des différentes familles du béton. **60**

Liste des Figures

Figure I.1 : Stratégies de traitement des déchets **2**

Figure I.2: Valorisation des déchets **3**

Figure I.3 : Déchets inertes **5**

Figure I.4 : Déchets Organiques **5**

Figure I.5: Déchets ménagers spéciaux **6**

Figure. I.6: Les produits céramique. **7**

Figure I.7 : une toiture en tuiles. **9**

FigureI.8: La Faïence-Matériaux albigeois Elodie **9**

Figure I.9 : Brique creux et Brique plaine **10**

FigureI.10 : Dalle de sol **11**

FigureI.11 : Carrelage de sol **12**

Figure I.12 : Coquillage **13**

Figure I.13 : Les familles de bivalves **14**

Figure I.14 : Les familles de gastéropodes **15**

Figure I.15 : mollusques "sans coquilles" - les céphalopodes **15**

FigureI.16 : Le granite **17**

FigureI.17: La diversité des couleurs de granite **18**

FigureI.18: Schéma d'un matériau composite **19**

Figure I.19 : Influence de déchets de coquillage sur la fluidité du mortier autoplaçant **24**

FigureI.20 : Influence de substitution de ciment par le coquillage sur la densité de ciment **25**

Figure I.21 : Effet de déchets de coquillers sur la densité de béton **26**

Figure I.22 : Influence de substitution de sable par le coquillage sur la densité de MAP **26**

Figure I.23: Effet de sable de coquillage sur la porosité du béton ordinaire **27**

Figure I.24: Influence de substitution de sable par le coquillage sur la Rc et Rt de MAP **28**

Figure I.25: Effet de sable de coquillage sur la résistance à la compression du béton ordinaire **29**

Figure I.26: Influence de substitution de ciment par le coquillage sur la Rc de ciment **29**

Figure I.27 : Influence de substitution de ciment par le coquillage sur la Rt de ciment **30**

Figure I.28 : Influence de substitution de sable par le coquillage sur le module d'élasticité de **31**

Figure I.29 : L'effet de déchets céramique rouge sur la fluidité des mortiers **32**

FigI.30 : L'effet de déchets céramique sur la densité de béton **32**

FigI.31 : L'effet de déchets céramique rouge sur la fluidité des mortiers **33**

Figure I.32 : L'effet de déchets céramique rouge sur la Rc du béton **34**

FigI.33 : L'effet de déchets céramique rouge sur la Rt du béton **34**

Figure I. 34: L'effet de déchets céramique rouge sur le module d'élasticité du mortier **35**

Figure I.35 : La maniabilité de béton à base de déchets de granite **36**

Figure I.36 : La résistance à la compression de béton à base de déchets de granite avec (a) 7 jrs, (b) 28 jrs **37**

Figure II.1 : Le ciment utilisé (Annexe A) **42**

Figure II.2: les étapes de préparation de coquillage **43**

Figure II.3 : Sable utilisé **44**

Figure II.4 : Courbe granulométrique des sables **45**

Figure II.5 : déchet de marbre blanched **46**

Figure II.6: MEDAFLOW30 **47**

Figure II.7 : Déchets de granite sous forme sable 0/3 **48**

Figure II.8: Procédure de recyclage du déchets céramique rouge **49**

Figure II.9 : Les fibres métalique . **50**

Figure II.10: Séquence de malaxage du béton de sable fluide et fibre. **53**

Figure II.11 : Développement de l'essai d'étalement **54**

Figure II.12 : Mesure de la densité du béton **54**

Figure II.13 : Conservation des éprouvettes **55**

Figure II.14 : Essai de compression sur béton **56**

Figure II.15 : Essai de traction par flexion sur béton **56**

Figure II.16. Absorption d'eau par succion capillaire **57**

Figure II.17 : Variables étudiées **58**

Figure III.1 : Dosage des superplastifianten de défirent type du béton . **60**

Figure III.2 : L'étalement de BSF à base de déchets solide et fibres métalliques **61**

Figure III.3 : Densité de BSF à base de déchets solide e0t fibres métalliques **61**

Figure III.4 : La résistance à la compression de BSF à base de déchets solides et fibres **62**

Figure III.5 : La résistance à la traction de BSF à base de déchets solide et fibres **63**

Figure III.6 : Absorption d'eau des BSF à base de déchets solides et fibres métqlliques **64**

Notation et Abréviation

Notations et abréviations

BSF Béton de sable fluide

BSFT Béton de sable fluide témoin

BAP1,2,….18 Béton de sable fluide à base de déchets de céramique ,granite et de coquillage.

CPA Ciment Portland Artificiel

CPJ Ciment Portland Composée

E/C Rapport eau sur ciment

R Résistance

R_C Résistance à la compression

R_T Résistance à la traction

SR Sable recyclé

SP Superplastifiant

NA Norme Algérienne

NE Norme Européenne

Mf Module de finesse

ES Equivalent de sable à piston

ESV Equivalent de sable à vue

E Quantité d'eau

M Moment de flexion

I Moment d'inertie

L Liante

F Filaire

INTRODUCTION GÉNÉRAL

INTRODUCTION GÉNÉRAL

Les déchets posent actuellement un sérieux problème à cause de leur durée de vie, leur gestion est donc nécessaire que ce soit d'un point de vue environnemental, économique ou social.

Les déchets industriel et les déchets biosources sont trouvé leur place comme matériaux cimentaires dans la fabrication des bétons ou des mortiers de ciment comme ajout minéral ou granulat fin, afin d'améliorer certaines propriétés à l'état frais ou l'état durci, Parmi ces déchets, les déchets de céramique, les déchets de granite et les déchets de coquillages… ,Cette déchets peuvent être recyclés et utilisés dans les matériaux cimentaire comme les bétons et les mortiers.

C'est dans ce contexte que s'ouvre la réflexion sur la formulation de nouveaux bétons qui utiliseraient des ressources abondantes, peu ou pas exploitées, et présenteraient soit des caractéristiques comparables à celles des bétons usuels, soit des caractéristiques répondant à certaines exigences mal assurées par ces derniers. La valorisation des matériaux locaux ainsi que la réutilisation des déchets de différentes nature actuellement l'objet de différentes recherches. Ce travail consiste donc à récupérer les déchets rejetés, après avoir été collectés, sont incorporés dans le béton de sable fluide par substitution volumétrique du sable et par ajout, et l'incorporais des fibres métallique pour amélioré les propriété mécanique .

Le composite ainsi réalisé est appelé "béton de sable fluide fibré à base de déchets de fonderie". A part le ciment, chaque matériau de base constituant ce béton entre soit dans le cadre de la valorisation des matériaux locaux, soit dans le cadre de la réutilisation des déchets industriels.

Pour le but d'étudier l'influence couplée de déchets solide (céramique, granite et de coquillage) on a étudié la possibilité d'utilisé ce type de déchets et la combinaison dans la formulation du béton de sable fluide(BSF) et le renforcement par des fibres métallique, et leur influence sur les caractéristiques physique et mécanique.

A valorisation de déchets solide (céramique, granite et de coquillage) et fibres métalliques

Le premier chapitre consiste à une recherche bibliographique sur la valorisation et l'activité de recyclage en construction, sur le déchet de céramique ,de granite et de coquillage. Dans cette partie nous soulignons les grands titres pour faire apparaître une vue générale sur le BSF et la Valorisation des déchets et activité de recyclage en construction (déchet de céramique ,de granite et de coquillage) et l'utilisation des fibres dans le béton .

Le deuxième chapitre donne une description des matériaux utilisés et les essais réalisés et fait l'objet d'une section réservée aux détails de l'expérimentation mise en place durant toute la maîtrise de cette recherche.

Le dernier chapitre est consacré à la présentation des résultats et leurs interprétations. Les différentes résultats sont analysés indépendamment les uns des autres. Finalement, on terminera ce travail par une conclusion générale et des recommandations pour le futur afin de bien contourner et compléter cette modeste étude, par l'initiation à la recherche.

Chapitre I

Recherche Bibliographique



Tapez une équation ici. **I.1 Valorisation des déchets et activité de recyclage en construction :**

I. 1.1 Introduction

L'évolution des mentalités et de la technique, avec les exigences en termes de protection de l'environnement de plus en plus contraignantes ainsi que la révision des repères économiques inspirés du développement durable font que le recyclage et la valorisation de sous-produits industriels constituent désormais un souci qui s'impose de plus en plus à l'homme.

La valorisation des déchets dans le génie civil est un secteur important dans la mesure où les produits que l'on souhaite obtenir ne sont pas soumis à des critères de qualité trop rigoureux. La récupération et recyclage des déchets touchent deux impacts très importants, l'impact environnemental qui est résout par l'évacuation de ces déchets et l'impact économique qui est l'utilisation de ces derniers dans l'industrie ou dans le domaine de la construction, ces déchets ont l'avantage d'être disponibles en grande quantité et avec de faible valeur marchande [1].

I.1.2 Déchets et type des déchets

a) Déchet

Le déchet est défini comme « Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon».

D'après la loi française du 15 juillet 1975 : « Est ultime un déchet résultant ou non du traitement des déchets et qui n'est plus susceptible d'être traité dans des conditions techniques et économiques du moment notamment par l'extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux » [2].

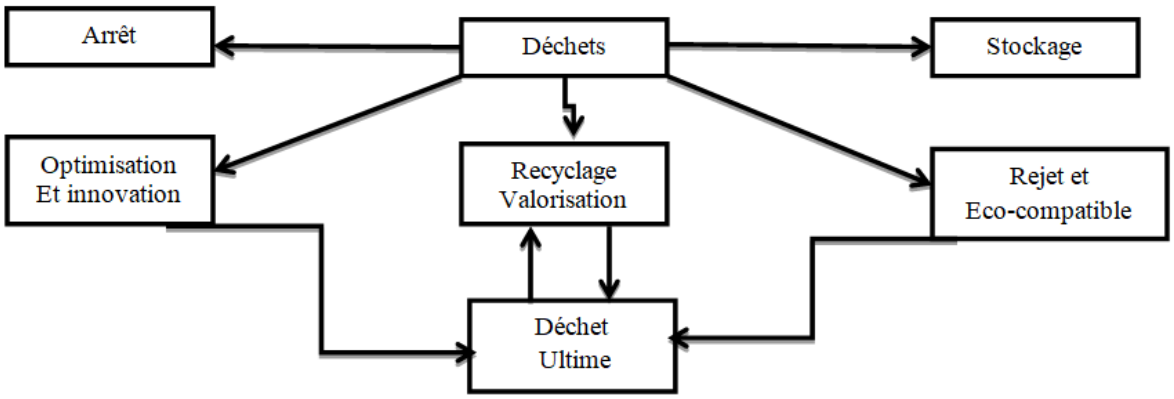


Fig I.1 Stratégies de traitement des déchets. (Boutemeur et al, 2002).

- **Récupération**

Séparation de certains produits ou matériaux des déchets à des fins de réemploi de réutilisation et de recyclage.

- **Recyclage**

Le recyclage est un procédé de traitement des déchets et de réintroduction des matériaux qui en sont issus dans le cycle de production d'autres produits équivalents ou différents. Le recyclage permet de réduire les volumes de déchets, et donc leur pollution, et de préserver les ressources naturelles en réutilisant des matières premières déjà extraites. [3]

- **Compostage**

biologique qui permet, sous l'action de bactéries aérobies (en présence d'oxygène), la dégradation accélérée de déchets organiques pour produire du compost [3].

- **Incinération**

Méthode de traitement thermique des déchets qui consiste en une combustion (technologie et température variant selon la nature du déchet) et un traitement des fumées. De cette technique résultent trois catégories de résidus : mâchefers, cendres et résidus d'épuration des fumées. La chaleur générée par l'incinération fait l'objet de valorisation énergétique (production d'électricité et de chaleur) dans la plupart des unités. [3]

- **Valorisation**

La valorisation est définie comme "L'élimination des déchets comporte les opérations de collecte, transport, stockage, tri et traitement nécessaires à la récupération des éléments etmatériaux réutilisables ou de l'énergie, ainsi qu'au dépôt ou au rejet dans le milieu naturel de tous autres produits dans des conditions propres à éviter les nuisances. Avant de valoriser un déchet, il faut connaitre son origine, l'analyser, caractériser son état actuel et son comportement dans le temps et évaluer sa traficabilités. Il s'agit donc de ≪mesurer pour connaître et connaître pour agir» .

L'approche globale du déchet permettra d'en définir son devenir, à savoir quel type de valorisation choisir. [4].

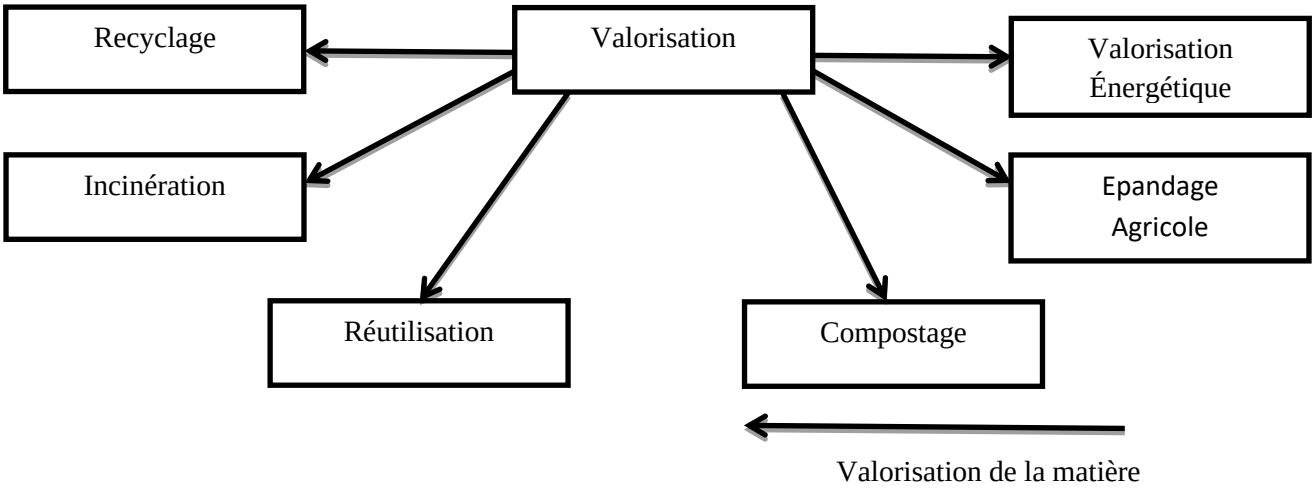


Fig I.2 Valorisation des déchets (Clastres, 2004).

b) Types de déchets

Il existe de nombreux types de déchets fabriqués par une variété de processus. Chaque type de déchets différentes méthodes de gestion associés.

- **Les déchets biodégradables**

Résidus verts, boues d'épuration des eaux, restes alimentaires (pain, déchets de café) …, qui s'assimilent en première approche à la biomasse. Ces déchets sont au moins pour partie détruits naturellement, plus ou moins rapidement, en général par les bactéries, champignons et autres micro-organismes et/ou par des réactions chimiques (oxydation, minéralisation), laissant des produits de dégradation identiques ou proches de ceux qu'on peut trouver dans la

nature, parfois néanmoins contaminés par des résidus de pesticides, de métaux, dioxines, etc. ,selon leur origine. Ils peuvent être revalorisés par différentes filières (bioénergie, biocarburants, Compostage / amendements / engrais…)[1].

- **Déchets ultimes**

Tout déchet ménager et assimilé brut issu du ramassage parallèle à la collecte sélective, le refus de tri, le déchet industriel banal issu des ménages et des déchetteries ainsi que les boues de stations d'épurations. Outre les déchets ultimes : ≪ ne sont plus susceptibles d'être traités dans les conditions techniques et économiques du moment». Eux seuls devraient encore pouvoir être mis en décharge. [1]

- **Les déchets spéciaux et déchets industriels spéciaux**

A la différence du déchet banal peuvent entrer dans la catégorie des déchets dangereux, dont font partie les déchets toxiques et les déchets radioactifs qui doivent faire l'objet d'un traitement tout à fait particulier en raison de leur nocivité particulière liée à la radioactivité. Parmi les déchets nucléaires, on distingue les déchets radioactifs ultimes [1]

- **Déchets recyclables**

Matériaux de construction, métaux, matières plastiques : ces matériaux peuvent être réutilises tels quels dans d'autres domaines ou recycles : par exemple, les métaux sont refondus et réintégrés dans de nouvelles pièces, les plastiques sont hachés et servent de rembourrage ou de combustible … On s'intéresse sur les déchets de métaux (fer, aluminium, plomb,…) qui possèdent une valeur marchande et qui se présentent sous 3 formes [1] :

- les chutes de fabrication (rebuts, limailles), sont utilisées dont notre projet .
- les objets métalliques en fin de vie (moteurs, outils, canalisations, câblages...)
- les composés métalliques destinés à être traités pour en extraire le métal contenu (catalyseurs de pots d'échappement,…).

- **Déchets usuels inertes**

Les déchets usuels inertes sont produits par les ménages et les industries. Ils forment la part la plus large des déchets recyclables. Ils sont souvent simples à collecter et à transformer. I sont peut dangereux. En revanche, ils représentent des volumes importants à transporter et à stocker. [1]



Fig I.3Déchets inertes. [6]

- **Déchets organiques**

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

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



Fig I.4 Déchets Organiques [7].

a) Déchets dangereux

Ils regroupent deux types de déchets :

Ces déchets figurent en raison de leurs propriétés dangereuses, exemple : déchets contenant de l'arsenic, du plomb ; constitués de boues de peinture, d'hydrocarbures ; provenant de l'industrie pétrolière, etc.… [1]

✓ **Déchets ménagers spéciaux (DMS)**

Ce sont les déchets à risque contenus dans les déchets ménagers, tels que les aérosols, colles, détergents, détachants insecticides, peintures, piles, tubes néon, produits de nettoyage. Il peut s'agir de ce qu'on appelle également les DTQS : déchets toxiques en quantité dispersé. [1]



Fig I.5 Déchets ménagers spéciaux [8].

✓ **Déchets industriels dangereux**

L'industrie produit une grande quantité de déchets dangereux. Ce sont pour la plupart des produits comprenant des substances chimiques toxiques ou instables. Les déchets toxiques sont dangereux pour la santé et pour l'environnement. La manipulation de déchets instables entraîne des risques d'accidents graves. [1].

I.1.3 Technique de recyclage

a) Procédés du recyclage

Il existe trois grandes familles de technique de recyclage : chimique, mécanique et organique.

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

b) La chaîne du recyclage

Collecte des déchets

Les opérations de recyclage des déchets commencent par la collecte des déchets. Les déchets non recyclables sont incinérés ou enfouis en centres d'enfouissement technique. Les déchets collectés pour le recyclage ne sont pas destinés ni à l'enfouissement ni à l'incinération mais à la transformation. La collecte s'organise en conséquence. La collecte sélective, dite aussi séparative et souvent appelée à tort tri sélectif est la forme la plus répandue pour les

déchets à recycler. Le principe de la collecte sélective est le suivant : celui qui crée le déchet le trie lui-même.

À la suite de la collecte, les déchets, triés ou non, sont envoyés dans un centre de tri où différentes opérations permettent de les trier de manière à optimiser les opérations de transformation. Le tri manuel est une de ces opérations [9].

- **Transformation**

Une fois triés, les déchets sont pris en charge par les usines de transformation. Ils sont intégrés dans la chaîne de transformation qui leur est spécifique. Ils entrent dans la chaîne sous forme de déchets et en sortent sous forme de matière prête à l'emploi. [9].

- **Commercialisation et consommation**

Une fois transformés, les produits finis issues du recyclage sont utilisés pour la fabrication de produits neufs qui seront à leur tour proposés aux consommateurs et consommés. Pour être en fin de vie, à nouveau jetés, récupérés et recyclés. [9]

I.2 Céramique et déchets de céramique

I.2.1 Céramique

I.2.1.1 Définition

Le terme «céramique» (produit en céramique) désigne en règle générale des matériaux inorganiques (pouvant avoir un certain contenu organique), transformés de façon permanente par cuisson. Outre les matériaux à base d'argile, les céramiques englobent aujourd'hui une multitude de produits renfermant une faible proportion d'argile ou totalement exempts d'argile .[10]



Fig I.6 Les produits céramique. [11]

Les céramiques peuvent être vernissées ou mates, poreuses ou vitrifiées. La cuisson des pâtes céramiques produit une transformation "temps-température" des minéraux qui les constituent, pour donner généralement un mélange de nouveaux minéraux et de phases vitreuses. [10]

Le terme «céramique» s'applique désormais de façon plus large aux solides inorganiques à liaisons ion-covalentes préparés par des techniques similaires. D'un point de vue chimique, les céramiques sont principalement des oxydes (notamment des aluminosilicates pour les céramiques traditionnelles), des nitrures et des carbures. Les propriétés caractéristiques des céramiques sont leur grande résistance mécanique, leur résistance à l'usure et leur longévité; chimiquement inertes, elles sont non toxiques, résistantes à la chaleur et au feu, et ont généralement des propriétés isolantes et parfois une porosité spécifique. en grains fins qui donne une grande surface spécifique, ce qui conduit à la difficulté d'assurer une bonne enveloppe de pâte de ciment pour les grains de sable. Ceci entraîne l'augmentation du dosage en ciment (non économique), qui dégage beaucoup plus de chaleur d'hydratation et cause des dégâts aux ouvrages massifs. En outre, les grains très fins du sable peuvent abaisser l'activité du ciment, ce qui diminue sensiblement la résistance mécanique du béton. D'autre part à cause de la grande surface spécifique du ciment, l'absorption capillaire augmente, ce qui diminue l'imperméabilité du béton durci et augmente le retrait [10].

L'incorporation d'autres matériaux, en particulier industriels, est non seulement meilleure pour l'environnement mais peut également conduire à des améliorations de certaines propriétés.

Certaines études montrent le potentiel de différents types d'agrégats de déchets: brique, béton, caoutchouc, verre et plastique, plus précisément PET. Vu leur effet positif sur certains propriétés, on a pensé à utiliser les déchets de céramique comme ajout dans la formulation des mortiers à base de sable de dune afin d'améliorer leurs caractéristiques mécaniques (compression, traction, flexion) et voir l'effet de ces paramètres sur la durabilité à long terme.

I.2.2.2 Type de céramique

- **Céramique rouge**

✓ **Les tuiles**

Les tuiles sont utilisées depuis l'antiquité pour recouvrir les toits des habitations. Aujourd'hui encore ce type de toiture est l'une des plus courantes en France. Normal, quand on connaît ses qualités de résistance aux intempéries notamment et ses pouvoirs isolants. Une

toiture en tuiles est aussi écologique car constituée de matériaux naturels. Sans oublier son esthétisme très apprécie [1].



Fig I .7 une toiture en tuiles.

✓ **La faïence**

La faïence est le terme générique qui désigne les carreaux poreux émaillés fabriqués par pressage. Les carreaux de faïence sont constitués d'un support en pâte généralement blanche, dite biscuit, dont les composants de base sont l'argile, le kaolin, des produits siliceux et des fondants [12].



Fig I.8 La Faïence-Matériaux albigeois Elodie [13].

✓**Brique**

Brique est un parallépipède rectangle de terre argileuse crue et séché au soleil ou cuite au four, utilisé comme matériau de construction. L'argile est souvent mêlée de sable. On distingue différent types de briques :

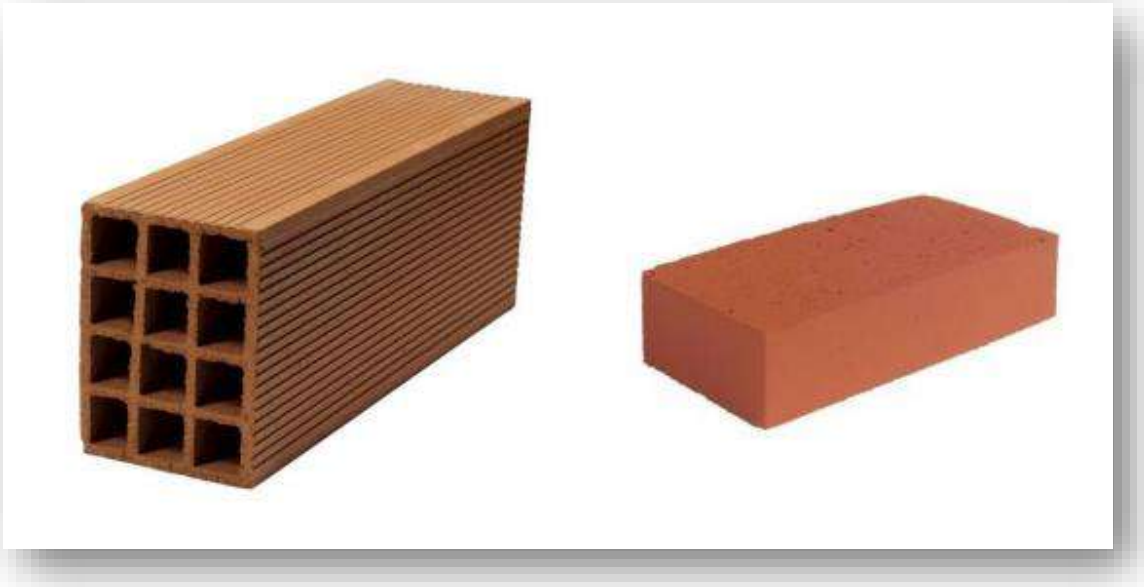
• brique de terre crue (qui peut aussi contenir des fibres (pailles, lin, crin..)

• brique cuite pleine matériau traditionnel très ancien,

• brique cuite creuse, inventée au XIXe siècle, plus légère et isolante qui est de nos jours de loin la plus utilisée.

• brique non gélive

• brique réfractaires, pour la construction des fours, chaudières, foyers, cheminées, etc. La brique pleine peut être laissée apparente ou être employée comme matériau de parement, tandis que la brique creuse, qui présente l'avantage d'être plus légère et plus isolante, est généralement enduite[14].



FigI.9 Brique creux et Brique plaine.[15]

✓ **Dalle de sol**

Plaque dimensionnée de marbre, pierre, céramique, verre, métal, béton, etc., plus grande qu'un carreau, employée en nombre pour le revêtement de sols ou de murs. Grand espace ouvert constitué par un sol artificiel réunissant des immeubles modernes à un niveau dit rezde-dalle

✓**Alpinisme**

Paroi rocheuse, plus ou moins redressée, lisse et sans fissure.

✓**Bâtiment**

Plancher monobloc en béton armé, solidaire de ses appuis, allégé ou non par des corps creux et raidi ou non par des nervures.

✓**Géologie**

Plaque de roche limitée en épaisseur par deux surfaces parallèles provenant d'un débit naturel ou d'un sciage. [16]



FigI.10 Dalle de sol. [17]

I.2.2.3 Fabrication de la céramique rouge

Les céramiques sont élaborées selon l'ordre montré dans le tableau I.1 ci-dessous. [18]

Tableau I.1 Ordre des étapes selon lesquelles sont élaborés les cramiques.

Famille de céramiques	**1 ère étape**	**2 ème étape**	**3 ème étape**
Céramiques traditionnelles ou techniques	Poudre	Mise en forme	Traitement thermique
Verres	Poudre	Traitement thermique	Mise en forme
Liants Minéraux	Traitement thermique	Poudre	Mise en forme

I.2.2.4 Utilisation de la céramique rouge

Les produits céramiques destinés aux revêtements des surfaces forment un assemblage désigné par le terme classique de "carrelage". Il faut tout de suite distinguer deux utilisations distinctes : le carrelage des sols, le carrelage des murs. L'un et l'autre proviennent d'un assemblage de carreaux ou d'éléments similaires, mais les matériaux et les produits utilisés sont parfois très différents, et il faut savoir les reconnaître [19].

- **Le carrelage des sols**

L'assemblage s'exécute traditionnellement à l'aide de mortier et de ciment. Chaque carreau est scellé au support ainsi qu'au carreau suivant. Un carrelage de sol doit être résistant et parfaitement plan. Cette planéité est obtenue en exécutant au préalable un support rigide sous toute la surface à carreler : une chape de béton parfaitement dressée est, en général, la meilleure solution. Ensuite, les carreaux sont disposés un à un sur le sol et scellés à l'aide d'un mortier de pose. Utilisez un cordeau pour obtenir une surface parfaitement plane et laissez bien, entre chaque carreau, l'écartement nécessaire aux joints, cet écartement étant fonction de la surface des carreaux. Tous les carreaux étant scellés, il faut ensuite combler les joints par un ciment liquide qui assurera l'étanchéité entre chaque carreau et nettoyer la surface du carrelage pour enlever l'excédent du ciment avant qu'il ne durcisse. Pour réussir un bon carrelage, il faut, sans doute, de la patience, de l'ordre et de la méthode, et, si vous n'avez pas l'habitude, il vaut mieux faire appel à un spécialiste, car il est difficile à un amateur de réussir du premier coup [19].



Fig I.11 Carrelage de sol. [20]

I.3 Coquillages et déchet de coquillage

I.3.1 Introduction

Le monde des mers est plein de nombreux miracles. Ce sont d'autres espèces sur cette planète qui vivent une vie complète qui n'est rien de moins que la vie sur terre, en l'occurrence les coquilles. Ces dernières, également connues sous le nom de coquillages, sont une couche extérieure dure et protectrice créée par un animal qui vit dans le milieu maritime. En fait, elles vivent dans le sable près des rives des mers et des océans, où elles ont une grande capacité à creuser et à s'enterrer pour se protéger des poissons qui s'en nourrissent et ne pas se préparer à geler en hiver et à brûler en été. Sachant qu'elles se trouvent en abondance dans de nombreuses régions du monde. Par exemple, le CAP Atlantique dispose sur son territoire les deux premiers ports de pêche de Loire-Atlantique à savoir le port de La Triballe et du Croisic. Cela représente environs 7 500 tonnes de productions conchylicoles (moules, coques, huîtres, palourdes), sans compter la pêche à pied.

Labellisé Territoire Zéro Déchet et Zéro Gaspillage, Le CAP Atlantique a souhaité proposer une opération de collecte ponctuelle de ces déchets, généralement déposés avec les ordures managers .Il est alors fort intéressant de tirer profit de ces déchets maritimes en vue d'une meilleure exploitation dans les domaines ayant trait au génie civil. Dans ce contexte, nous visons dans le cadre de ce mémoire de mettre en évidence l'intérêt certain que représente cette exploration pour le génie civil.**[22]**

I.3.2 Définition :

Un coquillage est un animal aquatique (généralement marin), qui appartient au groupe des mollusques, et dont le corps est protégé par une coquille bien visible.[23]



Fig I.12 : Coquillage. [24]

On parle de coquillage principalement dans deux domaines :

• Dans l'alimentation, les coquillages sont un des principaux types de fruit de mer : ce sont les fruits de mers à coquille, et la plupart d'entre eux appartiennent au groupe des bivalves (voir plus bas).

• Dans la vie courante, les coquillages sont les coquilles vides d'animaux marins, que l'on peut trouver, notamment, sur la plage. Certains les collectionnent, ou en font des bijoux, etc. Ce genre de coquillage appartient principalement au groupe des gastéropodes (voir plus bas).[23]

I.3.3 Type de Coquillages

On distingue trois types de coquillage [25]

a) Les bivalves :

Il est Composé de 2 coquilles s'articulant autour d'une charnière et reliées par un ligament. Il existe plusieurs familles, dont :

- Coques
- Coquilles Saint-Jacques & pétoncles
- Huîtres
- Moules
- Amandes de mer
- Couteaux
- Palourdes, clams, praires, vernis, telline...

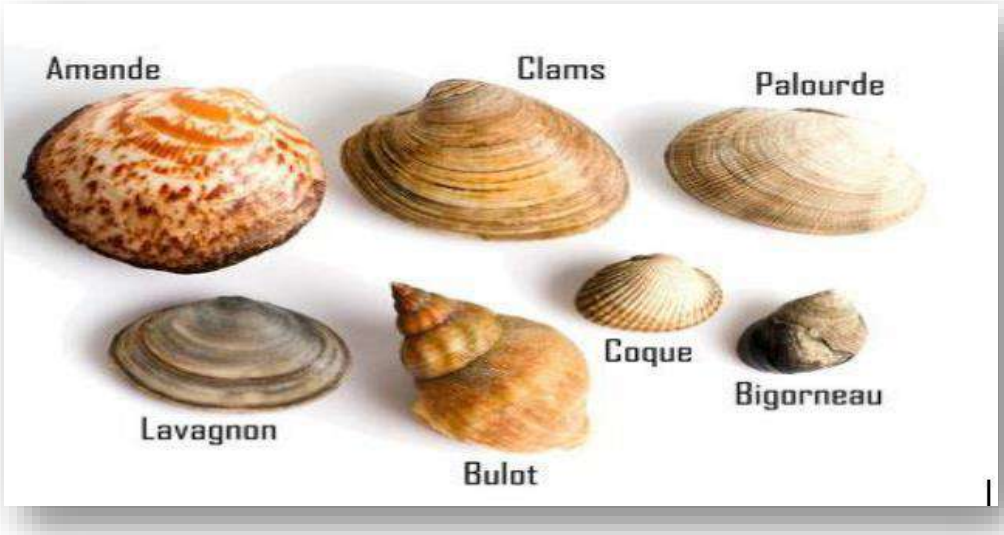


Fig I.13 : Les familles de bivalves .[25]

b) Les gastéropodes

Sont des coquilles d'une seule pièce, souvent enroulée en spirale.

On y trouve notamment les familles suivantes :

• Ormeaux ;

• Bigorneaux ;

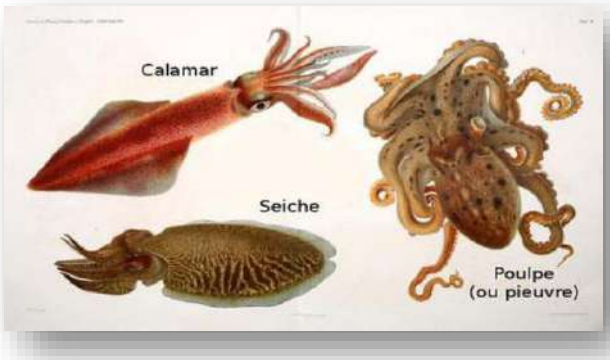
• Bulots ;



Fig I.14: Les familles de gastéropodes. [25]

c) Mollusques "sans coquilles" - les céphalopodes :

Les Céphalopodes forment une classe de mollusques. Ils sont appelés ainsi parce qu'ils possèdent des tentacules à ventouses reliées à leur tête, comme: La pieuvre, le calmar ou la seiche. Ils n'ont pas le corps recouvert d'une coquille, mais il en reste une trace sous forme d'un cartilage interne. Chez la seiche, c'est ce qu'on appelle « l'os de seiche », léger, plat et bombé, que l'on retrouve parfois sur les plages.



Figur I.15 : mollusques "sans coquilles" - les céphalopodes [25].

I.3.4 Composition du Coquillages

La coquille des mollusques est constituée d'un assemblage intime et complexe de carbonate de calcium (CaCO3; appelé calcaire lorsqu'il s'agit d'une roche) et de matière organique (protéines essentiellement ; association de carbone/C; hydrogène/H; oxygène/O et azote/N), le tout secrété par l'organisme. On parle de biominéral ou bicarbonate. Même s'il n'est pas possible d'ignorer la matrice organique des biominéraux, cette matrice étant essentielle lors de la formation de ces biominéraux, les deux constituants principaux des coquilles (CaCO3 et matrice organique) seront traités dans deux paragraphes distincts. [26]

A. Constituant "calcaire"

Le carbonate de calcium qui est fabriqué par l'animal pour faire sa coquille peut avoir deux formes minéralogiques, la calcite et/ou l'aragonite ; qui restent toujours associées à de la matière organique. La calcite et l'aragonite, toutes deux CaCO3, n'ont pas la même organisation au niveau de leur réseau. La calcite cristallise dans le système rhomboédrique et l'aragonite dans le système orthorhombique. [26]

B. Constituants organiques

Il est possible d'identifier biochimiquement les phases organiques présentes au sein des biominéraux, et dont le rôle est essentiel dans le processus de bio-minéralisation. Pour cela, il faut éliminer le composant calcaire en utilisant des acides, c'est ce qu'on appelle la - décalcification. Les composés organiques ainsi recueillis ont des propriétés différentes et se divisent en deux grandes classes, les composés organiques solubles et insolubles. On peut séparer ces 2 grands types de composés par centrifugation par exemple, ceux qui restent en suspension dans le liquide sont dits solubles tandis que ceux qui sédimentent sont insolubles. Ces composés ne joueraient pas le même rôle lors du processus de bio-minéralisation.

La matrice organique des biominéraux, soluble et insoluble, dont les composants élémentaires sont C, H, O et N, est constituée de protéines et de glucides. Les constituants des protéines sont les acides aminés qui sont eux-mêmes classés selon leur structure. Ces composants organiques sont très divers, même au sein d'une couche de coquille identifiée par sa microstructure (par ex. couche prismatique).[26]

I.3.6 Valorisation de déchets de coquillages

L’arrivée de l’archéomalacologie en tant que discipline nouvelle de l’archéologie ne cesse de mettre en évidence des utilisations parfois oubliées des coquillages le long du littoral atlantique français. Plusieurs activités nécessitent la collecte de l’animal vivant ou coquillage telles la consommation alimentaire ou l’extraction de colorant, d’autres n’utilisent que le test

ou la coquille (parure, éléments de construction, décor mural, outil…). Tout au long de la chronologie, un même phénomène semble se répéter.

Les coquilles des coquillages consommés sont rarement recyclées. L'archéologie permet de mettre en lumière cette dichotomie dès leur acquisition. Ainsi, la collecte du coquillage frais semble correspondre à une activité différente de celle qui consiste à ramasser des coquilles dépourvues de la chair de l'animal. [27] Par exemple la société Ovive S.A. a pour activité la collecte et la valorisation des déchets coquilliers issus des élevages ostréicoles et des entreprises de dé coquillage. La majorité des coquilles traitées et transformées (+/- 90%) sont destinées à être intégrées à l'alimentation des poules pondeuses et pigeons sous forme de complément alimentaires.

Les écailles proposées vont leur fournir un apport en calcium organique de qualité pour consolider leur squelette et renforcer la coquille de leurs œufs. Depuis 2010, Ovive propose des écailles grossières de coquilles traitées utilisables en paillage décoratif par les paysagistes et les services espaces-verts des collectivités. Enfin, nous sommes aussi en mesure de traiter certains des matériaux issus du nettoyage mécanique des plages. [28]

I.4 Granite et déchet de granite

I.4.1 Origine de granite

Le granite est une roche plutonique à texture grenue, riche en quartz, qui comporte plus de feldspath alcalin que de plagioclase. Il est caractérisé par sa constitution en minéraux : quartz, feldspaths potassiques (orthoses) et plagioclases, micas (biotite ou muscovite). Le granite et ses roches associées forment l'essentiel de la croûte continentale de la planète. C'est un matériau résistant très utilisé en construction, dallage, décoration, sculpture,
sous l'appellation granit.

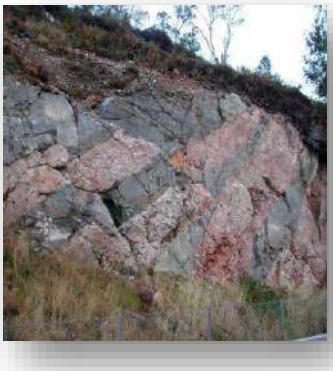




Fig 1.16 : Le granite .

I.4.2 Les compositions de granite

La composition minéralogique moyenne des granites est constituée de :

• minéraux cardinaux : quartz, feldspath potassique (orthose ou microcline), feldspath calcosodique (plagioclase).

• Minéraux essentiels : micas (biotite, muscovite) et amphibole.

• Minéraux accessoires : apatite, zircon, saphène, oxydes (ilménite, magnétite), minéraux alumineux (grenat, cordiérite, silicate d'alumine...), tourmaline (magma riche en fluide).

La composition chimique moyenne des granites serait :

74,5 % de SiO_2 , 14 % de Al_2O_3 , 9,5 % de (Na_2O, K_2O), 2 % d'oxydes (Fe, Mn, Mg, Ca).

I.4.3 Diversité des granites

En termes de couleur, on dénombre une grande diversité de granite, relative à la multitude couleurs que peut prendre ses feldspaths (granite rose, gris, noir…).



Fig I.17 : La diversité des couleurs de granite.

En d'autres termes, on peut également les distinguer sur la base de leur origine mantellique, cristal ou mixte), de leur composition minéralogique : abondance de minéraux cardinaux et notamment les types de feldspaths ; nature et abondance des minéraux ferromagnésiens; type et nature des minéraux accessoires (présence ou non de saphènes, présence ou non de cordiérite, présence ou non de magnétite….) de leur composition géochimique et même en fonction du contexte géodynamique global (contexte orogénique ou anorogénique).

I.4.4 Utilisation des Granites

L'utilisation des granites est très variée :

• La construction : C'est l'utilisation la plus connue, en pays granitique, les maisons sont construites à l'aide de blocs de granite. le granite fournit également des granulats de bonne qualité

• La voirie : Le granite est très souvent utilisé comme pavés, bordure de trottoirs, ballast, dalles, etc.

• La décoration : C'est une utilisation importante car après polissage le granite donne des dalles très résistantes utilisées comme carrelage, plan de travail, etc. Le granite est aussi très utilisé dans les monuments funéraires.

• La métrologie : Le granite est également utilisé pour réaliser des support d'appareils de mesure de précision.

I.5 Béton de fibres

I.5.1 Définition de béton de fibres

On appelle béton de fibres, un béton dans lequel on a incorporé une armature par inclusion directe de fibres isolées au moment du gâchage ou de projection. Les fibres sont assimilables à un granulat spécial de forme très allongée et forte résistance à la traction, susceptible d'améliorer légèrement la résistance à la traction du matériau et de ralentir la propagation des fissures. En pontant les fissures, les fibres améliorent le comportement post fissuration de la matrice en maintenant une forte portance pendant l'accroissement des déformations. [29]

Un matériau composite est constitué généralement d'une ou de plusieurs phases discontinues reparties dans une phase continue. Dans le cas de plusieurs phases discontinues de natures différentes le composite est dit hybride.

La phase discontinue est habituellement plus dure et avec des propriétés mécaniques en traction supérieures à celle de la phase continue. La phase continue est appelée matrice et la phase discontinue est appelée renfort (**Fig I.19**) .[30]

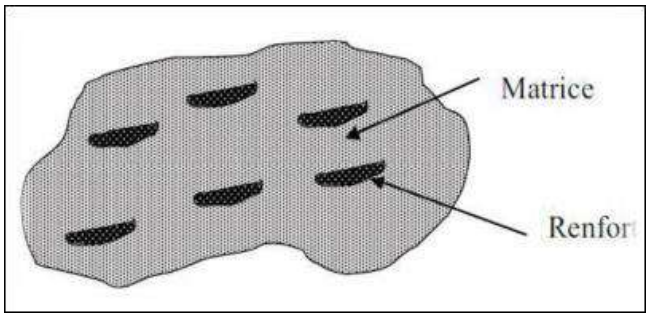


Fig I.18 : Schéma d'un matériau composite. [31]

I.5.2 Utilisation des fibres dans le béton

Les producteurs membres de l'ABQ considèrent que les fibres incorporées au béton doivent être traitées comme des adjuvants et des granulats et donc ajoutées par le producteur de béton à l'usine. Le producteur de béton est le mieux placé pour livrer un produit de performance selon l'utilisation demandée d'un béton fibré coulé en place. Par contre, il est important que le producteur considère le béton fibré comme un composite de haute gamme. Il est donc important que le producteur soit disposé à adapter la formulation des composantes du béton à l'incorporation de fibres [32].

I.5.3 Utilisation des fibres à l'usine

Cette méthode permet de mieux homogénéiser le béton, car le temps de malaxage peut être augmenté. Par le fait même, il y a un meilleur contrôle de la qualité du produit livré. Il est également plus facile d'ajuster et de modifier la formulation du béton en usine. Un ajustement de la quantité d'adjuvants peut être nécessaire afin d'obtenir un niveau de fluidité permettant de bien disperser les fibres et aussi lorsque des variantes de température et de livraison surviennent en chantier [32].

I.5.4 Utilisation des fibres au chantier

Cette méthode est fortement déconseillée, car elle provoque un sur malaxage du béton qui augmente le temps de mise en place. De plus, l'introduction des fibres au chantier peut diminuer la dispersion des fibres en fonction du temps de malaxage et du type de camionsmalaxeurs2. Le contrôle qualitatif en chantier est donc plus difficile à réaliser qu'en usine [32].

I.5.5 Moyens d'utilisation des fibres

Les fibres peuvent être ajoutées au moyen d'un convoyeur, d'une soufflerie ou de toute autre méthode qui permet un ajout uniforme, constant et sans agglomération de fibres non dispersées (phénomène communément appelé « formation d'oursins »). Il est recommandé que les toupies des camions malaxeurs soient munies d'ailettes propres et adéquates permettant une bonne dispersion des fibres lors du malaxage. Il est à noter que l'ajout des fibres au béton implique que la construction des rampes servant à l'ajout des fibres soit approuvée par la Commission de la santé et de la sécurité au travail (CSST). Selon le type de fibres utilisé, leur géométrie et surtout la quantité spécifiée, il faut prévoir une séquence appropriée d'introduction des fibres. Il est très important de consulter le manufacturier de fibres à cet effet [32].

I.5.6 Différents types de fibres

Les sont classées selon leurs origine (naturelle, synthétique ou artificielle) leur forme(droite, ondulée, aiguille,… etc.), leur dimensions (macro ou microfibres) et leurs propriétés mécaniques. Les principales fibres utilisées sont les fibres organiques et les fibres sin organiques [29].

I.5.7 Caractéristiques physiques et mécaniques des fibres

Le béton de fibres végétales est un matériau composite relativement nouveau, la composition de deux matériaux non homogènes à savoir le béton et les fibres végétales, ce qui rend sa caractérisation plus difficile (tableau : I.2) [30].

Tableau I.2 : Résistance à la traction (Rt) et à la flexion (Rf) de quelques BF par rapport au Béton classique (BC).

Type de fibre	Volume de fibres en (%)	Rt(BF)/ Rt(BC)	Rf (BF) /Rf(BC)
Acier	0.5 1.0 1.5	2.5-4.0 4-5.5 10.0-25.0	2.0
Verre	1.0	1.7- 2.0	2.5- 3.5
Polypropylène	0.5 1.0 1.5	1.5-2.0 2.0-3.5 3.5-15	- - -
Nylon	1.0	1.5-1.7	_
Palmier dattier	0.4	0.87 1.06	1.14 1.41

I.5.8 Rôle des fibres :

Les fibres ont généralement pour rôle de renforcer ou remplacer l'action des armatures traditionnelles en s'opposant à la propagation des microfissures. Elles peuvent également dans certaines applications remplacer les armatures passives.

Selon la forme et la nature des fibres utilisées et les ouvrages auxquels elles sont incorporées, le rôle ces fibres se traduit par des améliorations relatives à :

- la cohésion du béton frais ;
- la déformabilité avant rupture ;
- la résistance à la traction par flexion ;
- la ductilité et la résistance post fissuration ;
- la résistance aux chocs ;

- la résistance à la fatigue ;
- la résistance à l'usure ;
- la résistance mécanique du béton aux jeunes âges ;
- la réduction des conséquences du retrait par effet de couture des microfissures ;
- la tenue au feu;
- la résistance à l'abrasion.

I.5.9 Utilisation des bétons de fibre

Les fibres de toute nature sont très employées dans différents ouvrages dans le but d'améliorer leurs performances mécaniques et physiques. résume les diverses applications des fibres dans les produits cimentaires. L'utilisation des fibres végétales dans le renforcement des ciments est relativement récente. En effet, beaucoup de recherches sont en cours dans le but d'arriver à substituer les fibres d'amiante par les fibres végétales. Actuellement, les fibres végétales sont de plus en plus utilisées dans les dalles et la production des tuiles et les dallages de parking ainsi que dans le renforcement du plâtre.

Par ailleurs, l'utilisation des fibres de polymère, de carbone et d'acier est de plus en plus pratiquée dans plusieurs domaines et spécialement dans la fabrication des panneaux et dans la restauration et la réparation des ouvrages anciens endommagés [30]

I.5.10 Conclusion

L'utilisation des fibres de toutes natures dans plusieurs domaines en particulier dans la construction est de plus en plus pratiquée. Vu les problèmes de santé que présente les fibres d'amiante, leur substitution par des fibres végétales ou polymères est un enjeu médico-économique important. De ce fait, de récentes recherches sont en cours dans le but d'améliorer les propriétés des matériaux renforcés par des fibres végétales, de verre ou de polymère.

La nature des fibres utilisées est en relation avec leurs applications et les modes de mise en œuvre ; Le choix des fibres dépend du rôle que l'on désire faire jouer. Il est certain qu'un rôle structural assez élevé associe à une grande durabilité et à une utilisation économique exige l'emploi de fibres de haute module comparé à celui de la matrice, et non altérables, disponibles sur le marché local à des prix acceptable les Actuellement, les types de fibres les plus utilisés dans le renforcement des bétons sont les fibres d'acier. Mais vu le problème de santé que présente les fibres d'amiante et le problème économique que présente la production des fibres d'acier, de verre ou de polymère. Particulièrement pour les pays en voie de développement qui possèdent une grande richesse en fibres naturelles, l'avenir en terme de

renforcement sera attribué aux fibres naturelles, ou bien à la limite pour les fibres composites (polymère-végétales). Ainsi, il est temps d'orienter les axes de recherches vers la valorisation des fibres naturelles dans la construction d'une façon générale et le béton d'une façon particulière. Quoique l'Algérie soit parmi les pays qui possèdent une multitude des fibres végétales (fibre de palmier, Alfa Abaca, chanvre de coton…), la valorisation des fibres dans les domaines pratiques n'est pas encore généralisée. Malgré l'insuffisance des résultats auxquels ont aboutissent les différentes recherches, nous pouvons dire que les bétons de sable pourront remplacer les bétons classiques dans certains éléments porteurs. Des applications très diverses ont déjà été réalisées avec succès. Pour avoir une maniabilité convenable, l'utilisation des adjuvants s'impose alors pour réduire le dosage en eau et augmenter la résistance. De même il faut veiller à ce que le béton soit le plus compact possible pour qu'il puis se manifester de bonnes performances. Il faut choisir donc des sables de bonne répartition granulaire et allante au plus gros diamètre possible. Pour combler les vides inters granulaires, il faut prévoir des fines de bonne nature, de finesse élevée et avec des dosages convenables. L'augmentation de la compacité par ajout diminue la maniabilité, d'où la nécessité de trouver un compromis entre la maniabilité et sa compacité.

Pour des dosages en ciment compris entre 250 et 400 kg/m3, la résistance à la compression atteinte à 28 jours se situe entre 12 et 45 MPa selon la composition, l'adjuvant et le mode de la mise en œuvre. D'autres essais tels que le retrait, le fluage, l'adhérence aux armatures, la microstructure et la durabilité ont été entreprises mais ils n'ont fait pratiquement l'objet que de peu d'études récentes. Les résultats obtenus sont limités à des matériaux bien déterminés et à des compositions bien précises. En ce qui concerne la fissuration, nous n'avons rencontré que des études faites sur des bétons ordinaires, mais comme nous l'avons vu, les essais ont été réalisés sur des éprouvettes de tailles différentes et avec compositions diverses, ce qui explique les différences trouvées entre les résultats, sans oublier l'hétérogénéité du matériau. Enfin, nous pouvons dire que le développement de ce matériau nécessite cependant des connaissances plus approfondies.

I.6 Influence de déchets de coquillage sur les propriétés des matériaux cimentaires

Plusieurs études ont été faites sur l'étude de l'effet de l'incorporation des déchets de coquillage sur le comportement des matériaux cimentaire à l'état frais et durci

I.6.1 Etats frais

➢ La fluidité

Safi et al [20] ont constaté que le remplacement de (0% à100%) du sable naturel par le déchet de coquillage (concassé) influe négativement sur la fluidité du mortier auto plaçant (Fig.20).

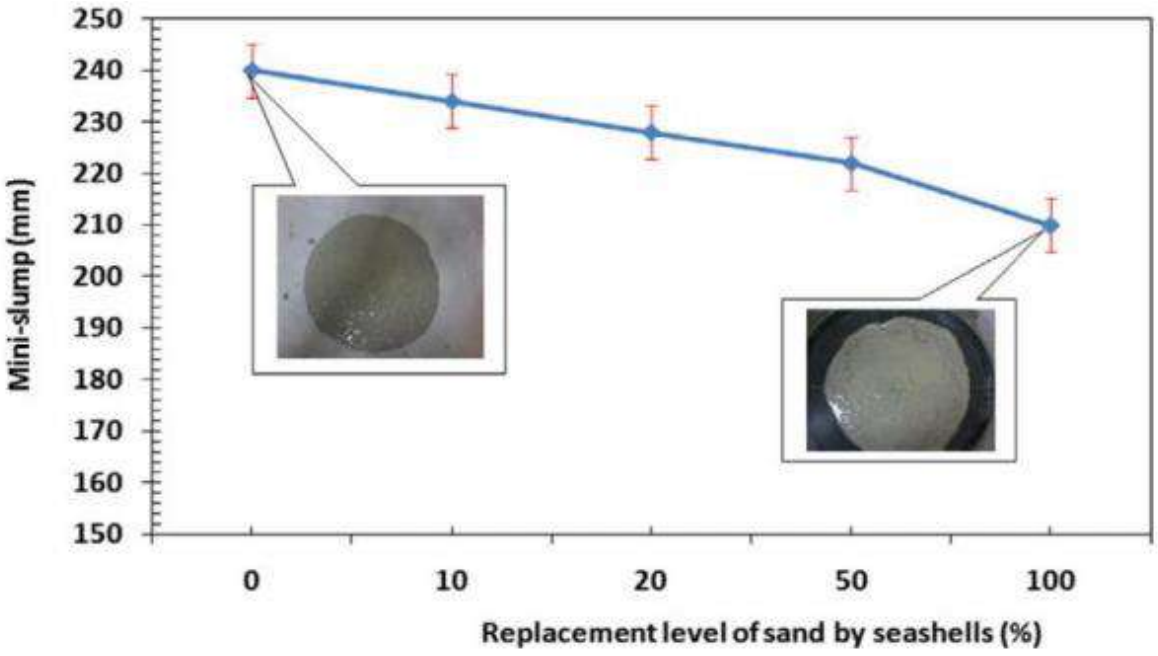


Figure I.19 : Influence de déchets de coquillage sur la fluidité du mortier autoplaçant**[32]**.

➢ La densité

Soltanzadehet al. **[33]** ont étudié l'influence de substituions declinker par le déchet de coquillage sur la densité du ciment. Ils ont trouvé que plus le pourcentage de coquillage augmente plus la densité diminue (**Fig.I.26/a Fig.I.26/b**) .Ce résultat confirme les résultats de Nguyen et al **[34]**

Safi et al **[32]** ont constaté que la densité demortier autoplaçant est augmenté linéairement en fonction d'augmentation du pourcentage de coquillers .Ils ont expliqué cette augmentation par

la densité du coquillage qui ‘est plus grande que celle de sable substitute (**Fig I.28) .**

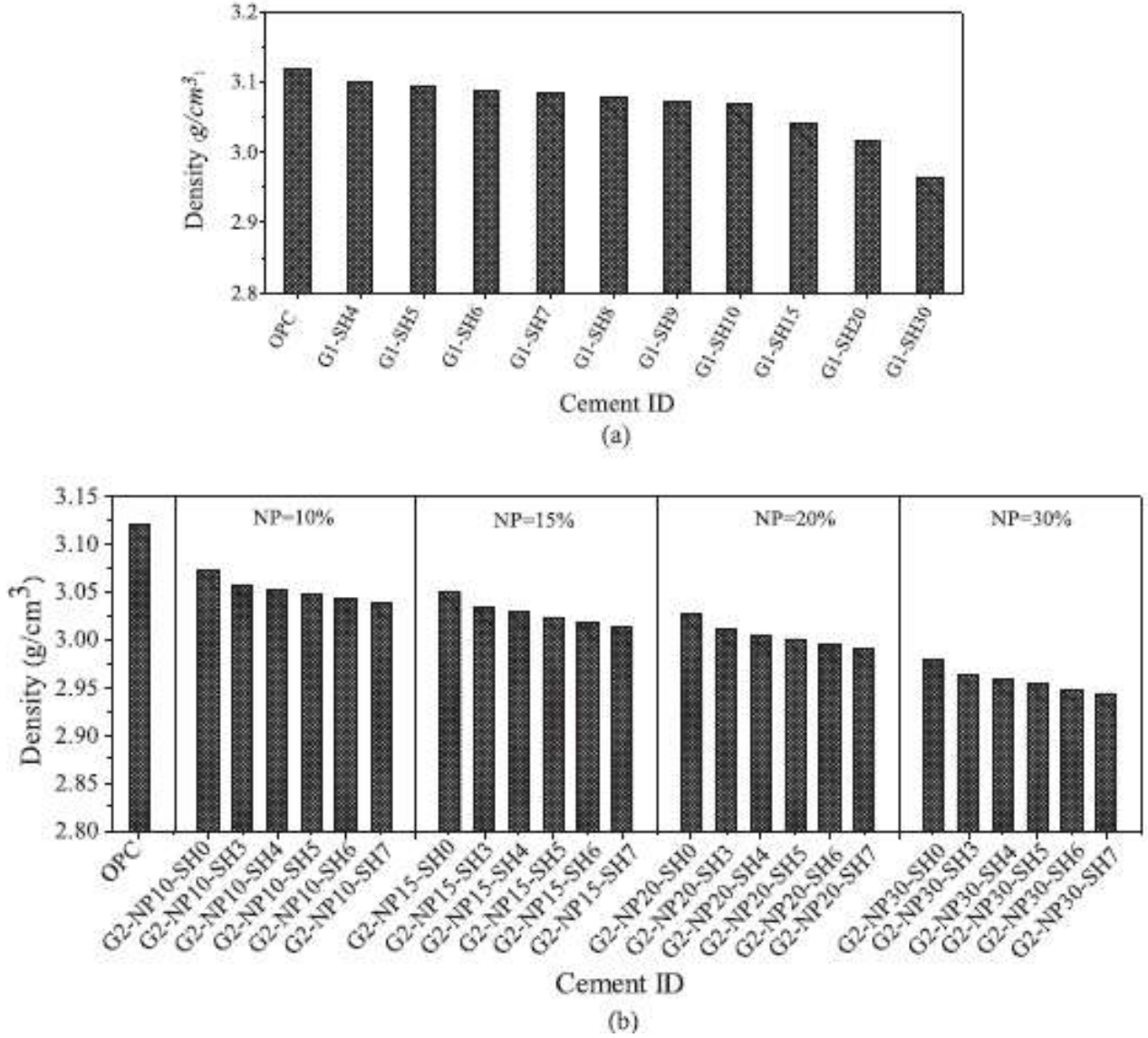


Figure I.20 : Influence de substitution de ciment par le coquillage sur la densité de ciment **[21]**

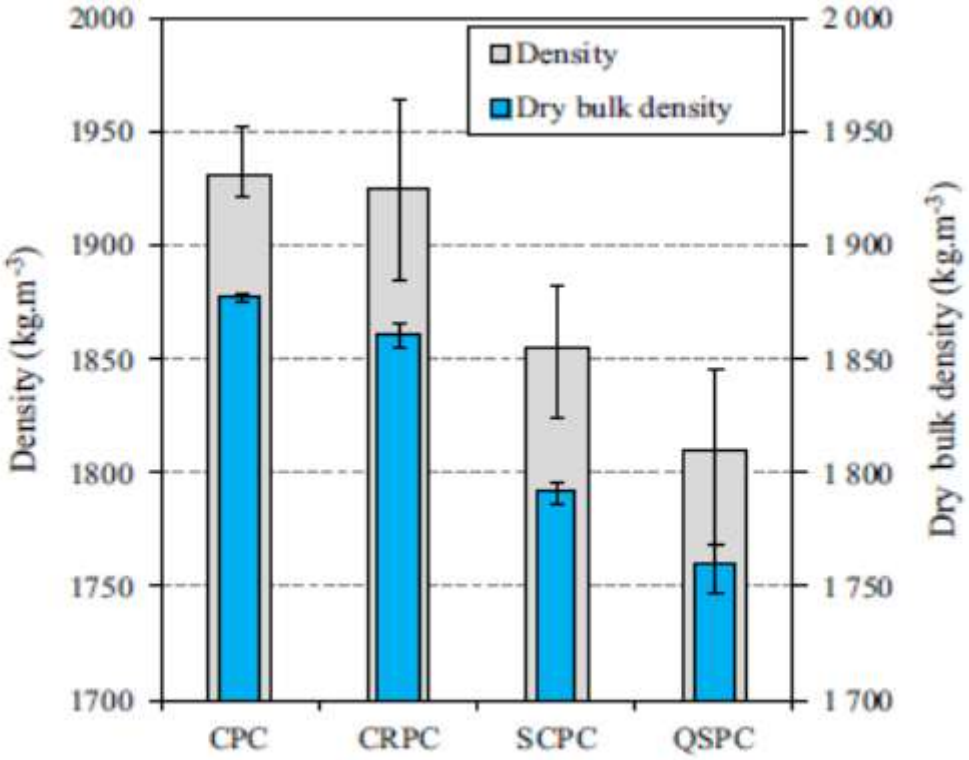


Figure I.21 : Effet de déchets de coquillers sur la densité de béton **[34].**

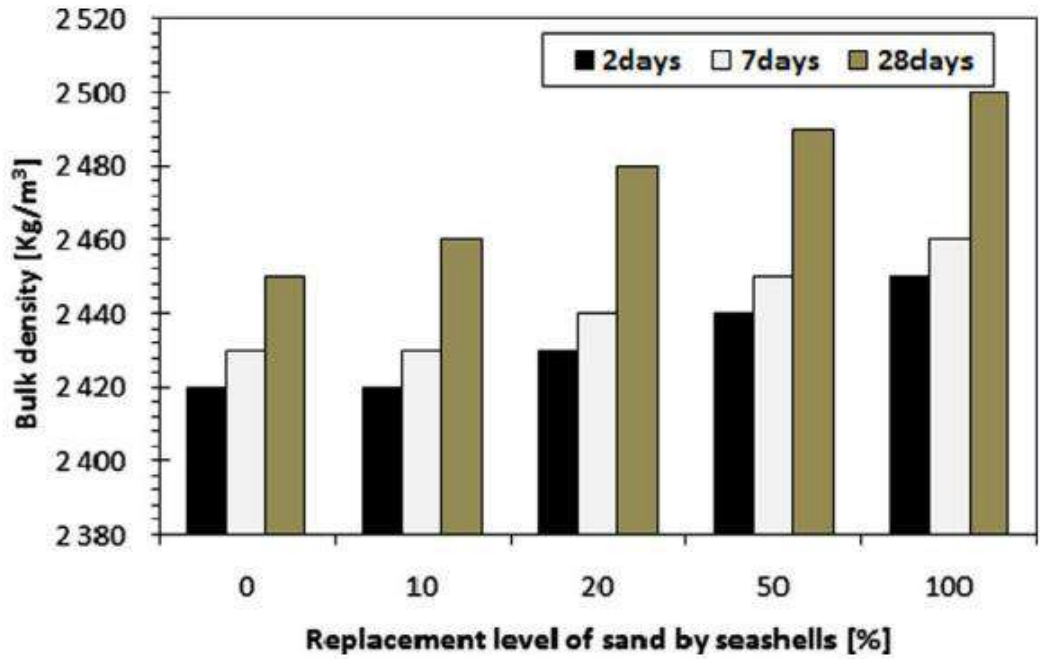


Figure I.22 : Influence de substitution de sable par le coquillage sur la densité de MAP [32]

1.6.2 Etats durci

➢ La porosité

Nguyen et al **[36]** ont constaté que la porosité du béton ordinaire est augmentée en fonction de substitution de granulat naturel par le déchet de coquillage

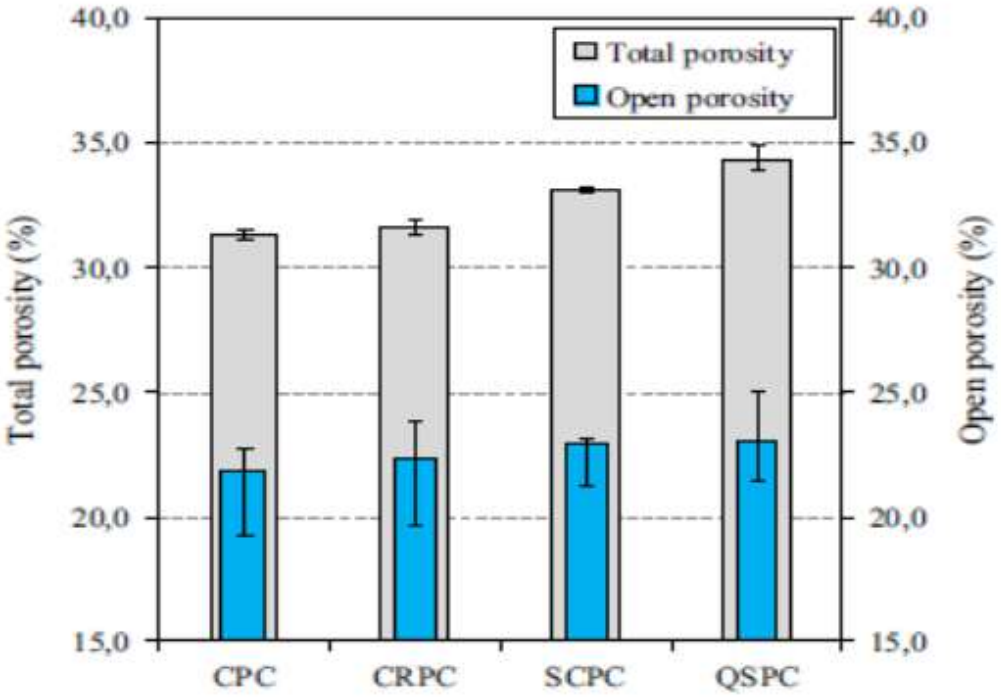


Figure I.23: Effet de sable de coquillage sur la porosité du béton ordinaire **[34]**.

➢ La résistance à la compression et la flexion

Safi et al[34] ont trouvé que la résistance à la compression et à a flexion demortier autoplaçant est diminuée légèrement en fonction d'augmentation du pourcentage de coquiller (**FigI.30**)

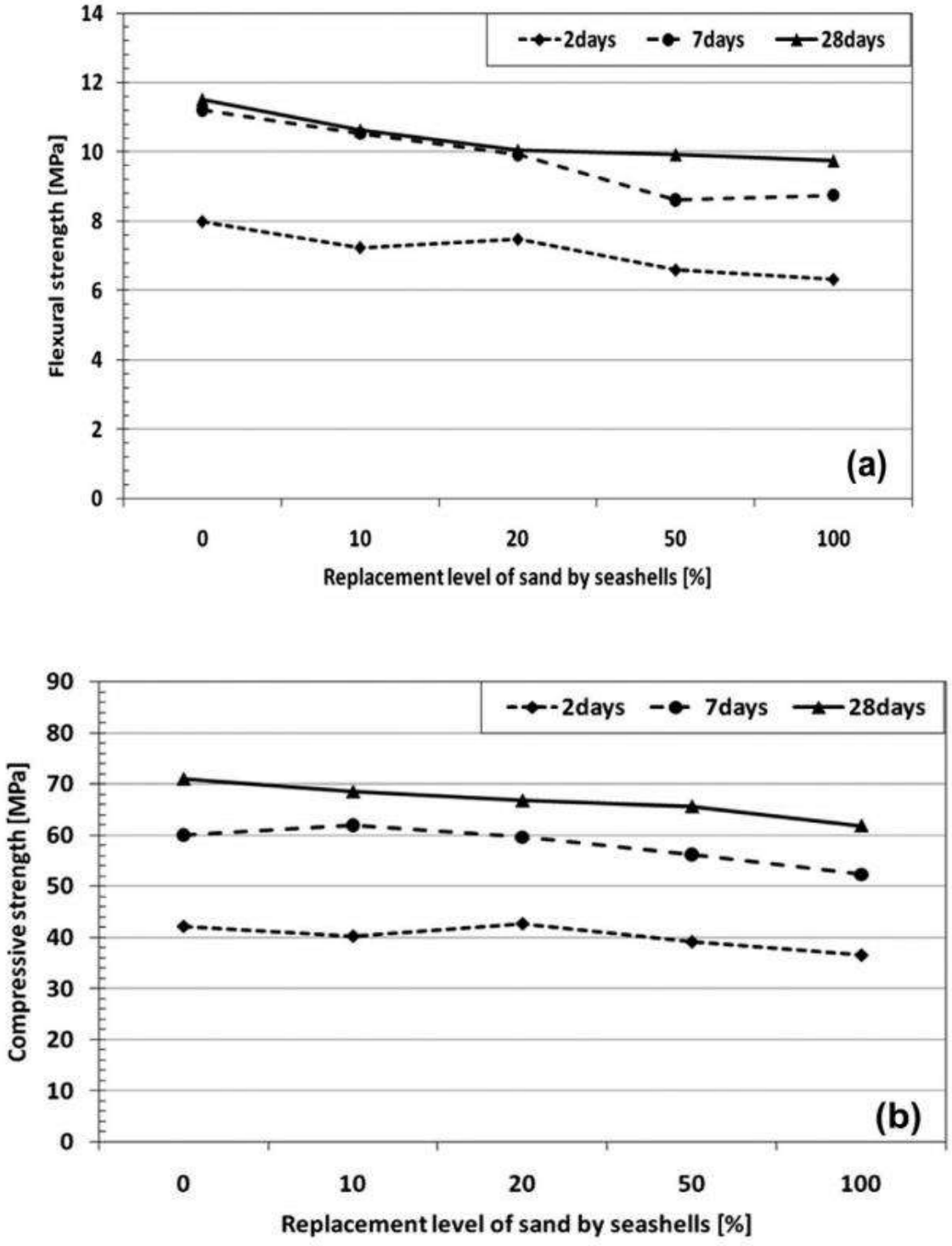


Figure I.24: Influence de substitution de sable par le coquillage sur la Rc et Rt de MAP **[32].**

Nguyen et al **[32]** ont observé que la résistance à la compression du béton ordinaire est diminuée en fonction de substitution de granulat naturel par les déchets de coquillage (**FigI.31**).

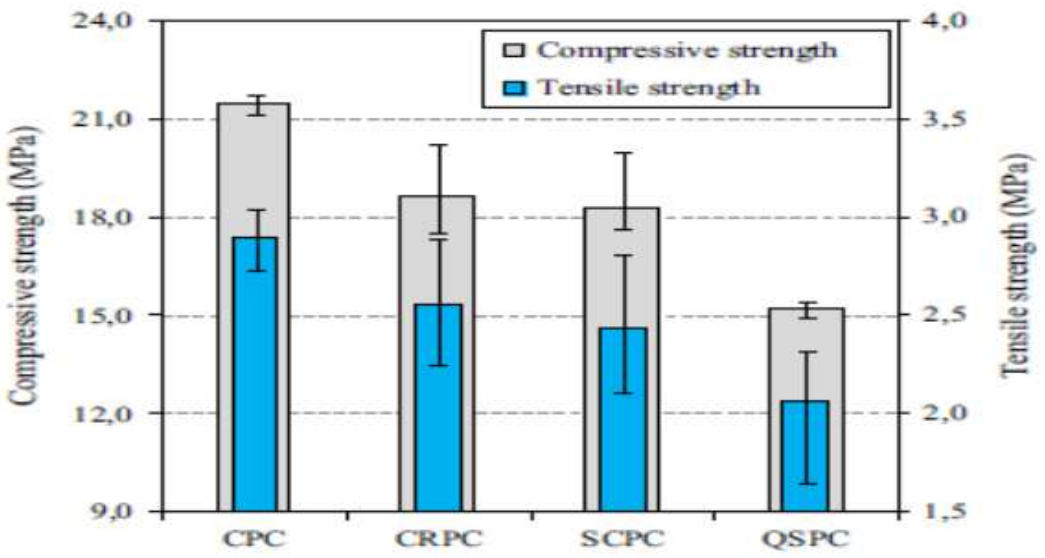


Figure I.25 : Effet de sable de coquillage sur la résistance à la compression du béton ordinaire **[34]**

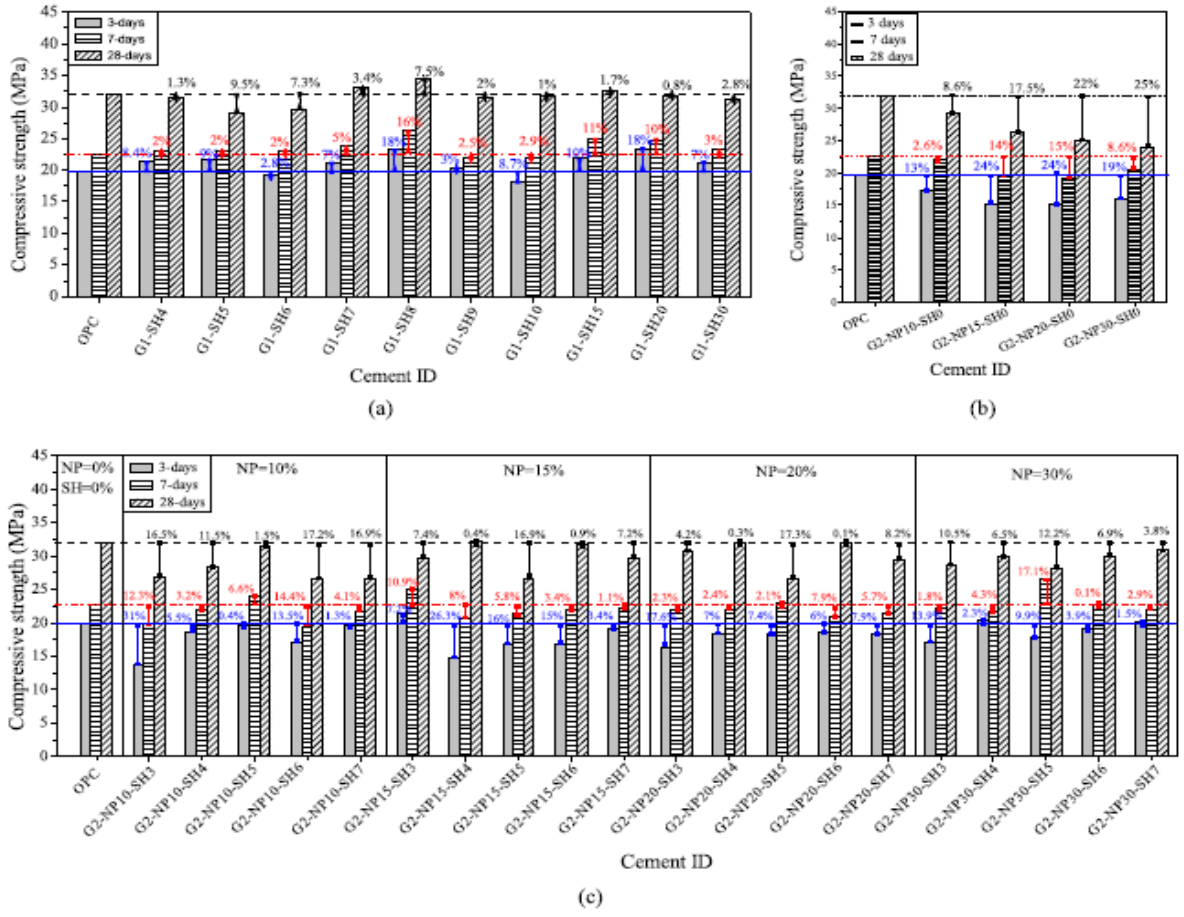


Figure I.26 : Influence de substitution de ciment par le coquillage sur la Rc de ciment **[33]**.

Soltanzadehet al. **[35]** ont étudié l'influence de substituions declinker par le déchet de coquillage sur la résistance mécanique du ciment. Ils ont trouvé une amélioration de larésistance mécanique en fonction d'augmentation de déchets de coquillers

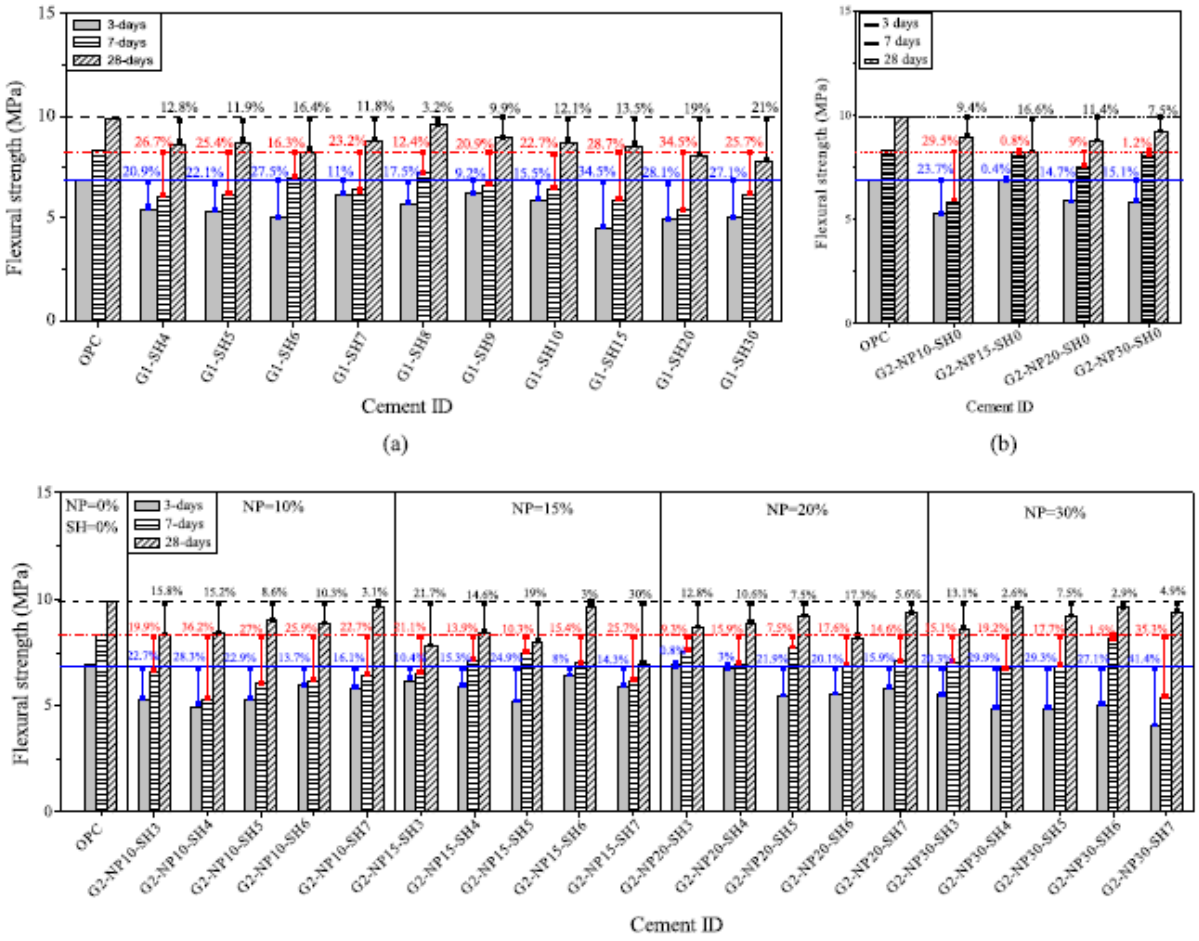


Figure I.27 : Influence de substitution de ciment par le coquillage sur la Rt de ciment **[33]**

➢ Le module d'élasticité

Comme les résistances mécanique Safi et al **[32]** ont constaté que le module d'élasticité de mortier autoplaçant est diminuélégèrement en fonction d'augmentation du pourcentage de coquillers

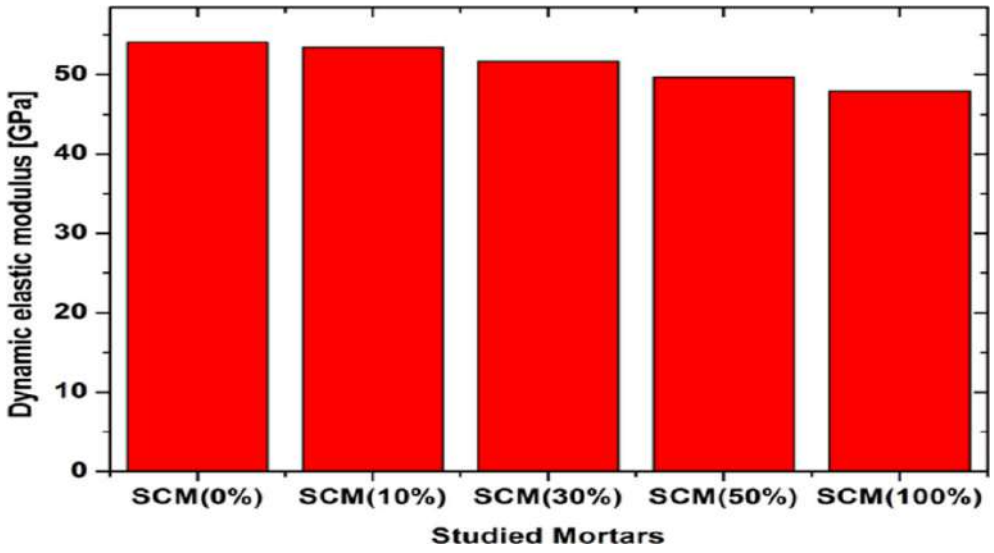


Figure I.28 : Influence de substitution de sable par le coquillage sur le module d'élasticité de MAP [20].

I.7 Influence des déchets céramiques rouge sur les propriétés des matériaux cimentaires

Plusieurs études ont été faites sur l'étude de l'effet de l'incorporation des déchets céramique (dalle de sol, faïence, brique……) sur le comportement des matériaux cimentaire à l'état frais et durci **[35]**

I.7.1.1. Etats frais

➢ La maniabilité

Abadou et al [38] ont constaté que le remplacement de (0%, 10%, 20% et 30%,)du sable naturel par les déchets de céramique rouge (Faïence et dalle de sol) influe négativement sur la maniabilité du mortier de ciment (Fig.20).Ce résultat confirme les

résultat de plusieurs autres chercheurs **[35–37,38] .**

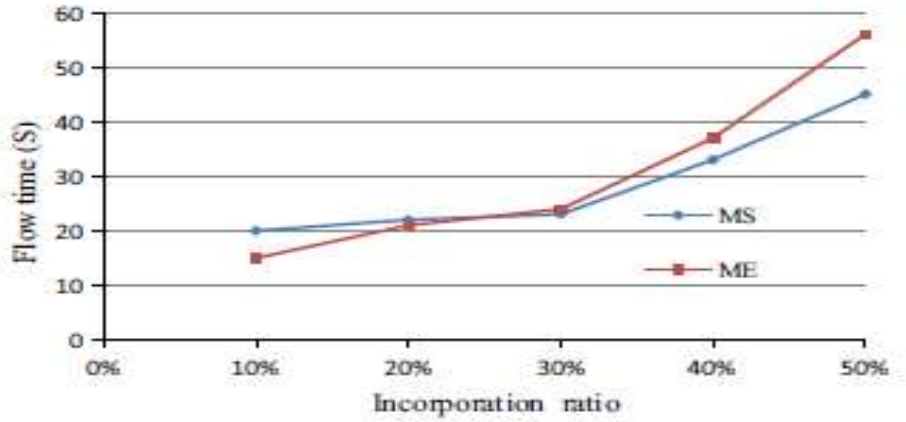
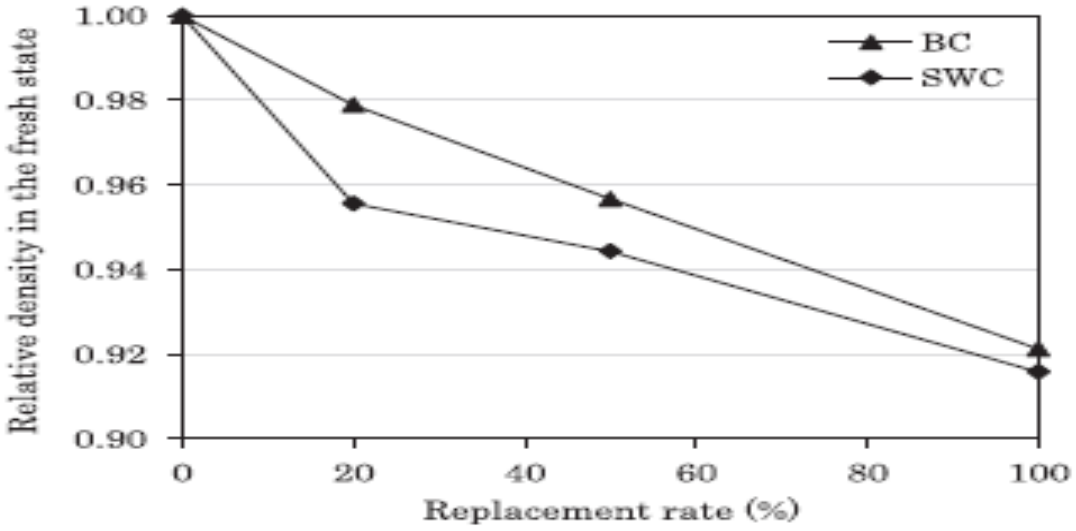


Figure I.29 :L'effet de déchets céramique rouge sur la fluidité des mortiers **[36]**

➢ La densité

Alves et al. **[38]** ont étudié l'influence de substituions de (0%, 20%, 40% ,60%,80 et 100%) du sable par le déchet de céramique (Brique et sanitaire). Ils ont trouvé que plus le pourcentage de déchets de céramique augmente plus la densité diminue.

Plusieurs auteurs **[40,39,41]** ont aussi constaté que la densité du béton est diminue linéairement en fonction d'augmentation du pourcentage de déchets céramique .Ils ont expliqué cette diminution par la densité du céramique qui 'st plus faible que celle du sable substitue



FigI.30 : L'effet de déchets céramique sur la densité de béton **[38]**

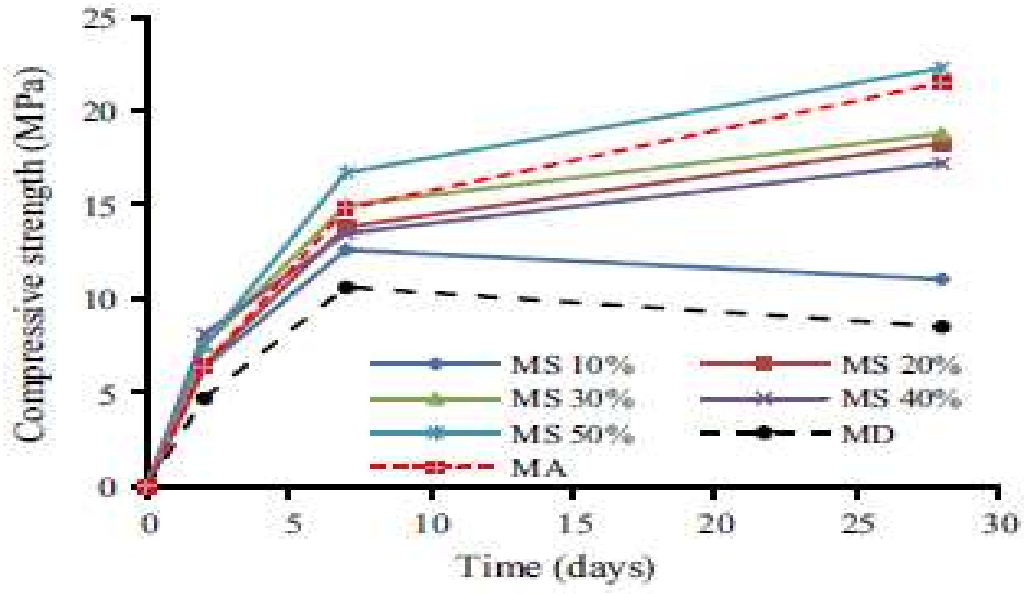
I.7.1.2 Etats durci

➢ La résistance à la Compression

Abadou et al **[38]** ont étudié l'effet de remplacement de (0%, 10%, 20%, 30%, 40% et 50%)

du sable naturel par les déchets de céramique rouge (Faïence et dalle de sol) sur la résistance à la compression du mortier du ciment .Ils ont trouvés que tous les mortiers à base de déchets céramique ont une résistance mécanique plus importante que celle du mortier de référence.

Ce résultat confirme les résultats de plusieurs autres chercheurs [37–40,41]Pitarch et al **[46]** ont trouvé que la résistance à la compression du béton est augmentée d'environ 19% en fonction de substitution du 20% granulats naturel par des déchets céramique (Dale de sol)



FigI.31 :L'effet de déchets céramique rouge sur la fluidité des mortiers **[36]**

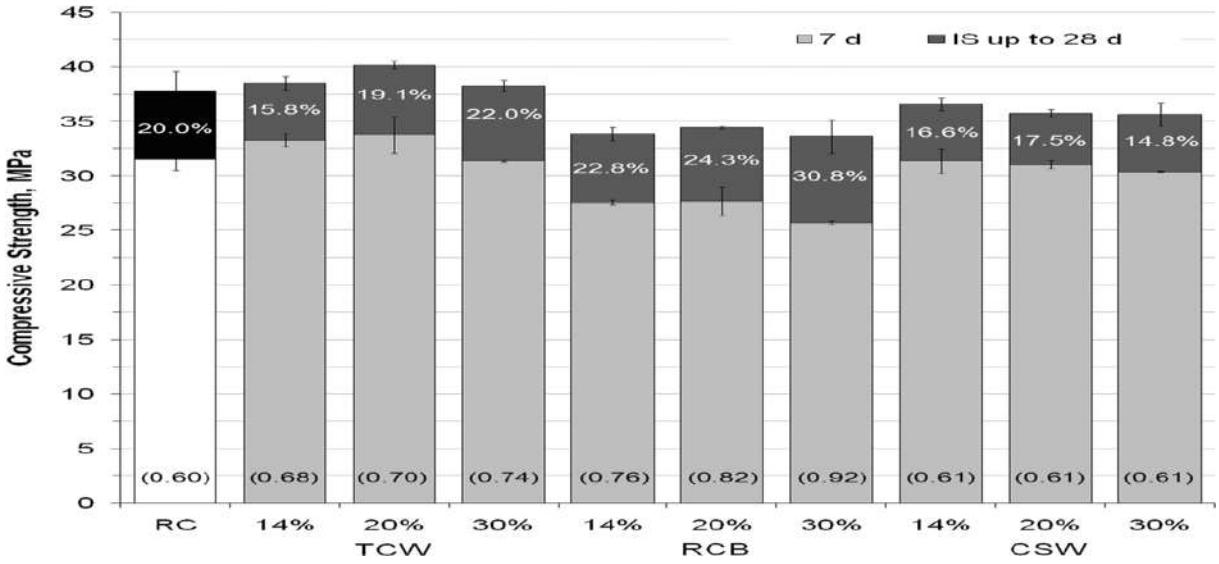
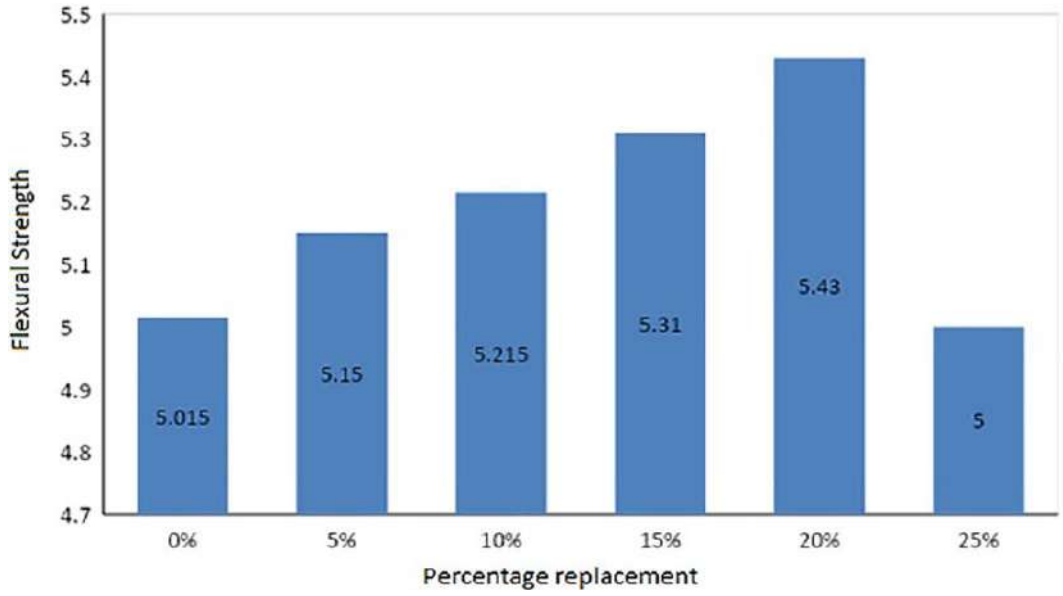


Figure I.32 :L'effet de déchets céramique rouge sur la Rc du béton **[42]**

➢ La résistance à la flexion

Bommisetty et al.**[43]** ont constaté que la résistance à la flexion est augmenté en fonction de substitution de 5%,10%,15% ,20% et25% du granulats naturel par des déchets de céramique et passe par un optimum de 20% .



FigI.33:L'effet de déchets céramique rouge sur la Rt du béton **[44]**

➢ Module d'élasticité

Abadou et al **[38]** ont trouvé que le module d'élasticité des mortiers de ciment fabriqué à partir des déchets céramique ont plus important que le module d'élasticité du mortier ordinaire. Ce résultat confirme les résultats de plusieurs autres chercheurs **[43,45]**

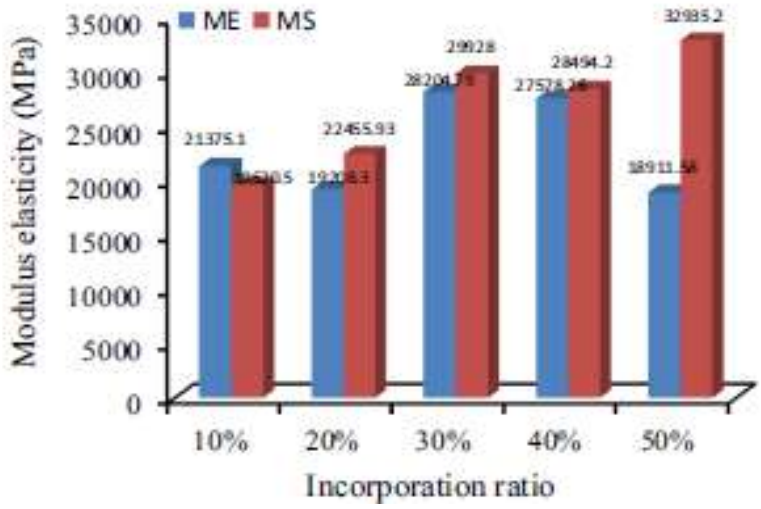


Figure I. 34:L'effet de déchets céramique rouge sur le module d'élasticité du mortier **[35]**

I.8 Influence des déchets granite sur les propriétés des matériaux cimentaires

I.8.1. Etat frais

- **Maniabilité**

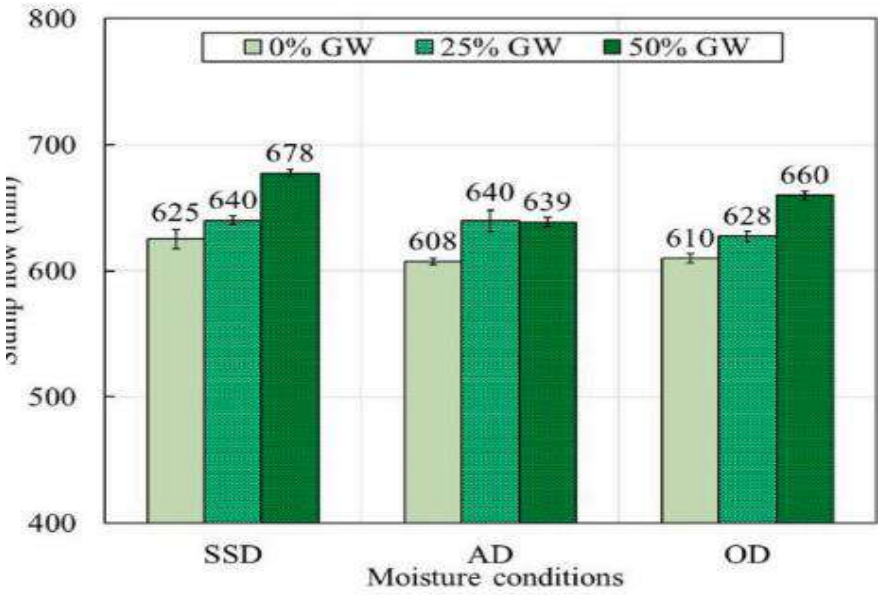


Figure I.35 : La maniabilité de béton à base de déchets de granite **[45]**

Peem Nuaklong et al [45] Ont étudier l'effet de déchet de granite sur la maniabilité de béton , Ils ont constaté que plus le pourcentage de déchets de granite augmente plus la maniabilité est augmente (**Figure I.41**).

I.8.2. Etat durci

- **La résistance à la compression**

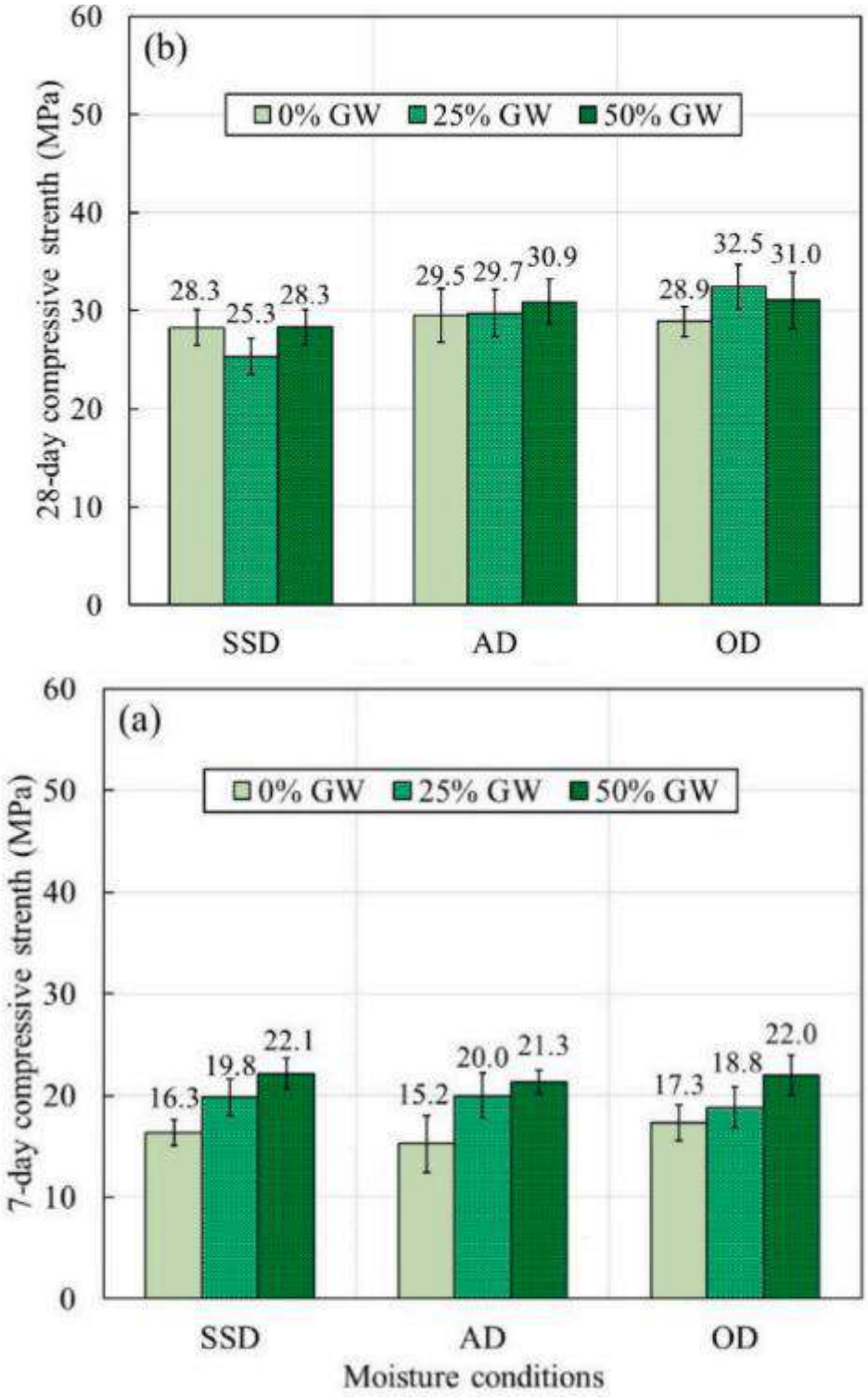


Figure I.36 : La résistance à la compression de béton à base de déchets de granite avec (a) 7 jrs, (b) 28 jrs **[45]**

La figure **I.42** présente les résultats des tests de résistance à la compression pour divers mélanges de béton géopolymère. La résistance à la compression sur 7 jours variait entre 15,2 et 22,1 MPa. Les résultats présentés à la figure **I.42** ont indiqué que la force du jeune âge augmentait avec l'augmentation de la teneur en déchets de granit. Le béton géopolymère avec les déchets de granit dans une proportion de 50% des granulats fins avaient la compression de 7 jours résistance d'environ 27 à 40 % supérieure à celle du béton de sable naturel. Cela peut être attribué à l'amélioration du lien physique entre les pâte de géopolymère et les particules de granit de forme angulaire .

I.9 Conclusion

L'utilisation des fibres de toutes natures dans plusieurs domaines en particulier dans la construction est de plus en plus pratiquée. Vu les problèmes de santé que présente les fibres d'amiante, leur substitution par des fibres végétales ou polymères est un enjeu médico-économique important. De ce fait, de récentes recherches sont en cours dans le but d'améliorer les propriétés des matériaux renforcés par des fibres végétales, de verre ou de polymère.

La nature des fibres utilisées est en relation avec leurs applications et les modes de mise en œuvre ; Le choix des fibres dépend du rôle que l'on désire faire jouer. Il est certain qu'un rôle structural assez élevé associe à une grande durabilité et à une utilisation économique exige l'emploi de fibres de haute module comparé à celui de la matrice, et non altérables, disponibles sur le marché local à des prix acceptable les Actuellement, les types de fibres les plus utilisés dans le renforcement des bétons sont les fibres d'acier. Mais vu le problème de santé que présente les fibres d'amiante et le problème économique que présente la production des fibres d'acier, de verre ou de polymère. Particulièrement pour les pays en voie de développement qui possèdent une grande richesse en fibres naturelles, l'avenir en terme de renforcement sera attribué aux fibres naturelles, ou bien à la limite pour les fibres composites (polymère-végétales). Ainsi, il est temps d'orienter les axes de recherches vers la valorisation des fibres naturelles dans la construction d'une façon générale et le béton d'une façon particulière. Quoique l'Algérie soit parmi les pays qui possèdent une multitude des fibres végétales (fibre de palmier, Alfa Abaca, chanvre de coton…), la valorisation des fibres dans les domaines pratiques n'est pas encore généralisée. Malgré l'insuffisance des résultats auxquels ont aboutissent les différentes recherches, nous pouvons dire que les bétons de sable pourront remplacer les bétons classiques dans certains éléments porteurs. Des applications très diverses ont déjà été réalisées avec succès. Pour avoir une maniabilité convenable,

l'utilisation des adjuvants s'impose alors pour réduire le dosage en eau et augmenter la résistance. De même il faut veiller à ce que le béton soit le plus compact possible pour qu'il puis se manifester de bonnes performances. Il faut choisir donc des sables de bonne répartition granulaire et allante au plus gros diamètre possible. Pour combler les vides inters granulaires, il faut prévoir des fines de bonne nature, de finesse élevée et avec des dosages convenables. L'augmentation de la compacité par ajout diminue la maniabilité, d'où la nécessité de trouver un compromis entre la maniabilité et sa compacité.

Pour des dosages en ciment compris entre 250 et 400 kg/m3, la résistance à la compression atteinte à 28 jours se situe entre 12 et 45 MPa selon la composition, l'adjuvant et le mode de la mise en œuvre. D'autres essais tels que le retrait, le fluage, l'adhérence aux armatures, la microstructure et la durabilité ont été entreprises mais ils n'ont fait pratiquement l'objet que de peu d'études récentes. Les résultats obtenus sont limités à des matériaux bien déterminés et à des compositions bien précises. En ce qui concerne la fissuration, nous n'avons rencontré que des études faites sur des bétons ordinaires, mais comme nous l'avons vu, les essais ont été réalisés sur des éprouvettes de tailles différentes et avec compositions diverses, ce qui explique les différences trouvées entre les résultats, sans oublier l'hétérogénéité du matériau. Enfin, nous pouvons dire que le développement de ce matériau nécessite cependant des connaissances plus approfondies.

Chapitre II

Matériaux et Essais



II.1 Introduction

Ce chapitre présente à la fois les matériaux que nous utiliserons, et les méthodes qui Seront mises en œuvre dans la suite de ce travail, après on exposera les caractéristique Bien connues à savoir

- la granularité ou le fuseau granulaire du squelette.
- les dosages en sable, ciment, d'addition, d'eau et d'adjuvant.
-La caractérisation des bétons de sable fluide à base de ciment, à l'état frais et à l'état durci, nécessite de définir les corps d'épreuve sur lesquels seront mesurées les grandeurs spécifiques du matériau et les techniques d'essai. Les différents essais faits au cours de ce travail sont

Sur béton frais

- Etalement
- Temps d'écoulement
- Densité

Sur béton durci

- La résistance a la compression et flexion pour demi-prisme d'éprouvettes prismatiques de dimensions 4×4×16cm
- absorption capillaire

II .2 Caractérisation des matériaux utilisés

Pour la confection du béton, Nous avons utilisé des matériaux locaux de la wilaya de Médé asont caractérisés expérimentalement au laboratoire de génie civil tout en assurant les recommandations des norms envigueur.

II.2.1 Ciment

Le ciment utiliséest CPJ-CEM II/A (Mâtine) **(**Figure II.1), est un ciment Portland artificieldont la résistanceminimale à la compression à 28 joursest de 42,5 MPa, la cimenterie de LAFARGE don tl'ajoutest le calcaire qui es tconforme à la norme [NA442**][33].**Le tableau II.2 résumel'Analyse chimique du ciment et composition hypothétique du clinker, selon la fiche technique <annexeA>du ciment .

Tableau II.1 :L'analyse chimique du ciment et composition du clinker

Analyse chimique Du ciment	Perte au feu (%) (NA 5042) 7.00-9.50	7.00-9.50
	Résidusinsolubles (%) (NA 5042)	1.50-3.00
	Teneuren sulfates SO3 (%) (NA 5042)	2.00-2.50
	Teneurenoxyde de magnésium MgO (%)	1.90-2.30
	Teneurenchlorures (%) (NA 5042)	0.01-0.03
Composition hypothétique du clinker	Silicates tricalciques C3S (%)	58.00-64.00
	Aluminates tricalciques C3A (%)	6.00-8.00



Figure II.1 : Le ciment utilisé (Annexe A)

II.2.2Granulats

II.2.2.1 Déchets de coquillage

Souvent considérés comme des déchets, les projectiles on éutilisés dans le cadre de notre projet à d'autres fins. Tout d'abord, il son tété collectés dans leur source naturelle. Nous les avons ramenés au laboratoire VNU / Médéa dans le but de les soumettre à des à purifier et éliminer tout essortes d'impuretés. Ensuite, nous l'avons mis dans un four à 200 ° C pendant 24 heures. À la suite de ce dernier procédé, il a étébroyé et tamisé avec un tamis à trous de 3,15 mm, afin d'obtenir les déchets de coquillage de la meme forme que le sable utilisé. Il le remplacera en différentes proportions afin d'étudier et d'évaluer le succès de ceprocédé.



Fig.II.2 les étapes de préparation de coquillage

II.2.2.1 .a Recyclage des déchets de coquillages (SCQR)

Nous avons ramenés au laboratoire dans le but de les soumettre à des la veursconsécutifs visant à purifier et éliminer toute ssortes d'impuretés. Ensuite, nous l'avons mis dans un four à 200 ° C pendant 24 heures. À la suite de ce dernier procédé, il a étébroyé et tamisé avec un tamis à trous de 3.15 mm, afin d'obtenir les déchets de coquillage de la meme forme que le sable utilisé.

Les déchets une fois réceptionnés, il sont fait l'objet d'un concassage par un concasseur à mâchoires de laboratoire (figure II.8) qui nous a permet d'obtenir un matériau dont les grains sont de dimensions 0/5mm .La figure II.8montre les étapes précédentes :

II.2.2.1.b caractéristiques de SCQR (Sable de coquillages recycle)

Le SCR est caractérisé suivant les norms envigueurs, voire les procédures des essays qu'on a réalisées sur ce sable, les resultants sont représentés dans le tableau II.6.Etla figure II.3 représente la courbe granulométrique de sable de céramique utilisée.

Tableau II.2 : Proprieties physiques de SCQR

Caractéristique	
Classe granulaire	0/3
Module definesse	2.9
Masse volumiqueabsolue (g/cm^3)	2.82
Masse volumiqueapparent (g/cm3)	1.18
Equivalent desable (%)	94
Taux d'absorptiond'eau (%)	0.86
Compacité %	43.23
Porosité %	56.77

II.2.2.2. Le sable

Le sable utilize est un sable roulé provient de la région de Oued-Souf. Il est propre, les grains sont de forme généralemen tisométrique et arrondie (figure 2.2). Il est séché pondant 24h à température de 120 °C. Les caractéristiques physiques de ce sable sont représenté dans le tableau 2.4 .L'analyse granulométrique de sable utilisée est présentée sur la Figure**.II.3** suivante;



Figure.II.3.Sable utilisé

Tableau II.3 : Proprieties physiques de sable

Caractéristiques	Sable
Provenance	Sable oued souf
Classe granulaire	0/3
Masse volumiqueabsolue (g/cm^3)	2.63
Masse volumiqueapparent (g/cm3)	1.18
Module definesse	1.9
Equivalent desable (%)	94
Taux d'absorptiond'eau (%)	0.86
Compacité %	50
Porosité %	50

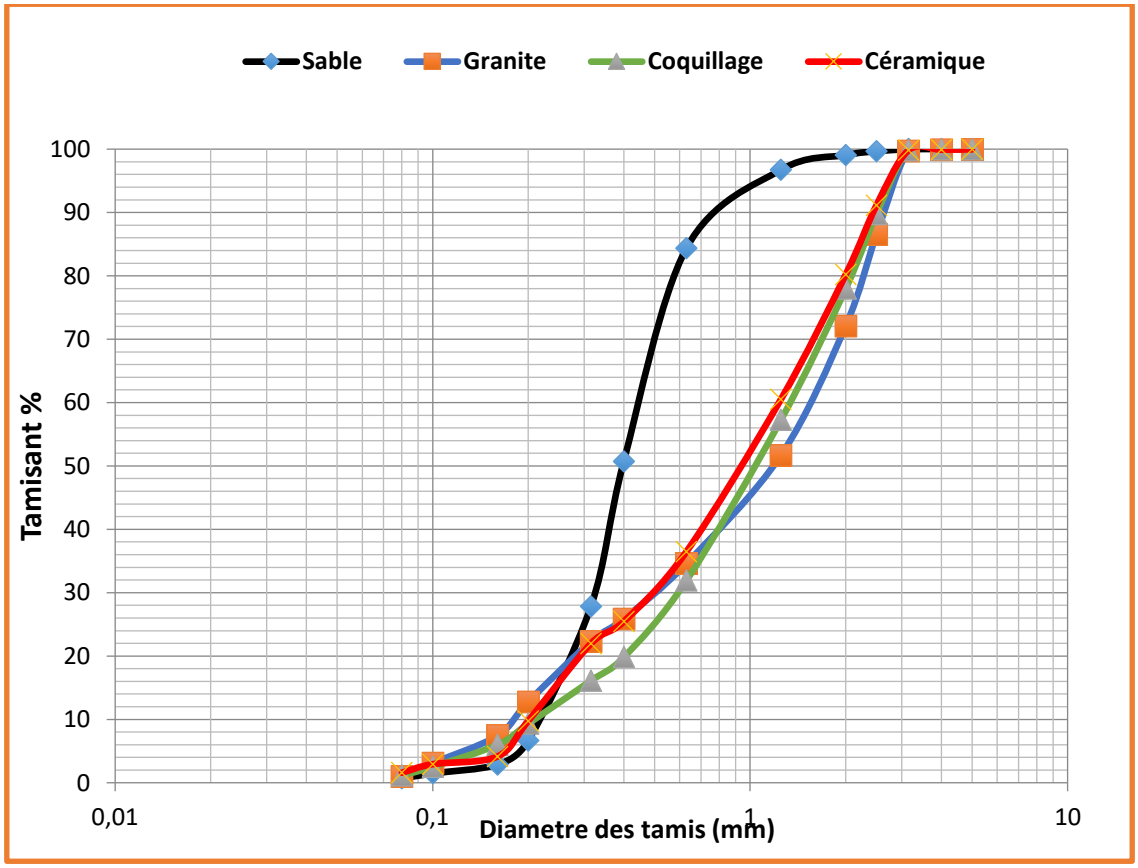


Figure II.4 : Courbe granulométrique des sables

II.2.2.3 Fillers du marbre

Les fillers utilises au cours de ce travail sont les déchets du marbre (Fig.2.4). Ils sont obtenus par broyage des déchets aban donnés dans la nature. Rappelling que les fins du marbre sont les plus adaptés au béton et il donne une meilleure performance. Leurs caractéristiques0 physiques sont mentionnées dans le Tableau.II.5



Figure II.5: déchet de marbre blanched

Tableau.II.4 Caractéristiques physiques des fins de marbre

Caractéristiques	Valeurs
La masse volumique apparente (Kg/m^3)	1.083
La masse volumique absolue (Kg/ m^3)	2.73
La finesse	3200
La compacité(%)	39.6
La porosité(%)	60.4

II.2.2.5 Adjuvant

L'adjuvan tutilisé est un superplastifiant haut réducteur d'eau fabriqué par la société, Algérienne Granitex commercialisé sous l'appellation 'MEDAFLOW30', de forme liquide ; de couleur marron ; d'un PH égal à 6-6.5, de densité 1,07 ± 0,01et d'une teneuren chlore< 0.1g/L.



Fig II.6. MEDAFLOW30

Tableau II.5 : Propriétés physiques de MEDAFLOW 30

Aspect	Liquide
Couleur	Brun clair
PH	6 – 6.5
Densité	1.07 ± 0.01
Teneur en chlore	< 0.1 g/L
Extrait sec	30%

II.2.2.6 Déchets de granite:

Les déchets de granite (déches de GALAXY) utilisée dans ce travail de recherche sous deux formes :

- Un sable de granite recyclé SGR.



Figure II.7 :Déchets de granite sous forme sable 0/3

Nous avons incorporé ces déchets dans le béton de sable par substitution volumétrique du sable avec des pourcentages de10%, ,20 % et 30% une fois.

II.2.2.6.a caractérisation des déchets de granite :

Le SGR son tcaractérisé suivant les norms envigueurs, voire les procédures des essays qu'on a réalisées sur ce sable, les resultants sont représentés dans le tableau II.4.Etla figure II.3 représente courbe granulométrique de sable de granite utilisé.

Tableau II.6 :Propriétés physiques de SGR

Caractéristique	
Classe granulaire	0/3
Module definesse	2.9
Masse volumiqueabsolue (g/cm^3)	2.51
Masse volumiqueapparent (g/cm3)	1.18
Equivalent desable (%)	94
Taux d'absorptiond'eau (%)	0.86
Compacité %	47.01
Porosité %	52.99

II.2.2.7 Déchets de céramique rouge

Les déchets de la dalle de sol utilisés au court de ce travail sont obtenus par le recyclage mécanique des déchets de dalle de sol sous forme d'un sable (Fig. II.12). Après avoirb étaientbrécupérés (triée), puis cassés de gros morceaux en petits ; en suite séchés dans le four puis écrasés les petits morceaux avec le concasseur, extrudés sous forme du sable et incorporé dans la masse du béton du sable fluide par substitution volumique du sable avec des pourcentage de 10%,20% et 30%,.La granulométrie des déchets céramiques est représenté dans la figures II.12, et leurs caractéristiques physiques sont donné dans le tableau II. 6.



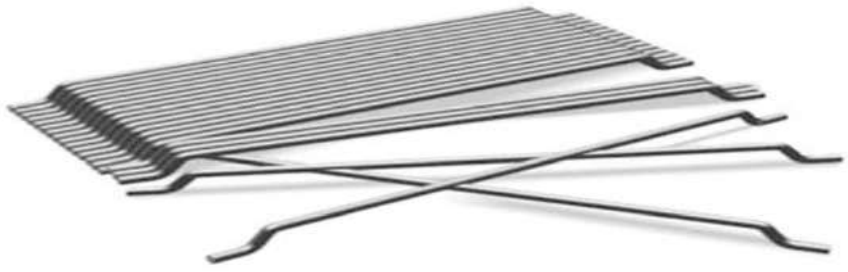
Fig.II.8 Procédure de recyclage du déchets céramique rouge.

Tableau II.7 : Propriétés physiques de SCR

Caractéristique	
Classe granulaire	0/3
Module definesse	2.8
Masse volumiqueabsolue (g/cm^3)	2.5
Masse volumiqueapparent (g/cm3)	1.18
Equivalent desable (%)	94
Taux d'absorptiond'eau (%)	0.86
Compacité %	47.20
Porosité %	52.80

II.2.3.1. Les fibres metallique:

Les fibres utilisées sont des fibres de metalliqu ecommercialisées par la société algérienne « sika », de longueur de12mm, de densité égale 0.9g/cm3 , d'un point de fusion d'environ 150°, de module de Young de 3KN/mm et d'une section égale 30 microns.



FigureII.9 :Les fibres métalique .

II.3 - Eau de gâchage

Nous avons utilisé dans cette expérience l'eau du robinet, qui est pure et exempte d'impuretés, et dont la temperature varie entre 18 et 25 degrés Celsius.

II.4 Formulation du béton

La formulation du béton de sable fluide avec fibre pour la confection des éprouvettes est basée sur la method théorique SABLOCRETE 1994. **[30]**

L'objectif de la formulation est de déterminer la quantiténécessaire pour chaque matériaux du gâchée, afind'obtenir un béton (BSF) avec des proprieties souhaitées.

Notre étude est focalisée sur l'influence de l'ajout des déchets de céramique ,granite et de coquillages et fibre issues sous formes sable (SR) sur les caractéristiques à l'état frais et durci d'un béton de sable fluide (BSF).

Le tableau II.9 représentées les différentes compositions sable, ciment, filer,eau et adjuvant de la formulation pour un volume de 1 l **.**

Tableau II.8 :composition des bétons formulés

Composition / Nomination	Ciment (g)	Sable (g)	Eau (g)		Filler (g)	Adj	DSCR	DSGR	DSCQR	Fibres métalliqes
			Eau 1	Eau 2						
BSFT	400	1400	185.5	79.5	200	1	/	/	/	/
BSF 1	400	980	185.5	79.5	200	0.9	133.1	133.6	150.6	3
BSF 2	400	980	185.5	79.5	200	0.9	133.1	133.6	150.6	6
BSF 3	400	980	185.5	79.5	200	0.9	133.1	133.6	150.6	9
BSF 4	400	980	185.5	79.5	200	0.8	133.1	133.6	150.6	12
BSF 5	400	560	185.5	79.5	200	0.6	266.2	267.2	301.3	3
BSF 6	400	560	185.5	79.5	200	0.6	266.2	267.2	301.3	6
BSF 7	400	560	185.5	79.5	200	0.7	266.2	267.2	301.3	9
BSF 8	400	560	185.5	79.5	200	0.7	266.2	267.2	301.3	12
BSF 9	400	140	185.5	79.5	200	0.6	399.2	400.8	451.9	3
BSF 10	400	140	185.5	79.5	200	0.7	399.2	400.8	451.9	6
BSF 11	400	140	185.5	79.5	200	0.7	399.2	400.8	451.9	9
BSF 12	400	140	185.5	79.5	200	0.7	399.2	400.8	451.9	12

Avec :

BSFT : Béton de sable fluide témoin.

BSF1 : béton de sable fluide à base de 10% déchets de coquillage + 10% déchets de granite + 10% déchets de céramique +0.5% fibres métallique

BSF2 : béton de sable fluide à base de 10% déchets de coquillage + 10% déchets de granite + 10% déchets de céramique +1% fibres métallique

BSF3 : béton de sable fluide à base de 10% déchets de coquillage + 10% déchets de granite + 10% déchets de céramique +1.5% fibres métallique

BSF4 : béton de sable fluide à base de 10% déchets de coquillage + 10% déchets de granite + 10% déchets de céramique +2% fibres métallique

BSF5 : béton de sable fluide à base de 20% déchets de coquillage + 20% déchets de granite + 20% déchets de céramique +0.5% fibres métallique

BSF6 : béton de sable fluide à base de 20% déchets de coquillage + 20% déchets de granite + 20% déchets de céramique +1% fibres métallique

BSF7 : béton de sable fluide à base de 20% déchets de coquillage + 20% déchets de granite + 20% déchets de céramique +1.5% fibres métallique

BSF8 : béton de sable fluide à base de 20% déchets de coquillage + 20% déchets de granite + 20% déchets de céramique +2% fibres métallique

BSF9 : béton de sable fluide à base de 30% déchets de coquillage + 30% déchets de granite + 30% déchets de céramique +0.5% fibres métallique

BSF10 : béton de sable fluide à base de 30% déchets de coquillage + 30% déchets de granite + 30% déchets de céramique +1% fibres métallique

BSF11 : béton de sable fluide à base de 30% déchets de coquillage + 30% déchets de granite + 30% déchets de céramique +1.5% fibres métallique

BSF12 : béton de sable fluide à base de 30% déchets de coquillage + 30% déchets de granite + 30% déchets de céramique +2% fibres métallique

II.5 Séquence de malaxage du béton

La séquence de malaxage et la composition du béton ont un rôle important pour avoir une hydratation correcte, ce qui conduit à un béton performant et durable.

Les mélanges ont été confectionnés dans un malaxeur à béton d'une capacité de 5litres. Selon les caractéristiques souhaitées et les composants du béton, les auteurs suivent plusieurs séquences.

Pour notre cas, la sequence suivie est celle décrite dans figure (II.11) ;elle suit les étapes suivantes :

- On verse les gros grains (le sable).
- Puis en ajoute les fillers et le ciment après on malaxe à sec pendant 30 sec.
- On verse deux tiers d'eau de gâchage, puis on malaxe pendant 1 minute.
- Après on ajoute de super plastifiant avec le tiers de la quantité d'eau nécessaire et on mélange pendant 1 minute.
- Après, malaxé le mélange à vitesse rapide pendant 1 minute, puis on laisse le mélange repose 3 minute. Et ajoute les quantités des vibres métalliques
- Puis lancer vitesse rapide pendant 1 minute

La séquence de malaxage est la même pour tous les mélanges du béton.

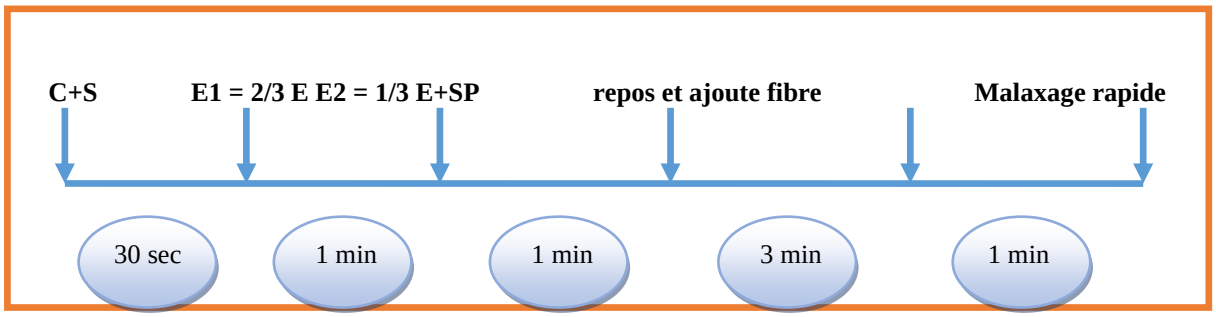


Figure II.10 :Séquence de malaxage du béton de sable fluide et fibre.

II.6 Les essais sur le béton (BSF)

II.6.1 Etat frais

a. Essais d'étalement au mini-cône

L'essai d'étalement consiste à remplir un moule tronconique place sur une surface horizontale lisse, une fois le moule soulève, le diamètre d'étalement du mortier est mesure suivant deux directions perpendiculaire, la moyenne est retenu. La figure II.12 montre les étapes de l'essai d'étalement.



Figure II.11 : Développement de l'essai d'étalement

B.Densité

La densité des mélanges a été calculée en fonction de l'échantillon introduit dans le moule de volume (V= 1 L) est déterminée suivant la norme NF P 18-440. La figure II.14 montre les étapes de l'essai.



Figure II.12: Mesure de la densité du béton

II.6.2 Démoulage et conservation des éprouvettes

On prélever un échantillon du béton afin de remplir des éprouvettes prismatiques (4x4x16) cm. On stocke les éprouvettes dans une salle en attendant de les démouler 24 heures après. Après 24 heures on démoule les éprouvettes et on les place dans un bac rempli d'eau à une température d'environ 20°C jusqu'à l'échéance de l'essai, pour maintenir l'humidité Satisfaisante et la température favorable durant la période d'hydratation du ciment pour éviter l'évaporation rapide de l'eau de gâchage, afin d'assurer un bon mûrissement du béton.



Figure II.13 : Conservation des éprouvettes

II.6.3 Etat durci

Les essais de caractérisation sur béton durci sont résumes dans le (tableau II.11) suivant :

Tableau II.9 ! : Les essais de caractérisation sur le béton à l'étant durci.

Essai de caractérisation		
Résistance à la Compression	Résistance à la Traction par flexion	Absorption capilaire

a. Essai de la résistance à la compression

La résistance à la compression a été mesurée selon la norme [EN 196-1]]**[32]** par compression axiale pour d'éprouvettes cubique à l'âge de 7 et 28 jours, à l'aide d'une presse de capacité de 2000 KN .La résistance à la compression correspond à la contrainte moyenne d'écrasement de trois (3) d'éprouvettes cubique (4x4x4) cm. La figure II.16 montre les étapes de l'essai.



Figure II.14 : Essai de compression sur béton

b. Essai de la résistance à la traction par flexion

À l´âge requis, les éprouvettes sont brisées par flexion en deux moitiés selon la norme [EN 196-1] **[32]**. C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à rompre en flexion (Par trois points), une éprouvette prismatique (4x4x16) cm de côté **a** et de longueur **L**. La figure II.17 montre les étapes de l'essai.

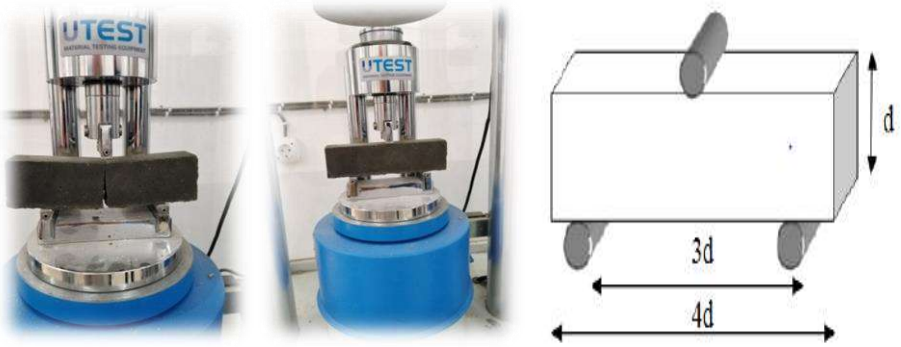


Figure II.15 Essai de traction par flexion sur béton

La contrainte de flexion sur la fibre inférieure est donnée par la formule suivante :

Avec : $$\sigma_t = \frac{M}{I} v$$

M : Moment de flexion entre les deux points d'application de la charge : $\mathbf{M} = \frac{Ff L}{4}$

I : Moment d'inertie de la section transversale : $\mathbf{I} = \frac{d4}{12}$

v : La distance de la fibre inférieure la plus éloignée : $\mathbf{v} = \frac{d}{2}$

La résistance à la traction par flexion est calculée donc par la formule suivante : $\sigma_t =$

c. Absorption capillaire

Dans cet essai, on prend un morceau d'éprouvette de béton de sable déjà utilisé puis sécher. On le pèse (m_0) au début, après on l'introduit dans un bac remplit d'un film d'eau (5mm d'eau) (comme mentionné dans la figure. 4.26), et pendant chaque intervalle du temps (15 min, 30 min ,1 h, 2h ,4h et 24h) on repese le morceau (m_1). La différence du poids entre m_1 et m_0 (m_1- m_0), est le poids d'eau absorbé (NBN NE 13057) **[112].**

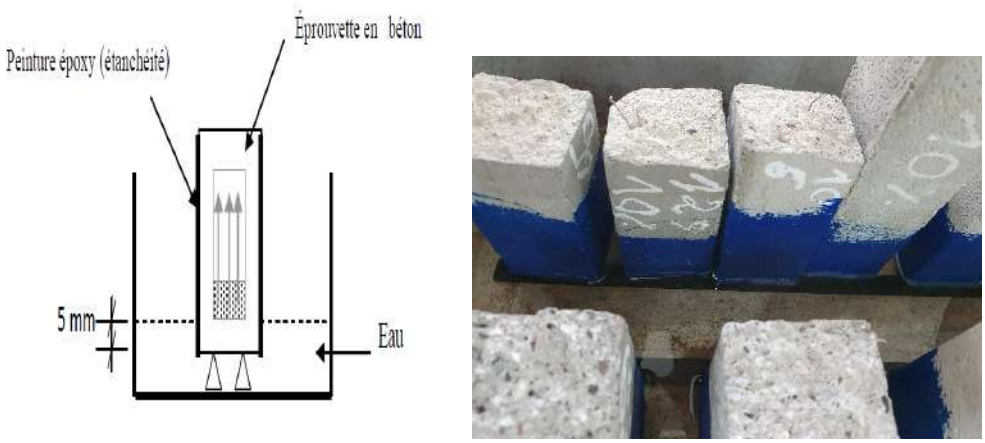


Figure II.16 Absorption d'eau par succion capillaire

II.7 Variables étudiées

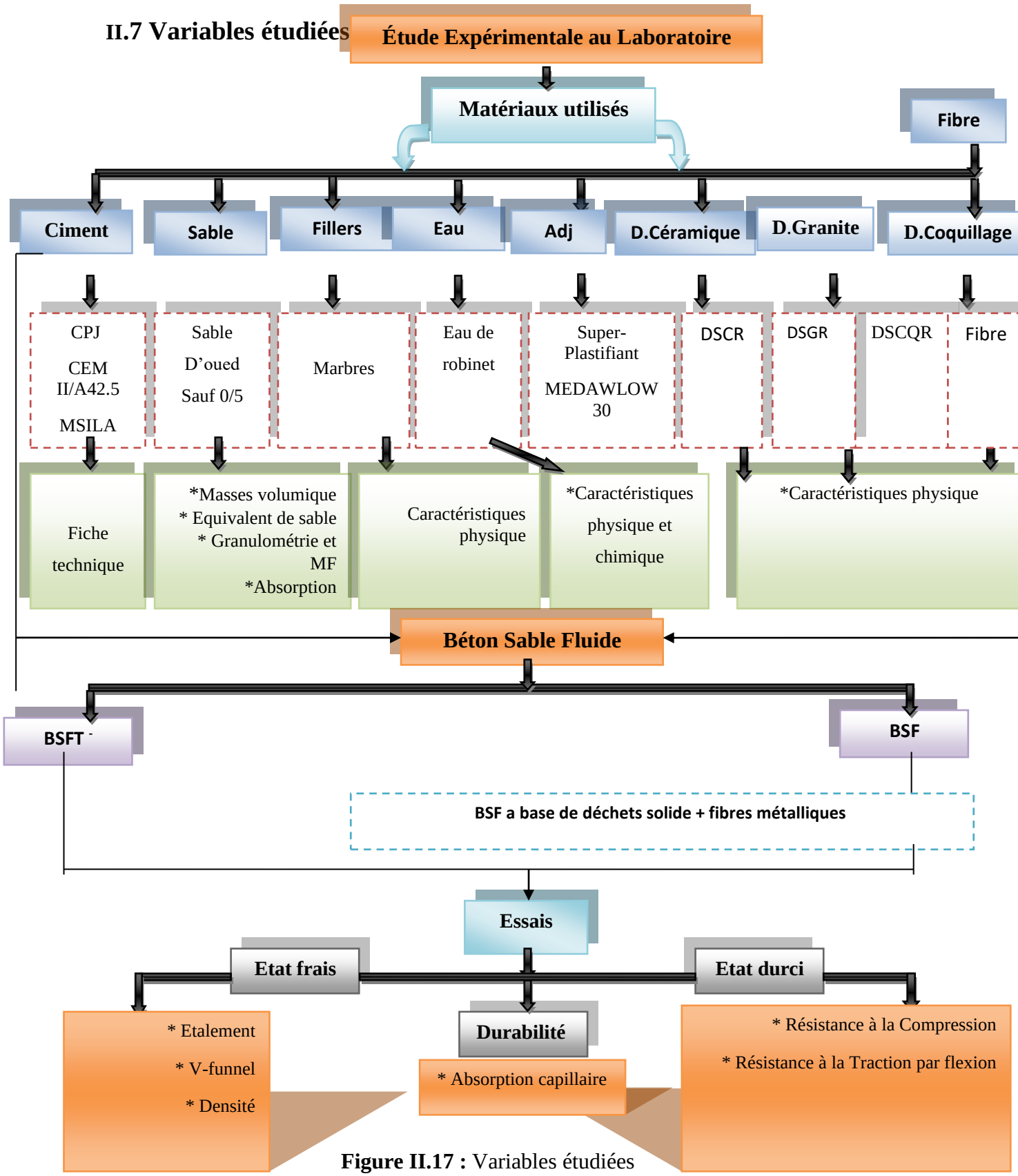


Figure II.17 : Variables étudiées

II .8 Conclusion

Dans notre recherche, nous avons utilisé les matériaux locaux, disponibles sur le marché Algérien tels que le ciment, les granulats, les super plastifiants). On a réalisés des essais importants pour déterminer les caractéristiques Rhéologiques et mécaniques. Tout dans le but de connaitre l'effet des déchets de céramique ; granite et coquillages et les fibre sur le béton de sable fluide.

Chapitre III

Résultats et interprétation



III.1 Introduction

L'objectif de l'étude expérimental est d'étudier l'effet du combinaison les déchets industriel (granite et céramique rouge) et les déchets biosourcés (coquillage) avec l'utilisation des fibre métallique dans la fabrication du béton de sable fluide(BSF) et sur les caractéristiques mécanique et rhéologique d'un (BSF) à base des matériaux locaux .Les résultats obtenus suites aux essais entrepris, sont regroupés, selon l'âge, le type d'essai et le type de béton afin de permettre la compréhension et l'exploitation de ces derniers de la manière la plus pratique et la plus aisée.

III.2.1.1 Influence de combinaison de déchets solide et fibres métallique

a. Étalement

Pour notre travail on à respecté un diamètre d'étalement (diamètre constante) situé entre (260 à 283 mm) pour toutes les familles de béton de sable fluide, ca pour faciliter la comparaison entre la famille de La figure III.1 représente la variation de dosage en super plastifiant pour avoir un étalement constant.

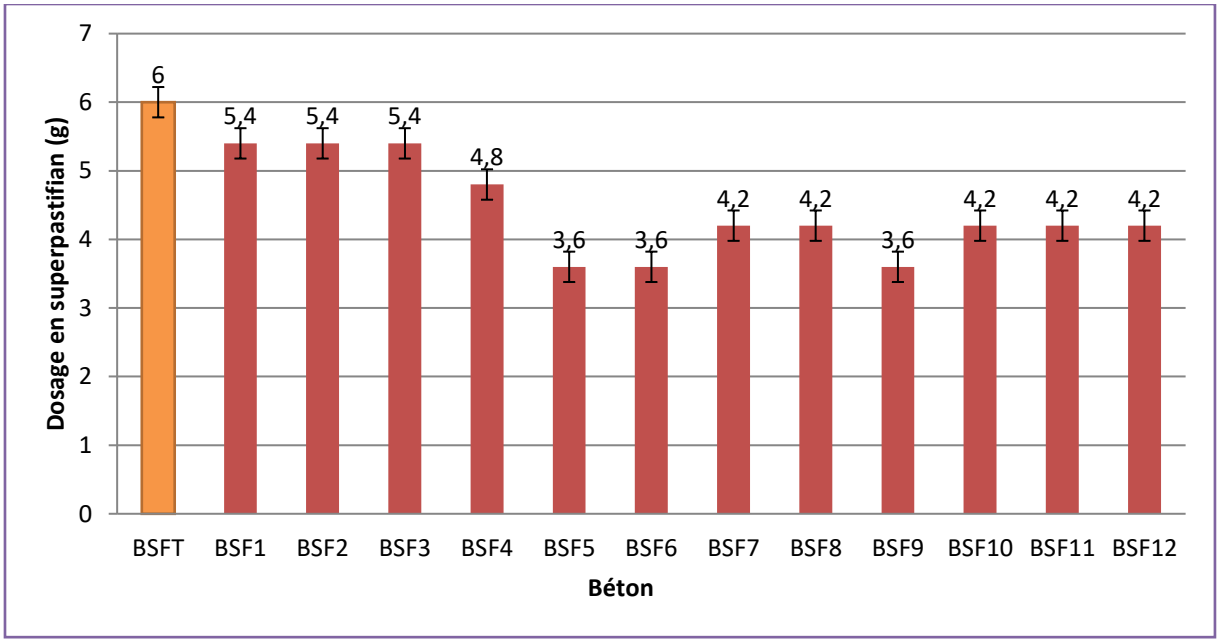


Figure III.1 : Dosage des superplastifianten de défirent type du béton .

A travers les résultats illustrés dans la figure III.1 précédente, on a constaté que plus on augmente le pourcentage de substitution du déchet % et les fibre% ,plus le mélange devient ferme, cette diminution de la valeur fluidité est liée probablement à la forme anguleuse des

déchets incorpores dans le béton et les fibres métalliques ajouté dans le mélange qui jouer un role d'obstacle

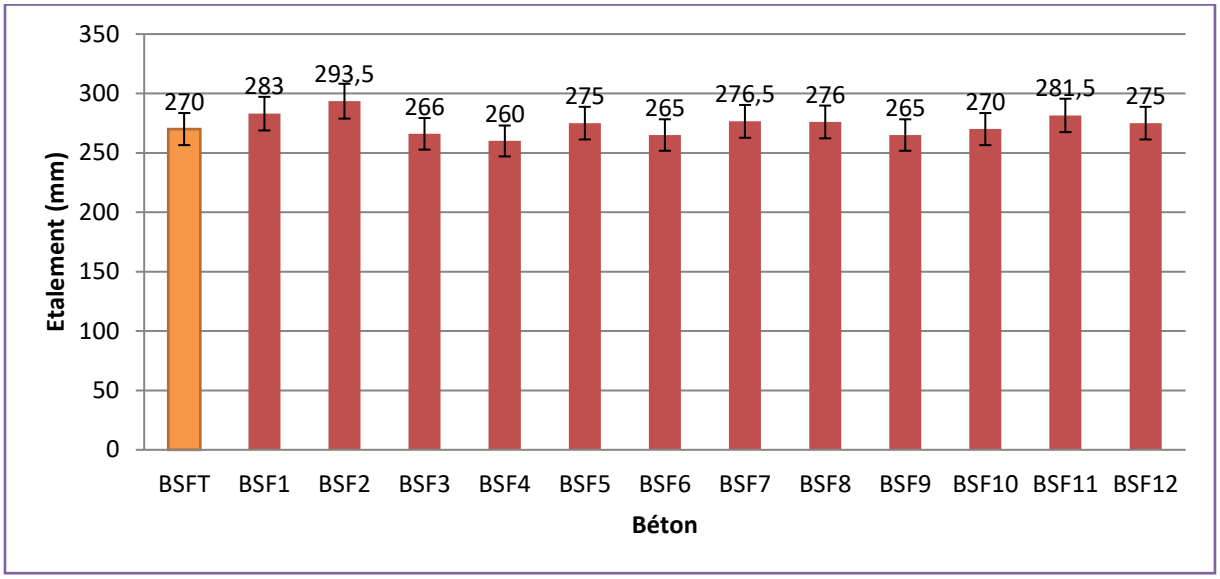


Figure III.2 : L'étalement de BSF à base de déchets solide et fibres métalliques

c. La densité

L'essai de la densité a été également réalisé pour évaluer la variation de la masse volumique du BSF, La figure III.4 montre l'effet de substitution de déchet de granite, céramique et de coquillage combinais avec les fibres sur la densité.

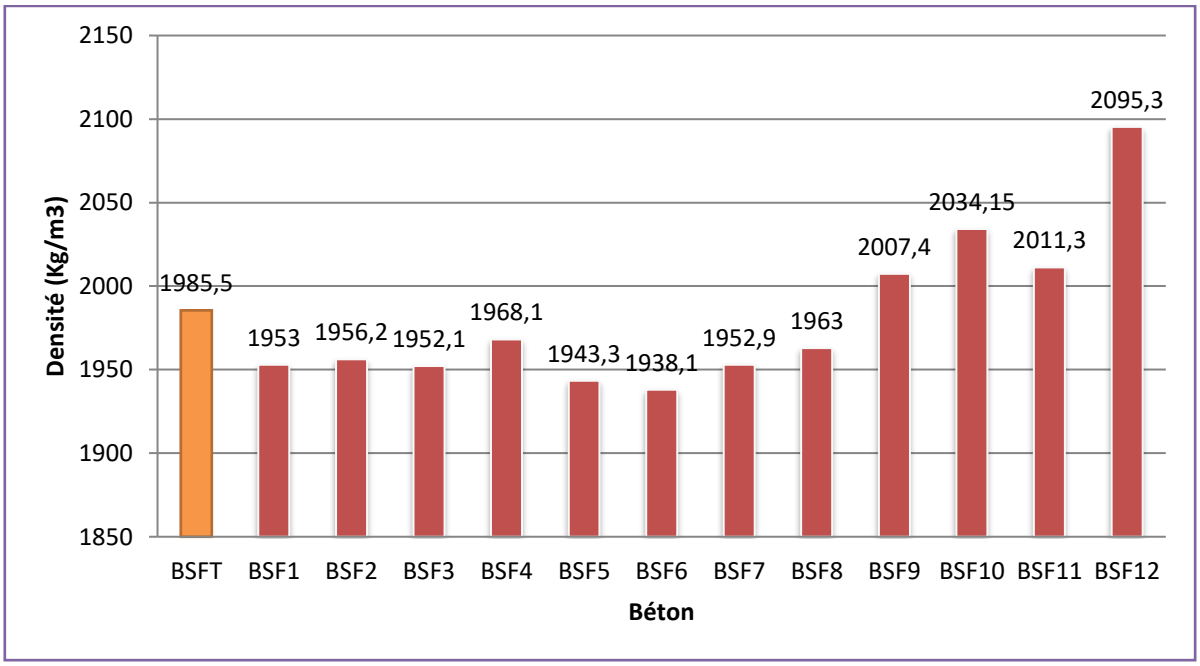


Figure III.3 : Densité de BSF à base de déchets solide et fibres métalliques

Les résultats obtenu clairement qui la densité de béton de sable fluide est varié en fonction de la densité de diffèrent type de déchets incorpores dans béton de sable fluide on remarque qui les béton (BSF1⋙BSF8) ont présenté une densité moins importante par rapport à la densité de BSFT

III.2.2 État durci

III.2.2.1 Influence du déchet solide et fibres métalliques

a. Résistances mécanique

Pour les différentes familles du BSF, les mesures ont été réalisées sur trois éprouvettes prismatiques de dimensions 4x4x16 cm3 pour la résistance à la traction, et trois éprouvettes cubique de dimensions 4x4x4 cm3 pour la résistance à la compression, la moyenne des trois valeurs est retenue. Les résultats de l'essai de résistance effectué sur les différents famille de BSF à base de déchet de granite, céramique et de coquillage combinais avec des fibres à l'âge de 7 et 28 jours sont présentés dans cette partie.

a.1 Résistance à la compression

Pour mieux saisir le sens de l'évolution relative de la résistance à la compression des différents famille de BSF avec l'âge et fonction du taux de substitution de déchet de granite, céramique et de coquillage combinais avec les fibres métalliques, et permettre la comparaison avec les BSFT, les résultats sont présentés dans les figures III.7 :

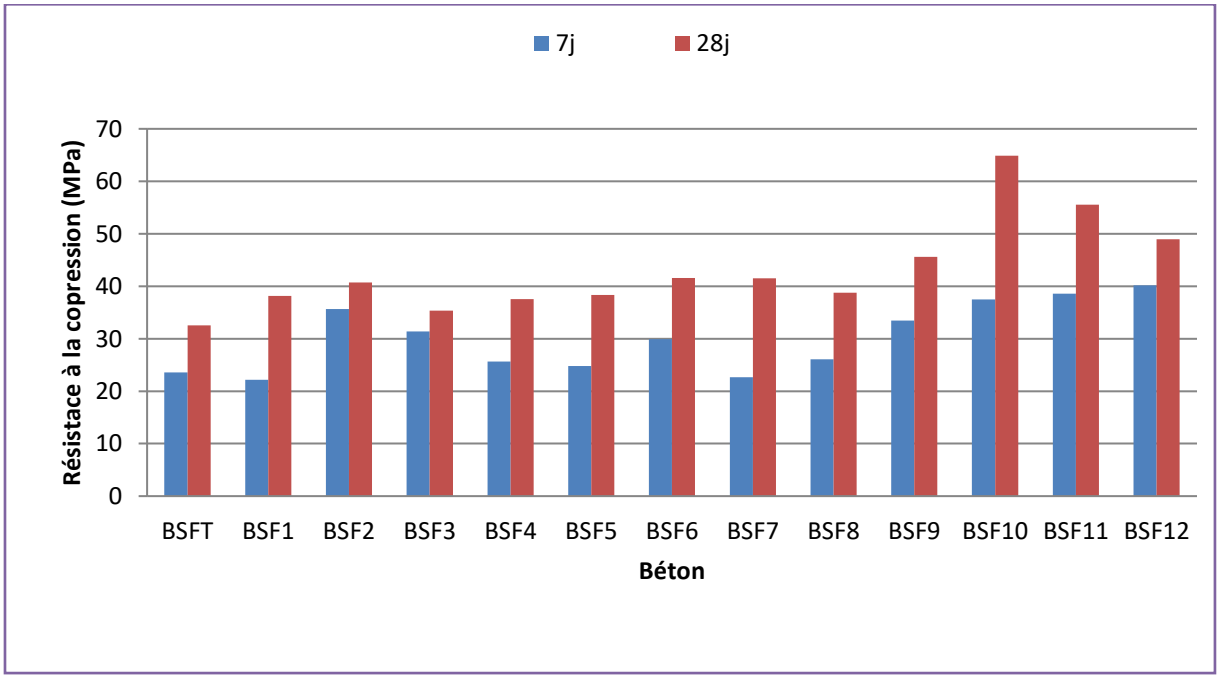


Figure III.4 : La résistance à la compression de BSF à base de déchets solides et fibres métalliques

Les résultats alitens qui la résistance à la compression augmenté en fonction d'augmentation de pourcentage de substituions de sable naturel par les déchets solide (coquillage, granite et céramique) combiné avec les fibres métalliques a 28j le gain d'augmentation de la résistance à la compression est estimé à 52% cette augmentation de la résistance a la compression est plus fort ainsi qui a la bonne adhérence entre les grains de déchets solide et la matrice cimentaire

a.2 Résistance à la traction par flexion

La mesure de la résistance à la traction est importante surtout pour identifier l'adhérence Ciment-Granulats. Pour mieux saisir le sens de l'évolution relative de la résistance à la traction par flexion des différents bétons de sable fluide avec l'âge et fonction du taux de substitution de déchet de granite, céramique et de coquillage avec l'utilisation des fibres , et permettre la comparaison avec le BSFT, les résultats sont présentés dans les figures III.8:

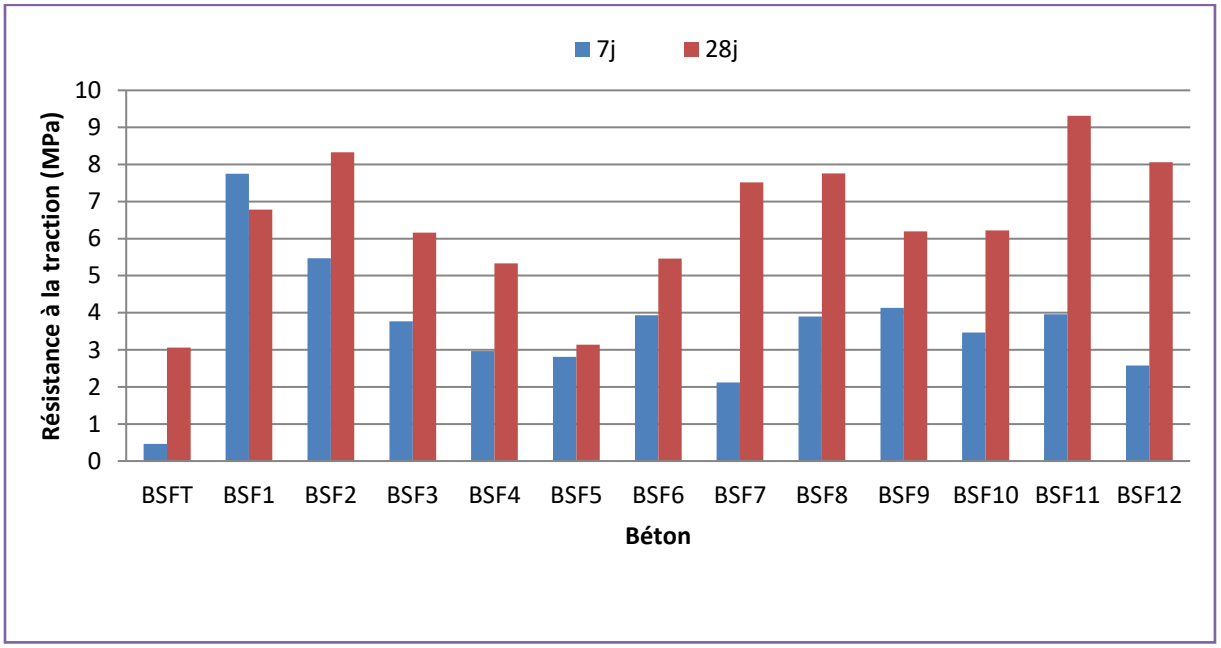


Figure III.5 : La résistance à la traction de BSF à base de déchets solide et fibres métalliques

La figure III.8 montre la variation de la résistance à la traction des bétons à base de déchet de granite, céramique et de coquillage combinais avec des fibres , on peut constater que à court terme on enregistre un optimum de résistance pour le mélange BSF_A3% de substitution de 3% en fibres qui donne une amélioration de la résistance. A long terme on a enregistré un optimum pour le mélange BSF_C9% et la résistance a été développée, d'après ces résultats on

peut dire que le déchet de granite, céramique et de coquillage combinais avec les fibres développe la résistance à la traction .

III.2.2.2 Absorption d'eau

Les résultats d'absorption d'eau par capillarité des différents bétons de sable à base de fibres plastiques sont illustrés dans les figures III.9 suivantes :

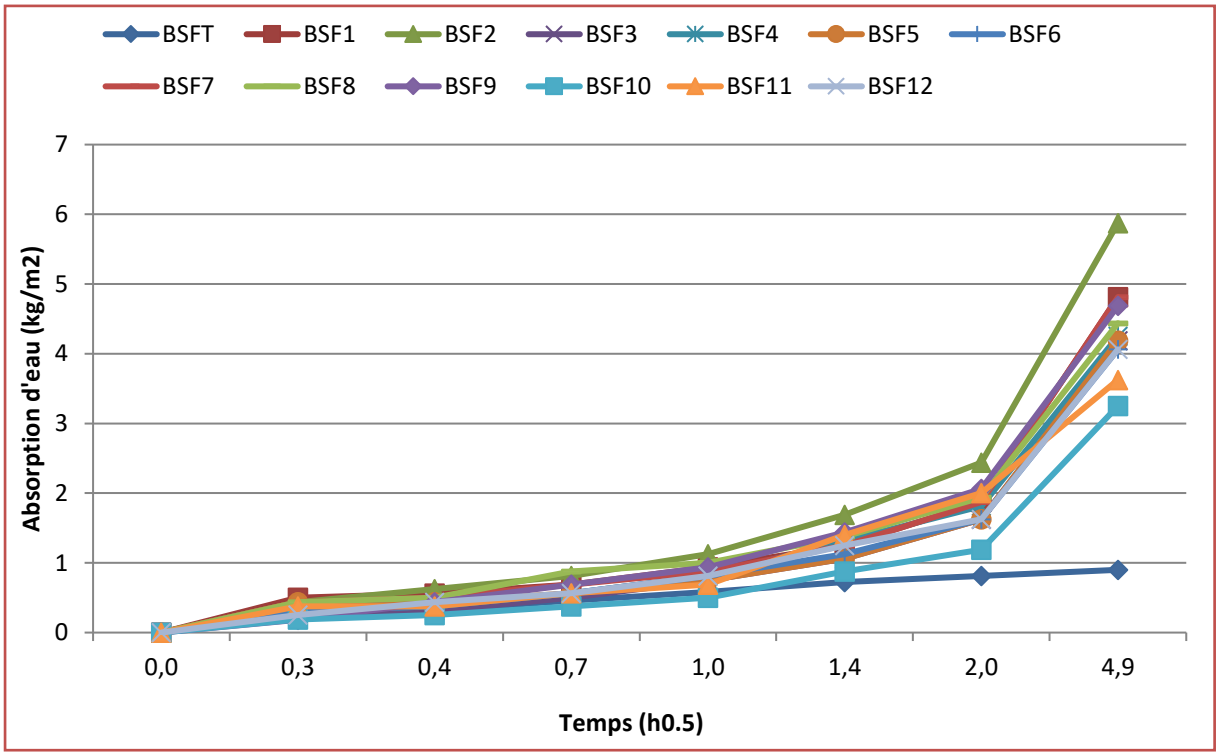


Figure III.6 : Absorption d'eau des BSF à base de déchets solides et fibres métqlliques

A partir des résultats précédents on constate en premier lieu que l'absorption initiale de tous les bétons de sable fluide à base de déchet de céramique , granite et de coquillage et du fibres métallique est nettement moins importante. En second lieu, il est nettement visible que l'absorption d'eau finale de tous les bétons est augmentée en fonction d'ajout de fibres plastiques et devienne plus importante que celle du béton de sable témoin. Cette augmentation est liée par l'introduction de ces fibres dans le béton, qui se traduit par une augmentation plus ou moins prononcée du volume de vides, associée à une diminution de la compacité du matériau.

III.1 Introduction

L'objectif de l'étude expérimental est d'étudier l'effet du combinaison les déchets industriel (granite et céramique rouge) et les déchets biosourcés (coquillage) avec l'utilisation des fibre métallique dans la fabrication du béton de sable fluide(BSF) et sur les caractéristiques mécanique et rhéologique d'un (BSF) à base des matériaux locaux .Les résultats obtenus suites aux essais entrepris, sont regroupés, selon l'âge, le type d'essai et le type de béton afin de permettre la compréhension et l'exploitation de ces derniers de la manière la plus pratique et la plus aisée.

III.2.1.1 Influence de combinaison de déchets solide et fibres métallique

a. Étalement

Pour notre travail on à respecté un diamètre d'étalement (diamètre constante) situé entre (260 à 283 mm) pour toutes les familles de béton de sable fluide, ca pour faciliter la comparaison entre la famille de La figure III.1 représente la variation de dosage en super plastifiant pour avoir un étalement constant.

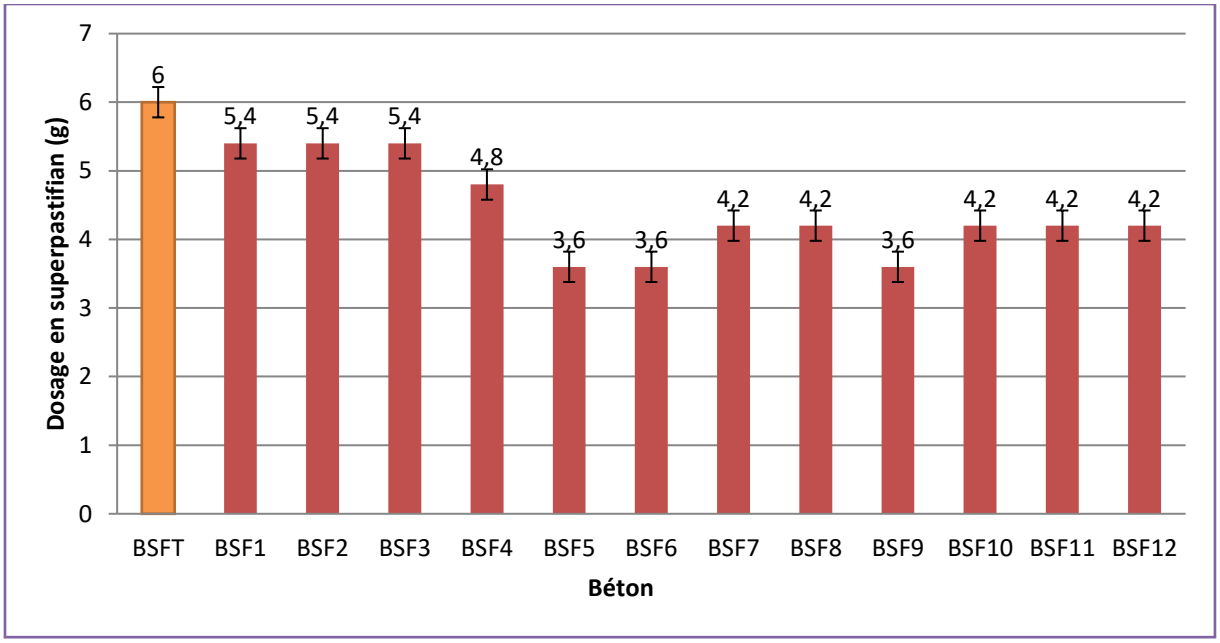


Figure III.1 : Dosage des superplastifianten de défirent type du béton .

A travers les résultats illustrés dans la figure III.1 précédente, on a constaté que plus on augmente le pourcentage de substitution du déchet % et les fibre% ,plus le mélange devient ferme, cette diminution de la valeur fluidité est liée probablement à la forme anguleuse des

déchets incorpores dans le béton et les fibres métalliques ajouté dans le mélange qui jouer un role d'obstacle

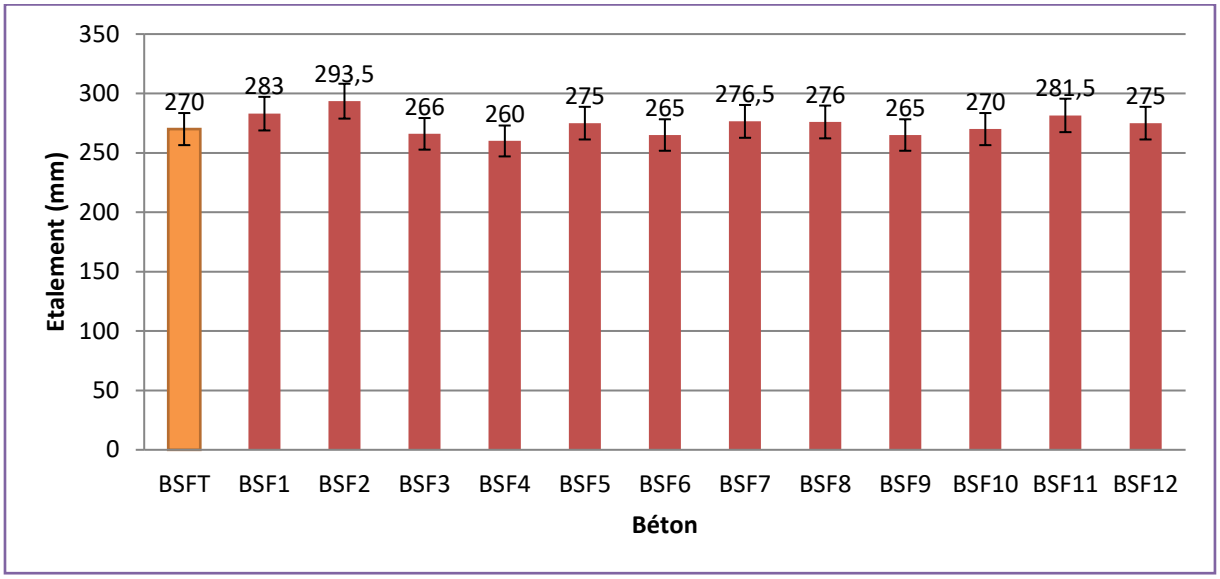


Figure III.2 : L'étalement de BSF à base de déchets solide et fibres métalliques

c. La densité

L'essai de la densité a été également réalisé pour évaluer la variation de la masse volumique du BSF, La figure III.4 montre l'effet de substitution de déchet de granite, céramique et de coquillage combinais avec les fibres sur la densité.

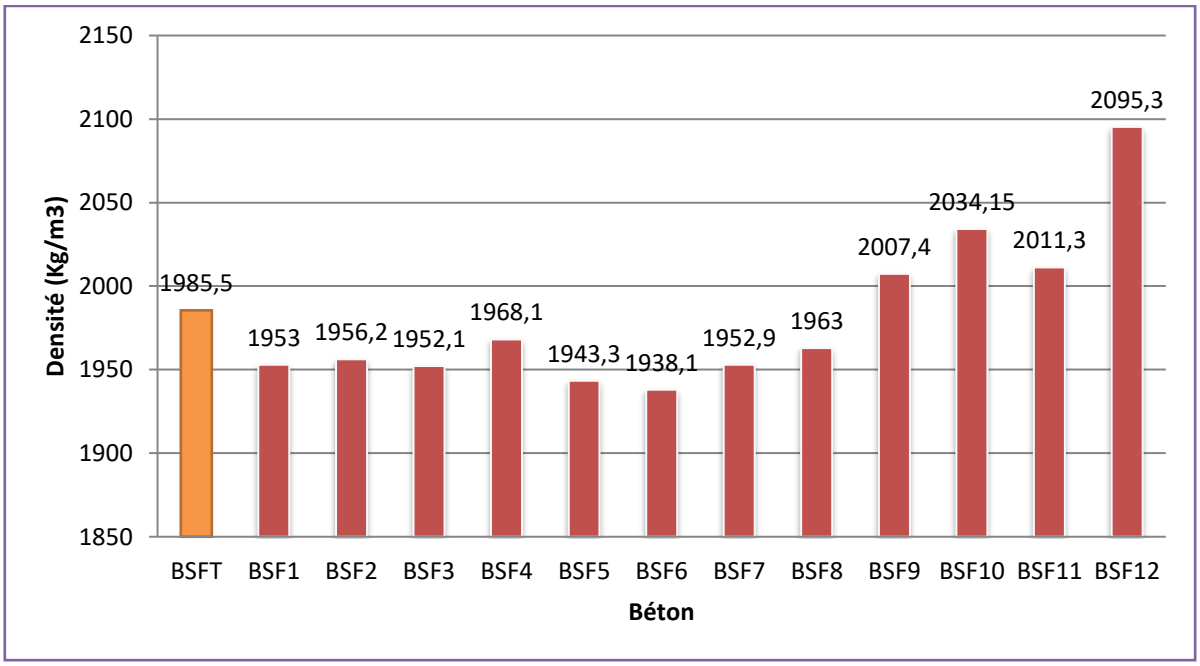


Figure III.3 : Densité de BSF à base de déchets solide et fibres métalliques

Les résultats obtenu clairement qui la densité de béton de sable fluide est varié en fonction de la densité de diffèrent type de déchets incorpores dans béton de sable fluide on remarque qui les béton (BSF1⋙BSF8) ont présenté une densité moins importante par rapport à la densité de BSFT

III.2.2 État durci

III.2.2.1 Influence du déchet solide et fibres métalliques

a. Résistances mécanique

Pour les différentes familles du BSF, les mesures ont été réalisées sur trois éprouvettes prismatiques de dimensions 4x4x16 cm3 pour la résistance à la traction, et trois éprouvettes cubique de dimensions 4x4x4 cm3 pour la résistance à la compression, la moyenne des trois valeurs est retenue. Les résultats de l'essai de résistance effectué sur les différents famille de BSF à base de déchet de granite, céramique et de coquillage combinais avec des fibres à l'âge de 7 et 28 jours sont présentés dans cette partie.

a.1 Résistance à la compression

Pour mieux saisir le sens de l'évolution relative de la résistance à la compression des différents famille de BSF avec l'âge et fonction du taux de substitution de déchet de granite, céramique et de coquillage combinais avec les fibres métalliques, et permettre la comparaison avec les BSFT, les résultats sont présentés dans les figures III.7 :

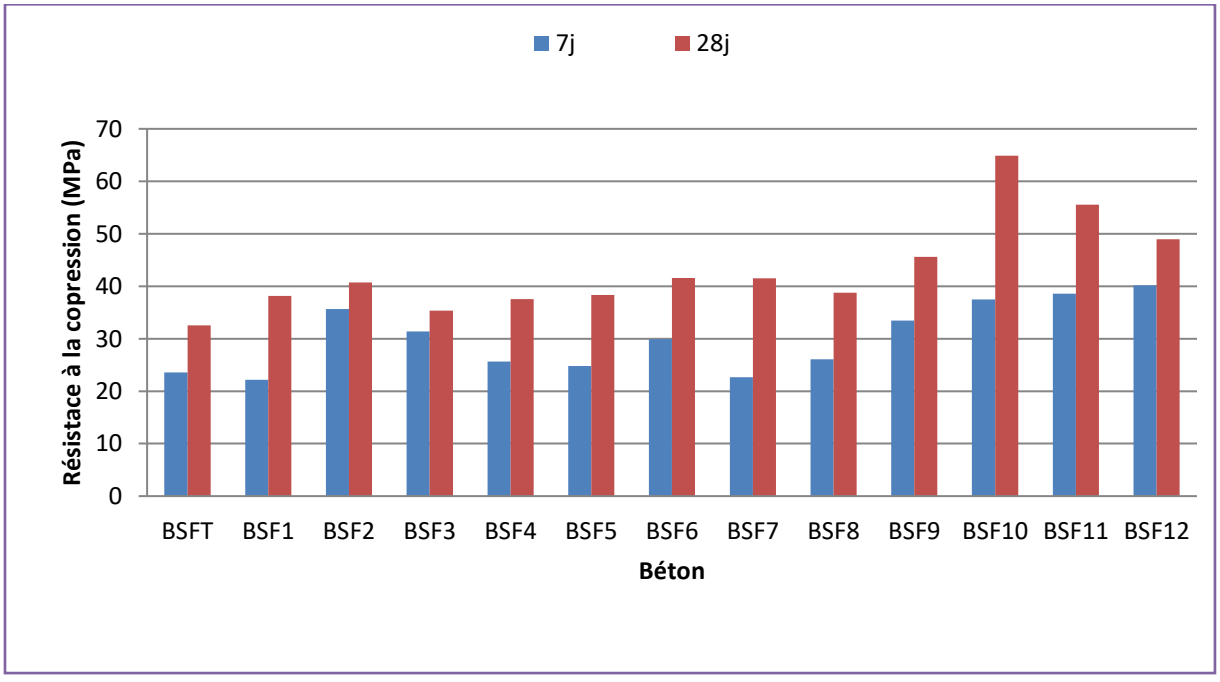


Figure III.4 : La résistance à la compression de BSF à base de déchets solides et fibres métalliques

Les résultats alitens qui la résistance à la compression augmenté en fonction d'augmentation de pourcentage de substituions de sable naturel par les déchets solide (coquillage, granite et céramique) combiné avec les fibres métalliques a 28j le gain d'augmentation de la résistance à la compression est estimé à 52% cette augmentation de la résistance a la compression est plus fort ainsi qui a la bonne adhérence entre les grains de déchets solide et la matrice cimentaire

a.2 Résistance à la traction par flexion

La mesure de la résistance à la traction est importante surtout pour identifier l'adhérence Ciment-Granulats. Pour mieux saisir le sens de l'évolution relative de la résistance à la traction par flexion des différents bétons de sable fluide avec l'âge et fonction du taux de substitution de déchet de granite, céramique et de coquillage avec l'utilisation des fibres , et permettre la comparaison avec le BSFT, les résultats sont présentés dans les figures III.8:

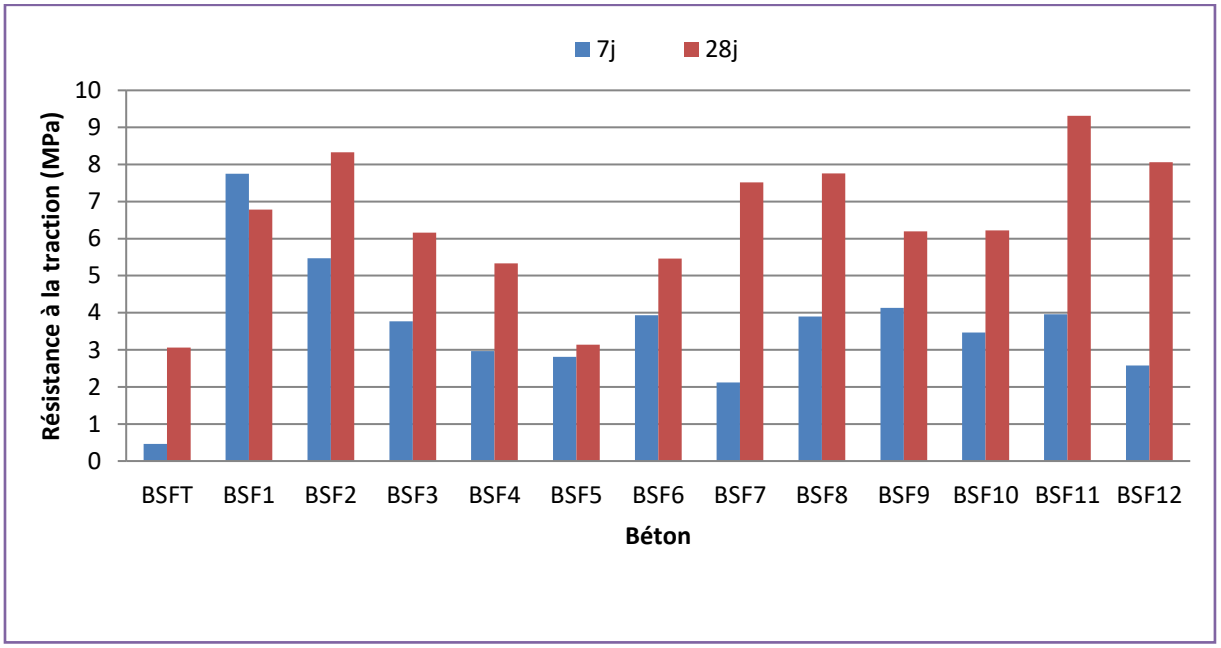


Figure III.5 : La résistance à la traction de BSF à base de déchets solide et fibres métalliques

La figure III.8 montre la variation de la résistance à la traction des bétons à base de déchet de granite, céramique et de coquillage combinais avec des fibres , on peut constater que à court terme on enregistre un optimum de résistance pour le mélange BSF_A3% de substitution de 3% en fibres qui donne une amélioration de la résistance. A long terme on a enregistré un optimum pour le mélange BSF_C9% et la résistance a été développée, d'après ces résultats on

peut dire que le déchet de granite, céramique et de coquillage combinais avec les fibres développe la résistance à la traction .

III.2.2.2 Absorption d'eau

Les résultats d'absorption d'eau par capillarité des différents bétons de sable à base de fibres plastiques sont illustrés dans les figures III.9 suivantes :

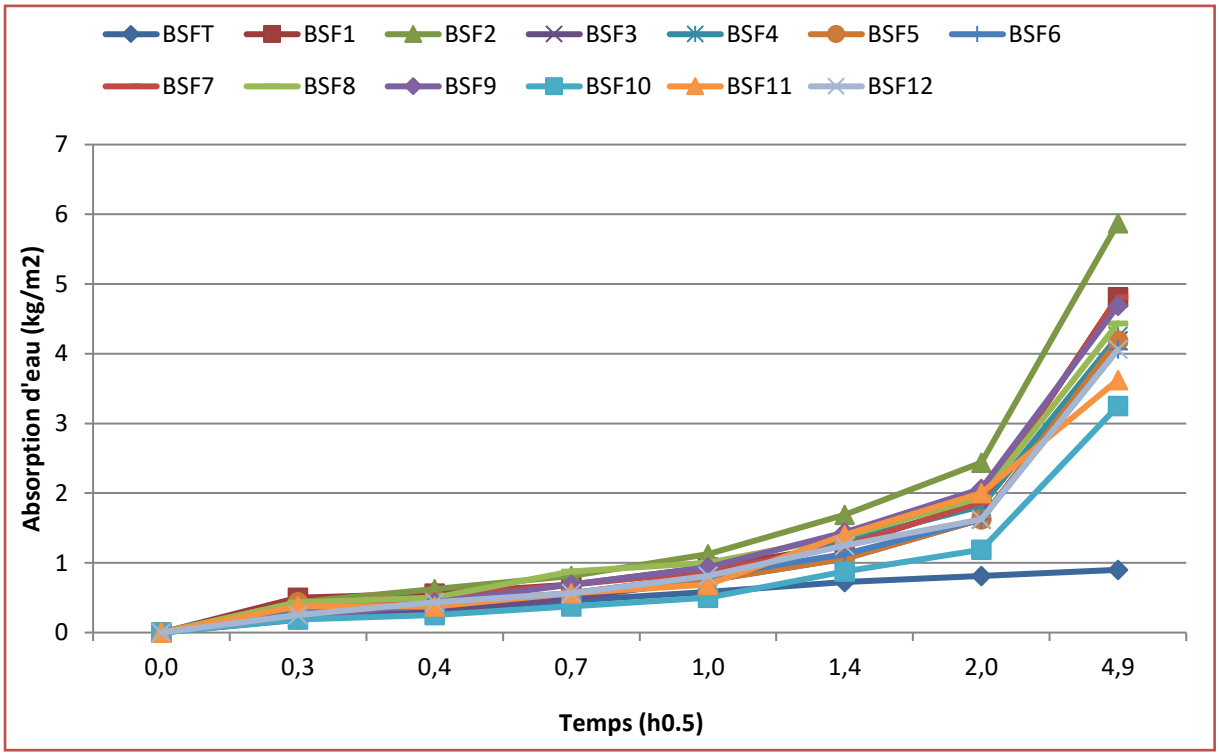
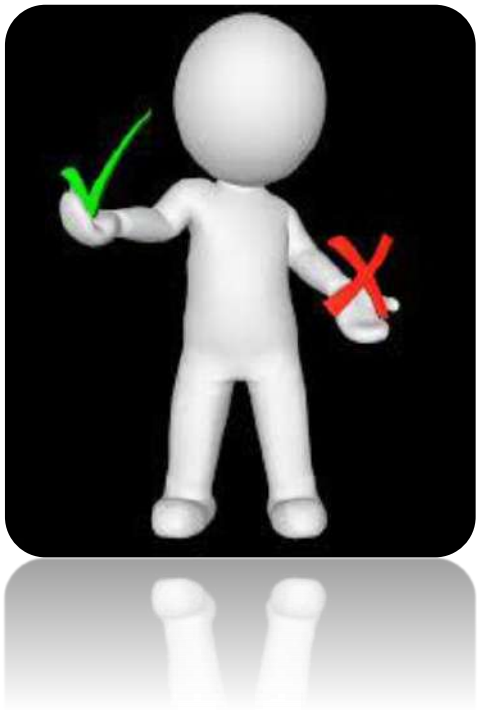


Figure III.6 : Absorption d'eau des BSF à base de déchets solides et fibres métqlliques

A partir des résultats précédents on constate en premier lieu que l'absorption initiale de tous les bétons de sable fluide à base de déchet de céramique , granite et de coquillage et du fibres métallique est nettement moins importante. En second lieu, il est nettement visible que l'absorption d'eau finale de tous les bétons est augmentée en fonction d'ajout de fibres plastiques et devienne plus importante que celle du béton de sable témoin. Cette augmentation est liée par l'introduction de ces fibres dans le béton, qui se traduit par une augmentation plus ou moins prononcée du volume de vides, associée à une diminution de la compacité du matériau.

Conclusion générale et recommendation



Conclusions générales

L'objective essentiel de ce travail et voir l'influence de déchets solides (granite, coquillage et céramique) et des fibres métalliques sur les caractéristiques de béton de sable fluide a l'état frais et durci. Les résultats de cette étude ont donné les conclusions suivantes :

- la fluidité de béton de sable fluide est diminuée en fonction de la combinaison de déchets solide et fibres métalliques
- la densité de béton de sable fluide est varié selon la densité de déchets solides et fibres métalliques
- la résistance à la compression de béton de sable fluide est améliorée d'une façonne remarqué la fonction de couplage de déchets solides et fibres métalliques, le gain d'augmentation de 52%
- la résistance à la traction par flexion du béton de sable fluide est augmentée en fonction d'augmentation de pourcentage de déchets solides et fibres métallique, le gain estimé à 67%
- l'absorption capillaire de béton de sable fluide est diminuée en fonction de diminution de pourcentage de déchet solides et fibres métalliques

Finalement, sur la base des résultats obtenus au recommandé l'utilisation de ces matériaux dans le domaine de la construction (poteau, poutre et les élément structuraux...)

Recommandations

Nous recommandons ce qui suit :

- Valorisation d'autres types de déchets comme un liant dans le BSF.
- Etude de l'effet du gel et de dégel sur le BSF à base de différents types de déchets.
- Etude des effets défère de BSF à base de différents types de déchets.
- Influence de haute température sur les propriétés de BSF à base de différents types de déchets.

Références

Bibliographiques



[1]. Harini B., Ramana K.V., Use of Recycled Plastic Waste as Partial Replacement for Fine Aggregate in
Concrete, *IJIRSET*, 4 (2015) 8596.

[2]. Yang S., Yue X., Liu X., Tong Y., Properties of self-compacting lightweight concrete containing recycled
plastic particles, *Const. Build. Mater.*, 84 (2015) 444–453.

[3]. https://www.insee.fr/fr/statistiques/1281018

[4]. Asokan P., Osmani M., Price A.D.F., Improvement of the mechanical properties of glass fibre reinforced
plastic waste powder filled concrete, *Constr. Build. Mater.*, 24 (4) (2010) 448-460

[5] : Robert LEROY, Leda DIMITRIADI « Recyclage des déchets du chantier », école Normale supérieure d'architecture, Paris-Malaquais

[6] : Paul O. Awoyera , Julius M. Ndambuki, Joseph O. Akinmusuru, David O. Omole « Characterization of ceramic waste aggregate concrete » HBRC Journal, 2006

[7]: Fernando Pacheco-Torgal, Said Jalali « Compressive strength and durability properties of ceramic wastes based concrete», Materials and Structures, Doi 10.1617/s11527-010-9616-6, 21/04/2010.

[8] : Mehdi CHEIKH ROUHOU «Les déchets de chantier et le recyclage des matériaux dans le secteur du bâtiment », Mémoire de fin de formation, 26/01/2007.

[9] : LAMTIGUI Abdelaziz, BENDANI Youssef « Valorisation des laitiers d'aciéries en Génie Civil », Etude Bibliographique, 2014

[10]. https://optigede.ademe.fr/fiche/collecte-des-coquillages

[11]. https://fr.vikidia.org/wiki/Coquillage

[12]. https://chefsimon.com/gourmets/chef-simon/recettes/ouvrir-et-decoquiller-une-coquille-saint-jacques

[13] .https://restaurantcfavm.jimdofree.com/produits/coquillages/

[14].https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/zoologie-coquille-mollusques-memoire-environnement-662/page/3/

[15]. https://journals.openedition.org/tc/6685

[16].https://www.ovive-sa.fr/traitement-des-dechets/professionnels/?fbclid=IwAR3lvvRwpTOc7R_lytfUxj5h7wtbFO6IXjHZ3CYBcn-Xm31z6DIwA1jvy78

[17]https://fr.wikipedia.org/wiki/Granite

[18] https://www.researchgate.net/publication/354842213_Typologie_des_Granites

[19] http://www.geolales.net/posters/Granite-3.pdf

[20] http://thesis.univ-biskra.dz/2429/4/Chapitre%2002.pdf

[21] https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fjournals.openedition.org%2Fabe%2F704&psig=AOvVaw0i9Iq82w5kWFYLs8f6_ViL&ust=1590589901719000&source=images&cd=vfe&ved=2ahUKEwj61--h39HpAhXJwYUKHb1zCv0Qr4kDegUIARDFAQ

[22] https://www.google.com/search?source=hp&ei=O4vRXq-UOc-8aauDiaAH&q=Techniques+particuli%C3%A8res+de+beton+de+sable&oq=Techniques+particuli%C3%A8res+de+beton+de+sable&gs_lcp=CgZwc3ktYWIQAzIFCCEQoAE6BggAEBYQHjoICCEQFhAdEB46BwghEAoQoAE6BAghEBVQ2xVYsXlg9n1oAnAAeACAAdwJiAHpSJIBDTItNS44LjEuMi4yLjKYAQCgAQKgAQGqAQdnd3Mtd2l6&sclient=psyab&ved=0ahUKEwjvna2WjtrpAhVPXhoKHatBAnQQ4dUDCAc&uact=5

[23] https://www.google.com/search?q=Le+b%C3%A9ton+de+sable+en+projection&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiCguLq4tnpAhUQCWMBHfOPDuQQ_AUoAXoECAwQAw&biw=1366&bih=657#imgrc=A3Hn9woWgHlv6M

[24] SABLOCRETE,« Bétons de sable : caractéristiques et pratique d'utilisation », Presses de l'école nationale des ponts et chaussées (1994). Paris, France.

[25] https://www.google.com/search?source=hp&ei=OoLSXpCqCJLyatK5j7gN&q=la+formule+pr%C3%A9c%C3%A9dente+de+Caquot+pour+formulation+d%E2%80%99un+b%C3%A9ton+de+sable&oq=la+formule+pr%C3%A9c%C3%A9dente+de+Caquot+pour+formulation+d%E2%80%99un+b%C3%A9ton+de+sable&gs_lcp=CgZwc3ktYWIQAzoFCCEQoAE6BAghEBVQkBNYtvwBYPe1AmgAcAB4AIAB9gOIAawXkgELMC44LjIuMS4xLjGYAQCgA

QKgAQGqAQdnd3Mtd2l6&sclient=psy-ab&ved=0ahUKEwiQr-7c

dvpAhUSuRoKHdLcA9cQ4dUDCAc&uact=5

[26] https://www.ovive-sa.fr/traitement-des

dechets/professionnels/?fbclid=IwAR3lvvRwpTOc7R_lytfUxj5h7wtbFO6IXjHZ3CYBcn

Xm31z6DIwA1jvy78

[27] https://sitetom.syctom-paris.fr/les-dechets/les-categories-de-dechets.html

[28] Fatemeh Soltanzadeh , Mojtaba Emam-Jomeh , Ali Edalat-Behbahani , Zahra Soltan

Zadeh, Development and characterization of blended cements containing seashell powder,

Construction and Building Materials 161 (2018) 292–304

[29] http://dspace.univ

djelfa.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1117/chapiter%2002.pdf?sequence=3&isA

llowed=y

[30]Brahim Safi , Mohammed Saidi , Abdelhakim Daoui , Ahmed Bellal , Ali Mechekak ,

Kamel Toumi ,The use of seashells as a fine aggregate (by sand substitution)in self-compacting mortar (SCM),Construction and Building Materials 78 (2015) 430–438

[31]Fatemeh Soltanzadeh , Mojtaba Emam-Jomeh , Ali Edalat-Behbahani , Zahra Soltan

Zadeh, Development and characterization of blended cements containing seashell powder,

Construction and Building Materials 161 (2018) 292–304

[32] Dang Hanh Nguyen , Mohamed Boutouil , Nassim Sebaibi , Fabienne Baraud , Lydia

Leleyter, Durability of pervious concrete using crushed seashells, Construction and Building

Materials 135 (2017) 137–150

[33] Jim_enez JR, Ayuso J, L_opez M, et al. Use of fine recycled aggregates from ceramic

waste in masonry mortar manufacturing. Constr Build Mater. 2013;40:679–690

[34] Abadou Y, Mitiche-Kettab R, Ghrieb A. Ceramic waste influence on dune sand mortar

performance. Constr Build Mater. 2016;125:703–713.

[35] Guerra I, Vivar I, Llamas B, et al. Eco-efficient concretes: the effects of using recycled ceramic material from sanitary installations on the mechanical properties of concrete. Waste Manage. 2009;29:643–646

[36]Alves V, Vieira TF, De Brito J, et al. Mechanical properties of structural concrete with fine recycled ceramic aggregates. Constr Build Mater. 2014;64:103–113

[37] de Brito J, Pereira AS, Correia JR. Mechanical behaviour of non-structural concrete made with recycled ceramic aggregates. Cem Concr Compos 2005;27(4):429–33.

[38] Gomes M, de Brito J. Structural concrete with incorporation of coarse recycled concrete and ceramic aggregates: durability performance. Mater Struct 2009;42(5):663–75.

[39] Medina C, Rojas MIS, Frías M. Reuse of sanitary ceramic wastes as coarse aggregate in eco-efficient concretes. Cem Concr Compos 2012;34(1):48–54.

[40] Pitarch AM, Reig L, Tom_as AE, et al. Effect of tiles, bricks and ceramic sanitary-ware recycled aggregates on structural concrete properties. Waste Biomass Valor. 2017;10: 1–15.

[41] Tennich M, Kallel A, Ouezdou MB. Incorporation of fillers from marble and tile wastes in the composition of self-compacting concretes. Constr Build Mater. 2015;91:65–70.

[42] Jagadeesh Bommisetty , Tirukovela Sai Keertan , A. Ravitheja , K. Mahendra, Effect of waste ceramic tiles as a partial replacement of aggregates in concrete, Materials Today: Proceedings

[43] Elc¸i H. Utilisation of crushed floor and wall tile wastes as aggregate in concrete production. J Clean Prod. 2016;112:742–752.

[44] : NF EN 933-1, 1997. « Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des Granulats. Partie 1:Détermination de la granularité. Analyse granulométrique par tamisage », AFNOR.

[45] : VENUAT M., "Produits Silico–calcaire "Techniques de l'Ingénieur ; 1994.

[46] : CEN EN 196-1 Nome française CENEN 196-1 Méthode d‟essais des ciments, partie Détermination des résistances mécanique AFRON, Paris, Aout 1995.

[47] : ISO 834-1, Essai de résistance au feu - Éléments de construction - Partie 1: Exigences Générales, 1999.

[48] :Kenai S, Debieb F, Azzouz L (2002) Mechanical properties and durability of concrete made with coarse and fine recycled aggregates. In: Sustainable concrete construction. Proceedings of an international conference, Dundee, Sept. 2002. Thomas Telford, London, pp 383–392

Annexes



Fiche technique du ciment MATINE



Ciment

MATINE

Ciment pour bétons rapides

- Destiné aux bétons de performances avec une résistance caractéristique à la compression fc 28= 25 MPa
- Compatible avec les différents adjuvants et ajouts cimentaires
- Approprié à la réalisation des ouvrages d'arts, tunnels, barrages et pieux

Peut également utiliser le ciment rapide normalisé, si dessus dans le cas de [illegible]



Remarque : Ces dosages ne sont donnés qu'à titre indicatif. Les résultats de ces formulations peuvent varier selon la nature des matériaux utilisés et les conditions de mise en œuvre.

LAFARGE
لافارج

MATINE

Ciment pour béton exigeant

CIM I PA 42,5 R NA 442

FICHE TECHNIQUE

MATINE est un ciment gris de hautes résistances initiales et finales, résultat de la mouture du clinker obtenu par cuisson jusqu'à la fusion partielle (clinkérisation) d'un mélange convenablement dosé et homogénéisé de calcaire et d'argile.

Ce ciment est constitué d'oxydes minéraux dont les principaux sont la chaux (CaO) à fonction basique et la silice (SiO_2) à caractère acide. On trouve également l'alumine (Al_2O_3) et le fer (Fe_2O_3), ils sont rendus aptes à réagir entre eux et avec l'eau par traitement thermique à des températures comprises entre 1300 et 1500°c. En présence d'eau a lieu la réaction d'hydratation consistant en la formation d'un réseau résistant (propriété hydraulique) constitué principalement de microcristaux de silicates de calcium hydratés.

MATINE présente des performances mécaniques et des caractéristiques physico-chimiques conforment à la norme NA 442, EN 197-1 et à la norme NF P 15-301/94 .

Domaine d'utilisation :

MATINE est utilisé pour tous les projets courants qui nécessitent des hautes résistances mécaniques mais ne présentent pas un besoin spécifique dans les ouvrages en béton qui ne sont pas exposés à des conditions sévères comme l'attaque des sulfates du sol ou de l'eau, ainsi que dans les ouvrages dans lesquels le béton n'est pas affecté par le taux de chaleur d'hydratation du ciment.

Les principales applications de ce ciment sont :

- Secteur habitat (logements et d'autres constructions civiles) :
- Secteur travaux publics (tunnels, ponts, port, aéroport .ect) :
- Secteur hydraulique (barrages, châteaux d'eau, stations d'épuration, stations de désallement,..ect) ;
- Secteur industriel.

Algerian Cement Company (SPA)
33, Rue des Pins. Hydra. Alger, Algérie
Tél.: +213 (0) 21 48 16 65
Fax : +213 (0) 21 48 16 71

Fiche technique du MEDAFLOW 30

MEDAFLOW 30

Conforme à la norme EN 934-2:TAB 1, TAB 3.1 ET TAB 3.2 NA 774.

Super plastifiant

Haut réducteur d'eau

DESCRIPTION

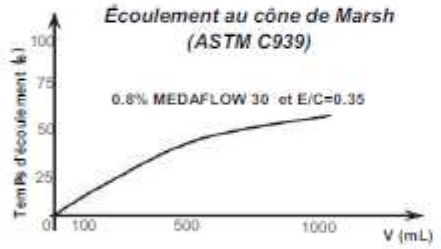
Le **MEDAFLOW 30** est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la troisième génération. Il est conçu à base de polycarboxylates d'Ether qui améliorent considérablement les propriétés des bétons.
Le **MEDAFLOW 30** permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.
En plus de sa fonction principale de superplastifiant, il permet de diminuer la teneur en eau du béton d'une façon remarquable.
Le **MEDAFLOW 30** ne présente pas d'effet retardateur.

DOMAINES D'APPLICATION

- Bétons à hautes performances
- Bétons auto - plaçants
- Bétons pompés
- Bétons précontraints
- Bétons architecturaux.

PROPRIÉTÉS

Grâce à ses propriétés le **MEDAFLOW 30** permet :
Sur béton frais :
- Obtention d'un rapport E/C très faible
- Amélioration considérable de la fluidité
- Une très bonne maniabilité
- Éviter la ségrégation
- Faciliter la mise en œuvre du béton



Sur béton durci :
- Augmenter les résistances mécaniques à jeune âge et à long terme (voir tableau).
- Diminuer la porosité
- Augmenter la durabilité
- Diminuer le retrait et le risque de fissuration

Désignation	Rc (MPa)		
	3J	7J	28J
MEDAFLOW 30 (1.4%)	39.2	54.7	62.2

CARACTÉRISTIQUES

- Aspect ..... Liquide
- Couleur ..... Brun clair
- pH ..... 6 – 6,5
- Densité ..... 1,07 ± 0,01
- Teneur en chlore ..... < 0,1 g/l
- Extrait sec 30%

MODE D'EMPLOI

Le **MEDAFLOW 30** est introduit dans l'eau de gâchage.
Il est recommandé d'ajouter l'adjuvant dans le béton après que 50 à 70% de l'eau de gâchage ait déjà été introduite.

DOSAGE

Plage de dosage recommandée :
0,5 à 2,0 % du poids de ciment soit 0,46 à 1,85 litre pour 100 Kg de ciment.

Le dosage optimal doit être déterminé sur chantier en fonction du type de béton et des effets recherchés.

Les renseignements donnés dans cette notice sont basés sur notre connaissance et notre expérience à ce jour. Il est recommandé de procéder à des essais de convenance pour déterminer la fourchette d'utilisation tenant compte des conditions réelles de chantier.

Zone industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger
Tél : (213) 021 51 66 81 & 82

Essai sur le sable

Masse volumique absolue

Pour la déterminer de la masse volumique absolue des sables utilisé, les étapes Suffisantes sont à suivre :

-On pesé une masse des sables

- On met une quantité d'eau dans un récipient gradue et on note la valeur lit
- On met la masse des sables mesurée dans le récipient puis on relit la valeur

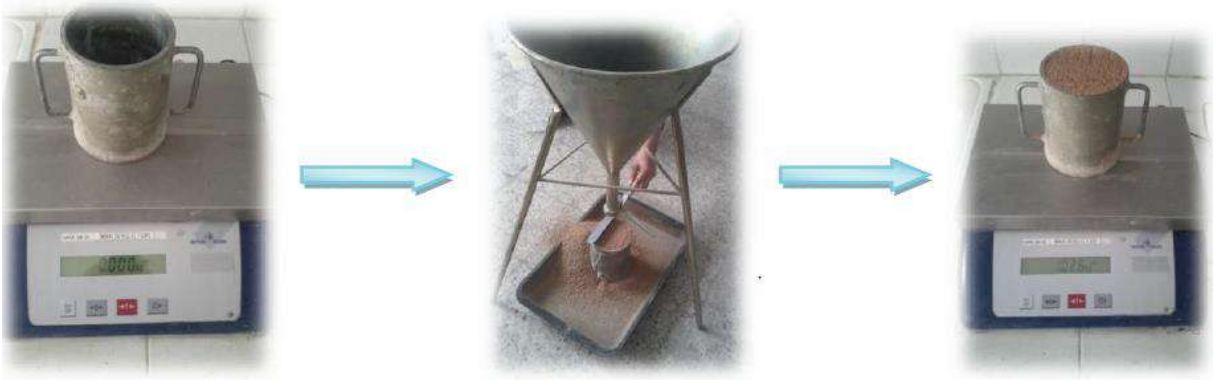


Protocole de l'essai de La masse volumique absolue pour les sables utilisé

Masse volumique apparent

Pour la déterminer de la masse volumique apparente de sable utilisé, les étapes suffisantes sont à suivre :

- mettre un échantillon de sable dans l'entonnoir
- verser le sable dans la mesure en ouvrant l'entonnoir jusqu' a ce qu'il déborde formant un cône
- araser à l'aide d'une règle
- peser le contenu soit M (en kg).

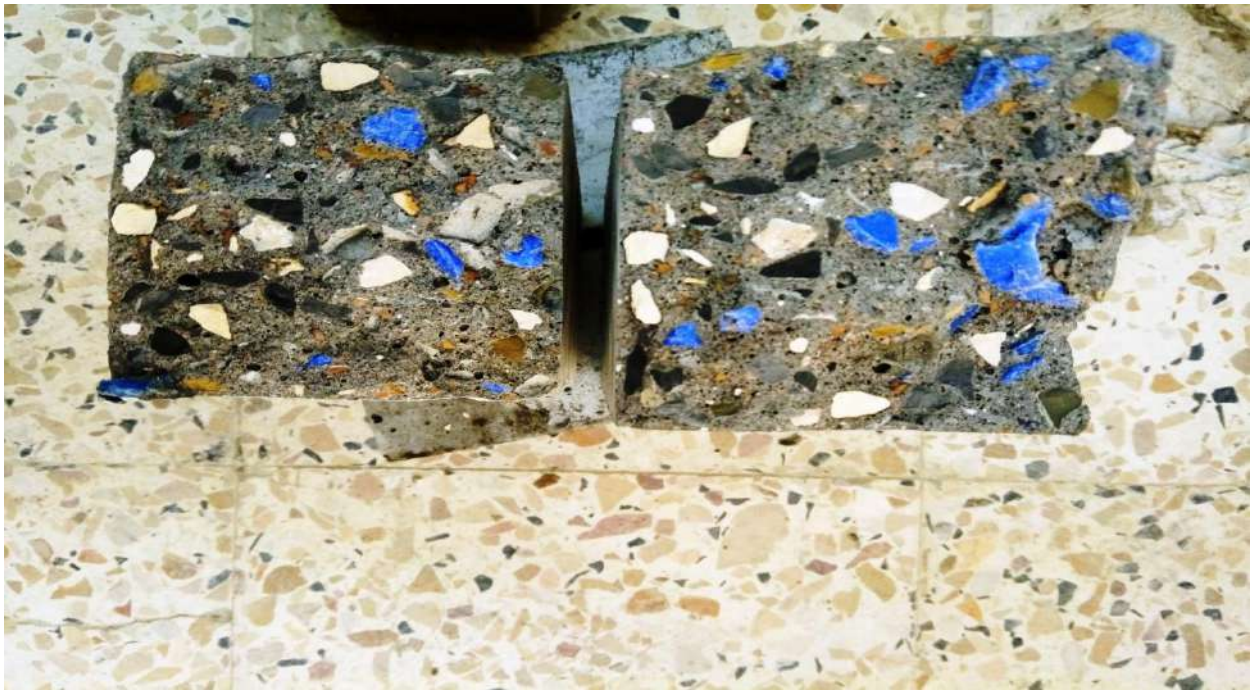


Protocole de l'essai de La masse volumique apparent pour les les sables utilisé

Les éprouvettes âpres l'écrasement



Béton autoplaçant témoin



Béton autoplaçant à base de déchet de plastique et de céramique