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 du Master

Option: Matériaux en Génie Civil

Influence couplé de déchets céramiques et coquillages sur les performances de béton de sable fluide

Présenté par

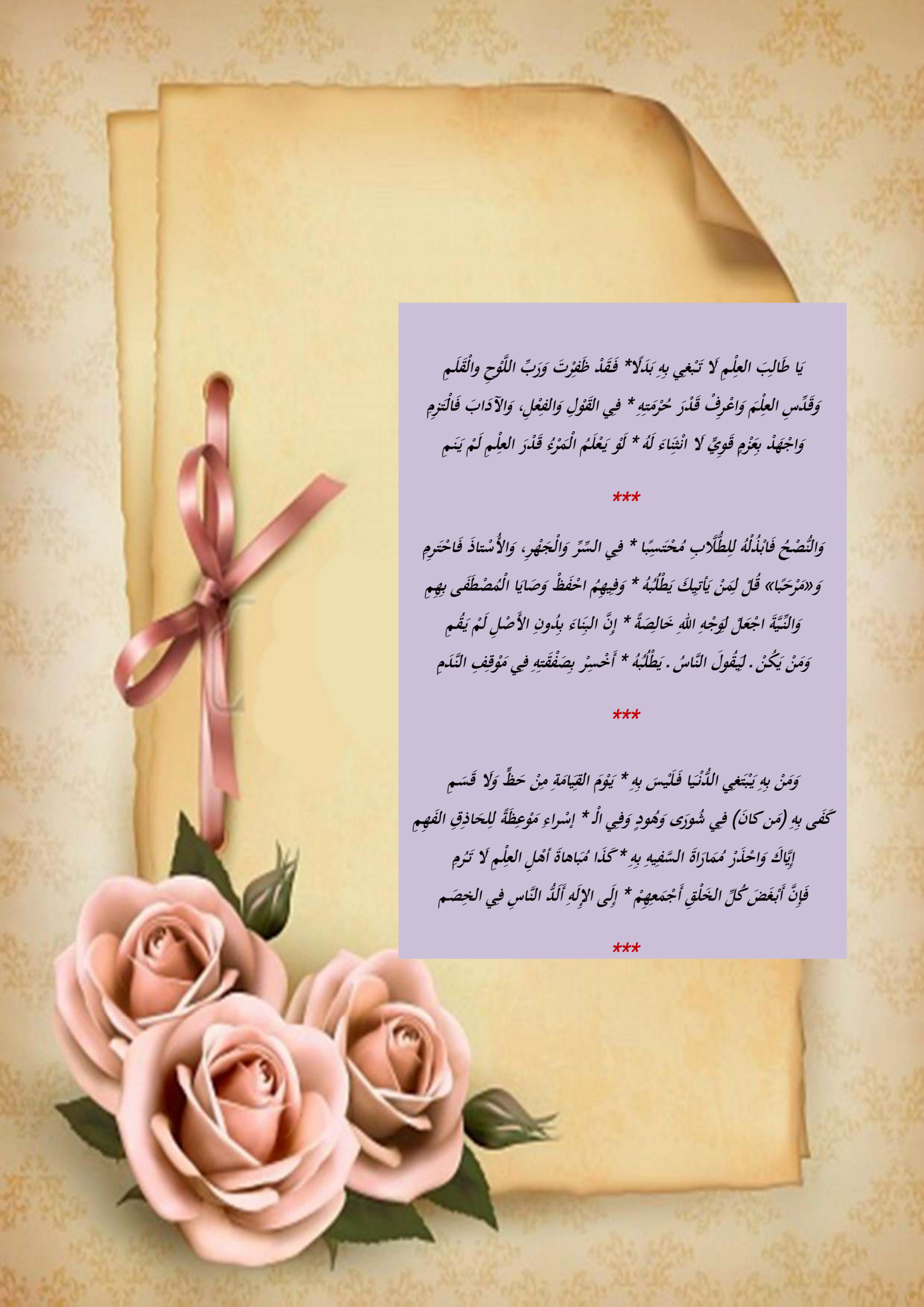
Melle. Benaissa Yasmine

Melle. Belkessam Asma

Proposé et Dirigé par :

Dr .GUENDOUZ Mohamed

Promotion Juin 2021



يَا طَالِبَ العِلْمِ لَا تَبْغِي بِهِ بَدَلًا* فَقَدْ ظَفِرْتَ وَرَبِّ اللَّوْحِ والْقَلَمِ
وَقَدِّسِ العِلْمَ وَاعْرِفْ قَدْرَ حُرْمَتِهِ * فِي القَوْلِ وَالفِعْلِ، وَالآدَابَ فَالْتَزِمِ
وَاجْهَدْ بِعَزْمٍ قَوِيٍّ لَا انْثِنَاءَ لَهُ * لَوْ يَعْلَمُ الْمَرْءُ قَدْرَ العِلْمِ لَمْ يَنَمِ

***

وَالنُّصْحُ فَابْذُلْهُ لِلطُّلَّابِ مُحْتَسِبًا * فِي السِّرِّ وَالْجَهْرِ، وَالأُسْتاذَ فَاحْتَرِمِ
وَ«مَرْحَبًا» قُلْ لِمَنْ يَأتِيكَ يَطْلُبُهُ * وَفِيهِمُ احْفَظْ وَصَايَا الْمُصْطَفَى بِهِمِ
وَالنِّيَّةَ اجْعَلْ لِوَجْهِ اللهِ خَالِصَةً * إِنَّ البِنَاءَ بِدُونِ الأَصْلِ لَمْ يَقُمِ
وَمَنْ يَكُنْ . لِيَقُولَ النَّاسُ . يَطْلُبُهُ * أَخْسِرْ بِصَفْقَتِهِ فِي مَوْقِفِ النَّدَمِ

***

وَمَنْ بِهِ يَبْتَغِي الدُّنْيَا فَلَيْسَ بِهِ * يَوْمَ القِيَامَةِ مِنْ حَظٍّ وَلَا قَسَمِ
كَفَى بِهِ (مَن كانَ) فِي شُورَى وَهُودٍ وَفِي الْ * إِسْراءِ مَوْعِظَةً لِلحَاذِقِ الفَهِمِ
إِيَّاكَ وَاحْذَرْ مُمَارَاةَ السَّفِيهِ بِهِ * كَذَا مُبَاهَاةَ أَهْلِ العِلْمِ لَا تَرُمِ
فَإِنَّ أَبْغَضَ كُلِّ الخَلْقِ أَجْمَعِهِمْ * إِلَى الإِلَهِ أَلَدُّ النَّاسِ فِي الخِصَمِ

***

Remerciements

J'exprime ma profonde gratitude et ma reconnaissance à Monsieur ***Mr. GUENDOUZ.M,****de m'avoir confié cette mémoire et de l'avoir encadrée. Ses orientations Précieuses, ses conseils scientifiques, son suivi et sa grande disponibilité m'ont permis de Mener à bien ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de mes remerciements les plus sincères*

Pour la confiance qu'il m'a témoignée, sa patience, son humanisme et la précieuse formation

Qu'il a su me transmettre.

Le président du jury, d'avoir accepté de présider le jury de notre travail.

Tous les membres du jury, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Tous les ingénieurs et les travailleurs du hall pour leurs aides et disponibilités.

Tous les enseignants du département de Génie civil de l'université de Médéa, qui nous ont offert tout ce savoir.

Mes remerciements vont aussi à mes collègues et amis, dont le soutien m'a été très précieux

Au cours de la préparation de cette thèse. Que tous ceux dont je n'ai pu citer les noms veuillent

Bien m'excuser.

Enfin, je tiens à exprimer toute ma gratitude à ma grande famille pour son soutien indéfectible

Durant les années de préparation de thèse.

Yasmine/Asma

Dédicace

Tous les mots ne peuvent exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que

Je dédie cette mémoire de master :

A ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

A ma Chère Mère Samira

A mon Père Nacer

Dont le mérite, les sacrifices et les qualités humaines

M'ont permis de vivre ce jour.

A tous mes sœrs

Marwa, aya, iman

A tous les gens m'aiment

MosSaab, Fella, Abdou, Asma, Hafida .....

Comme je le dédie à mon promoteur GUENDOUZ.M

Tous les étudiants de la promotion 2019/2020 Option : Génie Civil

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer .....

Yasmine

Dédicace

Je dédie ce travail

A ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Particulièrement :

À ma chère mère qui m'a entouré d'amour, d'affection et qui fait tout pour ma réussite, que dieu la garde

A mon cher père qui a toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager

À tous mes frères et sœurs

A mon fiancé

À toute ma famille

À tous mes amis et collègues

Tous ceux que j'aime

À tous les étudiants de la promotion 2020/2021 Option : Génie Civil

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer .....

Asma

Résumé

L’objectif principal de ce projet consiste à valoriser et recyclé les déchets céramiques etcoquillagesdans la masse du béton de sable fluide par substituions volumique du sable en différents pourcentage (10% ,20%,30%,40% et 50%,). Les propriétés à l’état frais et à l’état durci des différents mélanges réalisés ont été analysées et comparées aux bétons témoin respectifs.

Les résultats obtenus montrent que l’étalement de béton de sable fluide est diminué en fonction d’augmentation de pourcentage de déchets de céramiques et coquillages. Par ailleurs les performances mécaniquesde béton de sable fluide sontamélioréesen fonction d’augmentation substitution du sable naturel par les déchets de céramiques et coquillages. Donc, il est possible d’obtenir un nouveau éco-matériau de construction utilisable pour différents types d’éléments de construction**.**

ملخص

الهدفالرئيسيمنهذاالمشروعهوالمساهمةفيتثمينورسكلةالنفاياتالمحارو الخزفودمجهابشكلحجميفيكتلةالخرسانةالرملية المائعةبنسبمختلفة (10٪، 20٪، 30٪، 40٪و 50٪)

. معدراسةخصائصهافيالحالةالرطبةوفيالحالةالصلبةومقارنتهامعخرسانةرمليةمائعةعادية.

وقدأظهرتالنتائجالتيتمالحصولعليهاأنتدفقالخرسانةالرملية المائعةانخفضتبزيادةالنسبةالمئويةللنفاياتالخزفوالمحار.منجهةأخرى قدأظهرتالنتائجأنالخصائصالميكانيكيةللخرسانةالرملية المائعةتتحسنبزيادةاستبدالالرملالطبيعيبنفاياتالخزفوالمحار.

لذلكفمنالممكنالحصولعلىموادالبناءالجديدةالتييمكناستخدامهالأنواعمختلفةمنعناصر البناء.

Abstract

The main objective of this project consists of recovering and recycling the ceramic and shell waste in the mass of fluid sand concrete by volume substitutions of the sand in different percentages (10%, 20%, 30%, 40% and 50%,) . The properties in the fresh state and in the hardened state of the various mixtures produced were analyzed and compared with the respective control concretes.

The results obtained show that the spreading of fluid sand concrete is reduced according to the percentage increase in ceramic and shell waste. In addition, the mechanical performance of fluid sand concrete is improved as a function of the increased substitution of natural sand by ceramic and shell waste. So, it is possible to obtain a new eco-building material that can be used for different types of building elements.

S O M M A I R E

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Résumé

ملخص

Abstract

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Listes des symbols ET des abbreviations

Introduction général……01

CHAPITRE :1 SYNTESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Coquillages et déchets de coquillage……..…….03

1.1 Coquillage ……...……03

1.1.1 Introduction 03

1.1.2 Définition…….……..03

1.1.3 type de coquillage ……04

1.1.4 Composition de coquillage ……...06

1.1.5 Condition générales d'enlèvement……09

1.1.6 Valorisation de déchets de coquillage ……10

2. Céramique et déchets de céramique ……...11

2.1 Céramique …….....11

.2.1.1 Définition …….....11

2.1.2 Type de céramique……....12

- Céramique rouge……..……..12
- Céramique blanc……..……..16

2.1.3 Composition chimique de céramique……..17
2.1.4 Fabrication de la céramique rouge …….....20
2.1.5 Utilisation de céramique rouge.....25
1.3 Le béton de sable …….....28
1.3.1 Introduction …….28
1.3.2 Origines de béton de sable ……..29
1.3.3 Définition …….30
1.3.4 Les composants du béton de sable ……...30
1.3.5 Formulation du béton du sable…….31
1.4 Influence de déchets céramique rouge sur les propriétés des matériaux cimentaires……..……43
1.5 Influence de déchets de coquillage sur les propriétés des matériaux cimentaires……..47
1.6 Conclusion …….……...52

CHAPITRE :2 MATERIAUX ET ESSAIS

2.1 Introduction…….....54
2.2 Caractérisation des Matériaux utilisés……..54
2.2.1 Le sable….....54
2.2.2Le ciment ….....54
2.2.3 Ajouts (fillers)….....54
2.2.4 Adjuvant….....56
2.2.5 Eau de gâchage …….....58
2.2.6 Déchets de la céramique rouge …….....60
2.2.7 Déchets de coquillage ……..……61
2.3 Composition des mélanges …….....63
2.4 Malaxage et conservation….....64
2.5 Essais réalisés sur le béton......66
• A d'état frais

2.5.1 L'étalement au mini-cône…….....67
2.6 Préparation et conservation des éprouvettes …….....69
2.7 Essais réalisés sur le béton ….....70
• A l'état durci
2.7.1 Résistance à la compression…….....70
2.7.2 Essai de la résistance à la traction par flexion……...71
2.8 Variables étudiées…….....71
2.9 Conclusion……..…….72

CHAPITRE : 3 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

3.1 Introduction 74
3.2 Influence des déchets céramiques sur le comportement du BSF.....……74
3.2.1 Caractéristiques du BSF à l'état frais….....74
3.2.1.1 Etalement…….……..…….74
3.2.2. Caractéristique du BSF à l'état durci…….……..75
3.2.2.1 Résistances à la compression.....75
3.2.2.2 Résistance à la traction par flexion …….……..76
3.3 Conclusion…….....78
Conclusions générales……..….....80
Recommandations
Références bibliographiques
Annexe

Liste des Tableaux

Liste des Tableaux

Tableau 1.1Céramiques classiques……..…17

Tableau 1.2 Produits électrotechniques…….……...17

Tableau 1.3 Produits réfractaires…….18

Tableau1.4 Verres……...……..18

Tableau 1.5 Ordredes étapes selon lesquelles sont élaborés les cramiques 30

Tableau 2.1 Caractéristiques physique de sable et les déchets utilisés Caractéristiques Sable …….60

Tableau 2.2 Analyse chimique du ciment et composition du clinker……..……..62

Tableau 2.3 Caractéristique physiques du ciment ……..63

Tableau2.4 Evolution de la résistance du ciment en fonction de l'âge ……...64

Tableau2.5 Caractéristiques physiques des fins de marbre utilisé……...65

Tableau 2.6 Caractéristiques physiques de déchet de fonderie utilisé……..…...69

Tableau2.7 Compositions des Béton de sable fluide à base déchet céramique pour (1m3)……..70

Tableau2.8 Essais sur bétons durci……..75

Liste des Figures

Liste des figures

Figure.1.1. Coquillage [1]……..04

Figure.1.2 Les familles de bivalves [4]……..05

Figure. 1.3 : Les familles de gastéropodes [9]……...05

Figure.1.4 : mollusques "sans coquilles" - les céphalopodes [9]……..05

Figure. 1.5 : Décoration avec coquillage [13]……...11

Figure.1.6.Les produits céramique [15]……..12

Figure.1.7 : Vase en céramique, Théodore Deck, XIX^{e} siècle. [16]……..13

Figure.1.8: une toiture en tuiles……14

Figure.1.9: Les Faïences-Matériaux albigeois Élodie [19]……....14

Figure.1.10. Brique creux et Brique plaine. [21]……...15

Figure.1.11.Dalle de sol [23]…….16

Figure.1.12.Porcelaine. [25]……..17

Figure. 1.13 : le vase blanc [25]……...…..18

Figure.1.14. Fabrication de céramique [28]……...…19

Figure.1.15. fabrication des tuiles [29]……..…20

Figure.1.16. Fabrication de dalle de sol [32] ……..21

Figure.1.17.Carrelage au sol. [34]……..22

Figure.1.18.Le carrelage fait le mur. [35]……...24

Figure.1.20. Carte de déserts dans le monde. [36]……..26

Figure.1.21. Phare de port Saïd réalisé en Béton aggloméré Coignet (Egypte [37]……...27

Figure.1.22. Schéma explicatif de l'apparence du BS pur, BS chargé et du béton traditionnel. [37]……...34

Figure.1.23. Influence du diamètre D du sable sur le dosage en fines [37]…35

Figure.1.24..Influence de la dimension d sur la porosité minimale du béton pour deux tailles du sable [37]…….36

Figure.1.25: Relation entre l'ouvrabilité et le dosage (e + v) d'une matrice pour une mise en œuvre donnée [37]……..39

Figure.1.26. Coefficient d'activité du filler calcaire (modèle) [37]……40

Figure.1.27. Organigramme de la méthode théorique……44

Liste des figures

Figure.1.28. Evolution de la maniabilité en fonction du dosage en fines d'addition [37]…….....45

Figure.1.29. masse volumique apparente en fonction du dosage en fines d'addition [37]…….....46

Figure1.30 L'effet de déchets céramique rouge sur la fluidité des mortiers **[**42]…….46

Figure.1.31.L'effet de déchets céramique sur la densité de béton [45]……....47

fig.1.32 L'effet de déchets céramique rouge sur la fluidité des mortiers [42]……...47

Figure.1.33. L'effet de déchets céramique rouge sur la RC du béton [49]……...48

Figure.1.34. L'effet de déchets céramique rouge sur la Rt du béton [51]……48

Figure.1.35 L'effet de déchets céramique rouge sur le module d'élasticité du mortier **[41**]…….49

Figure.1.36 : Influence de déchets de coquillage sur la fluidité du mortier auto plaçant [20]…….50

Figure.1.37 : Influence de substitution de ciment par le coquillage sur la densité de ciment [21…….….50

Figure.1.38 : Effet de déchets de coquillers sur la densité de béton [22]…….....51

Figure. 1.39: Influence de substitution de sable par le coquillage sur la densité de MAP [20]……52

Figure.1.40: Effet de sable de coquillage sur la porosité du béton ordinaire [22]…..…..54

Figure.1.41 : Influence de substitution de sable par le coquillage sur la RC et Rt de MAP [20]…….54

Figure.1.42 : Effet de sable de coquillage sur la résistance à la compression du béton ordinaire [22]…….55

Figure.1.43 : Influence de substitution de ciment par le coquillage sur la RC de ciment [21]……....56

Figure.1.44 : Influence de substitution de ciment par le coquillage sur la Rt de ciment [21]…….56

Figure.2.1 Sable utilisé…….….60

Figure.2.2 Courbe granulométrique de sable utilisée…….60

Figure.2.3 Ciment MATINE……....62

Figure.2.4 Procédure de broyage de fillers de marbre……...66

Figure.2.5 Procédure de recyclage déchets céramique rouge ……...67

Liste des figures

Figure.2.6. Procédure de recyclage déchets de coquillage ……69

Figure.2.7 Séquence de malaxage du béton de sable fluide……..70

Figure.2.8 procédure de malaxage au laboratoire….....71

Figure.2.9 Mesure de l'étalement du béton de sable fluide….....72

Figure.2.10 Fabrication des éprouvettes…….75

Figure.2.11 Presse Hydraulique (2000KN)……...76

Figure.2.12 Essai de traction par flexion sur béton……78

Figure.2.1**3**Variables étudiées…….....79

Figure.3.1. Étalement de BSF à base de déchets céramique et coquillage.....80

Figure.3.3 La résistance à la compression à l'âge de 7 jours des BSF à base de déchets céramique et coquillage……81

Figure.3.3 La résistance à la compression à l'âge de 28 jours des BSF à base de déchets céramique et coquillage……84

Figure.3.3 La résistance à la traction par flexion à l'âge de 7 jours des BSF à base de déchets céramique et coquillage……..85

Figure.3.4. La résistance à la traction par flexion à l'âge de 28 jours des BSF à base de déchets céramique et coquillage……..85

Figure. A.1 CimentMATIN utilisé

Figure. A.2 La fiche technique ciment.…

Figure. A.3fiche technique d'adjuvanteutilisé…...

Figure.A.3 Tamiseuse électrique

Figure. A.5 Malaxeur

Figure. A.6 concassage par concasseur et broyage manuelle

Figure. A.7 Collecte des coquillages

Figure.A.8DC de coquillage

Figure.A.9essai de l'étalement**.**

Figure.A.10 los Anglos……

Figure. A.11 Les éprouvette avant l'écrasement

Liste des symboles et des Abréviations

Liste des Symboles et des Abréviations

FFOM : Fraction fermentescible des ordures ménagères

DIS : Déchets industriels spéciaux

DMS : Déchets ménagers spéciaux

D.I.B. : Les déchets industriels banals

MF : Aminoplastes

COV : Composés organiques volatils

BS : Béton de sable

E/C : Eau/Ciment

C : Dosage en ciment

C_2S : Silicate bi calcique (belite)

C_3A : Aluminate tricalcique

C_3S : Silicate tricalcique (alite)

C_4AF : Aluminate-ferrite tétra calcique

$CaCO_3$: Carbonate de calcium

Al_2O_3 : Oxyde d'Aluminium

Fe2O3 : Oxyde de fer

Cao : Oxyde de calcium

S_iO_2 : Silicium

MgO : Magnésium

Dmax **:** Diamètre maximale des granulats

G/S: Gravillons sur sable

ES : Equivalent de sable

R7j : Résistance à 7 jours

R28j : Résistance à 28 jours

R90j : Résistance à 90 jours

DRX : Diffractomètre au rayon X

MEB: Microscope électronique à balayage

V : Volume des vides du mélange granulaire ;

V0 : Constante expérimentale comprise entre 0,7 et 0,8 ;

d : La dimension du plus petit grain de l'étendue granulaire

M sable: masse nécessaire pour 1 m^3 du béton de sable.

Liste des symboles et de l'abréviations

MV sable : masse volumique du sable.

MVA sable : masse volumique absolue du sable.

V : le volume d'eau à rajouter ou à retrancher selon l'écoulement.

CPA CEM I 42.5 : Ciment Portland ordinaire de Classe 42,5

ρ : masse volumique apparente (kg.m-3)

ρs : masse volumique absolue (kg.m-3)

λ : Conductivité thermique (W/m°C)

ν : La distance de la fibre la plus éloignée

$\mathbf{R_C}$: Résistance à la compression en (MPa)

$\mathbf{F_C}$**:** Charge de rupture en (N);

b: Côte de l'éprouvette

ε : porosité totale (%)

$\boldsymbol{M_{air}}$ **:** La masse d'éprouvette imbibée pesé dans l'air

$\boldsymbol{M_{sec}}$ **:** La masse d'éprouvette sec

$\boldsymbol{M_{eau}}$ **:** La masse d'éprouvette immergée dans l'eau

BSFT : Béton de sable fluide témoin.

BSFT : Béton de sable fluide témoin.

BSFDCR : Béton de sable fluide à base de déchets céramique rouge.

Δ**L** : Variation de longueur par apport à la longueur origine,

L0 : Longueur de base, prise égale à 160mm.

Δ**M** : Variation de masse par apport à la masse au moment du démoulage,

M : Masse de l'éprouvette au moment du démoulage.

Introduction générale

Introduction générale

Le transit des déchets est un problème grave en raison de leur âge. Sa gestion est donc nécessaire, que ce soit d'un point de vue environnemental, économique ou social. Parmi eux setrouventdesdéchetscéramiques.

Le béton du sable fluide répond aux besoins de performance et de productivité des chantiers de construction ainsi qu'à la qualité et à la durabilité des travaux. Ce béton s'est avéré d'une grande importance dans certaines conditions d'utilisation telles que: absence de vibrations, mauvais accès aux zones des déchets et formes complexes et nécessité de pomper le béton sur de longues distances.

Ce travail consiste à utiliser des déches des céramiques et coquillages après avoir été séches et broyé, séchés, puis incorporés dans le béton du sable fluide en remplaçant le volume du sable par des pourcentages (10%.20%, 30%, 40%, 50%). **A**insi, le composé final est un béton du sable à base des déches céramiques et coquillage. Chaque matériau de base qui constitue ces matériaux est utilisé soit pour récupérer des matériaux locaux, soit pour réutiliser des déchets industriels.

Afin d'atteindre ces objectifs, le travail présenté suit une approche pas à pas centrée sur les trois chapitres suivants:

- ✓ **D**ans le premier chapitre, nous présentons une synthèse bibliographique qui combine les généralités sur les déches céramiques et coquillage le béton du sable fluide, l'activité du recyclage et l'effet des déchets céramiques et coquillage sur les propriétés des matériaux de construction.
- ✓ **D**ans le chapitre deux, nous présentons les propriétés des matériaux de base, la formulation du béton sable fluide et les techniques expérimentales utilisées pendant cette étude pour évaluer la durabilité, la densité, la résistance à la compression, la résistance à la traction par flexion.
- ✓ **L**e troisième chapitre présente l'analyse et la discussion des résultats obtenus.

Enfin, des conclusions générales et des recommandations pour les travaux futurs sont présentées.

Chapitre :1 Synthèse bibliographique

1. Coquillages et déchets de coquillages

1.1 Coquillages

1.1.1 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 Turballe 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 ménagères. [1]

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

1.1.2 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.[2]



Figure.1.1 Coquillage [3]

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). [2].

1.1.3 Type de Coquillages

On distingue trois types de coquillage [4]

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...



Figure.1.2 Les familles de bivalves [4]

B) Les gastéropodes

Sont des coquilles d'une seule pièce, souvent enroulée en spirale. On y trouve notamment les familles suivantes :

- Ormeaux.
- Bigorneaux.
- Bulots.



Figure.1.3 Les familles de gastéropodes [4]

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.

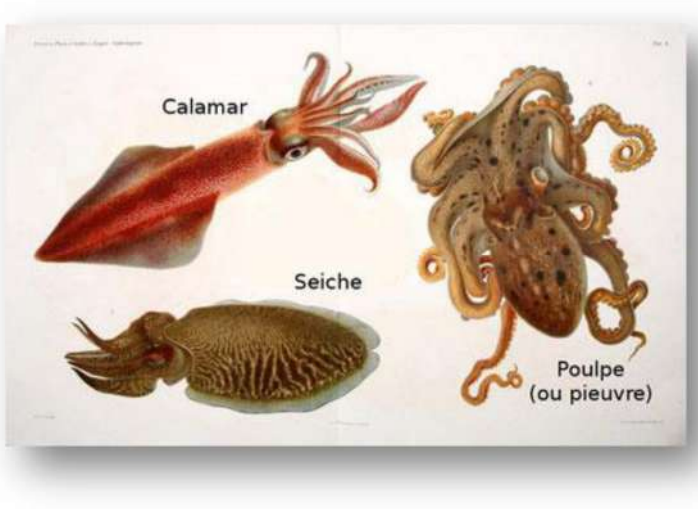


Figure.1.4 mollusques "sans coquilles" - les céphalopodes [4]

1.1.4 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. [5]

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. [6]

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). [6]

C) reconnaître les coquillages

La praire que l'on reconnaît à ses stries

Certaine coquillages comme le couteau est repérables par les jets d'eau qu'ils émettent. D'autres par des trous dans le sable, en effet les siphons des coquillages laissent une trace, le plus souvent deux petits trous côte à côte.[6]

D)La fabriquation des coquillages

Les coquillages sont généralement en calcite, la forme cristallisée la plus habituelle du $CaCO_3$. Les roches calcaires sont constituées de myriades de petits cristaux de calcite. Les organismes marin puisent le calcium dans la mer et utilisent le CO_2 que les océans capturent à partir de l'atmosphère.[6]

E) jeter des coquillages

On peut les jeter dans la poubelle des déchets ménagers. Cette fameuse unité fait le tri pour nous en récupérant le méthane dégagé par les ordures, leur chaleur, produit de l'électricité et finit même par en faire du compost.[6]

F) broyage des coquillages

Broyez vos coquilles le plus finement possible à l'aide d'un marteau afin d'obtenir une poudre. Conseil : passez-les au four. Elles seront plus faciles à broyer. Mettez-en ensuite dans le bac à nourriture de vos gallinacés[6].

G) recyclage les coquilles Saint-Jacques

D'où l'intérêt de les transformer en compost (oui, c'est tout à fait possible !) ! Les coquilles peuvent permettre d'améliorer l'acidité d'un sol. Mieux, la coquille st-Jacques émettrait même des ondes positives qui permettraient à des végétaux plantés juste à côté de garder la forme[6].

H) formation la coquille de la Saint-Jacques

Elle est formée de deux valves à côtes dont l'une est bombée et l'autre plate. Une oreillette est présente de chaque côté de la charnière qui est tenue par un ligament. La couleur de la coquille varie selon son habitat. Elle peut être rosée, rougeâtre, brunâtre ou jaunâtre et mesure de 9 à 15 cm[6].

I) jeter les coquilles de moules

Si elles ne peuvent pas être réutilisées selon les solutions présentées précédemment, il ne reste qu'une seule solution pour s'en débarrasser : les jeter à la poubelle[6]

J) broyage coquille moule

Comment broyer les coquilles de moules? Passer les coquilles de moules au four, les rend plus friable et ensuite les écraser au marteau sera plus faciles[6]!

K) fixation des coquillages

Pour fixer des coquillages sur un mur, il faut idéalement utiliser une colle forte, voire très forte. Non, une simple colle UHU ou Super Glue n'est pas recommandée... Pour cela, préférez de la colle type polyuréthane, qui est très efficace mais malheureusement assez chère et difficile à trouver[6].

L) le recyclage après les fêtes de fin d'année

Coquillages : Après les repas des fêtes de fin d'année, peu de solutions existent pour recycler les coquillages. Pourtant les idées ne manquent pas : une entreprise française du Morbihan a mis au point des montures de lunettes fabriquées à partir de coquilles vides

Implantée à La Rochelle Périgny, dans la zone industrielle, 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. Ovive produit également des micros brisures pour la télé captage des larves d'huitres en écloserie. 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. Ovive peut en séparer et valoriser la fraction coquillièreNous pouvons procéder à la destruction des déchets de moules et de crustacés.Acteur du Développement Durable depuis sa création, Ovive produit maintenant 50% de son électricité par les 740 m2 de panneaux photovoltaïque installés sur son nouveau bâtiment.3°) Collecte en bigbang

Les coquilles peuvent être entreposées dans des bigbangs que nous ramasserons.

Nous mettons à votre disposition des bigbangs vides de 1, ou 1,5 m3. Si besoin, nous fournissons une station de remplissage pour une location annuelle. Quand les bigbangs sont pleins, vous nous appelez (fax ou mail). Nous les enlevons et nous vous en redonnons des vides. S'il y a au moins 30 m3, le transport est à notre charge[6].

1.1.5 Conditions générales d'enlèvement

A)Nos conditions de reprise dépendent étroitement de la qualité d'arrivée des déchets

- Coquilles d'huîtres, sans aucun DIB, débarrassés de la fraction terreuse (criblage à sec à 15 mm), ressuyage à l'air d'au minimum 2 mois : repris à 0 €/T arrivées à Périgny.
- Coquilles d'huîtres, sans DIB, non ressuyés : coût de reprise : 0 à 25 €/T HT arrivées à Périgny.
- Coquilles d'huîtres, avec DIB, non ressuyés : coût de reprise : 30 à 50 €/T HT arrivées à Périgny[6].

B)Nos conditions de traitement

- Déchets mytilicoles sans DIB : 97 € HT la tonne déposée dans la benne.
- Déchets de crustacés ou mélangés : 110 € HT la tonne déposée dans la benne.

-Location et transport du caisson non compris (nous interroger)[6].

C)Dans les huîtres, par mauvaise qualité, nous entendons

- Trop de cailloux, trop de moules, de crépidules.

- Présence d'éléments indésirables (DIB) : fer à béton, crochets, caoutchouc, gants, bouteilles, ficelles et cordages, mannes, poches, déchets ménagers, etc. (DIB = Déchets Industriels Banals).

- réduire la charge de matières fermentescibles, en laissant les coquilles en extérieures pendant 2 à 3 mois[6].

1.1.6 Valorisation de déchets de coquillages

L'arrivée de l'archéomètre alcoologie 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. [7]

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. [8]



Figure.1.5Décoration avec coquillage[9]

1.2 Céramique et déchets de céramique

1.2.1 Céramique

1.2.1.1 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]





Figure.1.6 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.[12]

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 [12]. 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.



Figure.1.7 Vase en céramique, Théodore Deck, XIX^{e} siècle[13]

1.2.1.2 Type de céramique

- **Céramique rouge**

✓ **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 apprécié……[14]



Figure.1.8une toiture en tuiles[15]

✓ **Les faïences**

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…. [16].



Figure.1.9 Les Faïences-Matériaux albigeois Élodie[17]

✓ **Brique**

Une brique est un élément de construction généralement en forme
de parallélépipède rectangle constitué de terre argileuse crue, séchée au soleil

Brique crue — ou cuite au four, employée principalement dans la construction de murs.
On distingueLes divers types de briques :

✓ La brique rouge. La brique, également appelée brique pleine, est très utilisée pour la construction de maison. ...

✓ La brique Creuse. ...

✓ La brique de parement. ...

✓ La brique réfractaire. ...

✓ La brique de verre.

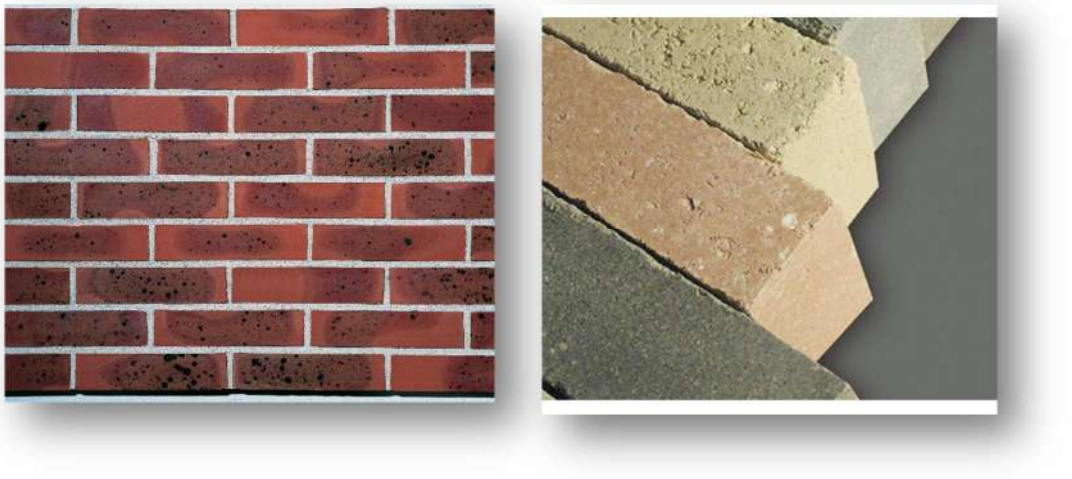


Figure.1.10 Brique creux et Brique plaine[18]

- **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 rez-de-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. [19]



Figure.1.11 Dalle de sol[20]

- **Céramique blanc.**
- **La porcelaine**

C'est un matériau naturel traditionnel pour la fabrication des W.-C., élaboré à partir d'argile et de substances minérales On le trouve dans de nombreuses couleurs, même si le blanc est toujours prédominant. Facile à nettoyer car très lisse, la porcelaine possède une **bonne résistance à l'usage des produits ménagers,** y compris à l'eau de Javel et aux produits anticalcaires.

Les W.-C. en porcelaine ont pour principal défaut **leur fragilité**, ce qui ne présente pas d'inconvénient majeur pour un usage familial, mais les rend **inadaptés à une utilisation dans une collectivité**…… ..[21]



Figure.1.12 Porcelaine[22]

*** Vase blanc en terre cuite**

- grand **vase blanc** a été été fabriqué en **terre cuite** à la force des bras, sur un tour à pied.
- Ensuite il a été séché à l'air libre puis entreposé dans des fours pour la cuisson.
- Slim le peint enfin à la peinture mate dans différents coloris. Ici, le blanc mat illuminera votre décoration.
- L'argile est extraite à la pelle et à la pioche, puis elle est plongée dans un bassin plein d'eau. Ensuite elle est pétrie sous les pieds nus des artisans. Une fois ferme, elle passe au pétrissage manuel pour préparer la motte destinée à la fabrication des poteries. L'objectif de la manœuvre est de supprimer toute bulle d'air, qui serait fatidique à la cuisson du grand vase] blanc….. [23]



Figure.1.13 le vase blanc.[25]

1.2.1.3 Composition chimique de céramique

La composition de certains matériaux en argile….. [26]

Composition	argile	Kaolin	feldspath	Craie	Talc	Quartz
Grés	80	-	-	-	-	20
Faïence	50	-	20	(20)	(20)	30
Porcelainedure	3	42	25	5	-	25
vitréous	50	-	25	-	-	25

Tableau.1.1Céramiques classiques[27]

Tableau.1.2 Produits électrotechniques[27]

Composition	Argile	kaolin	feldspath	Craie	Talc	Alumine	Carbonate de barium
Stéatite	-	5	-	-	80	-	20
Porcelainealumineuse	3	42	25	5	-	25	-
Produitalumineux	-	10	-	-	10	80	-
Vitréous	50	-	25	-	-	25	-

Tableau.1.3 Verres [27]

Composition	Quartzite	Carbonate de NA	Craie	Borax	Quartz pur
Verre a vitre standard	60	20	20	-	-
pyrex	60	10	20	10	-

1.2.1.4 Fabrication de la céramique rouge

Les céramiques sont élaborées selon l'ordre montré dans le tableau 1.5 ci-dessous. [27]

Tableau.1.4 Ordre des étapes selon lesquelles sont élaborés les cramiques

Famille de céramiques	1ére étape	2éme étape	3éme 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

- **Labrique**

La brique d'argile est l'un des plus anciens matériaux de construction connus. Servit-elle à édifier la tour de Babel il y a 12 000 ans? La question reste posée, mais la brique servit en tout cas pour construire Babylone 3 000 ans avant Jésus-Christ, puis les ouvrages colossaux des Romains, la Grande Muraille de Chine et certaines cathédrales (Lubeck, Albi). Bien utilisée, elle défie les siècles et les intempéries. De nos jours, la fabrication en est entièrement mécanisée : traitement de la pâte (autrefois, les ouvriers piétinaient l'argile humide), façonnage, séchage (il durait jadis près de deux ans) et cuisson. Les fours modernes peuvent traiter jusqu'à trois millions de briques à la fois, à une température de 900 à 1000 °C, 1250 °C pour les briques vernissées. Parfois, la présence de sel dans l'atmosphère de cuisson confère aux produits une légère glaçure. La brique bien cuite est lisse d'aspect et rend un son clair ; la brique mal cuite est friable et rend un son sourd [27].

- **Les faïences**

Sont des terres cuites recouvertes en surface d'un émail qui les rend imperméables aux liquides. La fabrication s'effectue en deux stades : d'abord établissement et cuisson de l'objet, appelé alors "biscuit de faïence", puis émaillage et nouvelle cuisson pour durcir le décor. Suivant la composition de la pâte et la nature de l'émaillage, on obtient des faïences différentes. Elles servent à l'exécution de poteries culinaires, de vaisselle plus ou moins décorée, d'appareils sanitaires ou de carreaux de revêtement. Si par émaillage la faïence est rendue imperméable, elle reste toutefois fragile et sensible aux brusques changements de

température. C'est pourquoi les carreaux de faïence, qui offrent un choix de couleurs et de motifs variés, ne sont utilisés qu'en revêtement mural. Faciles à entretenir, ils ne sont pas attaqués par les acides et ne se rayent que difficilement. Ils sont couramment employés pour protéger les murs des locaux humides (salles de bains, cuisines, etc.) ou pour créer une note décorative sur une table ou sur un plan de travail. En principe, ils résistent à la chaleur, veillez cependant à ne pas les exposer à une température trop élevée qui ferait fissurer l'émail et enlèverait au carreau ses qualités d'étanchéité. Les carreaux de faïence sont en général de forme carrée (150 mm x 150 mm ou 108 mm X 108 mm) ou rectangulaire (100 mm x 150 mm), et d'une épaisseur assez faible, de 4 à 6 mm Vous pourrez constater que, parmi les nombreuses fabrications présentées sur le marché, il existe parfois une énorme différence de prix de vente. Cela provient du mode de fabrication des carreaux qui peuvent être soit émaillés en continu sur une chaîne automatique (carreaux unis, jaspés...), soit émaillés, puis décorés à la main un par un pour reproduire un motif donné. Ce dernier procédé (encore utilisé de nos jours et dans la plus pure tradition artisanale) est évidemment d'un coût plus élevé … [27]

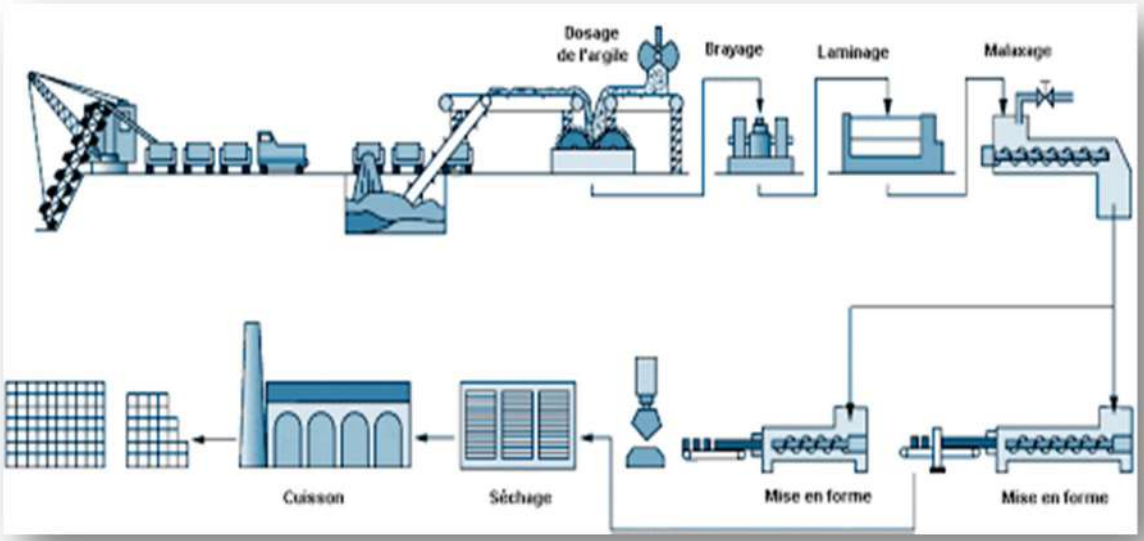


Figure.1.14 Fabrication de céramique[28]

- **La fabrication des tuiles**

D'abord, l'argile est extraite d'une carrière. Elle est ensuite acheminée à l'usine qui va la transformer. Ce n'est jamais un long voyage, car une usine est toujours à proximité de sa carrière. Ensuite, l'argile est broyée, mélangée avec de l'eau, puis débitée (ou extrudée) sous forme d'un long ruban. Ce ruban est alors découpé, moulé, en tuiles de tailles variées.

Dans certains cas, on les recouvre de pigments minéraux qui donneront une large palette de couleurs aux tuiles. Les tuiles sont séchées, puis cuites pendant plusieurs heures à environ 1000°C. Les fours peuvent atteindre plus de 200 mètres de long ! Pour diminuer les émissions de CO2 issues du séchage et de la cuisson, les fabricants utilisent de plus en plus de sources d'énergies renouvelables : biogaz obtenu à partir de la méthanisation des déchets, électricité issue de champs de panneaux photovoltaïques…etc. …... [29]

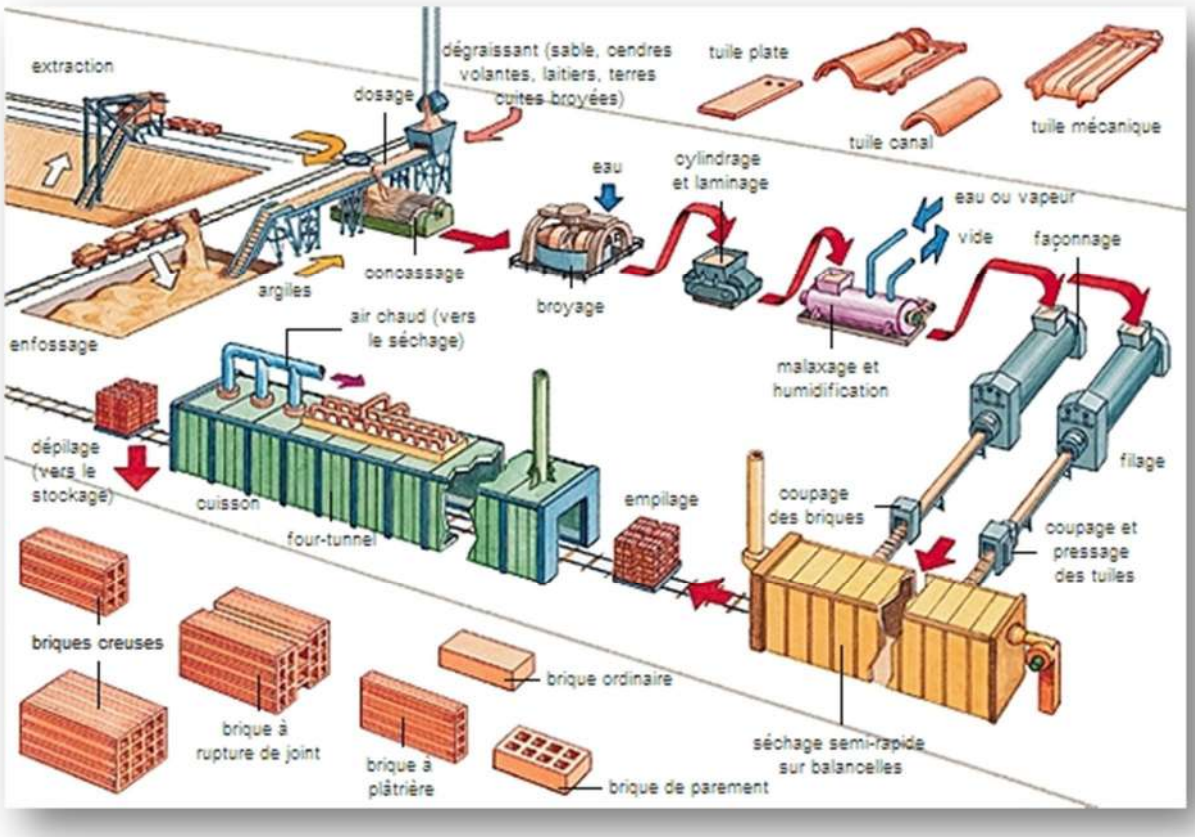


Figure.1.15 abrication des tuiles[29]

- **Fabrication de Dalle de sol**

Les matières premières sont mélangées et broyées de manière à former une pâte fine et homogène appelée barbotine. Cette barbotine est ensuite séchée via un atomiseur qui permet d'en extraire l'eau pour n'en retenir que la poudre. Cette poudre est ensuite injectée dans un moule de la taille et de la forme recherchée du carreau, puis est enfin pressée. Après pressage, le carreau est nettoyé puis soumis à plusieurs étapes de séchage pour faire tomber son taux d'humidité de 5-6 % à environ 0,5 %.

Le carreau sera ensuite émaillé. Afin de lui donner l'aspect recherché, il existe trois types d'émaillage : l'émaillage à sec, l'émaillage humide et la sérigraphie. Le zircon (ou silicate

de zirconium $ZrSiO_4$) est utilisé pour l'opacification des émaux. Cet usage représente 53 % de la consommation mondiale de zirconium.

Le carreau subit une dernière étape de cuisson au four avant d'être conditionné pour la vente. [31].



Figure.1.16 Fabrication de dalle de sol[32]

1.2.1.5 Utilisation de céramique rouge

- **La mise en œuvre des produits céramiques**

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.[33]

- **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. [33]



Figure.1.17 Carrelage au sol[34]

- **Lecarrelage demurs**

Le procédé, sans être tout à fait différent, n'exige pas les mêmes impératifs de solidité. Le carrelage doit cependant être plan et étanche, mais les carreaux utilisés sont moins volumineux et moins difficiles à sceller. Il s'agit en général de carreaux de faïence ou de mosaïque pouvant être scellés avec un ciment-colle ou une colle spéciale, procédé plus souple d'utilisation et mieux adapté aux travaux d'amateur. Comme pour le carrelage d'un sol, la pose s'effectue sur un support plan et lisse, mais il n'est pas impératif de réaliser un enduit au mortier. On peut poser ce carrelage sur un mur de plâtre ou sur une cloison en briques dont la surface a été préalablement enduite et lissée comme pour recevoir de la peinture ou du papier peint. (Il peut tenir également sur une cloison en aggloméré de bois ou même sur le plateau d'une table, pourvu que les matériaux servant de supports ne soient

pas trop sensibles aux variations atmosphériques.) Sur un support plan, vous pouvez poser vous-même un carrelage en utilisant un mastic adhésif ou une colle spéciale, ce qui ne demande pas de connaissances techniques particulières. Prévoyez simplement un ordre de travail bien déterminé et commencez, si possible, par une petite surface, afin de vous faire la main. Voici une façon logique de conduire cette opération : - Relevez les dimensions de la surface à carreler ainsi que celle de tous les objets qui s'y trouvent (ce sont tous les éléments fixés au mur tels que lavabos, évier, etc.). -Dessinez sur un papier, à échelle réduite, la position des lieux, puis, sur un autre papier transparent, le quadrillage représentant le carrelage terminé. - Superposez les deux plans pour étudier la disposition la plus logique et comptez le nombre de carreaux utiles. - En vous aidant du plan, tracez alors sur le mur une ligne horizontale et une ligne verticale correspondant à la première rangée de carreaux horizontaux et à la première rangée de carreaux verticaux. Utilisez un fil à plomb et un niveau pour que ces deux lignes soient rigoureusement perpendiculaires. - Le long de la ligne horizontale, fixez momentanément au mur une règle en bois qui servira de guide à la première rangée de carreaux. - Ensuite, préparez vos carreaux, empilez-les en respectant l'ordre qu'ils doivent occuper, puis encollez le mur.
- Étalez la colle à l'aide d'une spatule crantée, égalisez l'épaisseur du film de colle pour qu'il soit partout identique (2 à 3 mm). - Mettez en place la première rangée de carreaux horizontaux, puis la première rangée gauche de carreaux verticaux. Travaillez avec soin, prenez le temps de vérifier la position de chaque carreau, la colle ne sèche pas instantanément .Continuez en plaçant alternativement une rangée horizontale et une rangée verticale jusqu'à ce que toute la surface soit carrelée... [33]



Figure.1.18 .Le carrelage fait le mur[35].

I.3 Le Béton de sable

1.3.1 Introduction

Les régions du sud du pays dépourvus de matériaux pierreux et très riches en sable. Dans ces régions n'est-il pas préférable d'utiliser des bétons de sable dont le résultat atteindra des performances mécaniques analogues à celles des bétons traditionnels.

Le béton traditionnel a été préféré au béton de sable utilisé antérieurement vu l'abondance des granulats du plus gros calibre permettant d'obtenir facilement des niveaux élevés de résistances. Le béton de sable retrouve cependant de nos jours un intérêt certain du fait des propriétés spécifiques de ce matériau, par rapport au béton traditionnel : excellente maniabilité et cohésion, bonne adaptation aux milieux fortement ferraillés, qualités esthétiques, etc. Par ailleurs, dans certaines régions riches en sable, il peut procurer des économies par rapport au béton traditionnel.



Figure.1.19 Carte de déserts dans le monde[36]

1.3.2 Origines de béton de sable

Le béton de sable confectionné par F.coignet dans le 3ème quart de XIX (19ème) siècle en France. Il était constitué de sable, de ciment, de chaux et d'eau

Les premières tentatives de correction granulaire restent l'apanage de François.Coignet qui, pour les besoins de réalisation de certaines parties de l'aqueduc de Vanne construit entre 1869 et 1872,mélange a un sable fin traditionnel à un sable non utilisé à l'époque car jugé impropre à la construction.

Cette technique a été mise au point depuis des décennies, en URSS, en témoignent la réalisation du port Kaliningrad en Prusse- Orientale en béton de sable au début du siècle et aussi du pont de Cherna skif coulé sur place à Voronej (500Km de Moscou).

A la fin du second conflit mondial, le professeur académicien Rebinder a permis l'utilisation de ce matériau dans plusieurs domaines : (les chaussés, les pistes d'aviation, élément de remplissage, murs architecturaux, planchers, dalles, réhabilitation, etc.).



Figure.1.20 Phare de port Saïd réalisé enBéton aggloméré Coignet (Egypte)[37]

1.3.3 Définition

Selon la norme française NF P 18-500, le béton de sable est un béton fin constitué par un mélange de sable(s), de ciment, d'addition(s) et d'eau ; outre ces composants de base, le BS comporte habituellement un (ou plusieurs) adjuvant.

Les ajouts (fibres, colorants, ...) utilisés dans le béton traditionnel peuvent également être incorporés au mélange.

L'incorporation de gravillons d/D autorise l'appellation «béton de sable» tant que le rapport massique G/S reste inférieur à 0,7 (G = gravillon ; S = sable) : on parle alors de béton de sable chargé.

On peut admettre l'emploi d'un granulat à granulométrie continue de 0 mm à un maximum de 8 mm tant que le rapport pondéral entre les éléments supérieurs à 4 mm et les éléments inférieurs à 4 mm reste également inférieur à 0,7.

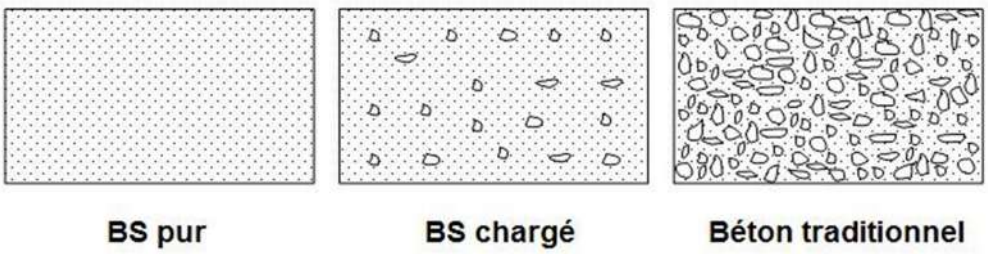


Figure.1.21 Schéma explicatif de l'apparence du BS pur, BS chargé et du béton traditionnel[37]

1.3.4 Les composants du béton de sable

Un béton de sable est composé de sable, de fines d'ajouts, de ciment et d'eau. Par rapport à cette composition de base et pour répondre aux besoins de certain usage, d'autres ajouts spécifiques peuvent être envisagés : gravillons, fibres, adjuvants[37]

A)Les sables

Par sables en entend tous granulats 0/D conformes aux définitions des normes NF P 18-101 et NF P 18-301. Il s'agit soit d'un sable naturel alluvionnaire ou de ballastière, soit d'un sable de carrière issu du concassage d'une roche massive ou détritique. Aucun critère granulaire n'est à priori exigible pour réaliser un béton de sable : on peut utiliser aussi bien un sable fin même (holométrique, type sable de dune) qu'un sable alluvionnaire moyen ou grossier ou de type (0/D) de concassage [38]. La seule restriction d'emploi des sables réside dans leur propreté. Même si des études ont été faites sur les sables- pollués, aucune application n'a été réalisée avec ces sables. Les sables riches en fines naturelles nécessitent généralement beaucoup plus d'eau de gâchage, ce qui entraîne une chute de la résistance. Mais il est plus prudent à ce stade de se limiter à l'utilisation des sables propres tels qu'ils sont employés pour les bétons classiques.

- **Classification des sables selon leurs provenances**

Selon leurs provenances, les sables peuvent être classés comme suit :

- **Sable de rivière :** il est obtenu par dragage des lits des cours d'eau. Il doit être dur etpropre pour qu'on puisse l'utiliser dans les bétons.
- **Sable de mer :** il provient des côtes de la mer. Pour l'utiliser dans les bétons, il fautqu'il ne soit pas trop fin et qu'il soit lavé de son sel.
- **Sable de carrière :** Il contient souvent de l'argile qui enrobe les grains et les empêched'adhérer aux liants. Il est donc à proscrire.
- **Sable artificiel :** il est obtenu par concassage des roches (calcaires durs, gré …). Il estsouvent plein de filler. Pour qu'il soit utilisable dans les bétons, il faut limiter le pourcentage des fines.
- **Sable de dune :** c'est une variété des sables de mer. Il est donc très fin. Les sables dedune se trouvent dans les régions sud du pays. Ils sont situés en zone présaharienne. Les sables retenus sont ceux issus des dunes continentales. Ces dunes sont constituées des nombreux amas de sables fins accumulés dans certaines régions spécifiques du Sahara.

A)Les fines d'ajout (ou addition)

La qualité essentielle du béton de façon générale est sa compacité. Les paramètres essentiels qui vont jouer sur la compacité sont [37]:

- ✓ La granulométrie du mélange et sa teneur en eau.
- ✓ L'énergie de mise en place.

La différence entre le béton classique et le béton de sable réside principalement dans la granulométrie différente.

L'optimisation de la compacité, en relation avec la granulométrie, obéit à certaines règles, le principe est simple : les éléments les plus fins se logent dans les éléments les plus gros ; c'est en quelque sorte le principe des tables gigognes. Dans le cas d'un béton classique, on part des éléments les plus gros qui sont les gravillons (10 à 20 mm) ; ils créent des macrovides que l'on peut remplir par des sables et les vides du sable par des fines. Et ces fines sont du ciment, puisque la quantité nécessaire de ciment pour assurer la résistance coïncide avec celle qu'il faut en fines pour obtenir la bonne compacité. Cette concordance entre le besoin en fines et le dosage en ciment est interprétée par la règle suivante: [37]

$$C = 550/\sqrt[5]{D} \text{ ou } C = 700/\sqrt[5]{D} \ldots\ldots \text{ (Selon l'usage du béton)}$$

Donnant le dosage minimum en ciment en fonction du diamètre (D) du granulat employé.

Tableau.1.5 Relation entre la granulométrie et le dosage en ciment

Granularité	$\sqrt[5]{D}$	$550/\sqrt[5]{D}$	$700/\sqrt[5]{D}$	
0/25	1.904	290	370	
0/20	1.821	300	385	
0/16	1.741	315	400	BETON
0/8	1.516	360	460	
0/6.3	1.445	380	480	
0/4	1.320	415	530	
0/2	1.149	480	610	MORTIER
0/1	1.000	550	700	

1.3.5 Formulation de béton de sable

1.3.5.1 Composition de béton de sable

Un béton de sable est composé de sable, de fines d'ajouts, de ciment et d'eau. Parrapport à cette composition de base et pour répondre aux besoins de certain usage, d'autres ajouts spécifiques peuvent être envisagés : gravillons, fibres, adjuvants.[38]

✓ **Sables**

Les sables utilisables sont ceux conformes aux définitions des normes NFP18-541[8] (ES≥75 si le sable est roulé et ES≥ 65 s'il est concassé). Il peut s'agir d'un sable alluvionnaire, de ballastière ou de concassage 0/D. Aucun critère granulométrique n'est exigible à priori, la seule restriction d'emploi réside dans la propreté. Les sables de plage ou des dunes pourraient donc être utilisés. [39]

✓ **Les ciments**

Comme pour le béton classique, le ciment utilisé pour la confection d'un béton de sable est conforme à la norme NF P 15-301. Le choix du ciment est fait à partir de sa classe de résistance, de ses caractéristiques d'hydratation, de l'agressivité du milieu…et, d'une façon plus générale, de la composition du béton et de l'usage auquel on le destine. [40]

✓ **L'eau**

L'eau utilisée pour la confection des bétons de sable est conforme à la norme NFP18-303. L'eau efficace comprend, en plus de l'eau de gâchage, une quantité non négligeable d'eau apportée par les additions, adjuvants et autres ajouts, et surtout par les sables. [40]

✓ **Les fines d'ajouts**

Une qualité essentielle du béton de façon générale est sa compacité. Les paramètres essentiels qui vont jouer sur la compacité sont :- La granulométrie du mélange et sa teneur en eau,- L'énergie de mise en place.

Des fillers de dimensions majoritairement inférieures à 80 μm sont utilisés pour remplir les vidés entre les grains de sable afin de réduire la quantité de ciment. Leur rôle assure deux fonctions principales : l'une grossière de remplissage, l'autre d'ordre physico-chimique devant améliorer l'enchevêtrement cristallin et la cohésion du mélange. La forme des grains et la nature géologique des fillers influent sur la quantité d'eau requise pour obtenir un mélange maniable. [39].

- **Et on distingue plusieurs types d'addition (active ou inerte)** [41]

A. Type d'addition active

-La pouzzolane : Les pouzzolanes sont des matériaux, naturels ou artificiels.

Pouzzolane naturelle : Est un produit d'origine volcanique essentiellement composé de silice, d'alumine et D'oxyde de fer ayant naturellement des propriétés pouzzolanique.

-Pouzzolane artificielle :C'est une matière essentiellement composée de silice, d'alumine et d'oxyde de fer ayant subi un traitement thermique pour lui assurer des propriétéspouzzolaniques. Les roches traitées thermiquement : argiles, schistes, latérite, bauxite.

-La fumée de silice : Les fumées de silice sont des particules très fines (taille moyenne des graines environ 1µm) présentant une très forte teneur en silice amorphe. Elles proviennent de la réduction de quartz de grande pureté par du charbon dans les fours à arc électrique utilisés pour la production de silicium et d'alliage Ferro silicium.

-Le laitier de haut fourneau : Ou le laitier broyé comme il voudrait peut-être mieux l'appeler est un sous-produit de la fabrication de la fonte brusquement refroidi par aspersion d'eau, c'est un matériau comporte de l'oxyde de calcium dans des proportions de l'ordre de 40à 50 %, de la silice entre 25 à 35%, de l'alumine entre 12 à 30% ainsi que la magnésie et d'autres oxydes en très faibles quantités, tous ces éléments étant pratiquement les mêmes que ceux du clinker.

-Les cendres volantes : Les cendres volantes sont des poudres fines constituées principalement de particules vitreuses de forme sphérique, issues de la combustion du charbon pulvérisé en présence ou non de COcombustibles, ayant des propriétés pouzzolaniqueset composées essentiellement de SiO2 et de Al2O3 ; la proportion de SiO2 réactive constituant au moins 25 % de la masse.

B)Types d'addition inerte

- Les additions calcaires conformes à la norme NF P 18 508.
- Les additions siliceuses conformes à la norme NF P 18 509.
- Les fillers « fillers siliceux de classe B, C » conforme à la norme NF P 18 501.

- ✓ **L'adjuvant**

On utilise les mêmes adjuvants que le béton classique avec la spécificité privilégier les réducteurs d'eau et améliorent la maniabilité et la résistance simultanément. Les adjuvants utilisés doivent être conformes à la norme NF P18-103. [42]

1.3.5.2 Méthode de formulation de béton de sable

Dans la formulation des bétons traditionnels, on cherche généralement d'obtenir les propriétés essentielles : l'ouvrabilité et la résistance mécanique, à partir d'une combinaison de leurs constituants (sable, gravillon, ciment et eau). Dans ce cas, il existe plusieurs méthodes de formulation permettant de viser ces propriétés, en se fixant généralement la taille des plus gros granulats sur la base de considérations technologiques.

Dans le cas du BS (caractérisés par sa granulométrie fine), l'application directe des méthodes de formulation adaptées aux bétons traditionnels conduit généralement à des dosages très élevés en ciment. A cet effet, les pâtes de ces bétons contiennent toujours, en supplément du ciment et de l'eau, des ajouts et des adjuvants, afin de minimiser le dosage de ciment.

Deux types d'approches de formulation sont présentées : une approche théorique, basée essentiellement sur l'optimisation de la compacité du BS en partant de la relation de Caquot et une méthode expérimentale, basée sur la réalisation de gâchées.[37]

1.3.5.2.1 Approche théorique de la formulation des bétons de sable

Les agrégats d'un béton jouent un rôle d'ossature et la pâte (généralement le ciment avec l'eau) assure, dans un premier temps, la cohésion et l'écoulement, puis joue le rôle d'une colle liant les agrégats et donnant une certaine durabilité au matériau durci.

Le premier problème qui se pose lors d'une formulation d'un béton est la compacité du squelette granulaire définie comme le rapport du volume des constituants solides sur le volume total du mélange; il faut assurer au mélange une compacité maximale et donc

Diminuer au maximum la porosité. Cependant la détermination de cette compacité maximale n'est pas facile et fait l'objet de modélisation poussée. Caquot [38] a pu établir à partir des données expérimentales une relation mathématique reliant le volume des vides d'un mélange granulaire présentant une compacité maximale et son étendue granulaire (d/Dmax).

$$V=V_0\left(\frac{d}{D_{max}}\right)^{1/5} \text{.....(Equation1.1)}$$

V : Volume des vides du mélange granulaire.

V0 : Constante expérimentale comprise entre 0,7 et 0,8.

d : La dimension du plus petit grain de l'étendue granulaire.

Dmax : La dimension du plus gros grain de l'étendue granulaire.

Cette formule a innové le domaine de formulation des bétons et elle est à la base de nombreuses méthodes utilisées telles que l'approche de Faury, Bolomey, Dreux, etc. Elle trouve aussi son application aux bétons de sable pour la détermination des différents dosages des constituants, tout en faisant quelques adaptations à ce cas précis.

- **Dosage en fines d'un béton de sable**

Dans le but d'optimiser la compacité du béton de sable, les constituants du mélange sont séparés en deux fractions:

- ✓ Les éléments fins qui regroupent tous les grains de taille inférieure à 80 m m et qui sont le ciment, les fines d'ajout et une fraction du sable.
- ✓ Toute l'étendue du sable comprise entre 80m m et le diamètre maximal du sable Dmax, ainsi que l'éventuelle fraction des éléments supérieurs à 80 µm provenant des fines d'ajout. En faisant cette distinction entre les fines incluant les éléments inférieurs à 80m m et l'étendue du sable comprise entre 80 m m et le diamètre maximal, la porosité du sable peut être calculée selon la formule précédente de Caquot :

$$Ps = V = 0.75\ (0.08/D)^{1/5} \quad \text{.....(Equation 1.2)}$$

Ps(V) : Porosité du sable d'étendue 80m m et D_{max}

Dmax : Diamètre maximal du plus gros grain du mélange.

La constante expérimentale (V0) est prise comme étant la moyenne des valeurs extrêmes (0.7÷0.8).

Un dosage optimal en fines d'ajout sert à compléter l'étendue granulaire bornée inférieurement par la coupure 80m m, et à combler la porosité du sable ainsi calculée.

En effet, il est impossible de prendre en compte la distribution de la taille pour les fines d'ajout car l'assemblage géométrique relève surtout des forces électriques inter-granulaires. En apportant quelques simplifications, Caquot s'est rendu compte que le volume de l'ensemble des particules fines (< 80m m) et le volume des vides associé a l'empilement de ces fines sont égaux, autrement dit le volume des vides restant dans le mélange est égal au volume de l'ensemble des fines d'ajout.

Il suffit de combiner les deux résultats précédents de Caquot pour en déduire que le dosage volumique optimal en fines d'ajout est la moitié de la porosité du sable et que l'autre moitié correspond à la porosité minimale résiduelle.

$$[\text{Fines}] = 0.38\ (0.08/D_{max})^{1/5} \quad \text{..... (Equation 1.3)}$$

Cette dernière formule montre que le dosage en fines dépend surtout de la dimension du plus gros grain, il apparaît très clair que plus le diamètre maximum diminue plus le dosage en fines augmente (Fig.ure1.22).

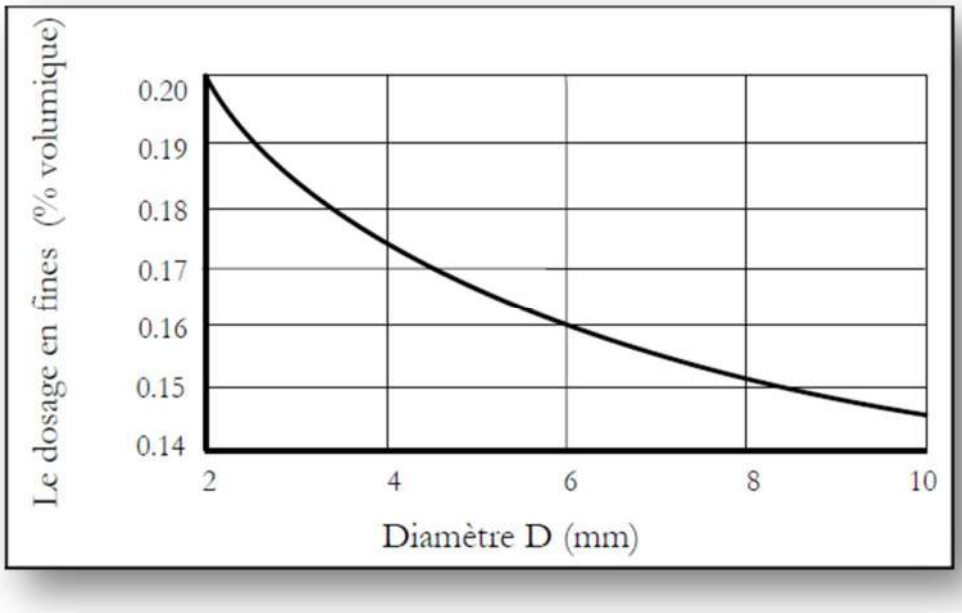


Figure.1.22 Influence du diamètre D du sable sur le dosage en fines[37]

- **Dosage en eau d'un béton de sable**

Après optimisation du squelette granulaire, la compacité maximale conduisant à une porosité minimale ne sera atteinte que si la consistance le permet ; pour cela d'autres travaux de Caquot sur la compacité ont abouti à une autre relation à partir de la relation de base, en admettant que la porosité du squelette granulaire se décompose en la somme d'un volume d'eau et d'un volume de vide piégé notés respectivement e et v.

$$(e + v)_{min} = 0.8\ (d/D_{max})\ 1^{/5} \text{ ……..…..(Equation 1.4)}$$

Cette formule exige la connaissance de la plus petite dimension de l'étendue granulaire du mélange (d). L'estimation de cette valeur dans le cas d'un mélange totalement dé floculé (chaque particule élémentaire agit indépendamment) est donnée par la formule suivante :

$$d = (60 / (f))\ mm^{*}\dot{\rho} \text{……(Equation 1.5)}$$

Avec:

f : surface spécifique exprimée en cm²/g du constituant.

$\dot{\rho}$: Densité du constituant exprimée en g/cm3.

C'est la moyenne harmonique de la dimension des grains les plus fins du constituant assimilés

des sphères. Cette définition de (d) ne peut pas être retenue pour les mélanges floculés: la dimension des flocs relevant des considérations physico-chimiques très complexes. Un ordre de grandeur peut être avancé de l'ordre de 20 à 25 mm pour le diamètre ; ainsi l'élargissement de l'étendue est la seule solution pour la réduction de la porosité théorique minimale comme la Figure 1.43 le montre :

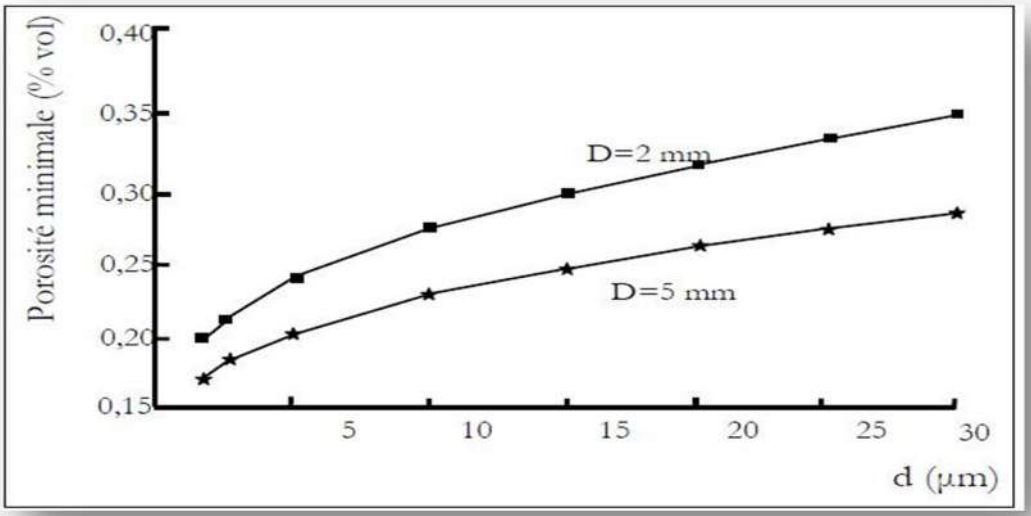


Figure.1.23 Influence de la dimension d sur la porosité minimale du bétonpour deux tailles du sable[37]

On remarque que la porosité minimale d'un mélange granulaire varie considérablement avec son étendue granulaire, mais cette porosité est décomposée en un volume d'eau (e) et un volume de vides (v).

En pratique, confectionner un béton avec les strictes quantités d'eau conduit à une mauvaise

Ouvrabilité ; la Figure 1.Nous montre la relation entre l'ouvrabilité et le dosage en eau.

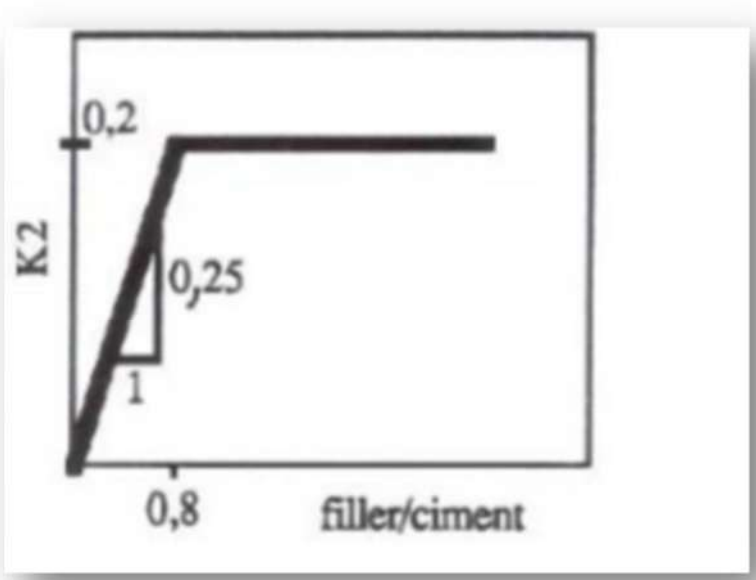


Fig.1.24 Relation entre l'ouvrabilité et le dosage

(e + v) d'une matrice pour une mise en œuvre donnée[37]

L'expérience montre que pour des quantités d'eau inférieures à la quantité d'eau permettant d'obtenir l'ouvrabilité optimale, le mélange piègera une forte quantité d'air quelques soient les moyens de serrage utilisés, et par suite une porosité (e+v) supérieure à (e+v)min, alors pour des quantités d'eau supérieures à celle qui donne l'ouvrabilité optimale, la quantité d'air piégée reste stable et l'ouvrabilité augmente de façon linéaire.

Finalement, pour estimer le dosage en eau, il faut préalablement évaluer la quantité d'air piégée.

Dans les bétons de sable cette quantité est légèrement supérieure à celle des bétons ordinaires et la formule qui suit conduit à des teneurs en air de l'ordre de 3 à 5%.

[Vides] = K [eau] …… (Equation 1.6)

Avec :

K : constante comprise entre 0.2 et 0.25.

-Dosage en sable

Afin de compléter un volume unitaire de béton de sable, ($1m^3$), de la formulation, le dosage en sable est obtenu en faisant soustraire au mètre cube du mélange les dosages estimés précédemment des autres constituants (fines, eau, vide).

[Sable]=1000-[fines]-[eau]-[vide] (l/m^3)

Il reste à noter que le volume du sable ainsi calculé regroupe toutes les particules de taille supérieure à 80mm, soit du sable, soit de la fraction des fines d'addition.

- **Estimation de la résistance en compression**

Après avoir optimisé la compacité et déterminé les différentes proportions des constituants, il est jugé nécessaire d'évaluer la résistance à la compression de ce mélange. Pour ce faire, comme tous les autres mélanges à base de ciment, les méthodes classiques sont adaptées. Ces méthodes faisant intervenir la contribution de tous les paramètres influant sur la résistance : le squelette granulaire, la nature des liants, et les dosages des constituants de la pâte.

Dans le cas de bétons formulés avec des fines potentiellement réactives, une généralisation de la formule de FERET [55] a été proposée récemment.

$$R_b = \frac{Kf \times Rc}{\left[1+\frac{3.1(e+v)}{c(1+K_1+K_2)}\right]^2} \ldots\ldots\ldots \text{(Equation 1.7)}$$

Avec:

Kf : coefficient granulaire compris entre 4.5 et 5 ;

RC : classe vraie du ciment (MPA) ;

E : dosage en eau total (l/m^3) ;

V : air piégé (l/m^3) ;

C : dosage en ciment (kg/m^3) ;

Rb : résistance à la compression du béton à 28 jours (MPA).

Avec :

K1 = Kcv (CV/C)+Kfs (FS/C) ;

0.2<Kcv<0.4 2<Kfs<3.3 K1 £ 0.5

K2= Kfil (Fil/C) ;

0<Kfil £ 0.4 K1<0.2

K1 : coefficient pouzzolanique

K2 : coefficient d'activité du filler calcaire. (Voir figure.1.26).

Kcv, Kfs, Kfill : coefficients d'équivalence en ciment des différentes additions en fines.

CV, FS, FIL : dosage en cendres volantes, fumée de silice et filler calcaire (kg/m^3).

Cette formule ne peut être utilisée que par une identification précise de l'activité des additionspar l'intermédiaire des coefficients déjà mentionnés. Les valeurs données pour les différentscoefficients d'activité ont, ici, un caractère essentiellement indicatif, d'autres additionspeuvent être également utilisées, telles que les fines siliceuses généralement considéréesinertes et les fines de laitier qui peuvent présenter un caractère

hydraulique non pris encompte dans la formule précédente [], alors que d'autres paramètres pourraient influer surl'activité liante des fillers telles que la répartition granulaire, la forme des grains, et leurporosité. Cette activité pour chaque type de filler présente un optimum au-delà duquel elle nedéveloppe plus des performances mécaniques.

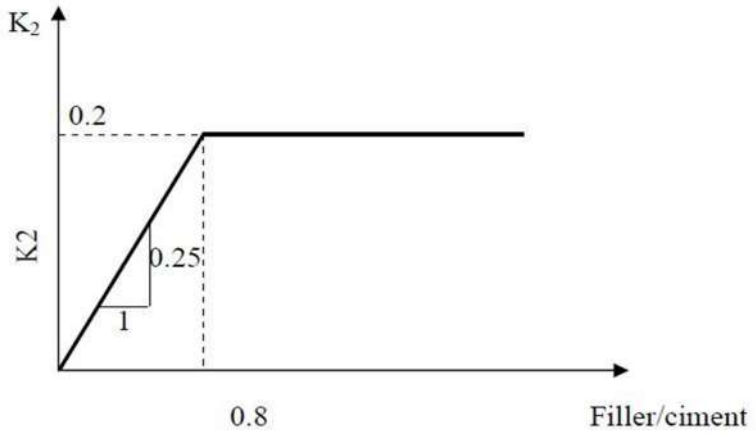


Figure.1.25 Coefficient d'activité du filler calcaire (modèle)[37]

Sur la base de la remarque de l'activité des fillers, un autre paramètre s'ajoute pour le dosage en fines, tonte fois le dosage en fines est estimé en terme de compacité regroupant les fines d'addition et le ciment, alors que l'optimum de la résistance s'obtient en se fixant le rapport des dosages en fines d'addition-ciment au maximum d'activité. Le problème revient à résoudre le système de deux équations simples :

· Dosage en ciment + dosage en fines d'ajout = dosage en fines.

· Dosage en fines d'ajout / dosage en ciment = optimum d'activité.

Il en résulte de tout ce qui précède que cette formulation théorique simple et performante donne la possibilité au formateur de jouer sur certains paramètres en restant à la compacité maximale, elle constitue une bonne base pour la mise au point d'une formulation de béton de sable.Tout de même elle ne peut être utilisée que dans un cadre limité, ceci est dû aux nombreuses hypothèses qui la jalonnent, c'est aussi pour ça que cette approche ne sera acceptée qu'après passage à l'expérience qui la confirme ou l'ajuste.

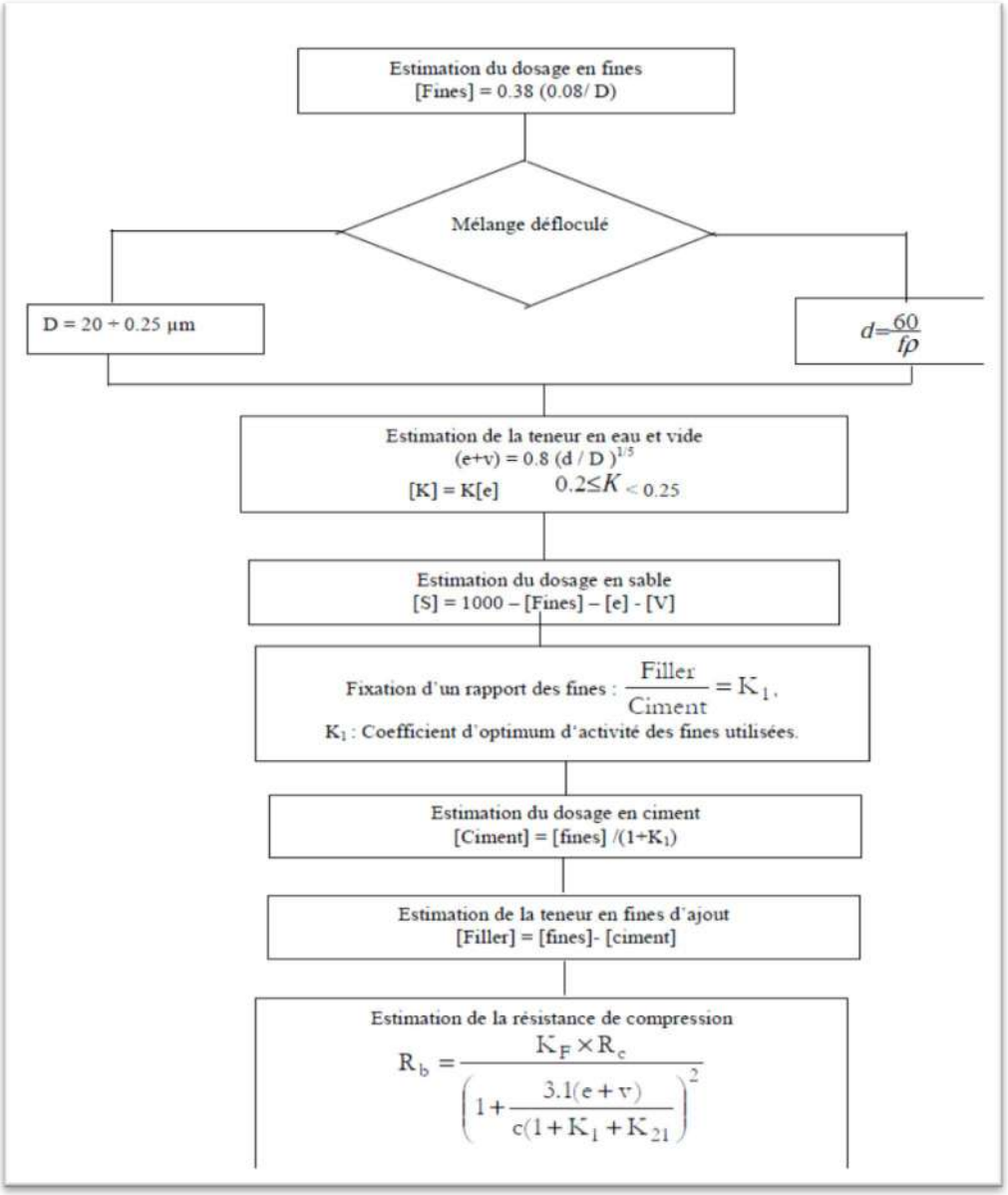


Figure.1.26 Organigramme de la méthode théorique

1.3.5.3 Méthode expérimentale de formulation

La méthode expérimentale, doit permettre de formuler un béton de sable mais son but n'est pas d'expliquer ou de formaliser les phénomènes qui entrent en jeu dans la formulation des bétons.D'autres méthodes expérimentales existent, elles peuvent différer en fonction des approches théoriques et des habitudes de travail, toutefois, l'objectif reste le même : formuler un béton qui soit le plus compact possible, et par conséquent de bonnes performances.Dans cette méthode, on travaille à dosage en ciment fixé, de manière à mieux répondre aux prescriptions contractuelles ou normatives qui imposent bien souvent un dosage minimum. Cette méthode est une adaptation de la méthode dite BARON-LESAGE, elle est itérative et est basée sur la réalisation de gâchées légères. Les gâchées

sont caractérisées par des mesures de la maniabilité, aumaniabilité à mortier LCL, et de la masse volumique apparente. Diverses formulations de bétons de sable ont déjà été réalisées par cette méthode, on cite à titre d'exemple : le béton de pieux, le béton routier, le béton de projection etc., et ont donné

Pleine satisfaction.[37] .

- ✓ **Les différentes étapes de la formulation**
- ✓ **Détermination d'une formule de base sans fines d'addition**

Dans cette partie de la méthode, nous chercherons à déterminer une formule de un mètre cube, constituée de ciment, d'eau, de sable et d'adjuvants, ayant une maniabilité adéquate.

- **Dosage en ciment**

Les prescriptions contractuelles ou normatives imposent très souvent un dosage minimum en ciment par mètre cube de béton, en fonction du type d'ouvrage ou bien de l'agressivité du milieu. On choisit donc de travailler avec un dosage en ciment fixé qui ne variera pas tout au long de l'étude, on le note C (Kg/m^3).

- **Dosage en eau**

A ce stade de la méthode, une valeur approximative du dosage en eau, E (l/m^3), suffit. Pour estimer ce dosage, les praticiens s'appuient sur l'expérience. Par exemple, on peut prendre 220 litres d'eau pour 350 Kg de ciment, et 250 litres pour 400 Kg de ciment.

- **Détermination du dosage en sable**

Dans cette formule, il faut introduire un fluidifiant réducteur d'eau, au dosage préconisé par le fabricant (N% du poids des éléments inférieurs à 80 μm en extrait sec), qui permettra de dé floculer les fines. D'autre part, un béton contient toujours un volume d'air, Vair, la teneur en air des bétons de sable est toujours supérieure à celle des bétons ordinaires et se situe entre 5 et 7 % de volume du béton.

Les quantités de ciment, d'eau, d'adjuvant et d'air sont connues, nous devons donc compléter la formule par du sable de manière à obtenir un mètre cube de béton; on aboutit à la relation suivante :

$$V_{air} + V_C + V_E + V_{adj} + V_{sable} = 1000 \text{ (En litres). } \ldots\ldots \text{ (Equation 1.8)}$$

Connaissant la masse volumique absolue du sable, on peut déduire la masse nécessaire pour la formulation d'un mètre cube du béton de sable.

$$Msable = MVA * Vsable \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ (Equation 1.9)}$$

Msable: masse nécessaire pour 1 m^3 du béton de sable.

MVA sable : masse volumique absolue du sable.

V sable : volume du sable.

Après détermination des différentes proportions des constituants, cette formulation permet de calculer la masse volumique apparente théorique (MVAT) en sommant l'ensemble des masses ainsi calculées pour le volume unitaire (1 m^3).

$$MVAT = m_{ciment} + m_{eau} + m_{adj} + m_{sable} \text{ ……..…… (Equation1.10)}$$

- **Réglage de la maniabilité et du rendement de la formule**

Le mélange obtenu selon les formules précédentes doit répondre aux objectifs fixés et qui se résument dans les deux critères essentiels :

- La masse volumique apparente réelle doit être égale à la masse volumique apparente théorique calculée par la formule (1)
- La maniabilité du mélange sera comprise entre 7 et 10 s selon le maniabilimètre LCPC.

L'objectif est d'obtenir une formule de un mètre cube (c'est-à-dire faire tendre la masse volumique apparente théorique (MVAT) vers la masse volumique apparente réelle (MVAR)) et le temps d'écoulement de 7 à10 S.

La formule du béton doit être corrigée à l'aide de l'équation itérative suivante (correction sur le sable).

$$S_i = S_{i-1}(MVAT_{i-1} - MVAR_{i-1}) + V * MVA_{sable} \text{…..…… (Equation 1.11)}$$

Où

S_i : dosage en sable après correction

S_{i-1}: dosage en sable avant correction MVAT, MVAR : les masses volumiques du béton Théorique et réel

MV sable : masse volumique absolue du sable

V : le volume d'eau à rajouter ou à retrancher selon l'écoulement.

Il sera rajouté si 1'écoulement au maniabilimètre est supérieur à 10s (-V dans la formule précédente n° 2). Il sera retranché si 1'écoulement au maniabilimètre est inférieur à 7s (+V dans la formule n° 2) Après chaque correction la masse volumique théorique sera comparée à la masse volumique réelle. En ajustant le dosage en eau et en sable conformément à ce principe, le dosage en eau devient définitif et le temps d'écoulement est alors compris entre 7 et 10 s, et la formule fait le mètre cube du béton de sable.

❖ **Détermination du dosage en fines d'addition**

Il faut maintenant introduire dans le béton les fines d'addition et en définir le dosage optimal.àrapport E/C constant. Pour cela, il est nécessaire de réaliser des gâchées de béton de sable avec 5 à 6 dosages en fines dans la plage d'emploi usuelle de ces fines.

L'incorporation des fines doit permettre d'augmenter la compacité du béton, en remplissant les vides. Notre objectif, est d'obtenir une formule de un mètre cube dans laquelle la masse volumique apparente théorique tend vers la masse volumique apparente réelle, et un temps d'écoulement adéquat.

Pour chaque gâchée, on détermine la maniabilité ainsi que la masse volumique apparente réelle (MVAR) que l'on compare à la masse volumique apparente théorique (MVAT) de la formule. Si besoin, la correction sur le sable s'effectue à l'aide de la formule suivante :

$$S_i = S_{i-1}-(MVAT_{i-1} -MVAR_{i-1}) \text{ ……...…} \quad \text{(Equation 1.12)}$$

Comme exemple pratique sur cette méthode de formulation, une étude de formulation de béton de sable effectuée au LRPC de Bordeaux.

Dans cette étude, trois différentes fines d'addition ont été utilisées:

- **Fine d'addition N° 1 :** Son utilisation conduit à une maniabilité optimale entre 150 et 180Kg/m^3 de fines. Figures 1.47 et 1.48.
- **Fine d'addition N° 2 :** Dans sa plage de dosage (0 à 240 Kg/m3) il n'y pas d'optimum de maniabilité et masse volumique, l'optimum doit exister pour des dosages supérieurs.
- **Fine d'addition N° 3 :** Son optimum de maniabilité et de masse volumique est compris entre 60 et 90 Kg/m3de fines.

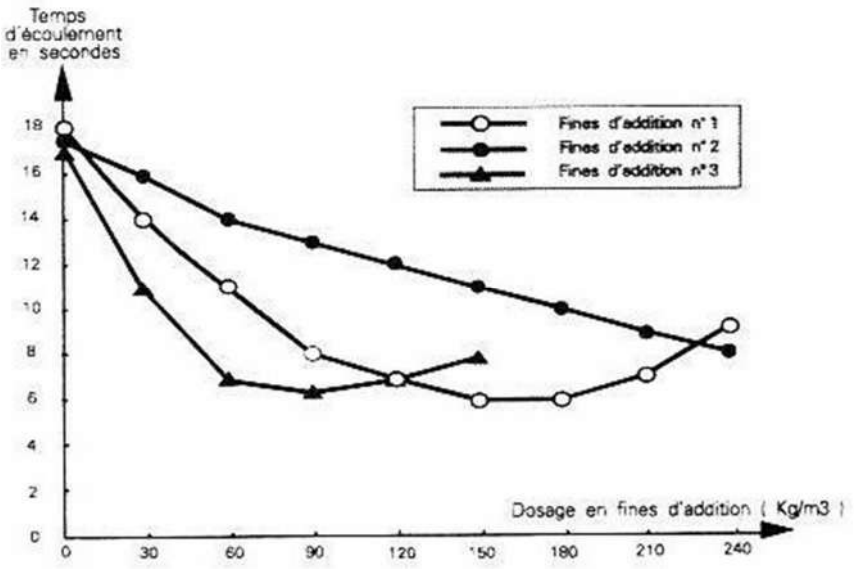


Figure.1.27 Evolution de la maniabilité en fonction du dosage en fines d'addition.[37]

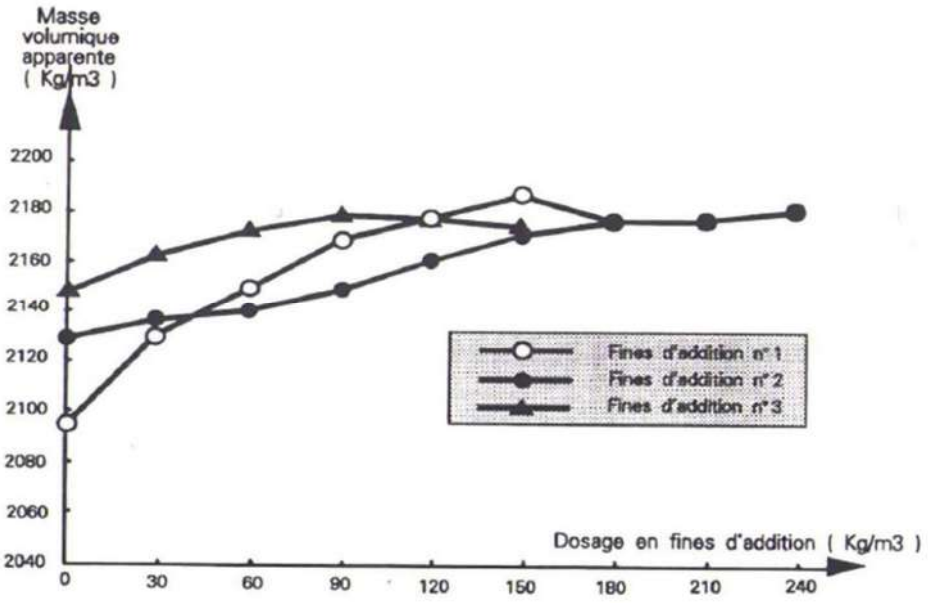


Figure.1.28 masse volumique apparente en fonction du dosage en finesd'addition[37]

1.5.1Influence 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 [38]

1.3.6. Etats frais

- **La maniabilité**

Abadou et al [39] ont constaté que le remplacement de (0%, 10%, 20%, 30%, 40% et 50%) 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 [41–44,45]

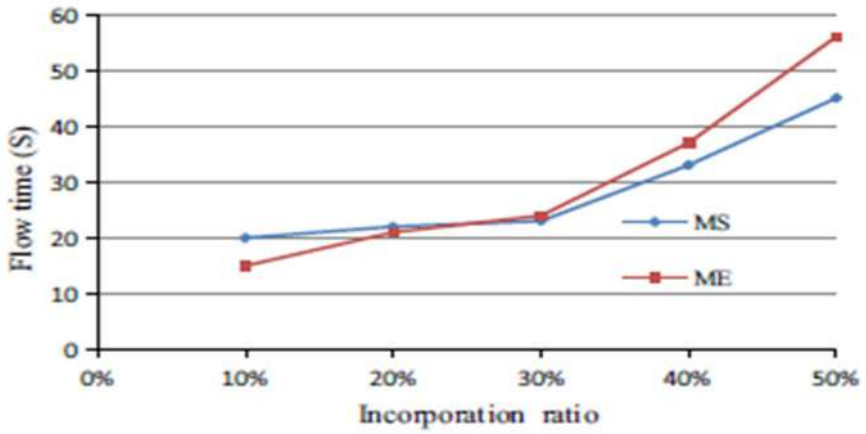


Figure.1.29 L'effet de déchets céramique rouge sur la fluidité des mortiers**[39]**

- **La densité**

Alves et al.**[45]**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, 41,42]**ont aussi constaté que la densité du béton est diminuélinéairement 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 substitute.

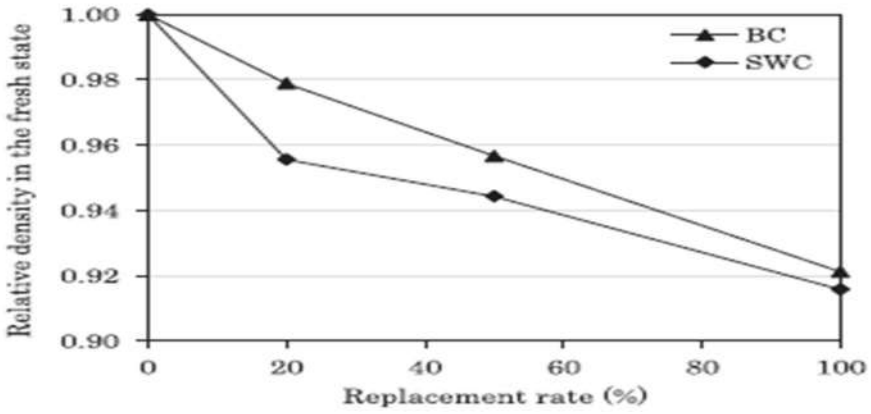


Figure.1.3O L'effet de déchets céramique sur la densité de béton**[39]**

1.3.7 Etats durci

- **La résistance à la Compression**

Abadou et al [42] ont étudiél'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 [41–44,45] Pitarch et al [49] 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)

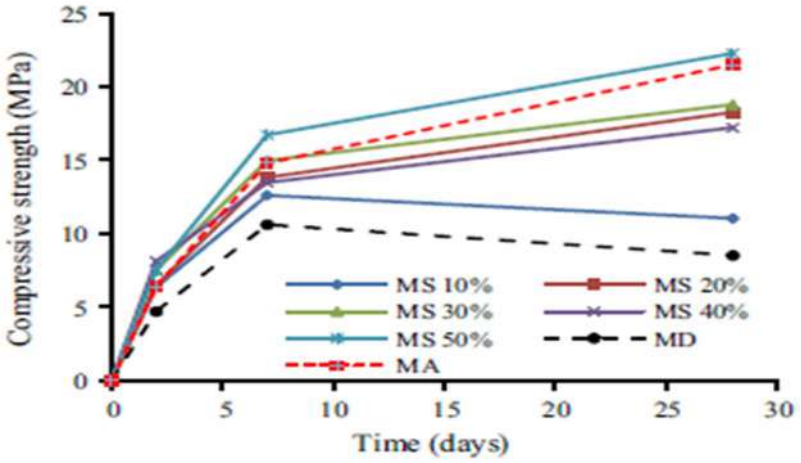


Figure .1.31 L'effet de déchets céramique rouge sur la fluidité des mortiers**[39]**

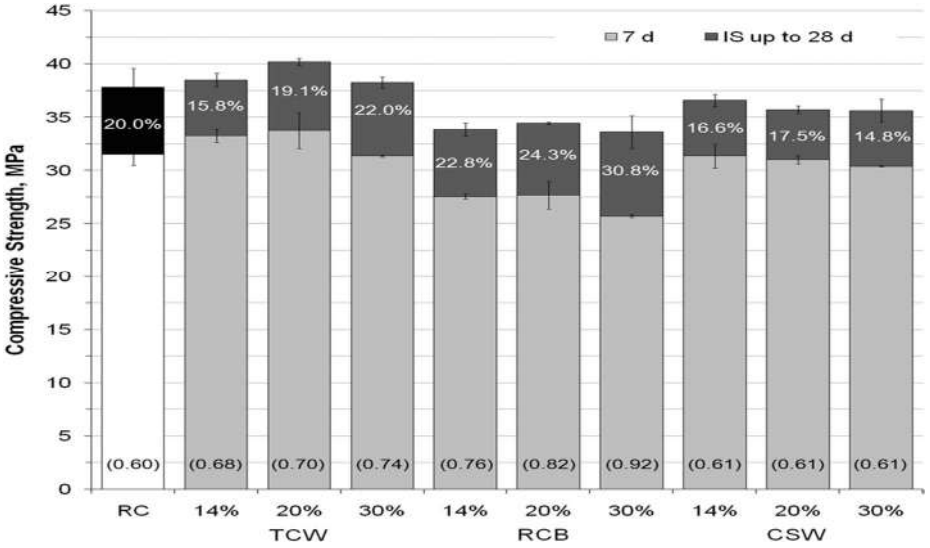


Figure.1.32 L'effet de déchets céramique rouge sur la RC du béton**[49]**

- **La résistance à la flexion**

Bommisetty et al.[50] 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% .

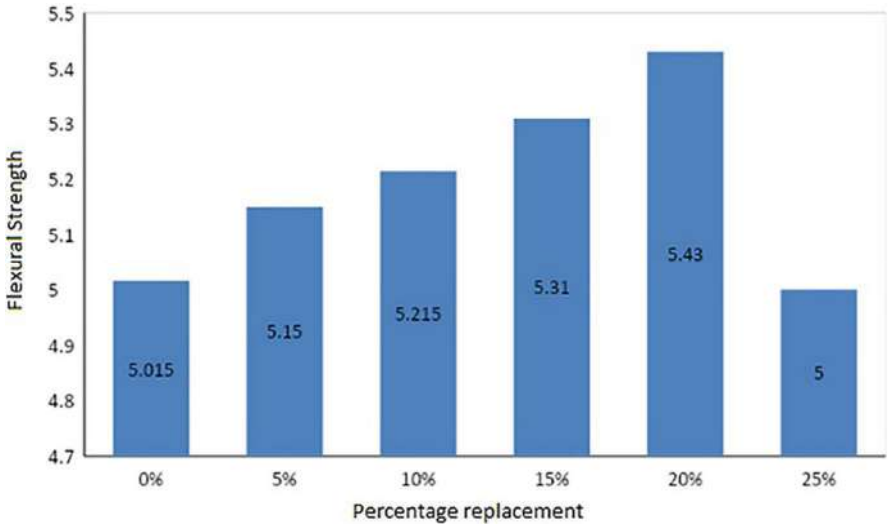


Figure.1.33 L'effet de déchets céramique rouge sur la Rt du béton**[51]**

- **Module d'élasticité**

Abadou et al [42] ont trouvé quele 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 [50,43]

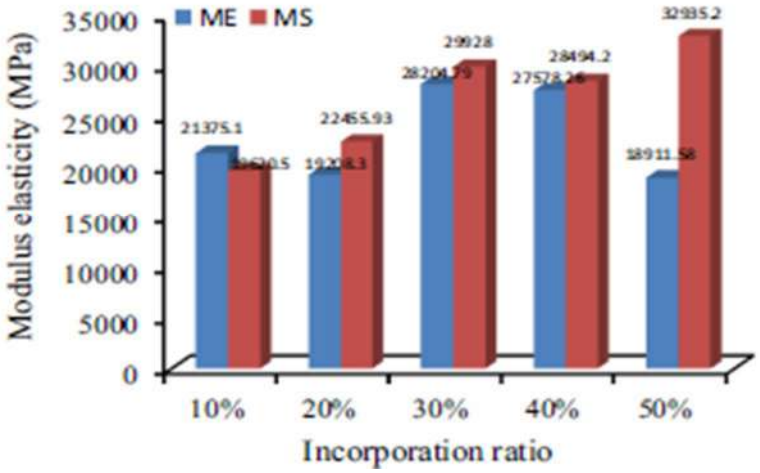


Figure.1.34 L'effet de déchets céramique rouge sur le module d'élasticité du mortier**[38]**

1.5 Influence de poudre 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.

1.5.1 Etats frais

- **La maniabilité**

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 (Figure.1.35).

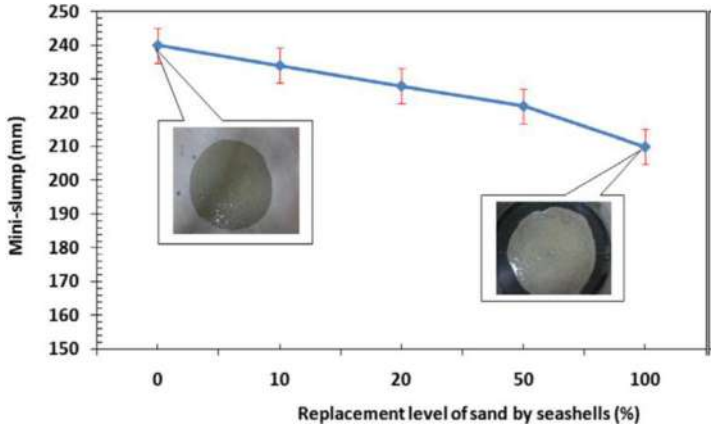


Figure.1.35 Influence de substitution de ciment par le coquillage sur la densité de ciment[21]

- **La densité**

Soltanzadehet al. [21] ont étudié l'influence de substituions de clinker par le déchet de coquillage sur la densité du ciment. Ils ont trouvé que plus le pourcentage de coquillers de augmente plus la densité diminue (Figure.1.35/a Figure.1.35/b).Ce résultat confirme les résultats de Nguyen et al [22] Safi et al [20] ont constaté que la densité de mortier auto plaçant 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 (Figure.1.38).

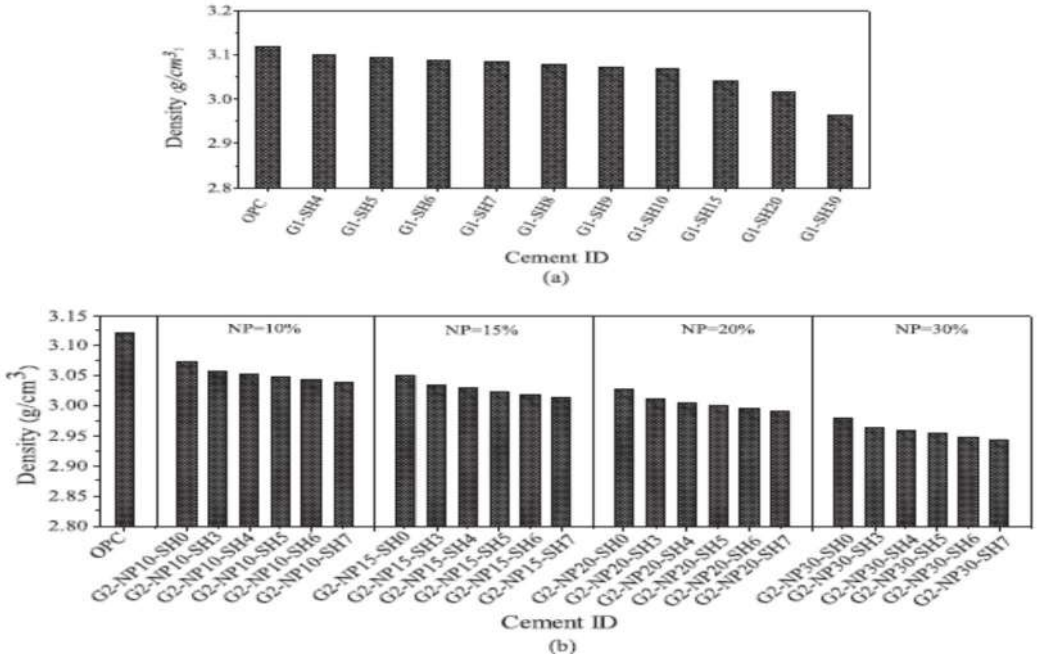


Figure 1.36 Influence de déchets de coquillage sur la fluidité du mortier auto plaçant. [20]

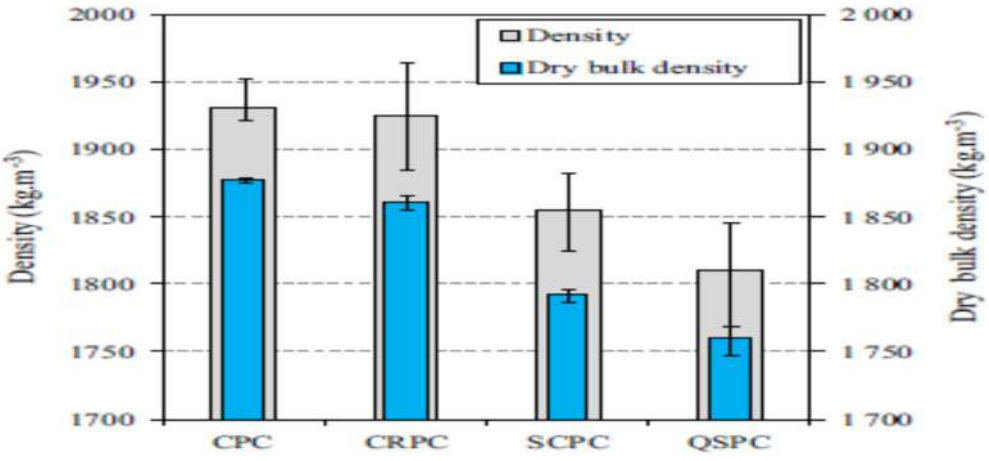


Figure 1.37 Effet de déchets de coquillers sur la densité de béton[22]

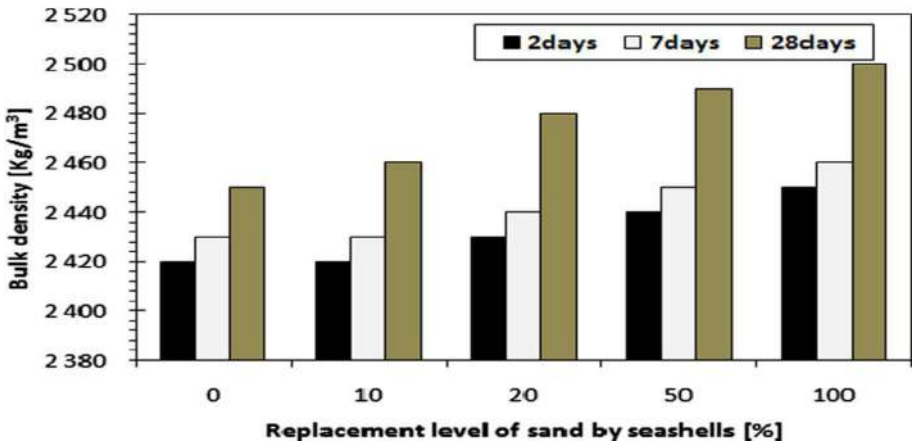


Figure.1.38 Influence de substitution de sable par le coquillage sur la densité de MAP.[20]

1.5.2 Etats durci

- **La porosité**

Nguyen et al [22] ont constaté que la porosité du béton ordinaire est augmentée en fonction de substitution de granulat naturel par le déchet de coquillage [Figure.1.39]

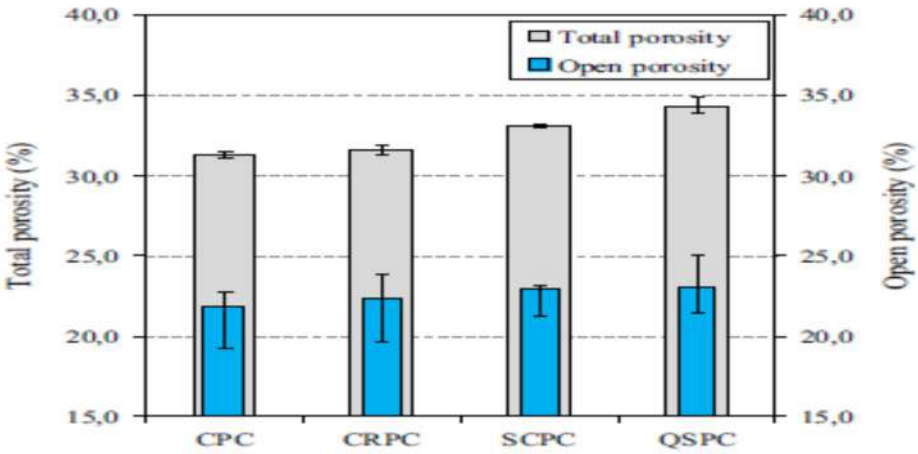


Figure.1.39Effet de sable de coquillage sur la porosité du béton ordinaire[22]

- **La résistance à la compression et la flexion**

Safi et al [20] ont trouvé que la résistance à la compression et à a flexion de mortier auto plaçant est diminuée légèrement en fonction d'augmentation du pourcentage de coquillers (Figure.1.40)

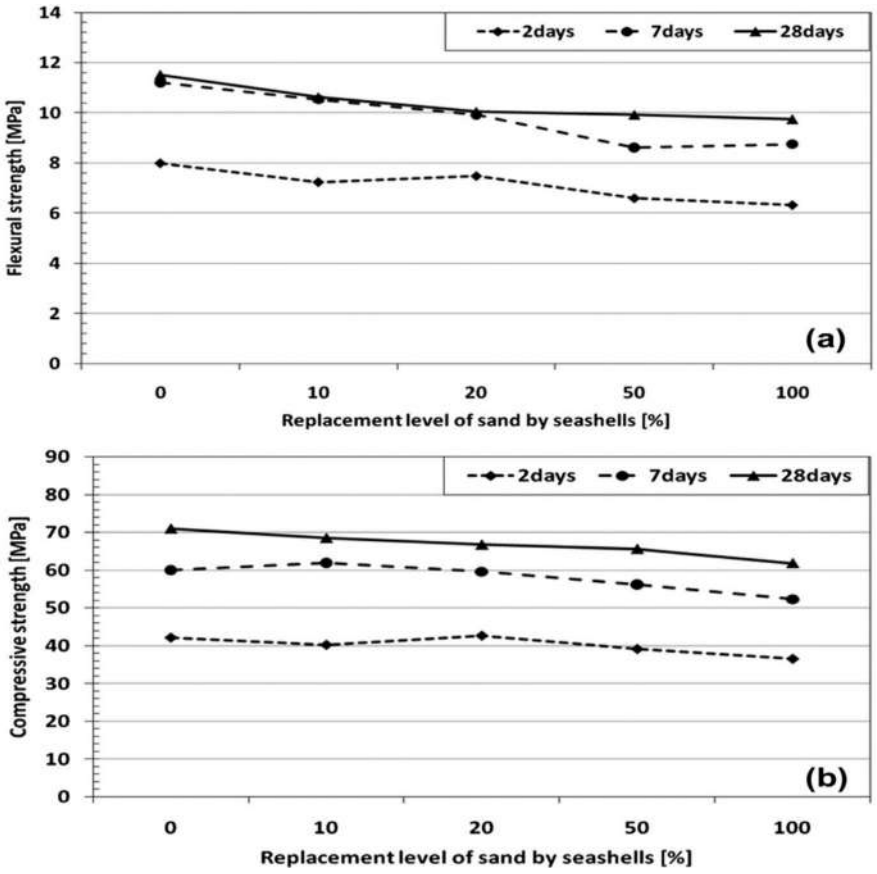


Figure.1.40Influence de substitution de sable par le coquillage sur la Rc et Rt de MAP[20]

Nguyen et al [22] 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 (Figure.1.41).

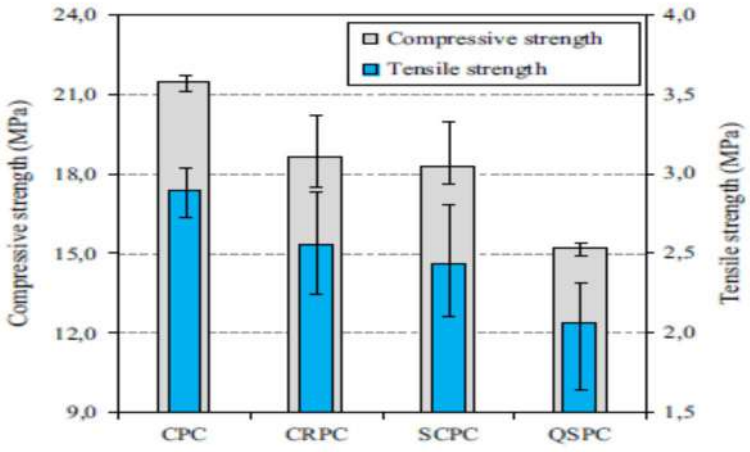


Figure.1.41 Effet de sable de coquillage sur la résistance à la compression du béton ordinaire[22]

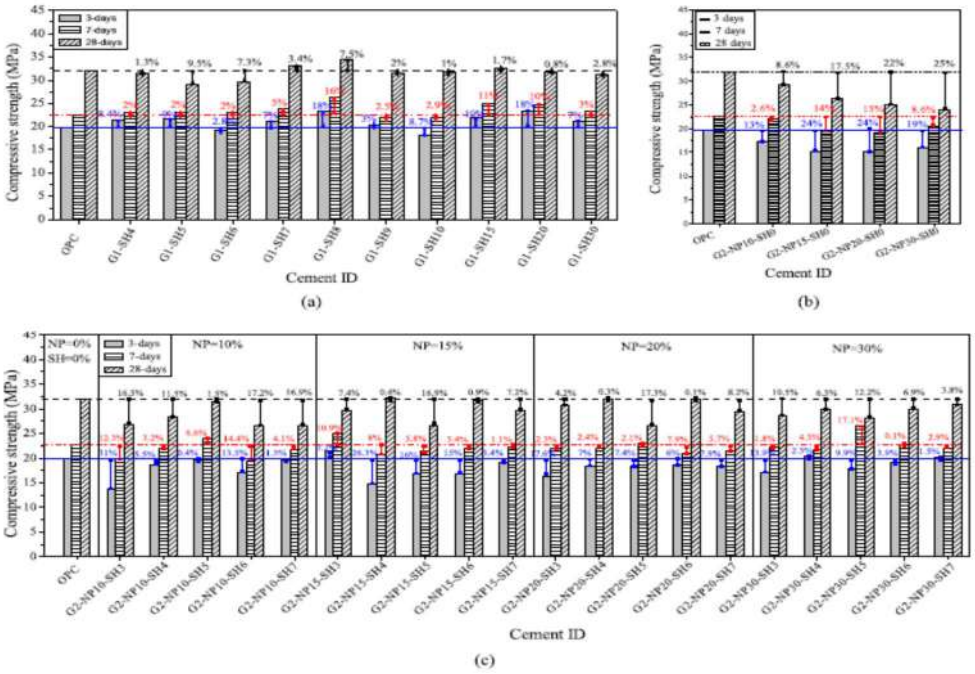


Figure.1.42Influence de substitution de ciment par le coquillage sur la Rc de ciment [21]

Soltanzadehet al. [21] ont étudié l'influence de substituions de clinker par le déchet de coquillage sur la résistance mécanique du ciment. Ils ont trouvé une amélioration de la Résistance mécanique en fonction d'augmentation de déchets de coquillers (Figure.1.42/a Figure.1.42/b).

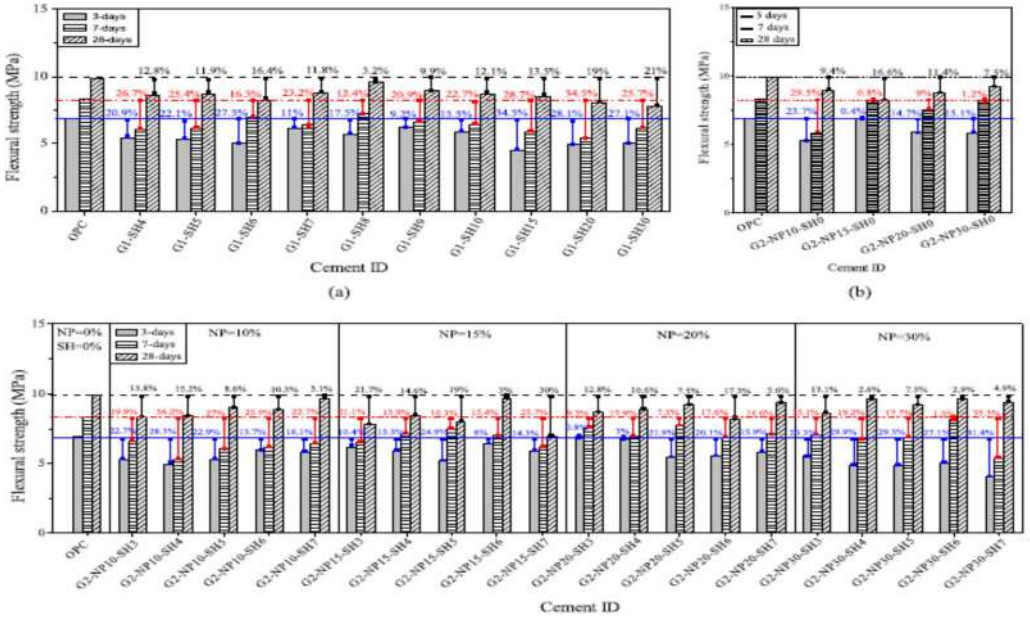


Figure.1.43 Influence de substitution de ciment par le coquillage sur la Rt de ciment [21]

- **module d'élasticité**

Comme les résistances mécaniques Safi et al [20] ont constaté que le module d'élasticité de mortier auto plaçant est diminué légèrement en fonction d'augmentation du pourcentage de coquiller (Figure.1.44).

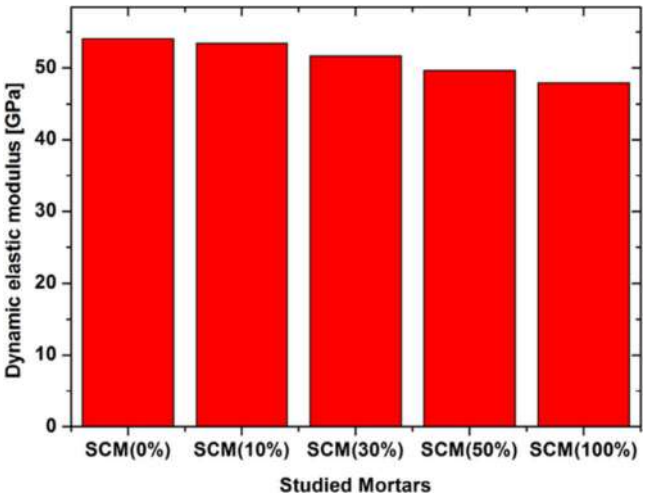


Figure.1.44 Influence de substitution de sable par le coquillage sur le module d'élasticité de MAP. [20]

1.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une synthèse se bibliographique sur le céramique et coquillage (définition, composition, propriétés, type utilisation) puis on a donné une aperçu générale sur le béton de sable (définition, composition, formulation), et finalement on a terminé par l'effet de valorisation des déchés céramique et déchés coquillage sur les caractéristiques des matériaux à base cimentaire à l'état frais et durci.

Chapitre:2
Matériaux et essais

2.1 Introduction

Ce chapitre a pour objectif de présenter les différents matériaux et les techniques expérimentales utilisées dans notre étude. On présente en première partie les caractéristiques et les propriétés des matériaux de base utilisés dans la composition des mortiers et des bétons. Dans une seconde partie, on exposera la méthode de formulation adoptée dans les différentes compositions des bétons de sable. Ensuite, on présente les essais réalisés au cours de notre investigation sur les mortiers et les composites obtenus à l'état frais et à l'état durci.Le béton de sale est caractérisé à l'état frais par les essais spécifiques suivants :

-Essaid'étalementauMini-cône.

-A l'état durci nous avons évalué,

- la résistance à la compression.

- La résistance à traction.

2.2 Caractérisation des matériaux utilisés

2.2.1. Le sable

Nous avons utilisé un seul type de sable au court de cette étude, il s'agit un sable roulé issue de carrière d'OUED SOUF, sa classe granulaire est 0/3. La Fig. 2.1 suivante donne un aperçu sur la nature du sable utilisé. L'analyse granulométrique de sable utilisée est présentée sur laFig2.2 et Les caractéristiques physiques du sable utilisé sont regroupées dans le tableau2.1ci-dessous [48]



Figure..2.1 Sable utilisé

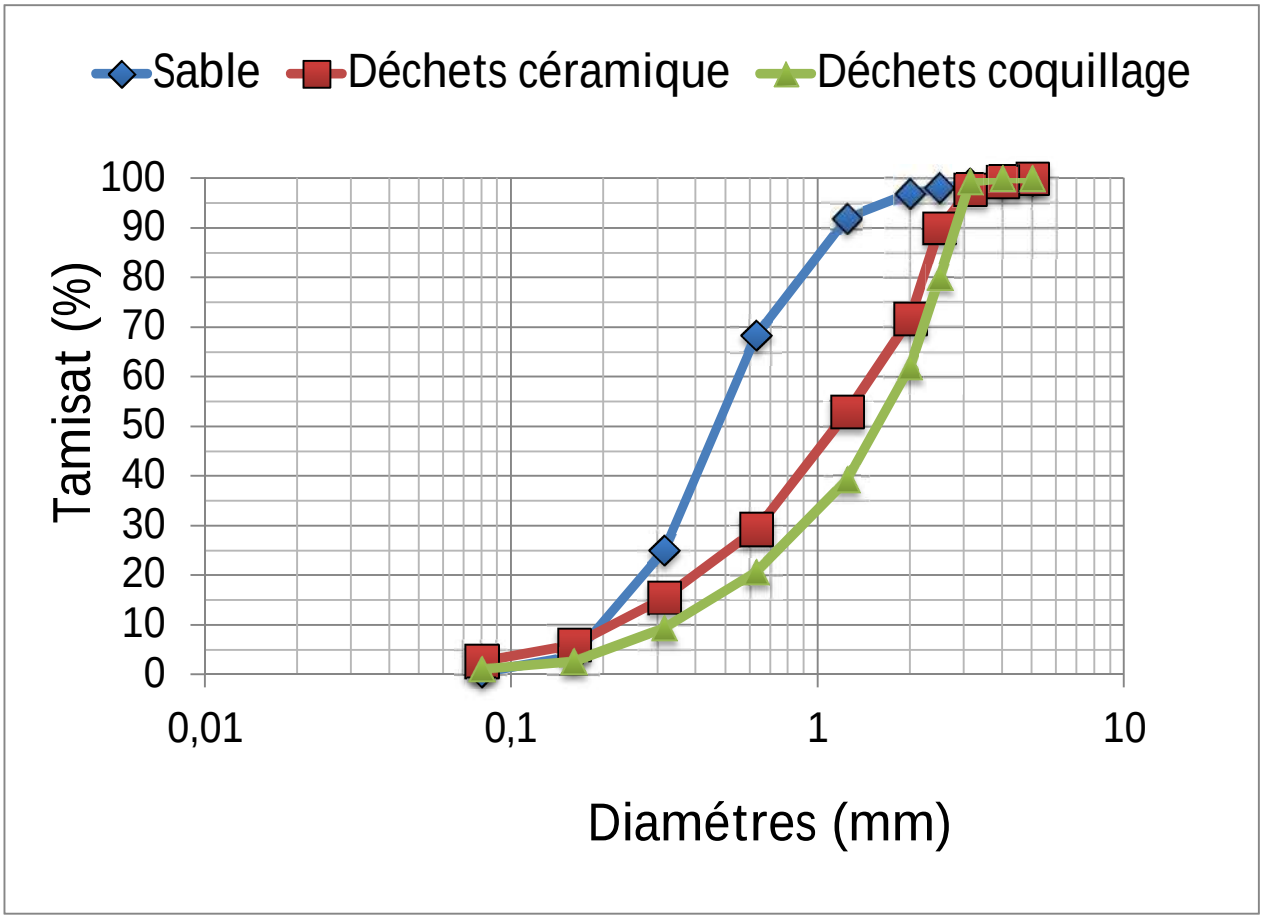


Figure.2.2 Courbe granulométrique de sable et de déchets utilisé

Tableau.2.1 Caractéristiques physique de sable et les déchets utilisés [48]

Caractéristiques Sable

Caractéristiques	**Sable**	**Normes**
Classe granulaire	0/3	NF EN 933-1 **[58]**
Module de finesse	2.25	NF EN 933-1 **[58]**
Massevolumique absolue (Kg/ m^3)	2.63	NF EN 1097-6 **[59]**
Masse volumique apparente (Kg/ m^3)	1.57	NF EN 1097-3**[60]**
La compacité (%)	59	NF EN 1097-3 **[60]**
La porosité (%)	41	NF EN 1097-3 **[60]**
Equivalent de sable (%)	81.9	NF EN 933-8**[57]**
Coefficient d'absorption d'eau (%)	0.42	NF EN 1097-6**[59]**

2.2.2 Ciment

Le ciment utilisé dans cette étude est le ciment portland composé ''MATINE'' CPJ-CEM II/A 42.5R (Fig. 2.4), produit par la cimenterie CIBA-LAFARGE à M'sila en Algérie dont l'ajout est le calcaire 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 d'un mélangeConvenablement 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 (SiO2) à caractère acide. On trouve également l'aluminium (Al 2O3) et le fer (Fe2O3). Ils sont rendus aptes à réagir entre eux et avec l'eau par traitement thermique à

des températures comprises entre 1300 °C et 1500°C. En présence d'eau à lieu la réaction d'hydratation consistant en la formation d'un réseau résistant constitué principalement de microcristaux de silicates de calcium hydratés MATINE présente des performances mécaniques et des caractéristiques physicochimiques [48]



Figure.2.3 Ciment MATINE

- **Analyse et caractérisation**

A. Analyse chimique du ciment et composition hypothétique du clinker

Selon la fiche technique du ciment (Annexes 1). Le Tableau. (2.2) résume l'Analyse chimique du ciment et composition hypothétique du clinker, **[48]**

Tableau.2.2 Analyse chimique du ciment et composition du clinker[48]

Analyse chimique du ciment	Perte au feu (%)	7.00-9.50
	Résidus insolubles (%) (NA 5042)	1.50-3.00
	Teneur en sulfates SO3 (%) (NA 5042)	2.00-2.50
	Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1.90-2.30
	Teneur en chlorures (%) (NA 5042)	0.01-0.03
Composition Hypothétique du Clinker	Silicates tricalciques C3S (%)	58.00-64.00
	Aluminates tricalciques C3A (%)	6.00-8.00

B. Essais physiques

- **La finesse**

La finesse du ciment influe d'une façon considérable sur la résistance mécanique, la consistance normale et le temps de prise. La finesse est déterminée par la surface spécifique de Blaine. Elle est calculée en fonction du temps à l'aide du perméabilimètre de Blaine. **[48]**

- **La consistance normale**

C'est la quantité d'eau de gâchage qu'il faut ajouter à une quantité de ciment préalablement pesée pour obtenir une pâte dite normale, elle est mesurée à l'aide de l'appareil de Vicat **[48]**

- **Le temps de prise**

Le début et la fin de prise sont déterminés à l'aide de l'aiguille de Vicat sur une pâte de consistance normale placée dans un moule tronconique [48] Le Tableau2.3 résume les résultats des essais physiques sur le ciment utilisé.

Tableau.2.3 Caractéristique physiques du ciment [48]

Caractéristique	**Valeur**
Masse volumique absolue (g /cm3)	0.99
Masse volumique apparent (g/cm3)	3.04
Consistance normale de la pâte de ciment (%	25.5-28.00
Prisométrie (Min) - Début de prise - Fin de prise	120-180 210-280
Classe de résistance (MPa)	≥ 42.5& 62.5
Retrait à 28 jours (µm⁄m)	< 1000
Finesse (BLAINE)(cm2⁄g)	4300-4800
Expansion (mm)	0.50– 2.50

C. Essais mécaniques sur le ciment

Les essais mécaniques sur le ciment été effectués sur des éprouvettes prismatiques 4x4x16 cm³ à raison de trois éprouvettes rapportées à la moyenne par âge. Le mortier utilisé est un mortier normalisé : 450 g de ciment, 1350 g de sable naturel et 225 g d'eau. Le Tableau 2.4résume l'évolution de la résistance du ciment en fonction de l'âge [48]

Tableau.2.4 Evolution de la résistance du ciment en fonction de l'âge[48]

Ages (jour)	**Résistance à la compression (MPa)**
2	>20
28	≥42.5 et 62.5

2.2.3 Ajouts (fillers)

Les fillers utilises au cours de ce travail sont les déchets de marbre (Figure.2.4). qui sont obtenus par broyage des déchets abandonnés dans la nature. Rappelons que les fins de marbre sont les plus adaptés au béton et il donne tune meilleure performance.

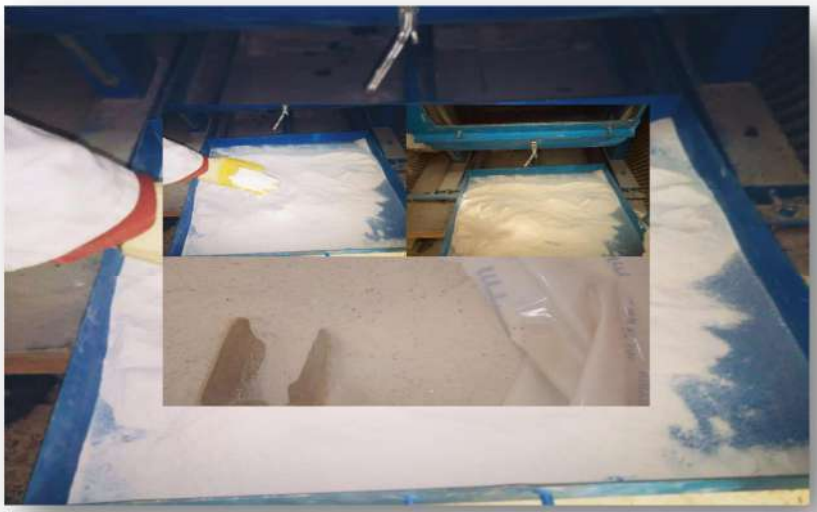


Figure.2.4 Procédure de broyage de fillers de marbre

Leurs caractéristiques physiques sont mentionnées dans le Tableau.2.5.

Tableau.2.5 Caractéristiques physiques des fins de marbre utilisé [48]

Caractéristiques	Valeurs
La masse volumique apparente (Kg/m3)	1.083
La masse volumique absolue (Kg/ m3	2.73
La finesse	3200
La compacité(%)	39.6
La porosité(%)	60.4

2.2.4 Adjuvant

L'adjuvant utilisé au cours de ce travail est un Super plastifiant-Haut réducteur d'eau fabriqué par la société, Algérienne GRANITEX, commercialisé sous l'appellation

'MEDAFLOW30', de forme liquide ; de couleur brai clair ; d'un PH égal à 6-6.5, de densité 1,07 ± 0,01 et d'une teneur en chlore<0.1g/L [48]

2.2.5 Eau de gâchage

Pour la confection des éprouvettes on a utilisée est une eau potable du robinet, exempte d'impureté set propre.

2.2.6 Déchets de céramique rouge

Les déchets céramique utilisés au court de ce travail sont les déchets de dalle de sol qui sont obtenus par le recyclage mécanique (Figure.2.5).Après avoir étaient récupérée triée séché,puis concassé et broyé et in comparé dans la masse des BSF avec pourcentage(10%,20%,30%,40% et 50%) les caractéristiques de déché céramique utilisé sont présenté dans (tableau.2.6).

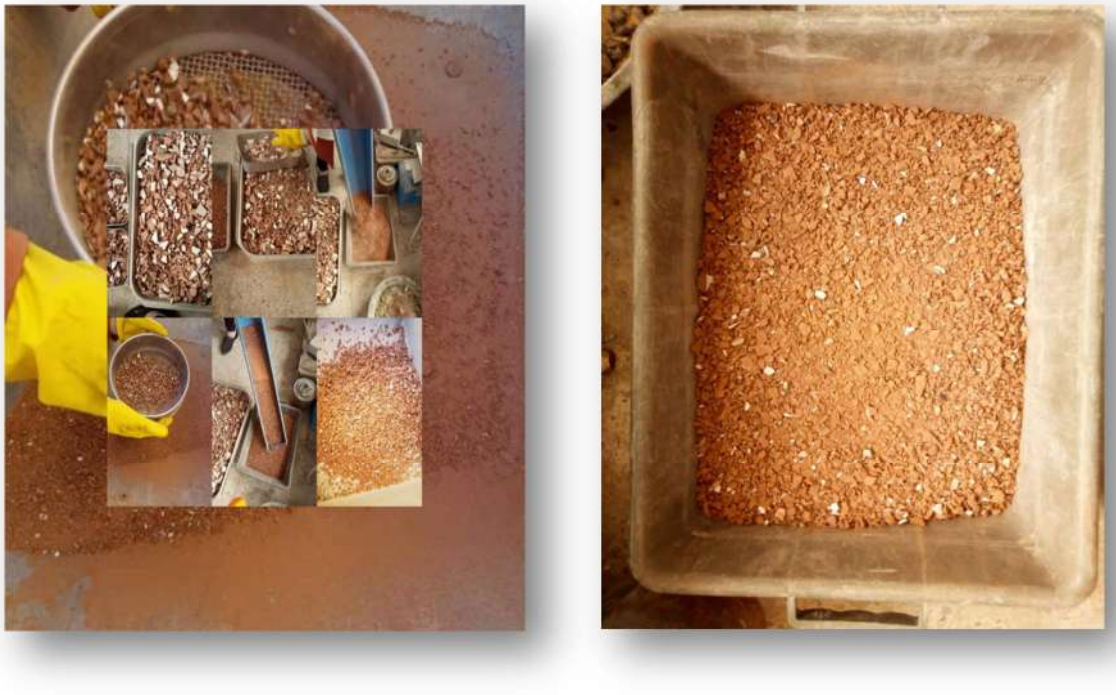


Figure.2.5 Procédure de recyclage déchets de céramiques rouge

2.2.7 Déchets de coquillage

Les déchets de coquillages utilisé au cours de cette étude sont obtenus par la récupération des coquillage disposé dans la mer (plus précisément la mer de la plage d'El Kadouce(mer situe dans la capitale d'alger)).Après avoir été récupérer sont lavé ,séché ,concassé ,broyé et extrudé dans forme de sable(0/3),et in comparé dans la masse de BSF des

pourcentage(10%,20%,30%,40% et 50%) cauadion fluide des déché céramique utilisé sont présenté dans (tableau.2.6).



Figure.2.6 . Procédure de recyclage déchets de coquillage

Tableau.2.6 Caractéristiques physiques de déchet de céramiques et coquillages utilisé

Caractéristique	Déchets de céramique	Déchets de coquillages
Module de finesse	3.25	2.95
La masse volumique absolue (Kg/m^3)	2.45	2.86
La masse volumique apparente (Kg/m^3)	1.22	1.64
La porosité (%)	49.79	56.04
La compacité (%)	59.79	57.04

2.3 Composition des mélanges

La composition du béton de sable pour la confection des éprouvettes est basée sur la méthode expérimentale de projet de SABLOCRETE 1994. Le déchet céramique est le déchet de coquillage incorporé dans la masse du béton de sable par substitution volumique du sable avec de pourcentage de, 10%,20% et 30%. Les familles du béton de sable obtenus sont répertoriées comme suit:

BSFT : Béton de sable fluide témoin.

BSF1: Béton de sable fluide de 10% de déchets céramique et 5 %de coquillage.

BSF2: Béton de sable fluide 20% de déchets céramique et10% de coquillage.

BSF3: Béton de sable fluide 30% de déchets céramique et 15% de coquillage.

BSF4: Béton de sable fluide 40 %de déchets céramique et 20%de coquillage.

BSF5: Béton de sable fluide 50 %de déchets céramique et 25% de coquillage.

BSF6: Béton de sable fluide 60% de déchets céramique et 30% de coquillage.

BSF7: Béton de sable fluide 70% de déchets céramique et 35% de coquillage.

BSF8: Béton de sable fluide 10 %de déchets céramique et 10% de coquillage.

BSF9: Béton de sable fluide 20 %de déchets céramique et 20% de coquillage.

BSF10: Béton de sable fluide 30% de déchets céramique et 30% de coquillage.

BSF11: Béton de sable fluide 40% de déchets céramique et 40%de coquillage.

BSF12: Béton de sable fluide 50 de déchets céramique et 50 de coquillage.

Béton	Sable (Kg/m^3)	Ciment (Kg/m^3)	Fillers (Kg/m^3)	Déchet céramique (Kg/m^3)	Déchet coquillage (Kg/m^3)	Adjuvant (%)	Eau (L/m^3)
BSFT	1400	400	200	0	0	7.8	260
BSF1	1135.27	400	200	128.46	135.27	8.4	260
BSF2	899.05	400	200	256.92	244.02	9.6	260
BSF3	689.71	400	200	385.38	324.09	9.6	260
BSF4	507.8	400	200	513.84	378.36	10.2	260
BSF5	353.30	400	200	642.32	404.37	10.8	260
BSF6	226.24	400	200	770.78	402.97	11.4	260
BSF7	126.59	400	200	899.25	374.15	12	260
BSF8	1400	400	200	128.46	149.43	7.8	260
BSF9	840	400	200	256.92	298.8	9	260
BSF10	560	400	200	385.39	448.31	9.6	260
BSF11	280	400	200	513.85	597.75	10.2	260
BSF12	0	400	200	624.32	747.19	10.8	260

Tableau.2.7 Compositions des Béton de sable fluide à base déchet céramique pour ($1m^3$)

2.4 Malaxage et conservation

Le malaxage des bétons de sable fluide se fait en malaxeur à mortier d'une capacité de la figure.2.7, pour la confection des éprouvettes 4*4*16cm. L'introduction des constituants se fait du plus gros au plus fin. Le but recherché est de répartir, le plus régulièrement possible, chaque constituant afin d'assurer un mélange homogène et d'obtenir ainsi les mêmes propriétés. [48]

Le malaxage de chaque mélange se fait de la manière suivante :

- 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 3 minutes, puis on laisse le mélange repose 3 minute.
- Puis lancer vitesse rapide pendant 1 minute et 30 sec.

- L'Introduction du déchet de carrelage a été effectuée au départ (après l'introduction du sable).

- Mesure la densité et l'ouvrabilité du béton frais immédiatement au fin malaxage [48].

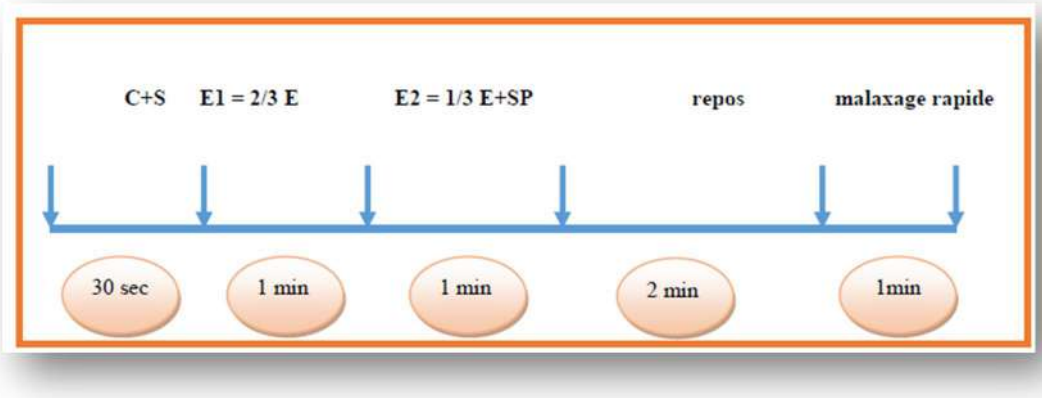


Figure.2.7 Séquence de malaxage du béton de sable fluide



Figure.2.8procédure de malaxage au laboratoire

2.5 Essai réalisé sur le béton

2.5.1L'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.2.10 montre les étapes de l'essai d'étalement mini cône selon la recommandation selon la recommandation EFNARC 2002**[68]**.

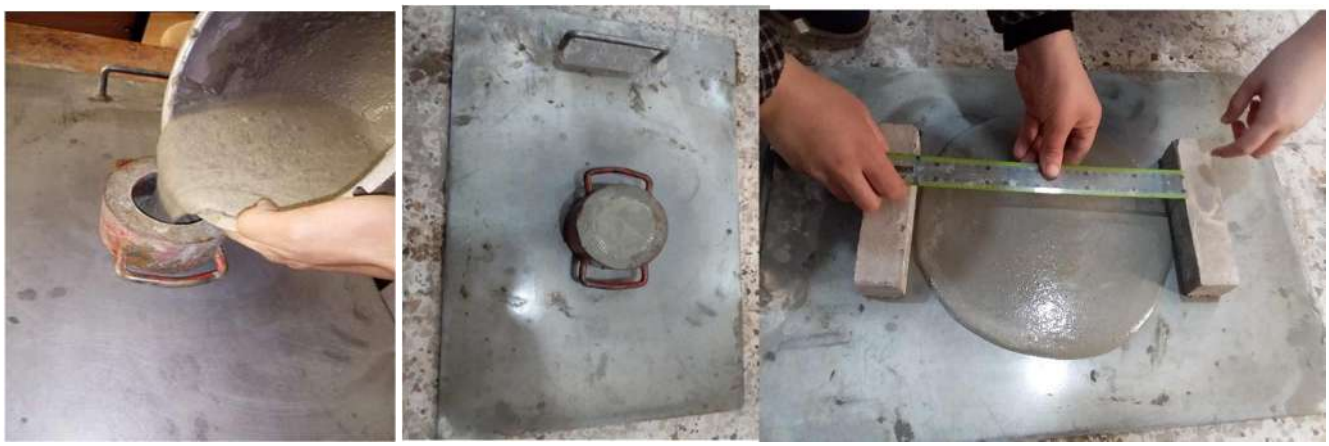


Figure.2.9 Mesure de l'étalement du béton de sable fluide

2.6 Préparation et conservation des éprouvettes

Les différents types de bétons de sable fluide sont tous fabriqués dans l'environnement de laboratoire. Le béton de sable fluide a été coulé dans des moules métalliques de forme prismatiques 4x4x16 cm destinées aux essais de compression et de variation dimensionnelles, ainsi que des éprouvettes 4×10×10 cm destinées pour les essais thermiques conformément à la norme NF EN 12390-2 **[70].**



Figure.2.10 Fabrication des éprouvettes

Après la confection, toutes les éprouvettes ont été couvertes afin d'éviter le risque d'évaporation excessive et le retrait plastique. Après 24 heures de la confection, les éprouvettes ont été démoulées et conservées dans l'eau à 20°C ± 2°C.

2.7 Essai réalisé sur le béton

- **A l'état durci**

Les différents essais réalisés sur le béton de sable fluide obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau.2.9 Essais sur bétons durci.

Essais	Appareil
Résistance a la compression	Presse Hydraulique (2000KN)
Résistance à la flexion	Presse Hydraulique (2000KN)

2.7.1 Résistancesà la compression

La résistance à la compression a été mesurée selon la norme [NF EN 196-1]**[71]**par compression axiale pour demi-prisme d'éprouvettes prismatiques de dimensions (4×4×16) cm, à l'âge 3 ,7 et 28 jours, à l'aide d'une presse hydraulique de capacité maximale de 2000 KN conforme a la norme [NF P 18-412]**[72]**fig.2.14 pendant l'essai, la vitesse de chargement est constante.

La résistance à la compression est le rapport entre la charge de rupture et la section transversale de l'éprouvette correspond à la contrainte moyenne d'écrasement sur trois éprouvettes à chaque âge d'essai (3j.7j.28j).

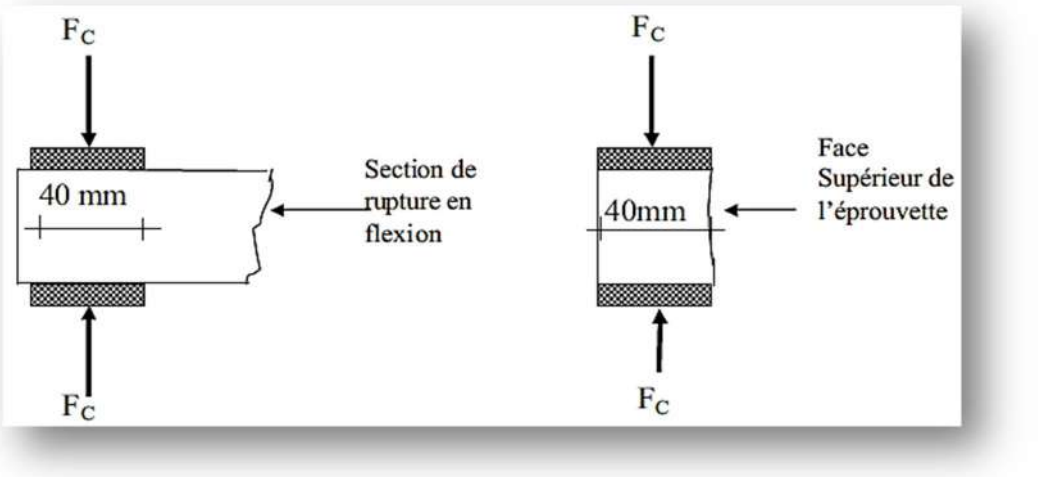


Fig.2.11 Dispositif de rupture à la compression

La contrainte de rupture est calculée comme suit :

$$R_C = \frac{F_C}{b^2} \text{ ... ...(Equation 2.1)}$$

$\mathbf{R_C}$: Résistance à la compression en (MPa) ;

$\mathbf{F_C}$: Charge de rupture en (N) ;

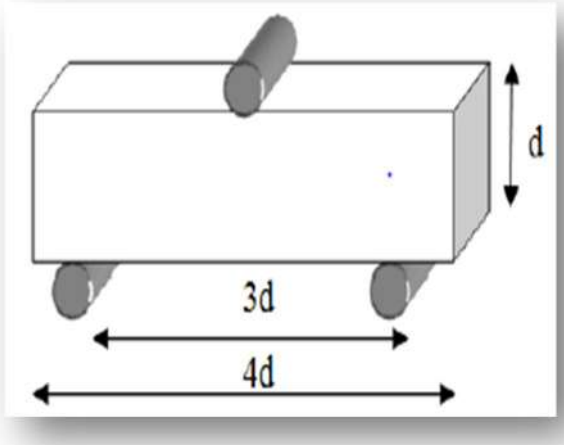
b : Côte de l'éprouvette est égale à 40mm.



Figure.2.12 Presse Hydraulique (2000KN)

2.7.2 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] **[35]**. C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à rompre en flexion (Par trois points), une éprouvette de (4x4x16) cm de côté **a** et de longueur**L**. La figure.2.14 montre les étapes de l'essai.



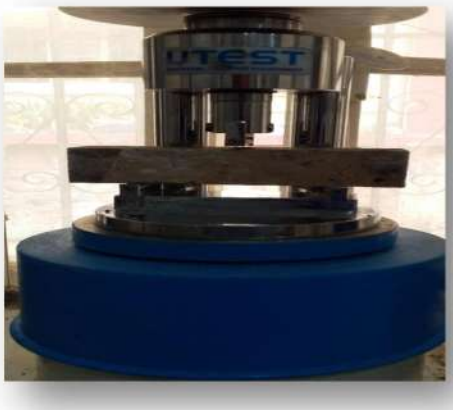


Figure.2.13 Essai de traction par flexion sur béton

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

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

Avec :

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

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

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

La résistance à la traction par flexion est calculée donc par la formule suivante :

$$\sigma_t = \frac{M15FfL}{d3}$$

2.8 Variables étudiées

Les variables d'étude utilisés au cours de ce travail sont résumées dans la figure.2.15.

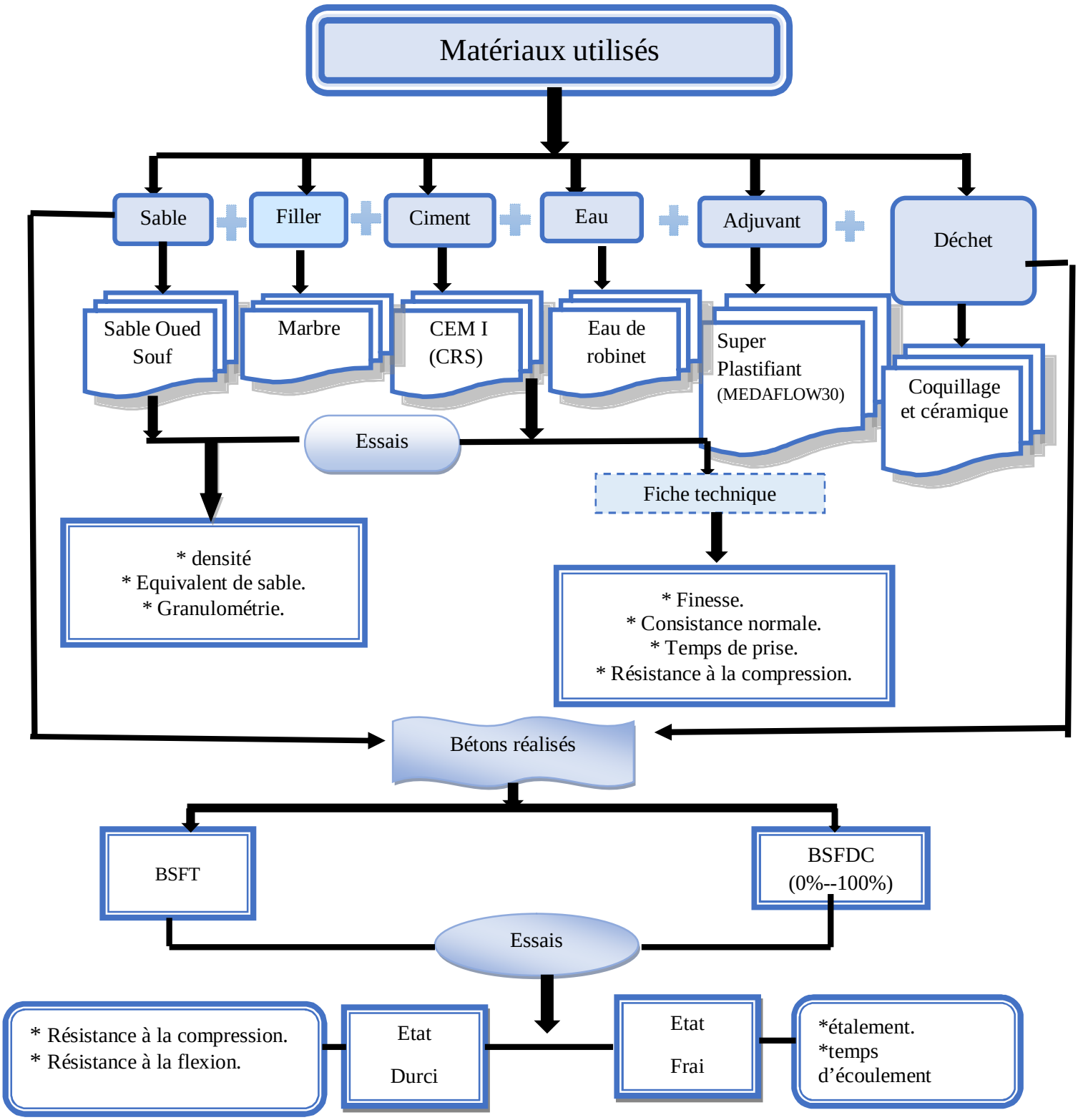


Figure.2.14 Variables étudiées

2.9 Conclusion

Le recyclage et la valorisation des déchets céramiques et coquillages dans la masse de béton de sable fluide constituent une alternative économique et technologique importante dans certains pays en voie de développement. Cette étude présente une contribution à l'étude de l'effet des déchets céramiques rouge sur les propriétés frais et durci des bétons de sables fluide.

Cette partie de l'étude a successivement traité les points suivants :

- Caractérisation des matériaux utilisés dans les compositions des BSF
- La méthode de formulation utilisée, est appelée méthode théorique SABLOCRETE.;
- Les procédures expérimentales et les essais réalisés sur les différents bétons de sable fluide à base de déchets céramique à l'état frais et à l'état durci au cours de cette étude.

Chapitre: 3
Résultats et interprétations

3.1 Introduction

Dans ce dernier chapitre on présente les résultats obtenus pour les différents essais réalisés sur le béton de sable fluide frais et durci. Les résultats sont rassemblés ci-après et les valeurs données sont les moyennes arithmétiques des trois résultats d'essais.

3.2. Influence de déchets céramiques et coquillages sur le comportement du BSF

3.2.1 Caractéristiques du BSF à l'état frais

- **Etalement**

Les résultats sont représentés sur un histogramme (Figure 3.1)nous permet de comparer les valeurs du l'étalement des différents bétons de sable fluide réalisés.

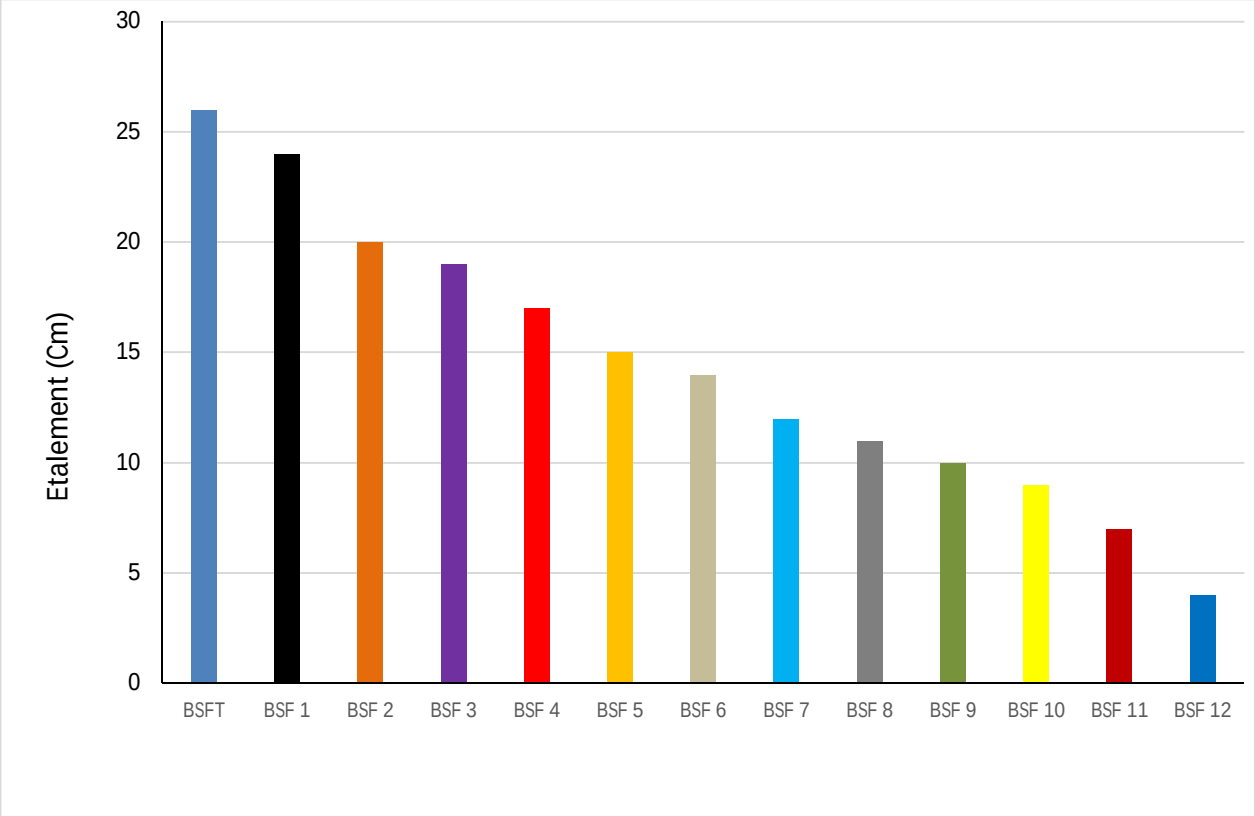


Figure.3.1Étalement de BSF à base de déchets céramiques et coquillage

Les résultats obtenus montrent que l'étalement de bétons de sable fluide varie en fonction du pourcentage de substitution du sable par les déchets céramiques et coquillages. On constate aussi que plus le pourcentage de déchets céramiques et coquillage augmente, plus l'étalement est diminué .Cela est due peut être à la forme anguleuse de déchets incorporés

par rapport au sable substitué.Ces résultats confirment les résultats de plusieurs chercheurs dans le domaine [33-36,37] .Safi et al [38] ont trouvé que le remplacement de (0% à 100%) du sable naturel par le déchet de coquillage (concassé) influe négativement sur la fluidité du mortier auto plaçant.

Pour ce qui s'en suit, et pouvoir comparer les résultats obtenus à l'état durci, on a varié la quantité d'adjuvant pour obtenir un étalement constant (compris entre 26 (Cm) et 28 (Cm)est visé) (Voir tableau de formulation)

3.2.1 Caractéristiques du BSF à l'état durci

- **Résistance à la compression**

Pour chaque essai, les résultats sont la moyenne de trois (03) mesures prises sur des éprouvettes de 4x4x16cm^3 à l'âge de 7 et 28 jours. Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure suivante :

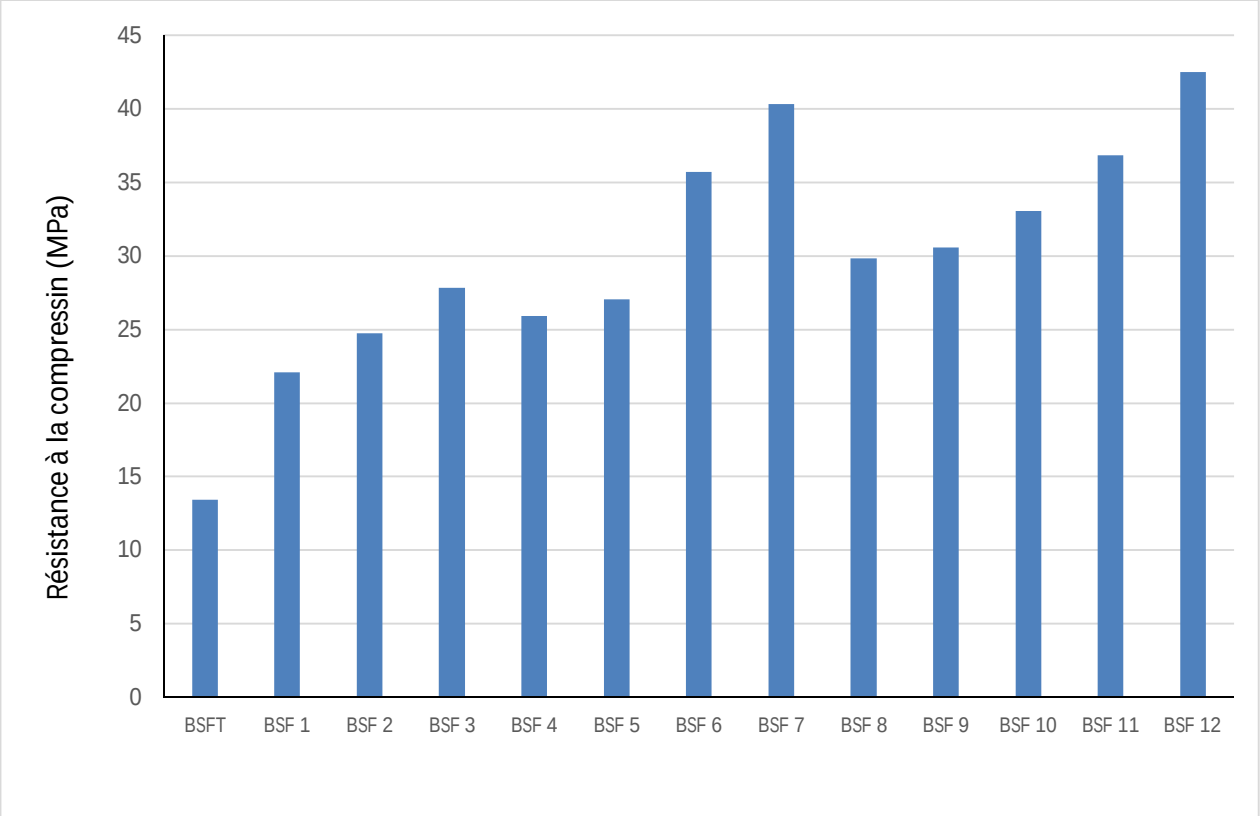


Figure.3.2 La résistance à la compression à l'âge de 7 jours des BSF à base de déchets céramique et coquillage

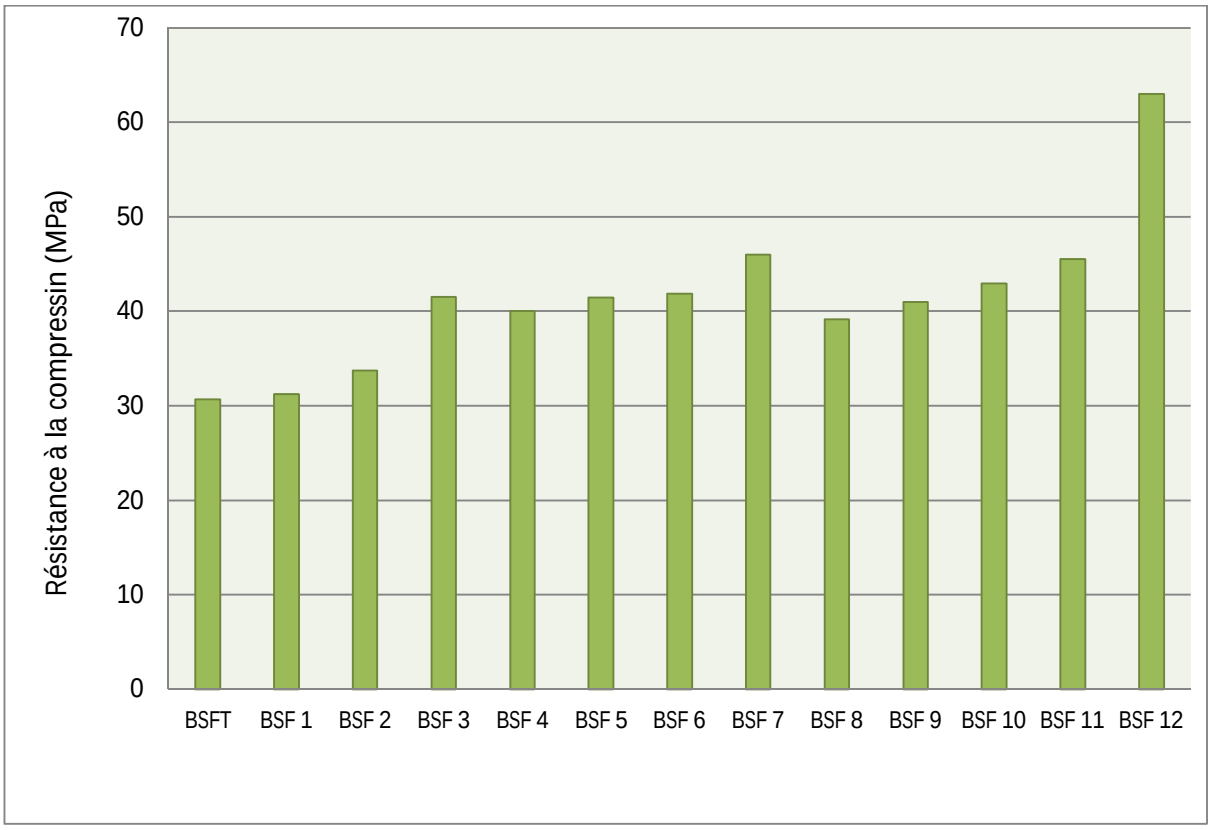


Figure.3.3 La résistance à la compression à l'âge de 28 jours des BSF à base de déchets céramique et coquillage

Les résultats obtenus montrent que la résistance à la compression du béton de sable fluide est améliorée en fonction d'augmentation de pourcentage de substitution du sable naturel par les déchets céramiques et coquillage et cela quelque soit l'âge du béton. Le gain d'augmentation est estimé à 100 % respectivement à l'âge de 28 jours avec un taux de 50% d'incorporation de déchets de céramiques et de coquillage. Cette augmentation de la résistance est liée aux grains de déchets céramiques et coquillages qui sont plus dure que ceux des grains de sable substitué. Ce résultat confirme les résultats de Soltanzadeh [39,41,42]. Finalement, l'optimum de la résistance à la compression est présenté par le BST avec la substitution totale du sable par de déchets céramiques et coquillage. L'utilisation de ces types des bétons est conseillés dans la construction de béton structurel.

- **La résistance à la traction par flexion**

Pour chaque essai, les résultats sont la moyenne de trois (03) mesures prises sur des éprouvettes de 4x4x16cm^3 à l'âge de 7 et 28 jours. Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure suivante :

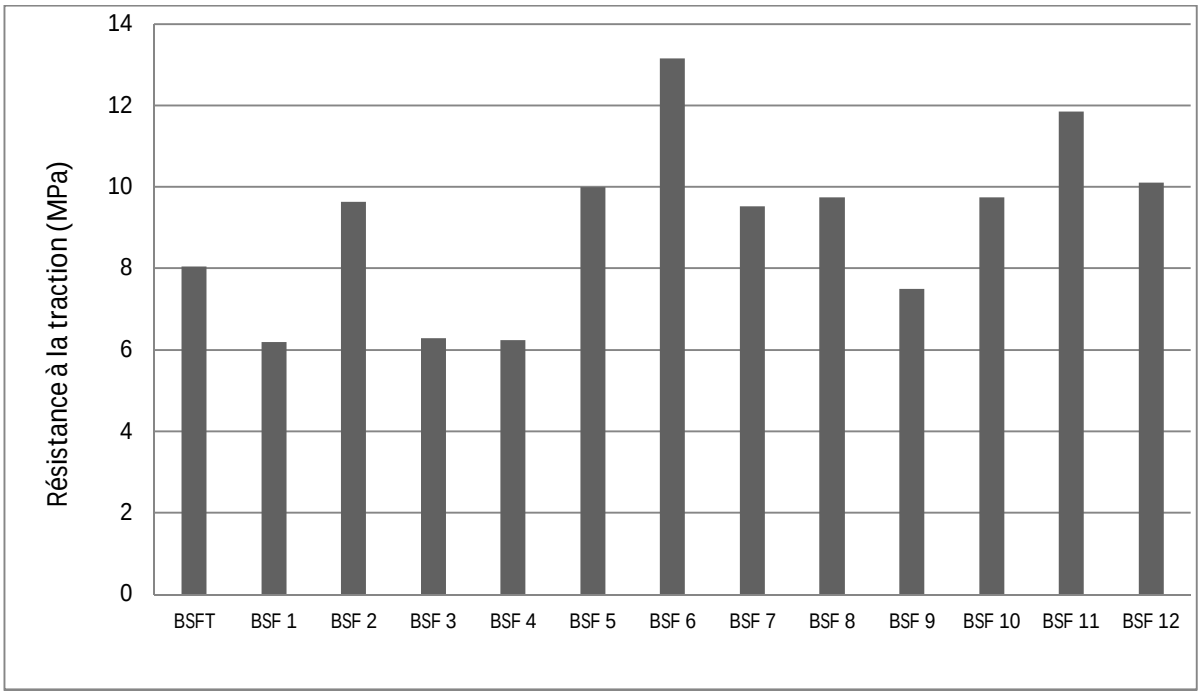


Figure.3.4 La résistance à la traction par flexion à l'âge de 7 jours des BSF à base de déchets céramique et coquillage

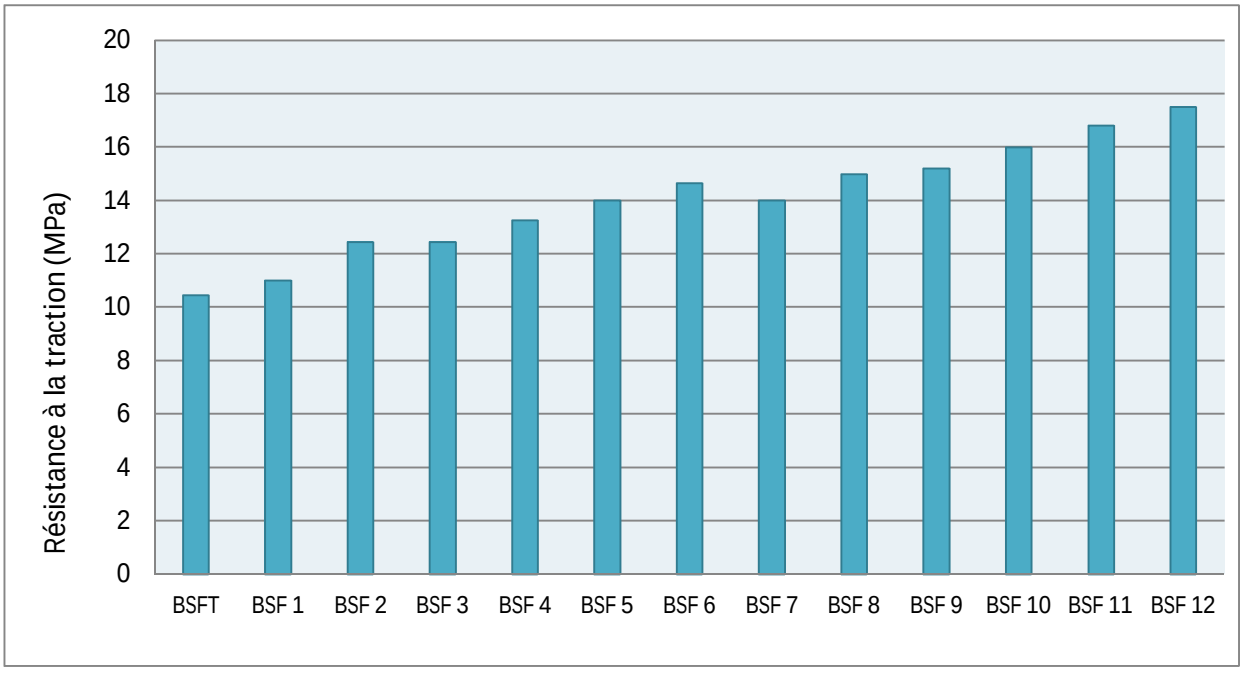


Figure.3.5 La résistance à la traction par flexion à l'âge de 28 jours des BSF à base de déchets céramique et coquillage

Les résultats présentés dans les figues ci-dessus montrent que quelque soit l'âge du béton la résistance à la traction par flexion du béton de sable fluide est nettement améliorée en fonction d'augmentation de pourcentage de substitution du sable naturel par les déchets céramiques et coquillage. Le gain d'augmentation est estimé à 80 % respectivement à l'âge de 28 jours avec un taux de 50% d'incorporation de déchets de céramiques et de

coquillage. Cette augmentation de la résistance est liée à la fois à la dureté des déchets céramiques et coquillages incorporé dans la masse de BSF et à la bonne adhérence entre ces grains et la matrice cimentaire. Ce résultat confirme les résultats trouvés par plusieurs chercheurs dans ce domaine [81,43,61,62]. L'optimum de la résistance à la compression est présenté par le BST avec la substitution totale du sable par de déchets céramiques et coquillage. On peut conclure finalement que l'emploi et l'utilisation de ces types des bétons est recommandé dans les éléments de structure (Poteaux, poutre, dalle ….ect).

1.6 Conclusion

Sur la base des résultats obtenus on conclut que :

- L'étalement de BSF est diminué en fonction d'augmentation de déchets de céramique et coquillage.
- Quelque soit l'âge des bétons, la résistance à la compression est nettement améliorés en fonction d'augmentation de pourcentage de substitution du sable par les déchets céramiques et coquillages.

- La résistance à la traction par flexion de béton de sable fluide à augmenté d'envions 80% en fonction d'incorporation de 50% de déchets de céramique et coquillage.

Conclusions générales

Conclusions générales

L'objectif essentiel de ce travail et de voir l'influence de déchets céramique et coquillages sur les caractéristiques de béton de sable fluide à l'état frais et durci. Les résultats de cette étude ont donné les conclusions suivantes :

- La substitution partielle et/ou totale du sable naturel par les déchets céramiques et coquillages influe négativement sur l'étalement du béton de sable fluide.

- Quel que soit l'âge du béton, la résistance à la compression de béton de sable fluide est nettement améliorée. Le gain est estimé à 100% pour une substitution totale (50%+50%) du sable par les déchets céramiques et coquillages.

- La résistance à la traction par flexion de BSF est augmentée en fonction de substition du sable naturel par les déchets céramiques et coquillages. Une augmentation d'environ 80% de la résistance à la traction par flexion de béton de sable fluide est enregistrée en fonction de substitution totale de sable par les déchets de céramiques et coquillage.

Finalement, sur la base des résultats obtenus, l'application de ce type des bétons est recommandé dans les éléments de béton structuraux (Panneaux préfabriqué, dallage, poteau, poutre).L'emplois et la valorisation des déchets céramique et coquillage comme un matériau alternative dans les domaines de construction peut contribuer à la protection de l'environnement et l'économie du pays.

RECOMMANDATION

Recommandations

Nous recommandons pour des futurs travaux l'étude :

- Durabilité du béton de sable fluide à base de déchets de céramiques et coquillage.
- Influence de déchets plastique et de déchets de coquillage sur la performance de BSF.
- Influence des fibres métalliques déchets de céramiques et déchets coquillage sur le comportement de béton de sable fluide.
- Etude de la pompabilité des bétons de sable fluide à base déchets de céramiques et coquillage.

Référence bibliographique

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

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

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

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

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

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

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

[8]https://www.google.com/search?q=%D8%A7%D9%84%D8%B2%D8%AE%D8%B1%

[9]http://www.univ-setif.dz/facultes/ft/externe/departements/gc/Chapitre-II-Produit ceramiques.pdf

[10]https://www.google.com/search?q=c%C3%A9ramique&client=firefox-b

[11]https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-ceramique-16686/

[12] Debieb F. Performances et durabilité du béton à base de granulats recyclés contaminés par les chlorures et sulfates. Thèse PhD, Departement génie civil, Université Houari Boumediene Algies ;2007.

[13] https://www.invaluable.com/artist/deck-theodore-t0llz85v8f/sold-at-auction-prices/

[14]https://www.google.com/search?q=Les+Fa%C3%AFencesMat%C3%A9riauxalbigeois Elodie&client=firefox-b

[15] https://jardinage.lemonde.fr/dossier-2423-toiture-tuiles.html

[16]https://www.google.com/search?q=brique+creux+et+autre+brique+plein&tbm=isc

[17]https://www.lesmateriaux.fr/carrelage/faience-carrelage-mural/49732-talisman.html

[18] https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Dalle+de+sol+

[19] https://wc.ooreka.fr/astuce/voir/719691/materiaux-des-wc**[20]**https://youchoz.com/prix-dalle-de-sol-algerie/

[21] https://wc.ooreka.fr/astuce/voir/719691/materiaux-des-wc

[22] http://www.univ-setif.dz/facultes/ft/externe/departements/gc/Chapitre-II-Produits-ceramiques.pdf

[23]https://www.google.com/search?q=Fabrication+de+la+c%C3%A9ramique+rouge

[24] https://www.latuileterrecuite.com/comment-sont-fabriquees-les-tuiles/

[25]http://carrelage.over-blog.com/2016/08/la-fabrication-des-carreaux-de-ceramique.html

[26]https://www.google.com/search?q=fabrication+de+dalle+de+sol&tbm=isch&ved=2ahUKEwj9j7OeoMvpAhUJgM4BHXzxBD8Q2cCegQIABAA&oq=fabricatio

[27]http://www.univ-setif.dz/facultes/ft/externe/departements/gc/Chapitre-II-Produits-ceramiques.pdf

[28]https://www.google.com/search?q=Le+carrelage+des+sols&tbm=isch&ved=2ahUKEwjgqYW6ysrpAhXG04UKHUdCBpsQ2cCegQIABAA&oq=Le+carrelage+d

[29]https://www.google.com/search?q=le+carrelage+de+murs&tbm=isch&ved=

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

[36] 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.

[37]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.

[38] 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.

[39] 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.

[40] 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.

[41] 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.

[42] 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.

[43] 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.

[44]ZIRARI IMEN et IKHLEF Khadidja, Thème : Valorisation des déchets de fonderie dans le béton de sable fluide, Projet de fin d'étude

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

A n n e x e



Figure.A. 1 : Ciment *MATINEutilisé.*

NOTICE TECHNIQUE 2 1 1 9

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

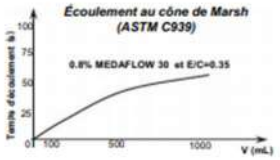
Le **MEDAFLOW 30** est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la troisième génération. Il est conçu à base de polycarboxylates d'Ether qui améliorent considérablement les propriétés des bétons.
Le **MEDAFLOW 30** permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.
En plus de sa fonction 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.

Granitex
Zone industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger
Tél : (213) 021 51 66 81 & 82
Fax : (213) 021 51 64 22 & 021 51 65 23
www.granitex-dz.com - E-mail: granitex@granitex-dz.com

58

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Le **MEDAFLOW 30** est conditionné en bidons de 10Kg, fûts de 210 Kg et 240 Kg, cubiténaire 1100kg.

Délai de conservation :
Une année dans son emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur (5°C < t < 35°C).
Lors d'une exposition du produit au soleil, sa couleur est sujette à changer de ton.

PRÉCAUTIONS D'EMPLOI

Manipulation non dangereuse.
Se référer à la Fiche de Données de Sécurité disponible sur : **www.granitex-dz.com**

PV d'essais conforme aux normes, établi par le **CNERIB** en Avril 2005.

NB : Les produits à base de polycarboxylates d'Ether (PCE), exposé aux UV, changent dans la couleur mais sans aucun incident sur les propriétés et les effets de l'adjuvant.

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.

Granitex
Zone industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger
Tél : (213) 021 51 66 81 & 82
Fax : (213) 021 51 64 22 & 021 51 65 23
www.granitex-dz.com - E-mail: granitex@granitex-dz.com

59

FigureA.3 fiche technique d'adjuvanteutilisé.

.



Figure. A.4 : Tamiseuse électrique.



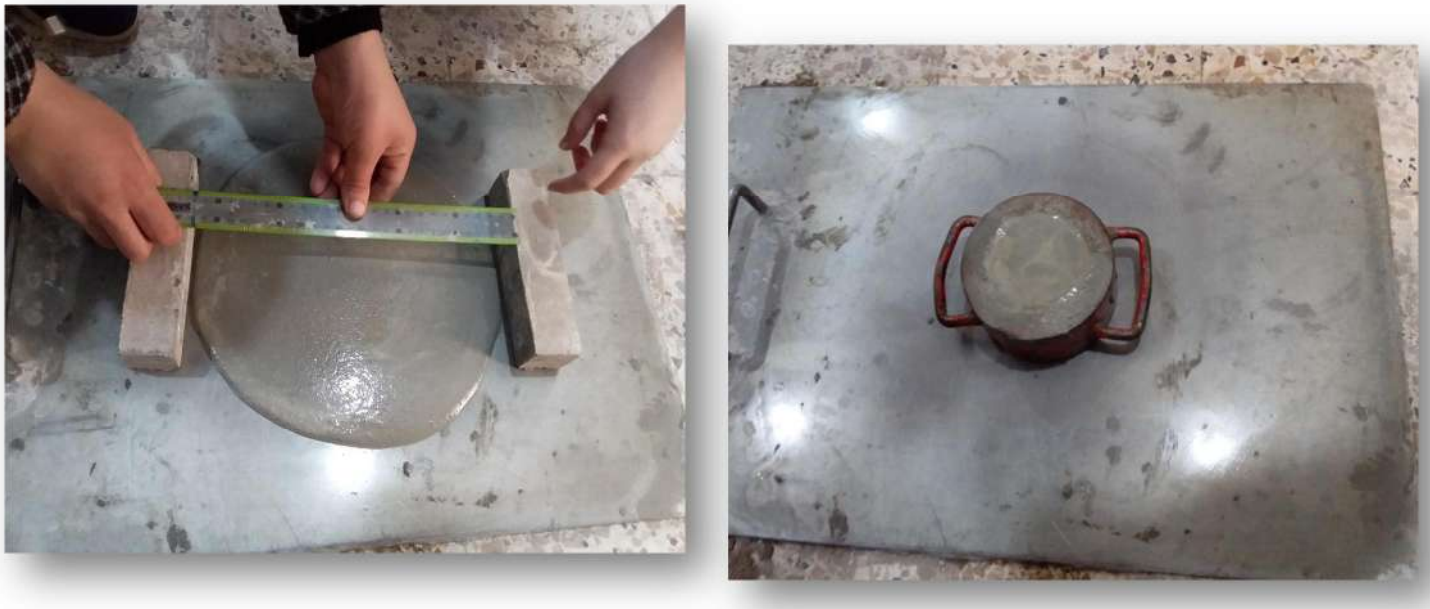
Figure. A.5 : Malaxeur.





Figure A.8:DC de coquillage.





FigureA.9 :essai de l’étalement**.**



FigureA.10 : Los Angeles.



Figure.A.11 : Les éprouvettes aprés l'écrasement.