REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : Matériaux en génie civil

Thème

Etude de la faisabilité de fabrication de mortier en utilisant les coquilles d'amande

---

Présenté par

-Brahmi Mohamed Ishak

-Bensalem Mohamed Yazid

Proposé et Dirigé par

Pr.Bentchikou Mohamed

Promotion Juin 2023

Remerciement

*Nous tenons tout d'abord à remercier **ALLAH** pour nous avoir guidés vers le bon chemin de la lumière et du savoir et pour nous avoir donné du courage, de la volonté afin de pouvoir réaliser ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre directeur de recherche monsieur **Bentchikou Mohamed** pour l'encadrement de ce mémoire, pour son aide, sa patience et la confiance qu'il nous a accordée. Nous tenons à remercier : le président et les membres de jury pour avoir accepté de juger notre travail.*

Nos sincères remerciements vont également à tous les enseignants du département de Génie Civil de l'université de Médéa, et à tous les enseignants qui ont participé à notre formation.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Je rends grâce à dieu de m'avoir donné le courage et la volonté ainsi que la conscience d'avoir pu terminer mes études.

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents pour toute leur tendresse et pour leurs nombreux sacrifices pour ma réussite. Ainsi qu'à ma sœur Sarah et mon frère Yasser. Que dieu les garde.

Mes frères

(Fethi,Aymen,Djihed,Bilal,Djamel,Mohamed,Adel) .

A toute la famille de près ou de loin.

A tous les enseignants qui ont contribué à ma formation depuis mon premier cycle d'étude jusqu'à la fin de mes études universitaires.

A tous mes amis et tous mes collègues de la promotion 2022/2023.

MOHAMED ISHAK

Je dédié ce mémoire :

*A ma chère **MERE** et à mon **PERE**, à qui je souhaite une Longue vie.*

A mes chers et adorables frères : ***Ahmed,Abednour,Saadeddine,Fattah, Walid,Abdelfattah.***

*A mon binôme **ishak**.*

A mes chères amies et à tous mes collègues

A tous ceux qui m'ont soutenue de près ou de loin en pensées et prière, Merci.

Mohamed Yazid

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا المشروع هو المساهمة فيً تثمُين قشور اللوز ودمجها فَي كتلة الملاط عن طرٌق استبدال حجم الرمل بنفس الكمية من قشور اللوز و ذلك بنسب (10%.15%.20%.30%.100%)على التوالَي مع دراسة خصائصه فَي الحالة الرطبة و فَي الحالة الصلبة ومقارنتها مع ملاط عادي.

أظهرت النتائج التيً تم الحصول علٌيها أن قشور اللوز تؤدي إلى انخفاض كبيٌر فيً قٌيمة ميٌوعة وكثافة الملاط.

بالإضافة إلى ذلك فان الخصائص الحرارٌية للملاط تحسنت مع إضافة قشور اللوز.لذلك، من الممكن الحصول على موادً عازلة جديٌدةٌمن الممكن استخدامها فَي طرق البناء المختلفة.

الكلمات المفتاحية : دراسة , إمكانية ,تصنيع , الملاط , قشور اللوز .

Résumé

L'objectif principal de ce projet consiste à valoriser les déchets de coque d’amande par la substitution volumique du sable à différents pourcentages (10%,15%,20%,30%,100%) dans la fabrication d’un mortier. Les propriétés à l'état frais et à l'état durci des différents mélanges réalisés ont été analysées et comparées aux mortiers témoins. Les résultats obtenus montrent que les déchets de coque d’amande diminuent la maniabilité et la densité du mortier. Par ailleurs, les caractéristiques thermiques du mortier se sont améliorées avec l'ajout de déchets de coque d’amande. Donc, il est possible d'obtenir de nouveaux matériaux isolants susceptibles d'être utilisés dans les différentes constructions.

Les mots clés : Etude, Faisabilité, Fabrication, Mortier, Les coquilles d’amande.

Abstract

The main objective of this project is to recover almond shell waste by volume substitution of sand at different percentages (10%, 15%, 20%, 30%, 100%) in the manufacture of a mortar. The properties in the fresh state and in the hardened state of the various mixtures produced were analyzed and compared with the control mortar. The results obtained show that the almond shell waste decreases the workability and the density of the mortar. In addition, the thermal characteristics of the mortar are improved with the addition of almond shell waste. Therefore, it is possible to obtain new insulating materials capable of being used in the various constructions.

Keywords : Study, Feasibility, Manufacturing, Mortar, Almond shell.

Sommaire

Remerciements
Dédicace
ملخص
Résumé
Abstract
Sommaire
Liste des tableaux
Liste des figures
Liste des symbols

Introduction générale……...01

CHAPITRE 01: Les Mortiers

I.Mortier…….03
I.1 Définition ……03
I.2 Composition……03
I.2.1 Les liants……...03
I.2.2 Les sables…….....03
I.2.3 Les adjuvants……04
I.2.4 Les ajouts…….....05
I.3 Les différents mortiers…….....05
I.3.1 Les mortiers de ciment…….05
I.3.2 Les mortiers de chaux……...06
I.3.3 Les mortiers bâtard……...06
I.3.4 Les mortiers fabriqués sur chantier……...07
I.3.5 Les mortiers industriels……07
I.4 Domaine d'utilisation des mortiers……..08
I.4.1 Mortiers pour chape……..08
I.4.2 Mortiers et coulis de réparation……08
I.4.3 Les scellements et les calages ……..09
I.4.4 Isolation thermique ……09
I.5 Caractéristiques principales ……10

CHAPITRE 02: Les Déchets Agricoles.

II.1 Introduction ……11
II.2 Les déchets agricoles en forme de coques rigide……...11
II.2.1 noyau d'olives……11
II.2.1.1 Définition……..12
II.2.1.2 Caractéristiques physiques ……..12
II.2.1.3 Composition chimique……13
II.2.1.4 Le noyau comme ingrédient des matériaux de construction.……13
II.2.1.5 Conclusion ……...13
II.2.2 Coques de noix de palmier……...14
II.2.2.1 Origine et historique……14
II.2.2.2 Définition……..14
II.2.2.3 Les propriétés physico-mécaniques……..……15
II.2.2.4 Conclusion……15

II.2.3 Coques d'amandes……16
II.2.3.1 Définition……17
II.2.3.2 Caractéristiques physiques et chimiques……..17
II.2.3.3 L'utilisation possibles…… …….18

CHAPITRE 03: Valorisation de déchets agricoles dans domaine de génie civil.

III.1 Introduction……20
III.2 Historique……20
III.3 Définition……21
III.3.1 Les utilisations possibles de déchets agricoles……..21
III.4 L'utilisation de déchets agricole dans le domaine de génie civil……22
III.4.1 Cendres de bagasse de canne à sucre……22
III.4.2 Coque d'arachide……...23
III.4.3 Coquille d'huitre……24
III.4.4 La balle de riz……24
III.4.5 Le liège…….. 25
III.5 Propriétés physique et chimique…….....26
III.6 Conclusion ……..27

CHAPITRE 04: Matériaux et Essais

IV.1 Introduction……29
IV.2 Matériaux utilisés……...29
IV.2.1 Le ciment……...29
IV.2.2 Eau de gâchage……..30
IV.2.3 Sable……...31
IV.2.4 Déchet de coque d'amande……32
IV.3 Fabrication et Conservation……..…34
IV.3.1 Composition à étudier……34
IV.3.1.1 Mortier Témoin……...34
IV.3.2 Malaxage et Conservation…….……34
IV.4 Essais sur mortier frais……..…35
IV.4.1 Maniabilité……..…35
IV.4.2 Densité……...36
IV.5 Fabrication et confection des éprouvettes……36
IV.6 Essais sur mortier durci……..…37
IV.6.1 Essais de traction par flexion……..…37
IV.6.2 Essais de compression……...…39
IV.6.3 Essais d'absorption d'eau par capillarité……...…40
IV.6.4 Essais de la conductivité thermique……..40
IV.6.5 Essais ultrasonique……..…41
IV.7 Variables étudiées……...42
IV.8 Conclusion……...43

CHAPITRE 05: Résultats et Interprétation

V.1 Introduction……..44
V.2 Etat frais……44

V.2.1 La maniabilité……..44
V.2.2 La densité……45
V.3 Etat durci……..45
V.3.1 Résistance à la traction par flexion ……45
V.3.2 Résistance à la compression……45
V.4 Propriétés thermique……...50
V.4.1 La conductivité thermique……..50
V.5 Approche de durabilité…….....51
V.5.1 L'absorption capillaire…….51
V.6 Conclusion……..…...52
Conclusion générale……53
Références bibliographiques……..54
Annexe……..58

Liste Des Tableaux

Tableau.IV.1 : Essais physiques sur le ciment MATINE

Tableau.IV.2 : Caractéristiques physiques de sables utilisés

Tableau.IV.3 : Caractéristiques physiques de coque d'amande utilisée

Tableau.IV.4 : Les composantes des mortiers formulées à base des déchets d'amande

Liste Des Figures

Figure I.1 : Le mortier.

Figure I.3.1 : Mortier de ciment.

Figure I.3.2 : Mortier de chaux.

Figure I.3.3 : Mortier bâtard.

Figure I.3.4 : Mortiers fabriqués sur chantier.

Figure I.4.1 : Mortier pour chape.

Figure I.4.2 : Coulis de réparation.

Figure I.4.3 : Les scellements et calages.

Figure I.4.4 : Isolation thermique.

Figure II.1 : Noyau d'olive.

Figure II.2 : Coque de noix de palme.

Figure II.3 : Plante d'amandier.

Figure II.4 : La coquille d'amande.

Figure II.5 : Les coquilles d'amandes et le drainage.

Figure II.6 : Les coquilles d'amandes et le jardinage.

Figure II.7 : Les coquilles d'amandes et combustion.

Figure III.1 : Fibres de roseau géant et sa cendre.

Figure III.2 : Coque d'arachide.

Figure III.3 : Coquille d'huître.

Figure III.4 : Cendre de balle de riz

Figure III.5 : Le traitement du liège et sa granulométrie.

Figure III.6 : Analyse par tamisage.

Figure IV.1 : Ciment MATINE.

Figure IV.2 : Sable moyenne d'oued souf.

Figure IV.3 : La courbe granulométrique de sable utilisé.

Figure IV.4 : Déchet de coque d'amande.

Figure IV.5 : la courbe granulométrique de la coque d'amande utilisée.

Figure IV.6 : Séquence de malaxage du mortier.

Figure IV.7 : Le malaxagedesmortiersau laboratoire.

Figure IV.8 : Mesure de la maniabilité du mortier.

Figure IV.9 : Mesure de la densité du mortier.

Figure IV.10 : Fabrication des éprouvettes.

Figure IV.11 : Conservation des éprouvettes à l'air libre.

Figure IV.12 : Conservation des éprouvettes à l'eau.

Figure IV.13 : Dispositif pour l'essai de résistance à la traction.

Figure IV.14 : Essaisde tractionparflexion.

Figure IV.15 : Dispositif de rupture à la compression.

Figure IV.16 : Essais de compression.

Figure IV.17 : Absorption d'eau par succion capillaire.

Figure IV.18 : Le CT-mètre.

Figure IV.19 : Variablesétudiées.

Figure IV.20 : Etalonnage et mesure du temps de parcours des ondes ultrasonores.

Figure V.1 : Temps d'écoulement du mortier à base de coque d'amande.

Figure V.2 : Le rapport E/C à base de coque d'amande.

Figure V.3 : La densité des mortiers à base de déchet de coque d'amande.

Figure V.4 : Résistance à la compression du mortier à base de coque d'amande à l'âge de 7 et 28 et 56 jours à l'eau.

Figure V.5 : Corrélation entre la résistance à la compression et la densité dumortier à l'eau.

Figure V.6 : Résistance à la compression du mortier à base de coque d'amande à l'âge de 7 et 28 et 56 jours à l'air.

Figure V.7 : Corrélation entre la résistance à la compression et la densité du mortier à l'air.

Figure. V.8 : La résistance à la compression du mortier à base de coque d'amande à l'âge de 28jours à l'eau et l'air.

Figure V.9 : Visualisation de l'interface de mortier à base de coques d'amande.

Figure. V.10 Conductivité thermique des mortiers à base de déchet de coque d'amande

Figure V.11 : La conductivité thermique en fonction de la densité.

Figure V.12 : Absorption d’eau par capillarité de mortier à base de déchet coque d’amande.

Liste Des Symboles

SCBA : Cendres de bagasse de canne à sucre.

GNS: Coque d'arachide.

OS: Coquille d'huitre.

RHA: La balle de riz.

SDA: Saw Dust.

WRG: Wild Giant Reed.

E/C: Eau/Ciment

CaO: Oxyde de calcium

$\mathbf{SiO_2}$: Silicium

$\mathbf{Al_2O_3}$: Oxyde d'Aluminium

$\mathbf{Fe_2O_3}$: Oxyde de fer

MT : Mortier Témoin

MDCA : Mortier à base de déchet de coque d'amande

M : Moment de flexion entre les deux points d'application de la charge

I : Moment d'inertie de la section transversale

v : 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 est égale à 40mm.

λ : Conductivité thermique (W/m°C)

Introduction générale

Introduction générale

Le mortier est un matériau essentiel dans la construction et la réparation de structures en génie civil. Il est utilisé pour lier les briques, les blocs de béton et d'autres matériaux de construction. Traditionnellement, le mortier est composé d'un mélange de ciment, de sable et d'eau. Cependant, dans le cadre de la recherche de solutions plus durables et respectueuses de l'environnement, de nouvelles alternatives sont étudiées.

Nous allons dans la présente étude tester la faisabilité de l'utilisation des coquilles d'amande comme remplacement partiel ou total du sable dans le mortier. Les coquilles d'amande sont des sous-produit de l'industrie alimentaire et représentent une importante source de déchets. Leur réutilisation dans le domaine de la construction pourrait contribuer à réduire la quantité de déchets générés et offrir une solution plus écologique en plus des qualités techniques que pourraient présenter.

Cette étude de faisabilité vise à évaluer les propriétés physiques et mécaniques d'un mortier à base de coquilles d'amande. Elle vise également à analyser les avantages potentiels de cette substitution, tels que la réduction des coûts, l'amélioration certaines propriétés et la diminution de l'empreinte environnementale. C'est dans ce cheminement d'idées que nous posons notre problématique qui a pour question centrale :

Quelle est la faisabilité du mortier fabriqué à base de déchets de coquilles d'amande ?

En guise de réponse provisoire à cette question, nous émettons l'hypothèse suivante :

Le mortier fabriqué à base de coquilles d'amande serait faisable en matière de résistance et de conductivité thermique.

Au cours de cette étude, des échantillons de mortier contenant différents pourcentages de coquilles d'amande seront préparés et soumis à des tests de résistance mécanique, et thermique et d'autres propriétés. Les résultats obtenus permettront d'évaluer la faisabilité de l'utilisation des coquilles d'amande dans la composition du mortier, ainsi que leurs éventuelles limitations et recommandations pour une utilisation optimale.

Nous présentons tout d'abord une synthèse sur l'état actuel de connaissance sur les mortiers (définitions, les types, caractéristiques…etc.)

Pour le deuxième chapitre nous présentons les déchets agricoles en forme de coques rigides (noix, noyaux d'olive, amandes…etc.), de leurs propriétés chimiques et physiques, et des utilisations possibles des coquilles d'amandes.

Dans le troisième chapitre, nous allons parler de la valorisation des déchets en particulierle déchet agricole (coque d'amande) et aussi l'influence de leur valorisation sur les caractéristiques des matériaux cimentaires.

Nous avons examinédans le quatrième chapitrela caractérisation des matériaux utilisés dans la fabrication du mortier, la préparation et la conservation des échantillons d'essai qui passent par la formulation et le mélange du mortier

Enfin, le cinquième chapitre reporte les résultats de la caractérisation des différents mortiers obtenus à l'état frais et durci, ainsi que les indicateurs de la durabilité

Nous présenterons, en dernier lieu, une conclusion générale dans laquelle nous répondrons à notre question de recherche.

Chapitre 01 :

Les Mortiers

I. Le mortier

I.1 Définition :

Le mortier est le mélange à consistance de pâte ou de boue, d'un liant et d'agrégats avec de l'eau. Il est utilisé en maçonnerie comme élément de liaison, de scellement ou comme enduit. Techniquement parlant, c'est une colle. [1]



Figure I.1 Le mortier

I.2 Composition:

Le mortier est un des matériaux de construction, qui contient du liant (Ciment, chaux,…) ; de l'eau; du sable; des adjuvants et éventuellement des additions. Ils peuvent être très différents les uns des autres selon la nature et les pourcentages des constituants, le malaxage, la mise en œuvre et la cure. [2]

I.2.1 Les liants:

Généralement, on peut utiliser:

- les ciments normalisés (gris ou blanc);
- les ciments spéciaux (alumineux fondu, prompt, ..);
- les liants à maçonner;
- les chaux hydrauliques naturelles;
- les chaux éteintes.

I.2.2 Les sables:

Normalement, les sables utilisés sont les sables appelés "sable normalisé". Les sables de bonne granulométrie doivent contenir des grains fins, moyens et gros. Les grains fins se

disposent dans les intervalles entre les gros grains pour combler les vides. Ils jouent un rôle important: Ils réduisent les variations volumiques, les chaleurs dégagées et même le prix. Les dosages se feront en poids plutôt qu'en volume comme c'est souvent le cas, afin d'éviter les erreurs de dosage, par suite de l'augmentation de volume de sable humide. Ils peuvent être:

- naturels et roulés (de rivières, de sablières, ..), de nature siliceuse ou silicocalcaire.
- naturels concassés (roches de carrières), comme des basaltes, porphyres, quartzites. Ils sont anguleux et durs.
- spéciaux (lourds, réfractaires, légers) comme:

✓Sable de laitier;

✓Sable d'oxydes de fer, de chromite;

✓Corindon;

✓Sable de briques concassées;

✓Liège torréfié;

✓Polystyrène expansé;

✓Vermiculite, perlite.

Certains sables sont à éviter, notamment les "sables à lapin", généralement très fins, les sables crus qui manquent de fines et les sables de dunes ou de mer qui contiennent des sels néfastes pour les constituants des ciments, par contre ils doivent être propres.

Le diamètre maximum des grains de sable utilisés pour les mortiers est:

- extra-fins: jusqu'à 0,8 mm (en tamis), soit 1 mm (en passoire);
- fins: jusqu'à 1,6 mm;
- moyens: jusqu'à 3,15 mm;
- gros: jusqu'à 5 mm.

I.2.3 Les adjuvants:

Les adjuvants sont des produits chimiques que l'on utilise dans le cas des mortiers et des bétons. Ils modifient leurs propriétés auxquels ils sont ajoutés en faible proportion (environ

jusqu'à environ 5% du poids de ciment). Les mortiers peuvent comporter différents types d'adjuvants:

- les plastifiants (réducteurs d'eau);
- les entraîneurs d'air;
- les modificateurs de prise (retardateurs, accélérateurs);
- les hydrofuges.

Dans tous les cas des soins particuliers doivent être pris afin d'obtenir des mortiers sans ressuage, homogènes d'une gâchée à l'autre.

I.2.4 Les ajouts:

Les ajouts que l'on utilise dans les mortiers sont:

- Poudres fines pouzzolaniques (cendres, fumée de silice..);
- Fibres de différentes natures;
- Colorants (naturels ou synthétiques);
- Polymères.

I.3 Les différents mortiers:

Dans le Génie Civil (travaux publics et bâtiments), on utilise différents types de mortier:

I.3.1 Les mortiers de ciment:

Les mortiers de ciments sont très résistants, prennent et durcissent rapidement. Le dosage du rapport entre le ciment et le sable est en général volumétrique de 1:3 et le rapport de l'eau sur ciment est environ 0,35. De plus, un dosage en ciment les rend pratiquement imperméables.



Figure I.3.1. Mortier de ciment.

I.3.2 Les mortiers de chaux : Les mortiers de chaux sont moins résistants par rapport aux mortiers de ciment (gras et onctueux). La durée du durcissement des mortiers de chaux est plus lente que pour les mortiers de ciments.



Figure I.3.2 Mortier de chaux

I.3.3 Les mortiers bâtards:

Ce sont les mortiers, dont le liant est un mélange de ciment et de chaux. Généralement, on utilise la chaux et le ciment par parties égales, mais des fois on prend une quantité plus ou moins grande de l'un ou l'autre suivant l'usage et la qualité recherchée.



Figure I.3.3 Mortier de bâtard.

I.3.4 Les mortiers fabriqués sur chantier:

Ils sont préparés avec le ciment et le sable du chantier. Le ciment est un ciment courant CPA ou CPJ et parfois des ciments spéciaux comme le ciment alumineux fondu. On emploie également des chaux hydrauliques et parfois des liants à maçonner. Le sable est le plus souvent roulé (nature silico-calcaires) parfois concassé et le gâchage s'effectue à la pelle ou à l'aide d'une petite bétonnière. Ces mortiers ne sont donc pas très réguliers et les sables peuvent être différents d'une livraison à l'autre, mais de toutes façons ils doivent être propre et de bonne granulométrie. Le sable est généralement dosé en poids (ce qui est préférable), soit en volume (cas des petits chantiers). Dans ce dernier cas, il est très important de tenir compte du phénomène de foisonnement des sables.



Figure I.3.4 Mortier fabriqués sur chantier

I.3.5 Les mortiers industriels :

Ce sont des mortiers que l'on fabrique à partir de constituants secs, bien sélectionnés, conditionnés en sacs, contrôlés en usine et parfaitement réguliers Pour utiliser ce type de mortiers, il suffit de mettre la quantité d'eau nécessaire et malaxer pour ensuite les mettre en

œuvre. Les mortiers peuvent contenir des liants et des sables variés ainsi que certains adjuvants et éventuellement des colorants. Les fabricants de mortiers industriels proposent une gamme complète de produits répondant à tous les besoins :

- mortiers pour enduits de couleur et d'aspect varié,
- mortiers d'imperméabilisation,
- mortier d'isolation thermique,
- mortier de jointoiement,
- mortier de ragréage,
- mortier de scellement, mortier pour chapes,
- mortier-colle pour carrelages, sur fond de plâtre ou de ciment, etc.,
- mortier de réparation. [2].

I.4 Domaines d'utilisation des mortiers :

I.4.1 Mortiers pour chape :

Ce type de mortier est utilisé généralement pour **:**

- Mise à niveau de la dalle et régularité de la surface.

- Support de revêtement, ou isolation incorporée.



Figure I.4.1 Mortier pour chape. .

I.4.2 Mortiers et coulis de réparation :

Comme son nom l'indique, ce type de mortier est utilisé pour le reprofilage du béton, la reconstitution, de la protection des armatures, et le rétablissement de l'étanchéité.



Figure I.4.2 Coulis de réparation.

I.4.3 Les scellements et les calages :

Des produits spécifiques à base de mortiers sont disponibles dans le commerce afin de répondre aux problèmes de scellement et de calage, par exemple : scellements d'éléments de couverture, scellements d'éléments de second œuvre, scellements de mobiliers urbains, scellements de regards de visite, assemblage d'éléments préfabriqués…



Figure I.4.3 les scellements et calages.

I.4.4 Isolation thermique :

On peut aussi utiliser le mortier de ciment pour assurer l'isolation thermique des murs à l'extérieur et aussi isolation des murs en général perméable à la vapeur.



Figure I.4.4 Isolation thermique.

I.5 Caractéristiques principales:

Les caractéristiques principales des mortiers sont:

- ouvrabilité;
- prise;
- résistances mécaniques;
- retraits et gonflements, etc.

Pour pouvoir évaluer les caractéristiques des mortiers on prend souvent comme référence le mortier composé en poids de: une partie de ciment et de 3 parties de sable normalisé dont les grains s'échelonnent de 80 microns à 2 mm , 0,45 partie d'eau et passent dans un fuseau bien déterminé. Ce mortier est malaxé et mis en place dans des moules métalliques suivant des méthodes normalisées. On fait sur ce mortier des essais rhéologiques et éventuellement la prise et la chaleur d'hydratation. Beaucoup d'essais de laboratoires se font sur les prismes de 4 x 4 x 16 cm (résistances mécaniques, retrait, gonflement, absorption capillaire, résistances au gel et aux eaux agressives,…etc.).

Chapitre 02 :

Les déchets agricoles

II.1 Introduction :

Le problème de la gestion des déchets solides est préoccupant, il concerne tous les pays du monde. Après avoir pris des engagements envers les pays touchés par le changement climatique et l'épuisement des ressources énergétiques, les politiques méditerranéennes et internationales du développement durable, ont adopté un plan visant à faire partie du système national de gestion des déchets solides pour la protection de l'environnement.

L'objectif ultime de la gestion des déchets solides est de réduire le volume des déchets destinés à la décharge finale pour minimiser les risques de pollution qu'ils peuvent causer pour la santé et pour l'environnement. La gestion des déchets solides doit être guidée par les principes du développement durable : réduire, réutiliser, recycler, valoriser et éliminer.

En effet, les déchets peuvent être transformés en granulats recyclés pour être utilisés, en remblais de diverses natures, en couches de forme sur les chantiers des travaux publics ou encore en d'autres applications dans le domaine de la construction, en particulier, comme granulats légers pour le béton. Ces granulats contribuent à diminuer le poids des ouvrages grâce à l'optimisation des structures porteuses résultant de l'allégement de structures.

Pouvant être aussi issus de sous-produits industriels, ils permettent de plus de préserver les ressources naturelles en granulats et constituent une filière de valorisation des sous- produits. Plusieurs travaux de recherche ont été réalisés, dont le but est de diminuer et valoriser ces déchets.

II. 2. Les déchets Agricoles en forme de coques rigides :

II.2. 1Noyau d'olives :

La culture de l'olivier peut avoir des impacts positifs et/ou négatifs sur l'environnement (air, eau, sol et animaux). La plantation de l'olivier favorise l'oxygénation de l'air, la conservation de la fertilité du sol et la lutte contre l'érosion.Bien que les effets positifs soient nombreux, l'activité oléicole engendre des margines et des résidus nocifs pour la nature. L'industrie oléicole engendre, en plus de l'huile comme produit principal, de grandes quantités de sous-produits. Ainsi 100 kg d'olive produisent en moyenne 35 kg de grignon d'olive et 100 litre de margine [3]. En effet, le grignon d'olive produit lors du processus d'extraction de l'huile d'olive, constitue une réelle menace pour l'environnement. Il peut être utilisé comme alimentation animale ou source d'alimentation en carburant pour les chaudières, mais la

plupart d'entre eux sont rejetés dans l'environnement et constituent un problème grave en raison de sa teneur en poly phénols nocifs. Composés non biodégradables. Cependant, en raison de ses propriétés Ligno cellulosiques, le grignon d'olive sous forme de farine peut être utilisé comme charge dans les matériaux composites.

II.2. 1. 1Définition :

Les noyau ou résidus solides sont constitués de la pulpe, de noyaux et de tégument d'olive (**figure II. 1**) avec un niveau d'humidité qui oscille entre 25-40% et une teneur en gras d'environ 3-7%, selon le procédé d'extraction utilisé.



FigureII. 1. Noyau d'olive

II.2. 1. 2Caractéristiques physiques :

Les noyaux d'olive sont des types de déchets agricoles, ils peuvent être exploités dans différents domaines, biologies, génie civil,…etc. ils sont utilisés traditionnellement sous leurs différentes formes, qu'elles soient liquides ou solides. Le grignon d'olive représente le résidu solide des huileries après extraction de l'huile (généralement par pression après broyage d'olive, il comporte la pellicule de fruits (Épicarpe), la pulpe (mésocarpe), la coque du noyau (endocarpe)

II.2. 1. 3Composition chimique de noyau d'olive :

La composition chimique de noyau varie selon le stade de maturité des olives et le procédé d'extraction de l'huile. Cette composition peut se résumer comme suit :[4]

- La teneur en cendre est normalement faible (3à5%).Les teneurs élevées rencontrées sont dues à l'absence de lavage et à la présence des olives ramassées.
- Les teneurs en matières azotées varient moins fortement et sont en moyenne de l'ordre de 10%
- . La teneur en matière grasse est relativement élevée et varie principalement selon le procédé technologique employé. L'épuisement de grignions permet d'avoir un produit dont la teneur oscille entre 3 et 4 % de la matière sèche. Ces matières grasses sont composées principalement d'acide oléique (84%), stéarique, palmitique, myristique et linoléique.
- La teneur en cellulose brute est élevée (32 à47%).

II.2. 1. 4Le noyau comme ingrédient des matériaux de construction :

Diverses méthodes de traitement ont été utilisées pour réduire l'impact environnemental des déchets d'olive, et certains efforts de recherche se sont concentrés sur l'extraction de l'hémicellulose (plus particulièrement du xylane), qui est ensuite utilisée dans l'océan. Dans le domaine pharmaceutique, du fait de sa grande résistance à la chaleur, d'autres travaux ont été menés pour extraire la lignine pour l'incorporer dans des polymères [5-6].Mais, peu de travaux de recherche ont été réalisés dans le domaine de la valorisation du noyau d'olive comme charge végétale dans les matériaux composites. L'avenir des bâtiments peut être lié au grignon d'olive. En fait, la réutilisation du noyau d'olive comme matière première dans le secteur de la construction peut non seulement réduire le gaspillage d'olives de l'industrie, mais également compenser le coût des matières premières. C'est aussi une manière écologique et durable de recycler les déchets tout en préservant les ressources naturelles.

II.2. 1. 5Conclusion :

L'usage du noyau d'olive dans la construction constitue une percée intéressante à plusieurs points de vue. Il s'inscrit dans une démarche de développement durable et il présente l'avantage d'utiliser une matière première renouvelable contrairement aux granulats des carrières dont les ressources s'appauvrissent. La réutilisation des grignons d'olive en tant que matière première dans l'industrie du bâtiment, permet non seulement de réduire les déchets

issus de l'industrie oléicole, mais aussi de compenser le coût des matières premières. Il s'agit également d'un moyen écologique et durable de valoriser les déchets tout en préservant les ressources naturelles. Grace au caractère Lignon-cellulosique, les grignons d'olive sous forme de farine, ils pourraient trouver une application comme charge dans les bio composites. Cependant, les mélanges polymères charge cellulosique, conduisent souvent à des matériaux composites fragiles et très peu performant en raison du manque de compatibilité entre les composites.

II.2. 2 Coques de noix de palmier :

II.2. 2. 1Origine et historique :

Les palmiers sont connus avec quasi-certitude depuis la fin de jurassique. Adanson fut le premier, en 1750, à décrire le palmier à huile, il le nomma Palmiste et le rattacha au genre « Cocos ». Cet élégant palmier, originaire d'Afrique intertropicale humide, est un lointain parent du cocotier. Ensuite JACQUIN Vînt, auteur de son nom scientifique actuel, qui, en 1763 l'observait aux Antilles, il a pu mettre au point la description exacte de cette plante. Elaeis vient du mot grec « elaïa » qui signifie olive, en raison de ses fruits riches en huile et guinéens rappelle que la plante avait été importée de Guinée à la Martinique. Son foyer d'origine semble se situer le long du golfe de Guinée. Aujourd'hui, les palmeraies « naturelles » ont souvent des origines quasi naturelles. Dans cette dispersion naturelle ou sous-naturelle, une plus grande superficie de plantation a été augmentée [7-8].

II.2. 2. 2Définition :

Les coques de noix de palme (CNP) étudiées, sont les enveloppés des graines de palmistes. Elles sont obtenues après extraction des fibres et concassage du noyau [9].



FigureII.2 Coques de noix de palme

II.2. 2. 3. Les propriétés physico-mécaniques des CNP en tant qu'agrégats :

Les propriétés physiques et mécaniques des CNP déterminés sont les suivants :

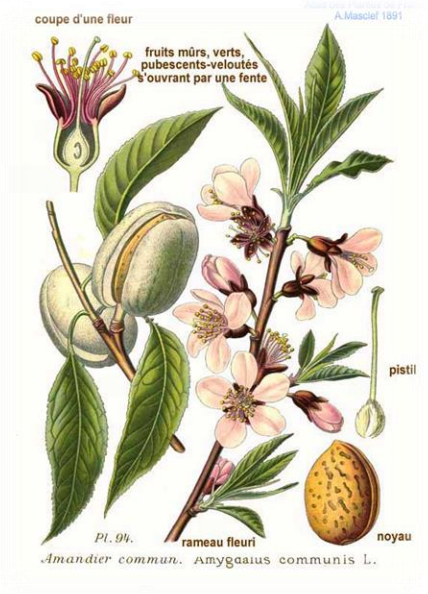
- Le poids spécifique est compris entre 1,17 kN/m3 et 1,62 kN/m3.[10]
- L'épaisseur des coques est comprise entre 0,15 et 8 mm ; leur texture est lisse sur les faces concave et convexe, et rugueuse et épineuse sur les parties cassées.
- La densité des coques meubles varie entre 500 et 600kg/m3 et celle des coques Compactées varie entre 600 et 740kg/m3.
- L'absorption en eau varie respectivement de 8-15% et 21-25% après 1h et 24h. La teneur en humidité varie de 8 à 15%, ce qui est similaire aux coques de noix de coco.
- L'essai Los Angeles donne une valeur de résistance à l'usure de 3 à8%.

II.2. 2. 4Conclusion :

Les CNP peuvent être considérées comme un matériau recyclable dans la mise en œuvre du béton. En effet, même si celles-ci n'ont pas exactement le même comportement que les agrégats conventionnels, elles peuvent cependant remplir les normes pour une bonne mise en œuvre. Il est donc important de chercher à améliorer leurs propriétés afin d'avoir un béton de meilleure performance. L'utilisation des CNP comme granulat entraine une perte de maniabilité du béton par rapport au béton de granulat ordinaire. Les expérimentations nous montrent qu'un traitement des CNP au PVA permet d'améliorer cette maniabilité du béton en empêchant l'absorption de l'eau de gâchage par les coques pendant le mélange.

II. 2. 3Coques d’amande :

Les amandiers qui seraient originaires de Perse (Iran), sont cultivés à partir du Vème siècle. Bien connus en Egypte, l’amande a été parmi les cadeaux offerts au Pharaon, les amandiers ont été introduits dans le bassin méditerranéen par les Arabes, au cours de leurs conquêtes, et en Europe par les Grecs (en Italie dès le IIIème siècle, les Romains dénommaient d’ailleurs les amandes « noix grecques »). Au Moyen-âge, les amandes sont très utilisées en cuisine. Ce n’est qu’au XIXème siècle que la culture des amandiers se développe en Californie, Etats-Unis, qui en est aujourd’hui le plus grand producteur. Cet arbre a un port ovale qui se propage avec le temps. Son tronc et ses branches sont noueux **(FigureII. 3).** Son écorce devient écailleuse et grisâtre avec l’âge. Ses feuilles sont alternes, caduques, beaucoup plus longues que larges, et dentelées. C'est l'un des premiers arbres à annoncer le printemps, avec l'apparition de belles fleurs blanc rosé, en Février-Mars avant le développement du feuillage. Ses fleurs, avec cinq pétales et de nombreuses étamines, sont souvent groupées par paires. Ses fruits, les amandes, ont des formes allongées et aplaties, mesurant 3-4 cm de diamètre et une enveloppe duveteuse, verte puis beige, qui s'ouvre à maturité.



FigureII. 3 Plante d’amandier

Les amandes sont localisées dans la zone steppique de l'est Algérien (El Hodna), cette région est caractérisée par un ovin mené en extensif et la pratique ancestrale de la culture de l'abricotier. Avec 31 000 ha de plantations d'abricotiers dont la majorité est localisée dans la région du Hodna. La production nationale de fruits est estimée annuellement à 73700 tonnes. Les unités de transformation engendrent des sous-produits constitués de coques d'amandes est estimée à 25000 tonnes annuellement en 2002.

II. 2. 3.1. Définition :

L'amande se compose de trois éléments à savoir coque, coque et écrou. Le taux de croissance maximal de l'amandier est de 7 à 10 mètres Le diamètre des coquilles d'amande est de 300 à 500 micromètres pour les grands trous et de 40 à 60 micromètres pour les petits

Trous qui sont présents dans la coquille. Les coques d'amandes ont la capacité d'être utilisées dans les composites et matériaux absorbants. Les amandes sont largement cultivées dans de nombreux endroits du monde [11]. Un cassé typique coquille d'amande est visible sur la **(Figure II. 4).**



FigureII. 4 :La coquille d'amande

II. 2. 3.2Caractéristiques physiques et chimiques :

L'amande a une taille qui varie de 3 à 6cm selon la variété. C'est une drupe non comestible, oblongue, charnue, vert-amande puis brun foncé qui se fendille à maturité pourvu d'un noyau poreux à coque dure ou tendre selon la variété. Cette coque contient une ou deux grains (amondons) comestible au tégument rugueux d'un ocre-cannelle.

Des recherches sur les coques de l'amande ont été faites, et si nous voulons conserver des résumés de différents travaux, nous pouvons citer :

- Le poids moyen 1,3 g
- Densité entre 350 à 450kg/m3

- Epaisseur 3 à 4cm
- L'absorption de l'eau entre 27-31 %
- La masse volumique absolue 1.30cm3

II. 2. 3.3. Les utilisations possibles de la coque d'amande:

La coque d'amande, avec ses orifices de ventilation, est un véritable chef d'œuvre de dame nature. Ces petits trous font (respirer) l'amande à travers des galeries internes. Ces galeries de ventilation encapsulent de l'air, d'où l'utilisation des coques sous 3 formes différentes :

A. Aérer et drainer les pots à fleurs :

Placez une fine couche de coques en fond de pot et mélangez-en d'autres à votre terre, c'est bien parti pour de magnifiques plantes.



FigureII. 5 Les coquilles d'amandes et le drainage.

B. Bâtir un paillis très longue durée (potager, jardin…) :

Pour protéger du froid, préserver les sols ou maintenir l'humidité, les coques d'amandes sont idéales(**FigureII.6)** .Comptez 10 Kg pour bien couvrir une surface de 2,5 m^2.Ce paillis peut durer plusieurs années.



FigureII. 6. Les coquilles d'amandes et le jardinage

C. Raviver le feu de votre poêle

L'air encapsulé dans la coque à travers les galeries internes de ventilation permet une excellente combustion(**FigureII. 7)**, d'où un feu ravivé plein de force.



FigureII. 7. Les coquilles d'amandes et combustion.

D. En tant que granulat pour matériaux de construction :

Peu d'études ont été menées sur l'utilisation des coques d'amandes en remplacement du traditionnel gros granulat dans le béton. Une étude de [12], trouvée uniquement dans la revue de [13], a mené une étude en utilisant coquille d'amande comme granulat grossier dans le béton. Leurs recherches ont montré que le béton de coquille d'amande (ASC)avait une baisse de performant moyenne, une teneur en air élevée et une faible densité par rapport à celles de l'ordinaire béton. Les coquilles sont réputées dures et ne se dégradent pas facilement. Les auteurs ont conclu que le l'utilisation des coquilles d'amande dans le béton a un bon potentiel en tant que béton léger.

Chapitre 03

Valorisation de déchets agricoles dans le domaine de génie civil

III.1 Introduction :

Au cours des dernières années, des enquêtes approfondies ont été menées dans le monde entier pour améliorer l'utilisation de la biomasse des déchets agricoles en les remplaçant par du charbon et des combustibles fossiles. Environ 9 % de la consommation mondiale.

L'énergie est produite par les agro-déchets utilisés directement comme combustible ou convertis en combustibles solides, 35 % du total la consommation d'énergie dans les pays en développement provient de l'agro déchets. En fait, il est très difficile d'estimer le montant des agro-déchets, et du fait du faible prix de ces déchets, leurs valeurs économiques sont inférieures au coût de la cueillette, le transport et le traitement pour une utilisation avantageuse. Presque un milliard de tonnes de ces déchets sont produits chaque année, et ce nombre est en augmentation. Environ 80% du total des déchets solides est composé de matières organiques. Bien que les déchets agricoles aient déjà été brûlés sur les champs, grâce à des innovations techniques, ils sont devenus des matériaux précieux dans de nombreux domaines.

L'incinération d'un agro-déchet en chambre fermée pour la production d'énergie est appelée gazéification, qui a été utilisée depuis de nombreuses années pour la production d'électricité et l'électrification rurale dans plusieurs pays asiatiques .Déchets agricoles ou tout autre sous-produit à faible teneur en inorganiques et à haute teneur en carbone le contenu peut être utilisé comme précurseur pour produire de la biomasse cendre. De nombreux déchets agricoles tels que les noyaux d'olive, la bagasse, paille, tiges de cotonnier, pépins de raisin, sciure de pin, coquilles d'amande, de noix, de noisette, de noix de pécan et de tournesol, coques de maïs, d'avoine et de riz, abricot, pêche et noyaux de cerise, coque de noix de coco, tige de tournesol, et bien d'autres, sont utilisés aujourd'hui pour produire un matériau qui peuvent être utilisés dans des applications utiles.

III.2 Historique :

Les déchets agricoles existent depuis que les humains ont commencé à cultiver, il y a plus de dix mille ans. Lorsque les gens ont commencé à cultiver, les déchets agricoles n'étaient pas seulement brûlés ou abandonnés. Ils étaient recyclés. Par exemple, des déchets agricoles vieux de quelque 12 000 ans ont été trouvés en Écosse, on les utilisait comme compost pour améliorer la production agricole. On sait, grâce à des sources écrites, que les déchets agricoles étaient aussi fréquemment réutilisés en Mésopotamie, en Grèce, à Rome et en Chine[14].

Aux Pays Bas, le carton-paille était fabriqué à partir de déchets agricoles. On a produit du carton à partir de paille, entre 1870 et 1970 dans le nord des Pays Bas, ainsi que dans les provinces allemandes voisines [15].

III.3 Définition :

Les déchets agricoles sont des résidus végétaux issus de l'agriculture. Ces flux de déchets proviennent des cultures arables et de l'horticulture. Les déchets agricoles sont composés de toutes les parties des récoltes qui ne sont pas utilisées pour l'alimentation humaine ou animale. Il s'agit principalement de tiges et de feuilles. On estime qu'en moyenne, 80 % de la plante constituent des déchets agricoles. [16]

Les cultures agricoles les plus fréquentes dans le monde sont la canne à sucre, le maïs, les céréales et le riz. Le poids total de toutes ces cultures est de plus de 16 500 milliards de kg par an. Comme 80 % de ce total sont des déchets agricoles, il reste plusieurs dizaines de milliers de milliards de kilos de déchets agricoles dans le monde. Environ 700 millions de tonnes de déchets agricoles sont produites chaque année par l'UE [17].

III.3.1 Les utilisations possibles de déchets agricoles :

Plusieurs entreprises dans le monde utilisent les déchets agricoles restants pour fabriquer de nouveaux produits. La réutilisation des déchets agricoles est conforme à l'économie circulaire. Dans l'économie actuelle, on utilise principalement les matières premières primaires ; les déchets agricoles, quant à eux, sont des matières premières secondaires. Ce sont des flux résiduels (déchets) d'une industrie existante qui peuvent servir de matières premières pour de nouvelles applications comme: [18]

-Papier et carton.

-Cuir.

-Produits jetables pour la restauration.

-Carburant.

-Plastique.

III.4 L'utilisation de déchets agricoles dans le domaine de génie civil :

Le béton est le matériau de construction le plus utilisé. Avec l'industrialisation et l'urbanisation croissantes, d'énormes quantités de ressources naturelles sont nécessaires pour fabriquer du béton. Ceci, à son tour, signifie que de grands volumes de ressources naturelles et de matières premières sont utilisés pour la production de béton dans le monde entier. Pour éliminer ou minimiser l'impact environnemental négatif de l'industrie du béton et promouvoir la durabilité environnementale de l'industrie, l'utilisation des déchets de l'industrie comme matériaux pour la fabrication du béton est considérée comme une solution alternative pour empêcher l'utilisation excessive de matières premières. La grande disponibilité des déchets agricoles en fait une alternative appropriée et fiable pour les granulats dans le béton, partout où ils sont disponibles. Les connaissances existantes sur l'utilisation réussie des déchets agricoles dans l'industrie du béton aident à identifier d'autres déchets existants pouvant être utilisés dans la fabrication du béton. De cette identification par les ingénieurs agricoles et civils, des réalisations importantes peuvent être atteintes [19]

III.4.1 Cendres de bagasse de canne à sucre :

Le résidu fibreux (environ 40 à 45 %) de la canne à sucre après le broyage et l'extraction de son jus est connu sous le nom de « bagasse »[20]. Les bagasses sont réutilisées comme combustible pour la chaleur génération qui laisse derrière elle 8 à 10 % de cendres, connues sous le nom de cendres de bagasse de canne à sucre (SCBA) [21]. La bagasse de canne à sucre est constituée d'environ 50 % de cellulose, 25 % d'hémicellulose et 25 % de lignine [21]. Rukzon et Chindaprasirt[22]ont constaté qu'une grande quantité de bagasse de canne à sucre provenant de l'usine sucrière est accessible en Thaïlande. La bagasse de canne à sucre est en partie utilisé comme combustible dans la sucrerie mais le reste est traité comme un déchet et inutilisé. Comme la production de canne à sucre dépasse 1500 millions de tonnes dans le monde et en Inde, environ 10 millions tonnes de cendre de bagasse de canne à sucre sont traitées comme un déchet, il peut donc être avantageux de l'utiliser comme granulat fin remplacement en béton pour atténuer le problème d'élimination ainsi que de minimiser l'utilisation de granulats naturels [21]. La figure III.4.1 montre la canne à sucre brute et la cendre de bagasse de canne à sucre qui est utilisée comme fine remplacement de granulats dans le béton. Sales et Lima [23]analysé les échantillons SCBA pour déterminer la cristallinité par diffractométrie des rayons X, lixiviation et morphologie des particules par microscopie électronique à balayage (MEB). La radio graphie et le résultat du test de

diffractométrie a révélé l'absence d'un halo amorphe dans les diffractogrammes[23].Le quartz est apparu comme l'élément principal du SCBA. Le L'analyse SEM a révélé que les échantillons SCBA étaient composés de grains de formes et de tailles variées allant jusqu'à 150 µm.Les auteurs Sales et Lima ont suggéré que ces résultats renforcent l'hypothèse de l'utilisation de l'ARA comme substitut agrégat fin qui a des propriétés liantes.



Figure III. 1 Fibres de roseau géant et sa cendre.

III.4.2 Coque d'arachide :

La coque d'arachide peut être trouvée en grande quantité sous forme de déchets agricoles au Nigéria, produisant jusqu'à 2,699 millions de tonnes métriques par an [24]. Coque d'arachide d'abord été planté en Amérique du Sud principalement au Brésil et s'est ensuite propagée à d'autres parties de l'Amérique, de l'Asie et du nord-ouest de l'Argentine [25]. La partie extérieure de l'arachide est appelée coque d'arachide. Sur une période d'années, il est traité comme un déchet solide. On s'attend à ce que l'industrie de la construction résolve le problème de pollution et accroître la base économique des agriculteurs, ce qui les encourager à augmenter la production [24]. La coque d'arachide est déjà utilisée pour développer le toit. Matériaux en feuilles, blocs de béton de sable en remplacement du ciment et comme remplacement de granulats fins dans le concret. La figure III.4.2 montre la l'arachide et sa coque broyée qui peut être utilisée comme fine agrégat dans le béton.[26]



Figure III.2. Coque d'arachide.

III.4.3 Coquille d'huître :

L'aquaculture est l'une des activités clés de l'île nations. Le territoire balnéaire du sud-ouest de Taïwan développe principalement des huîtres. Selon les informations de la pêche entreprises commerciales, le rendement des coquilles d'huîtres était300 000 tonnes au cours des cinq dernières années (par rapport 2015), ce qui initierait problèmes de pollution environnementale [27].Des chercheurs ont déclaré que le même problème créé par les coquilles d'huîtres en Corée du Sud, peuvent être résolues par leur utilisation dans l'industrie de la construction. L'une des utilisations les plus populaires de la coquille d'huître dans l'industrie de la construction tout au long de l'histoire a été sous sa forme brûlée comme la chaux connue sous le nom de chaux vive. Récemment, des chercheurs ont étudié les propriétés du béton à base de coquille d'huître en utilisant la coquille d'huître comme granulat fin, qui sont discutés brièvement dans les sections suivantes. Figure III.4.3montre la forme de la coquille d'huître utilisée dans le béton. La coquille D'huitre se développe au fil des ans et on la trouve en plusieurs tailles. Les coques ont une structure en spirale et ont une surface à texture. Il doit être écrasé correctement selon le code exigence préalable à l'utilisation dans le béton.[27]

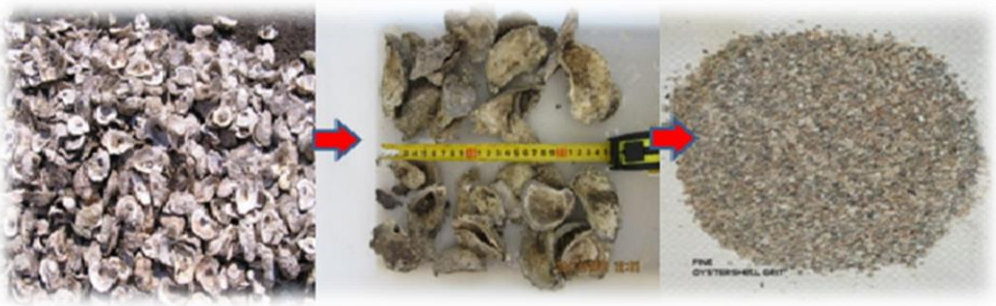


Figure III.3. Coquille d'huître.

III.4.4 La balle de riz :

La balle de riz est l'un des déchets agraires fondamentaux obtenu à partir de l'enrobage externe des grains de riz au milieu la procédure de traitement. La figure III.4.4 montre la forme du riz cosse et sa cendre. La balle de riz n'a aucune application utile et est traité comme un déchet qui crée la pollution problème [28]. En raison de la faible propriété nutritionnelle de la balle de riz, elle ne convient pas et n'a pas de comestibilité pourtant, dans quelques pays, il a été généralement utilisé comme carburant pour les rizières et les centrales électriques comme technique incontournable pour réduire le volume de déchets de balles de riz [29]. De

nombreux chercheurs dans le passé avait utilisé la cendre de balle de riz comme matériau de remplacement du ciment dans le béton [28]. Après des recherches colossales, ont testé les propriétés du béton autocompactant en utilisant de la balle de riz et du calcaire comme fine remplacement global. Il a été signalé que l'utilisation de la balle de riz

la cendre dans le béton autoplaçant a réduit le poids unitaire, coulabilité, porosité, absorption d'eau, compression la force, la vitesse d'impulsion ultrasonore et le coût. ont signalé l'utilisation de balles de riz comme matériau de remplacement du ciment, fabrication de feu, matériau de litière, marquage du béton, production de panneaux, comme barbes de carbure de silicium pour renforcer les outils de coupe en céramique et remplacer les agrégats. en béton dans des HLM(logement à bas prix).



Figure III.4. Cendre de balle de riz.

III.4.5 Le liège :

Le liège est une ressource renouvelable. C'est un poids léger naturel matériau cellulaire séparé de l'écorce du chêne-liège des arbres. La figure III.4.5 montre le traitement du liège et de ses particules taille. La création mondiale de liège est évaluée à 340 000 tonnes par an à partir d'environ 22 000 km2 de forêts de liège et on estime que chaque année, 68 000 à 85 000 tonnes de liège reste un déchet sous-utilisé. Divers analystes ont utilisé le liège dans le cadre de l'industrie de la construction, principalement dans le mortier de ciment en raison de sa composition et structure cellulaire uniques, ce qui donne une faible densité, faible conductivité thermique, bonne absorption acoustique et la résistance à l'eau ont considéré la faible densité et la faible

rigidité du liège et l'a introduit dans une formulation de mortier pour diminuer respectivement le poids et la fragilité du matériau. Le liège a également montré une faible résistance et une compression étendue souche, incitant plus de matériau absorbant l'énergie [30].



Figure III.5. Le traitement du liège et sa granulométrie.

III.5 Propriétés physiques et chimiques des déchets agricoles :

La distribution granulométrique du sable et des différents déchets agricoles utilisés dans le béton et le mortier est illustrée à la **Figure III.5**.On peut voir que le sable et la coque d'arachide respectent les limites de granulométrie selon la norme ASTM C33 (AmericanSociété pour les essais et les matériaux, 1978). De même, les déchets coquille d'huître a suivi les limites de BS 882 (BritishStandard Institute, 1992). On peut observer que le pourcentage global de réussite du liège (Bras et al., 2014) était similaire comme celle du sable et d'autres matériaux. Les propriétés physiques du sable, du granit concassé et des différents déchets agricoles qui sont utilisés dans le béton des agro-déchets. On peut observer que propriétés telles que la gravité spécifique et le module de finesse des agro-déchets étaient presque similaires ou inférieurs à la gamme de sable naturel. Ventes et Lima (2010) ont rapporté que la gravité spécifique (2,45), la densité apparente (2040 kg/m3) et l'absorption d'eau (0,88 %) de l'APRIAsatisfait aux exigences des normes brésiliennes NM 52 (2004),NM 45 (2004) et NM 30 (2001) respectivement. Selon le rapport de Shafana et Venkatasubramani[31], le module de gravité spécifique et de finesse du SCBA satisfait aux directives de la norme IS 2386 partie-3 (Indian Standard, 1963) et partie-1(Indian Standard, 1963b) respectivement. Densité apparente de GNS (254,55 kg/m3), SDA (1250 kg/m3) et WGR(535kg/m3) est beaucoup plus petite que la plage de sable(1428-1744) qui indique que les agro-déchets contiennent plus de vides par rapport à l'agrégat fin conventionnel et cela peut nuire à la maniabilité, à la résistance et la durabilité du béton ou du mortier agro sourcé. L'absorption d'eau de GNS (1,61%) se situe dans la plage du sable de rivière naturel (0,74–2,9%) cependant, l'absorption d'eau de l'OS allant de 2,9 à 7,66 %, ce qui est supérieur à la gamme des agrégats naturels ainsi que des autres agro-déchets. Spectacles de liège0,1% d'absorption d'eau qui indique une bonne propriété de résistance à l'eau

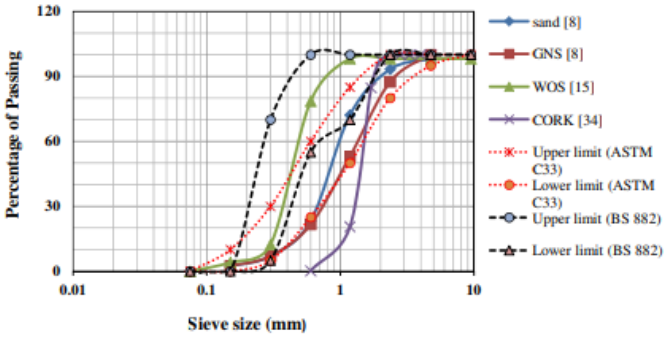


Figure III.6 L'analyse par tamisage.

Dans Les propriétés chimiques des déchets agricoles. On peut observer que la composition de SCBA, RHA et SD est dominée par le dioxyde de silicium (SiO2). La somme de SiO2, Al2O3 et Fe2O3 de SCBA, RHA et SD est supérieur à 70 %, le niveau requis composition chimique de la pouzzolane naturelle selon ASTMC618 (Société américaine pour les essais et les matériaux, 2005).Ainsi, l'utilisation de ces agro-déchets mentionnés comme finale remplacement des agrégats pourrait aider au processus d'hydratation du béton ou du mortier agro sourcé. La coquille d'huître (OS) se distingue des autres agro-déchets par sa teneur en CaO (51.06–77,81 %). La norme ASTM C618 (American Society for Testing and Materials, 2005) et Norme brésilienne (NBR 12653) Norme brésilienne. On peut observer que SCBA et RHA satisfont aux limites des normes mentionnées, mais pas la coquille d'huître. Les déchets de tabac contiennent le pourcentage le plus élevé de matière organique (66,21).

III.6 Conclusion:

Les déchets agricoles utilisés comme agrégat fin dans le béton sont la cendre de bagasse de canne à sucre, la coquille d'arachide, la coquille d'huître, la sciure de bois, la cendre de roseau géant, la cendre de balle de riz, le liège et les déchets de tabac. Les principales différences entre ces agro-déchets sont le lieu d'où ils sont collectés et les processus de conversion en un agrégat fin. On peut observer que la canne à sucre, le roseau géant et la balle de riz sont produits dans le monde entier et qu'ils ont un type de traitement similaire, ceux-ci sont brûlés pour être convertis en cendre de bagasse de canne à sucre, en cendre de roseau géant et en

cendre de balle de riz. Ceux-ci sont utilisés en remplacement partiel des granulats fins qui confèrent une propriété pouzzolanique supplémentaire au béton. Les coquilles d'arachide sont broyées dans un broyeur pour être transformées en granulats fins avant d'être utilisées dans le béton. Les coquilles d'huîtres sont les coquillages généralement disponibles dans les zones côtières. Ceux-ci sont utilisés comme remplacement partiel des granulats fins et grossiers dans les régions côtières. La sciure de bois est générée par le traitement mécanique du bois brut de l'industrie des scieries. Ceux-ci sont séchés en les laissant au soleil et tamisés correctement avant d'être utilisés dans le béton. Les déchets de liège et de tabac sont collectés et traités à partir de chênes-lièges et d'industries de fabrication de cigarettes qui ont été utilisés comme granulats fins de remplacement dans le béton. La forme, la taille et la disponibilité des agro-déchets mentionnés sont discutées ci-dessous. Le but de cette revue est d'étudier les propriétés telles que l'ouvrabilité, les propriétés mécaniques, la durabilité, la conductivité thermique des déchets agricoles utilisés en remplacement partiel des granulats fins dans le béton. [32]

Chapitre 04 :

Matériaux et Essais

IV.1Introduction :

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. Dans une seconde partie, on exposera la méthode de formulation adoptée dans les différentes compositions. 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 mortier est caractérisé à l'état frais par les essais spécifiques suivants :

- La maniabilité
- La densité

A l'état durci nous avons évalué, la résistance à la compression et la résistance à la flexion aux différents âges, et les propriétés thermiques, en plus de l'essai de la vitesse ultrasonique sur des éprouvettes à l'âge de 56j.

En ce qui concerne l'étude de la durabilité, nous avons réalisé les essais suivants :

- Essai d'absorption d'eau par capillarité sur demi-prisme d'éprouvette à l'âge de 56j

En parallèle, des photos ont été prises pour caractériser l'aspect visuel des mortiers à base de différents déchets obtenus.

IV.2 Matériaux utilisés :

IV.2.1 Le ciment :

Nous avons utilisé un seul type de ciment. Il s'agit de ciment « MATINE » CEM II/A 42.5, qui a une résistance minimale à la compression à 28 jours de 42,5 MPa (Fig 4. 1), une masse spécifique de 3,1 g/cm3, et une finesse de 3964 cm2 /g produit par la cimenterie d'Oggaz (Mascara) 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 mélange convenablement dosé et homogénéisé de calcaire et d'argile. Ce ciment est constitué d'oxydes minéraux dont les principaux sont la chaux (CaO) à fonction basique et la silice (SiO_2) à caractère acide. On trouve également de l'alumine (Al_2O_3) et le l'oxyde fer (Fe_2O_3). Ils sont rendus aptes à réagir entre eux et avec l'eau par traitement thermique à des températures comprises entre 1300 °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 conforment à la norme NA 442. [33]



Fig. IV.1 Ciment MATINE

Les caractéristiques physicomécaniques sont représentées dans le tableau IV.1

Tableau IV.1 : Essai physiques sur le ciment MATINE

Essais	Norme
Consistance normale de la pâte de ciment (%)	25.50-28.00
Retrait à 28 jours (mm/m)	< 1000
Expansion (mm)	0.50 – 2.50
Début de prise (min)	120 – 180
Fin de prise (min)	210-280

IV.2.2 Eau de gâchage :

L'eau qui a été utilisée pour le gâchage est une eau potable de distribution de notre laboratoire de université yahia fares de Médéa, exempte d'impuretés, et sans aucun traitement supplémentaire. Le PH mesuré régulièrement est voisin de 7,5.

IV.2.3 Sable :

Nous avons utilisé un seul type de sable au cours de ce travail, il s'agit d'un sable roulé qui provient de la carrière d'OUED SOUF situé au sud de la capitale d'Alger. La figure IV.2 donne un aperçu sur la nature du sable utilisé. L'analyse granulométrique de sable utilisé est présentée dans la figure IV.3 et les caractéristiques physiques du sable sont regroupées dans le tableau IV.2 ci-dessous.



Fig.IV.2 Sable moyenne d'oued souf

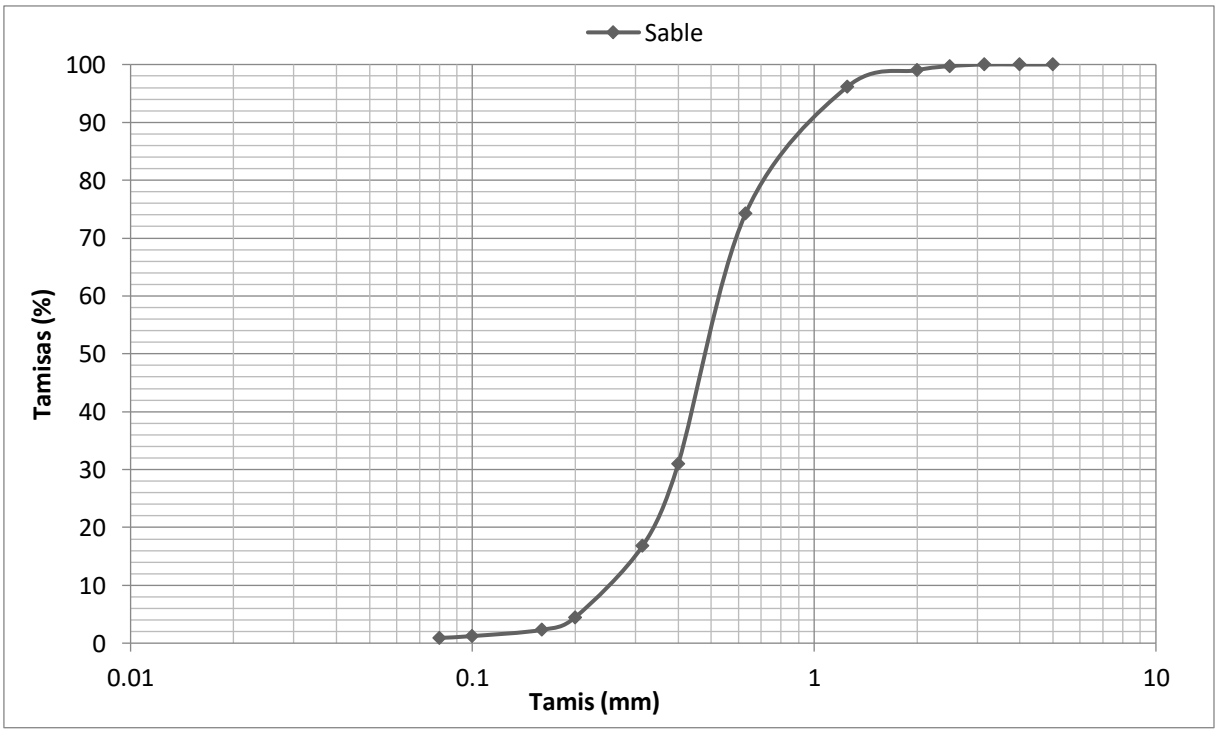


Fig.IV.3 La courbe granulométrique de sable utilisé

Tableau.IV.2 Caractéristiques physiques de sables utilisés.

Caractéristiques	Sable	Normes
Classe granulaire	0/3	NFEN933-1**[34]**
Module de finesse	2.11	NFEN933-1**[34]**
Masse volumique absolue (g/m^3)	2.63	NFEN1097-6**[42]**
Masse volumique apparente (g/m^3)	1.56	NFEN1097-3**[43]**
La compacité (%)		NFEN1097-3**[43]**
La porosité (%)		NFEN1097-3**[43]**
Equivalent de sable (%)	81.16	NFEN933-8**[44]**
Coefficient d'absorption d'eau (%)	0.2	NFEN1097-6**[42]**

IV.2.4 Déchet de coque d'amande :

Les déchets utilisés au court de ce travail sont obtenus par le recyclage mécanique de déchets de coque d'amande rejeté dans la nature Figure IV.4 Après avoir étaient récupérée (triée),séché et concassé sous forme de sable et incorporé dans la masse de mortier ordinaire par substitution volumique du sable avec des pourcentages de (10%,15%,20%,30%,100%). Les caractéristiques physiques sont donné dans le tableau IV.3



Fig.IV.4 Déchet de coque d'amande

Tableau.IV.3 Caractéristiques physiques de coque d'amande utilisée

Caractéristiques	Déchets de coque d'amande
Module de finesse	3.01
La masse volumique absolue (kg/m^3)	1300
La masse volumique apparente (kg/m^3)	613.1
La porosité (%)	/
La compacité (%)	/
Coefficient d'absorption d'eau (%)	0.31
Conductivité thermique (W/m°C)	/

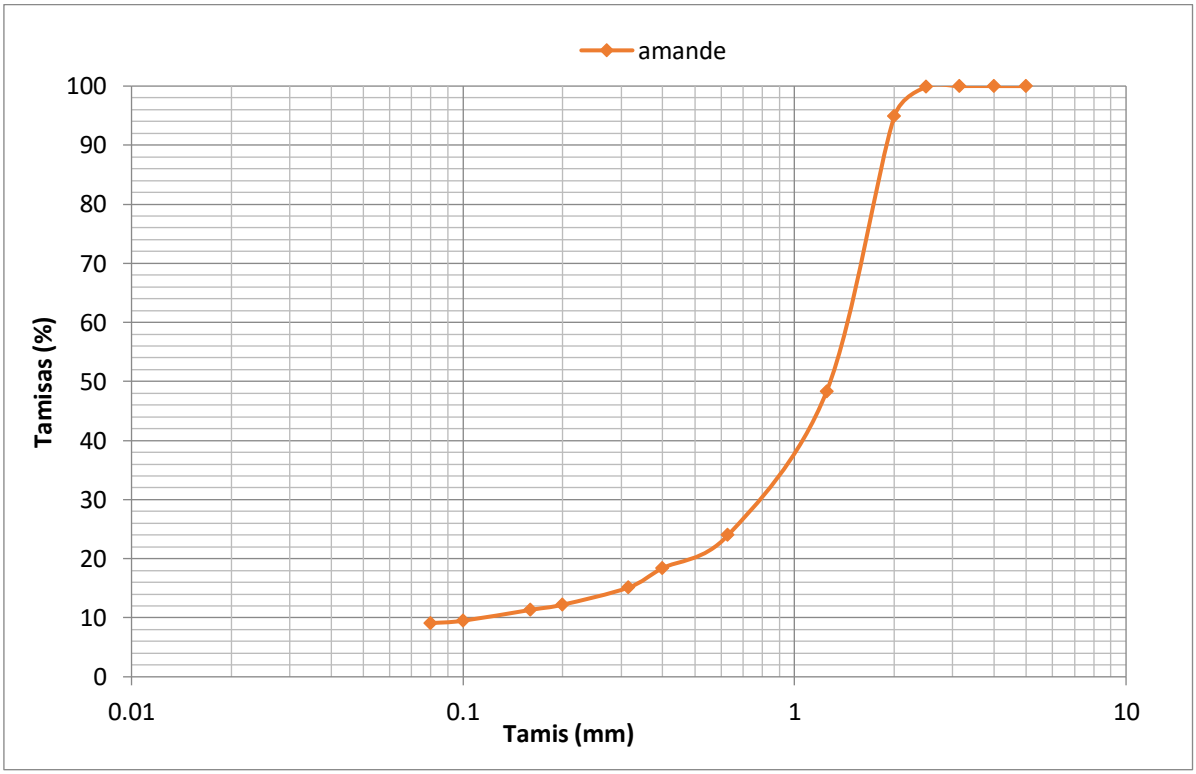


Fig. IV.5 la courbe granulométrique de la coque d'amande utilisée

IV.3 Fabrication et conservation :

IV.3.1 Composition à étudier :

IV.3.1.1 Mortier Témoin :

L'objectif de la formulation est de déterminer la quantité nécessaire pour chaque matériau du gâchée, afin d'obtenir un mortier avec des propriétés souhaitées. Notre étude est focalisée sur l'influence de l'ajout des déchets d'amande sur les caractéristiques à l'état frais et durci d'un mortier. Afin de déterminer les quantités des matériaux : sable, ciment et eau, nous nous sommes basés sur la méthode normalisée de formulation d'un mortier normal (S/C = 3 et E/C = 0,5), les différentes compositions sont présentées dans le tableau IV.4

Tableau.IV.4 Les composantes des mortiers formules à base des déchets d'amande

Type de mortier	Substitution (%)	Ciment (g)	Sable 0/3 (g)	Eau (g)	Déchet d'amande (g)
MT	0	450	1350	225	0
MDCA	10	450	1215.06	228	66.72
	15	450	1147.5	228.5	100.09
	20	450	1080.06	230	133.45
	30	450	945.06	241	200.18
	100	450	0	436	667

IV.3.2 Malaxage et conservation :

Le malaxage se fait dans un malaxeur à mortier d'une capacité de 5L (Figure IV.7). L'introduction des constituants se fait du plus gros au plus fin. Le but recherché est de répartir, le plus régulièrement possible, chaque constituant a fin d'assurer un mélange homogène et d'obtenir ainsi les mêmes propriétés. Le malaxage de chaque mélange se fait de la manière suivante:

- On verse les gros grains(le sable et ou la coque d'amende).
- Puis on verse le ciment.
- On malaxe pendant 1 minute et on ajoute de l'eau
- On continue le malaxage jusqu'à 2 minutes et demi
- On arrête de mixer pendant 2 minutes.

- On continue le malaxage jusqu'à 1 minute

L'introduction du déchet de coque d'amande à été effectué au départ (après l'introduction du sable et avant l'introduction du ciment).

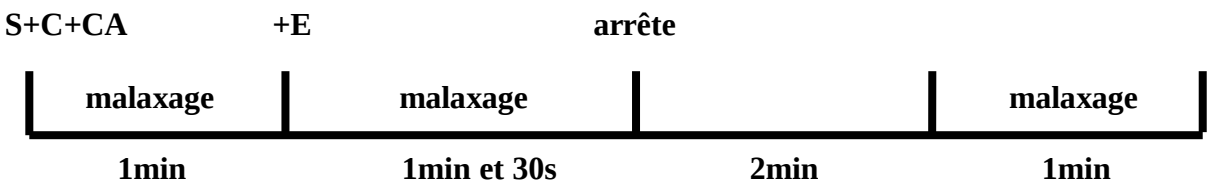


Fig. IV.6 Séquence de malaxage du mortier.



Fig. IV.7 Le malaxage des mortiers au laboratoire

IV.4 Essais sur mortiers frais :

IV.4.1 Maniabilité :

Le maniabilimètre LCL (B) nous permet d'apprécier la fluidité d'un mortier q i est l'objet des essais définis par les normes NF P 18 – 452 [35]

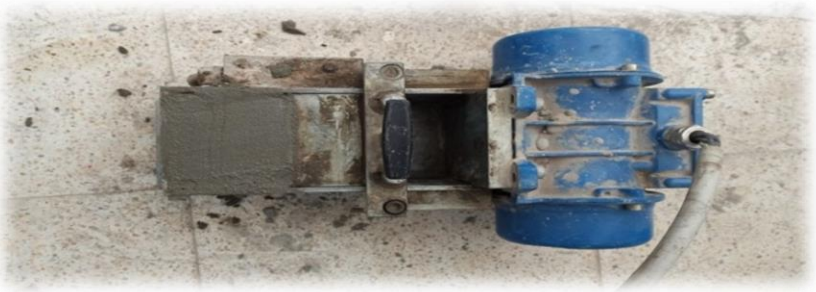


Fig. IV.8 Mesure de la maniabilité du mortier

IV.4.2 Densité

La masse volumique du mortier a été mesurée selon la norme NF EN 12350-6 [36]



Fig. IV.9 Mesure de la densité du mortier

IV.5 Fabrication et confection des éprouvettes :

Les différents types de mortier sont tous fabriqués dans l'environnement de laboratoire. Le mortier a été coulé dans des moules métalliques de forme prismatiques 4x4x16 cm destinées aux essais de compression et traction par flexion et de variation dimensionnelles, ainsi que pour les essais thermiques conformément à la norme NF EN 12390-2 [37]. Toutes les éprouvettes confectionnées ont été coulées dans les moules en plusieurs couches et mises en place par vibration à la table à secousses (Figure IV.10)



Fig. IV.10 Fabrication des éprouvettes

Juste 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 selon deux modes différents : à l'air libre d'un climat moyen (laboratoire) (Figure IV.11**)**, et dans l'eau à20°C± 2°C (Figure IV.12)



Fig. IV.11 Conservation des éprouvettes à l'air libre



Fig. IV.12 Conservation des éprouvettes à l'eau

Les échantillons conservés dans l'eau ont été séchés à l'atmosphère de laboratoire avant d'essai.

IV.6 Essais sur mortier durci :

IV.6.1 Essais de traction par flexion :

Selon la norme [EN 196-1] [38] c'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à rompre en flexion (par trois points) (Figure IV.13), une éprouvette prismatique de côté b et de longueur L. Dans notre étude, cet essaie st effectué sur des éprouvettes prismatiques de dimensions (4×4×16) cm, à 7, 28 et 56 jours.

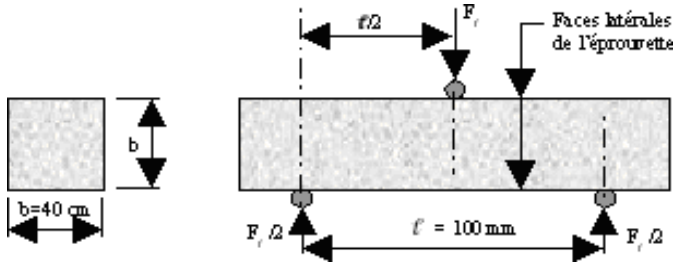


Fig. IV.13 Dispositif pour l'essai de résistance à la traction

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

$$\sigma t = (M / I)\, \nu$$

Avec :

M : Moment de flexion entre les deux points d'application de la charge:

$$M = F_f L/4$$

I : Moment d'inertie de la section transversale:

$$I = b^4/12$$

ν : La distance de la fibre la plus éloignée:

$$\nu = b/2$$

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

$$\sigma t = (1.5\, F_f\, L)/b^3$$

et :

$$ft_{28} = 0.9 Ft.L/b^3$$



Fig. IV.14 Essais de traction par flexion

IV.6.2 Essais de compression :

La résistance à la compression a été mesurée selon la norme [NF EN 196-1][37] par compression axiale pour demi-prisme d'éprouvettes prismatiques de dimensions 4×4×16 cm(Figure IV.15), à l'âge7, 28 et 56 jours, à l'aide d'une presse hydraulique de capacité maximale de 2000KN conforme a la norme [NF P 18-412][39]. 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 (7j, 28j, 56j).

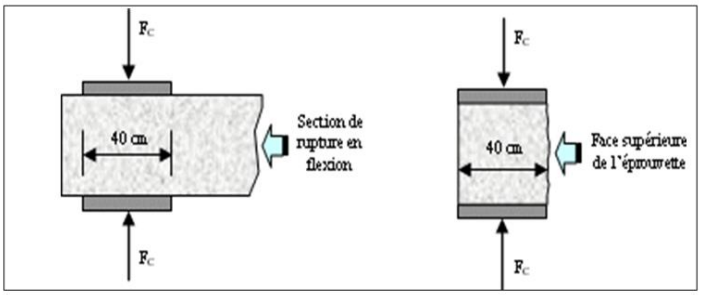


Fig. IV.15 Dispositif de rupture à la compression

Les demi-prismes de l'éprouvette obtenus après rupture à la traction seront rompus à la compression comme indiquée sur la Figure IV.16 la contrainte de rupture est calculée comme suit :

$$\mathbf{R_c} = \mathbf{F_C} / b^2$$

R_c: Résistance à la compression en (MPa);

F_C: Charge de rupture en (N)

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



Fig. IV.16 Essais de compression

IV.6.3 Essais d'absorption d'eau par capillarité :

Dans cet essai, on prend un morceau d'éprouvette de mortier déjà utilisé puis sécher. On le pesé (m_0) au début, après on l'introduire dans un bac remplit d'une couche d'eau (5mmd'eau) (Figure IV.17), et pendant chaque intervalle de temps (15 min, 30 min ,1 h, 2h ,4h ,24h, on remesure la masse (m_1), la différence de masse entre m_1 et m_0 est la masse de l'eau absorbée (m_1-m_0) (NBN NE 13057) [40].



Fig. IV.17 Absorption d'eau par succion capillaire.

IV.6.4 Essais de la conductivité thermique :

Dans notre travail, nous avons étudié et testé les propriétés thermiques des mortiers à base de déchet de coque d'amande par l'utilisation de l'appareil (CT METRE). Suivant la norme NF EN 993-15[41].

C’est un appareil aisément transportable, a été élaboré dans le but de permettre d’évaluer avec précision, les caractéristiques de résistance thermique d’un certain nombre de matériaux tels que la brique, les roches, le bitume et le béton. Le CT-mètre se compose de deux éléments qui sont l’organe de commande, chargé de générer la puissance de chauffe et d’interpréter la courbe d’élévation de température induite dans le matériau à tester, et la sonde chargée de transmettre la puissance de chauffe et de recueillir la température induite.



Fig. IV.18 Le CT-mètre

IV.6.5 Essais ultrasonique :

Avant de procéder aux essais à l’ultrason, on a pris le soin de vérifier le bon fonctionnement Par étalonnage de l’appareil en utilisant le barreau de calibrage pour chaque éprouvette. Les essais à l’ultrason ont été effectués en deux sens selon la méthode par transmission directe de telle façon que le sens de mesure du temps de transit soit perpendiculaire au sens de confection. Sur les faces opposées de l’éprouvette on a placé les deux transducteurs en interposant entre eux une couche mince de vaseline, puis l’enregistrement du temps de transit en micro seconde est réalisé. La figure IV.20 montre les étapes de l’essai



Fig. IV.19 Etalonnage et mesure du temps de parcours des ondes ultrasonores

IV.7 Variables étudiées :

Les variables d'étude utilisés au cours de ce travail sont résumés dans la Figure suivante :

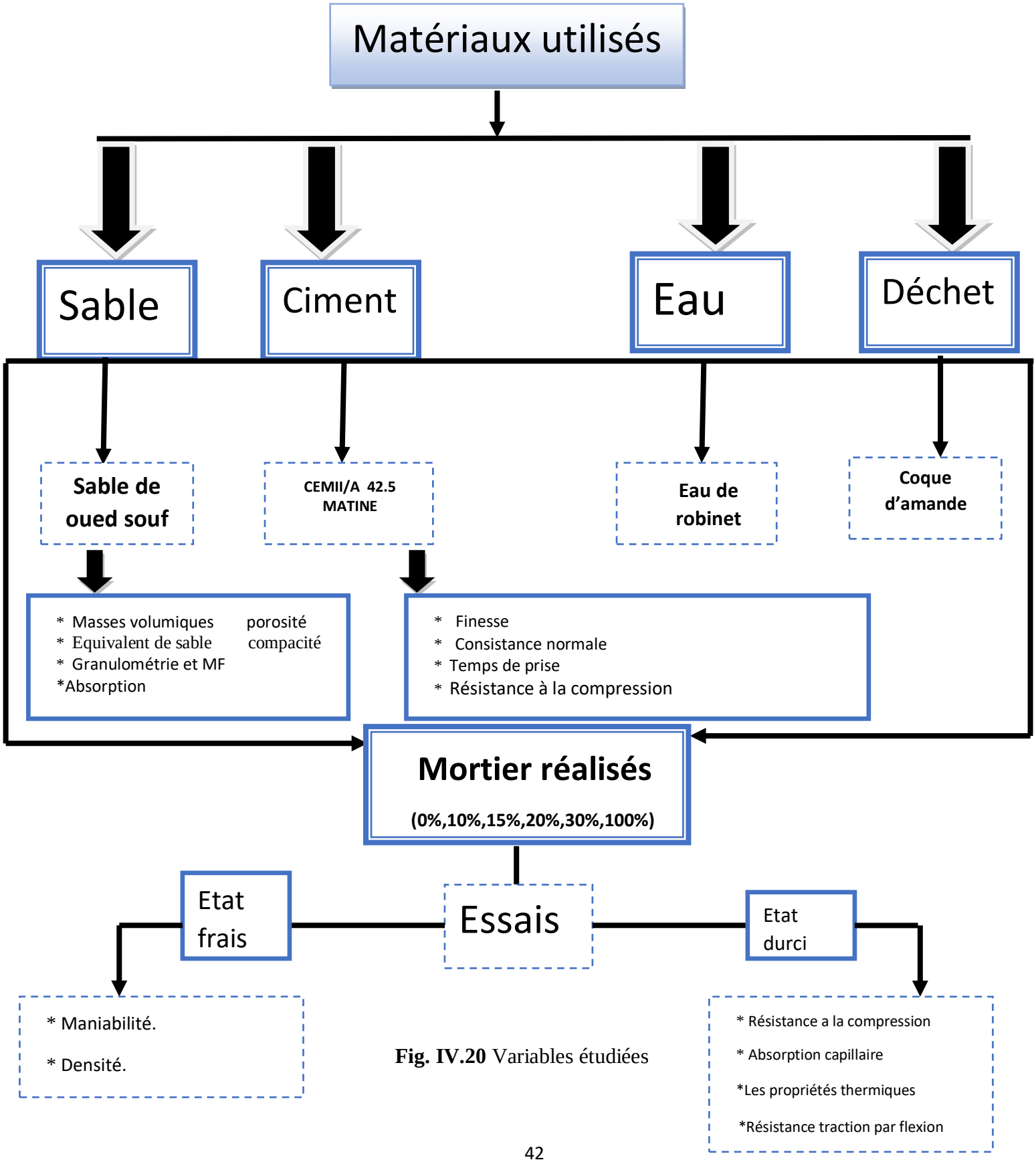


Fig. IV.20 Variables étudiées

IV.8 Conclusion :

Dans notre recherche, nous avons utilisé des résidus organiques de coquilles d'amande en tant que déchets, nous les avons traité et également utilisé du sable, de l'eau et du ciment comme liant .Nous avons effectué des tests importants pour déterminer les propriétés rhéologiques et mécaniques dans le but de connaitre l'effet des déchets agricoles sur ce mortier.

Cette partie de l'étude a porté tour à tour sur les points suivants : Propriétés physiques et chimiques des matériaux utilisés dans les formulations de mortier, des tests et procédures expérimentaux ont été réalisées sur mortier à base des déchets de coque d'amande frais et durcis au cours de cette étude.

Chapitre 05

Résultats et interprétations

V.1 Introduction :

Les résultats des différents essais fait sur mortier frais et durci sont rassemblés ci -après et les valeurs données sont les moyennes arithmétiques des résultats d'essais.

V.2 Etat frais

V.2.1 la maniabilité :

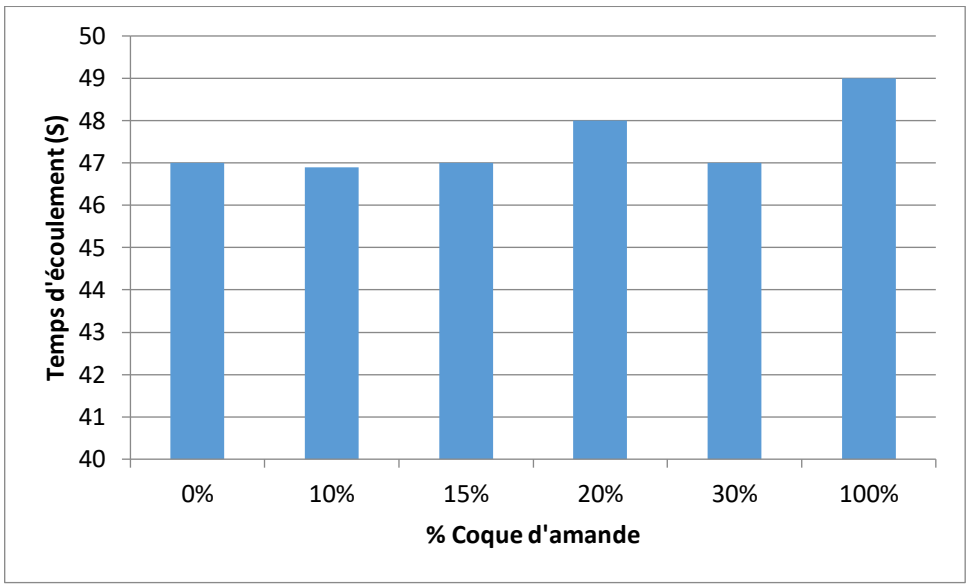


Fig. V1 Temps d'écoulement du mortier à base de coque d'amande

Après avoir préparé le mortier ordinaire (témoin), la maniabilité obtenue est estimée à 47 secondes. Par conséquent, nous avons fait en sorte que les autres mélanges aient la même durée de maniabilité.

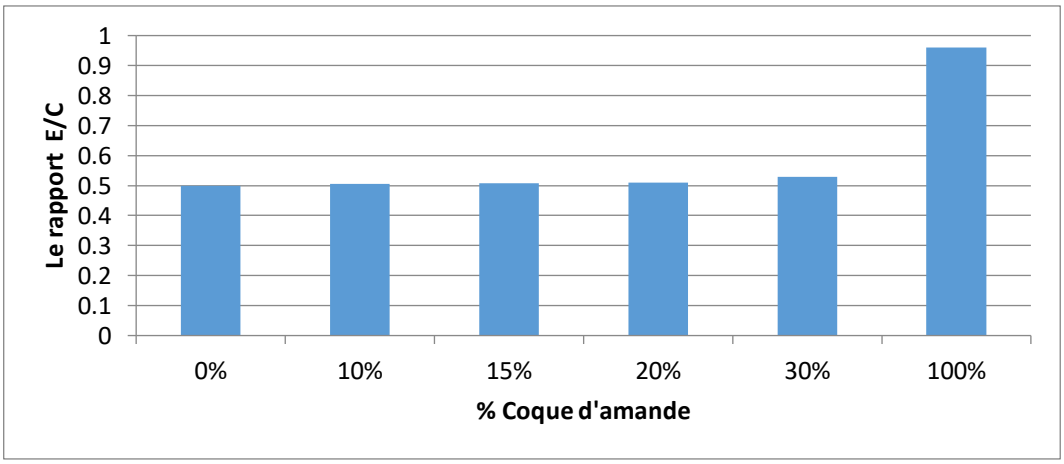


Fig. V2 Le rapport E/C à base de coque d'amande.

V.2.2 La masse volumique :

La **masse volumique** des différents mortiers réalisés est résumée dans la figure V. 2:

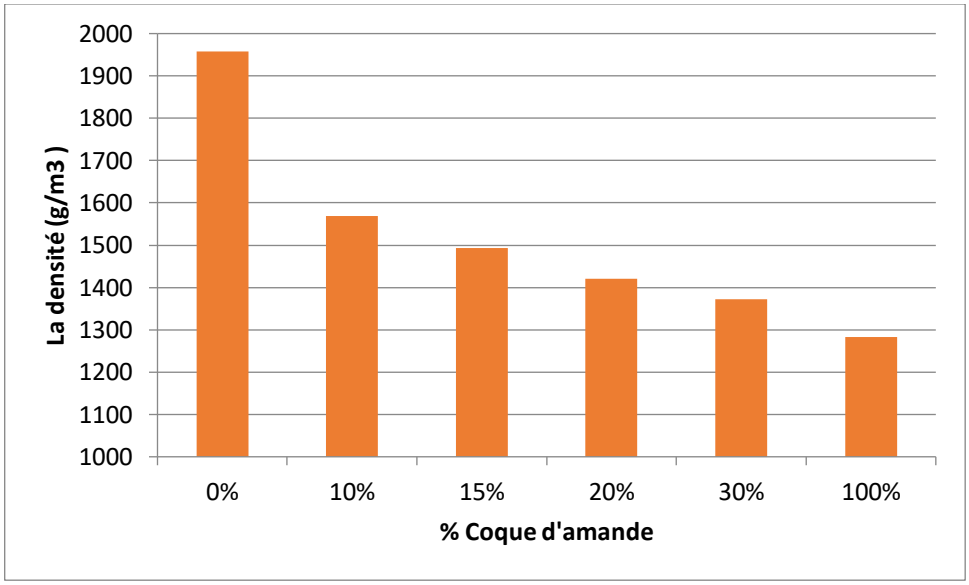


Fig. V.3 La densité des mortiers à base de déchet de coque d'amande

La figure V.3 montre que la substitution du sable par le déchet de coque d'amande(CA) allège de plus en plus le mortier en allant de 0 à 100%.. Ce résultat est logique et attendu, parce que la densité du CA est plus faible que celle du sable substitué, et ceci confirme les résultats d'autres chercheurs (ACI Committee 213) [50] qui ont aussi trouvé que la densité du mortier ordinaire diminue en fonction de l'augmentation du pourcentage des déchets de coques d'amandes.

V.3 Etat durci :

Les résultats des différents essais réalisés sur mortier durci sont résumés comme suit :

V.3.1 Résistance à la traction par flexion:

Nous n'avons pas pu effectuer les tests de cette expérience car la machine s'est arrêté de fonctionner.

V.3.2 Résistance à la compression :

Les essais sont effectués à l'âge de 7, 28 et 56 jours dans l'eau et l'air. Les résultats sont illustrés dans la figure suivante :

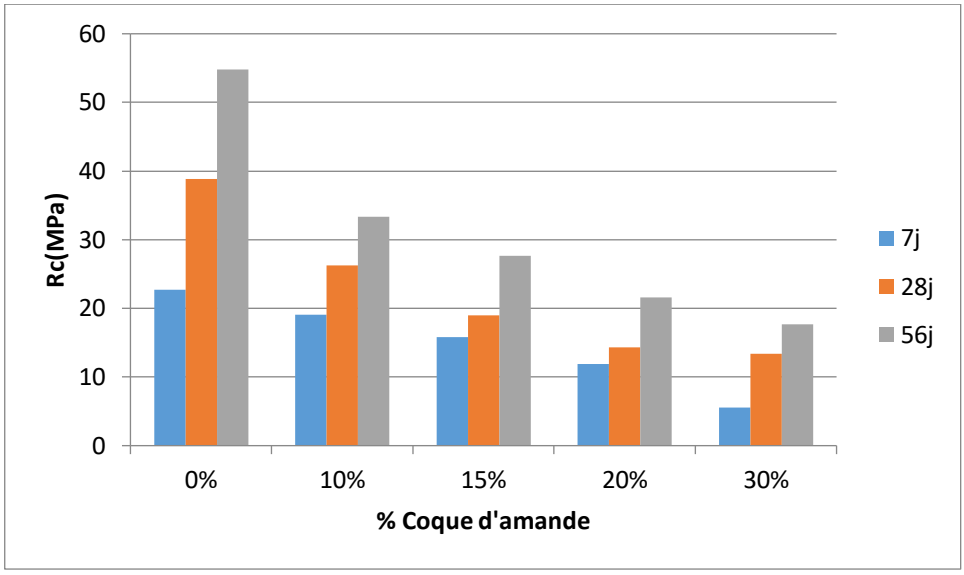


Fig. V.4. Résistance à la compression du mortier à base de coque d'amande à l'âge de 7, 28 et 56 jours à l'eau

Il y'a une corrélation entre la résistance en compression et la densité, on peut la représenter par le graphe donner en figure V.5 :

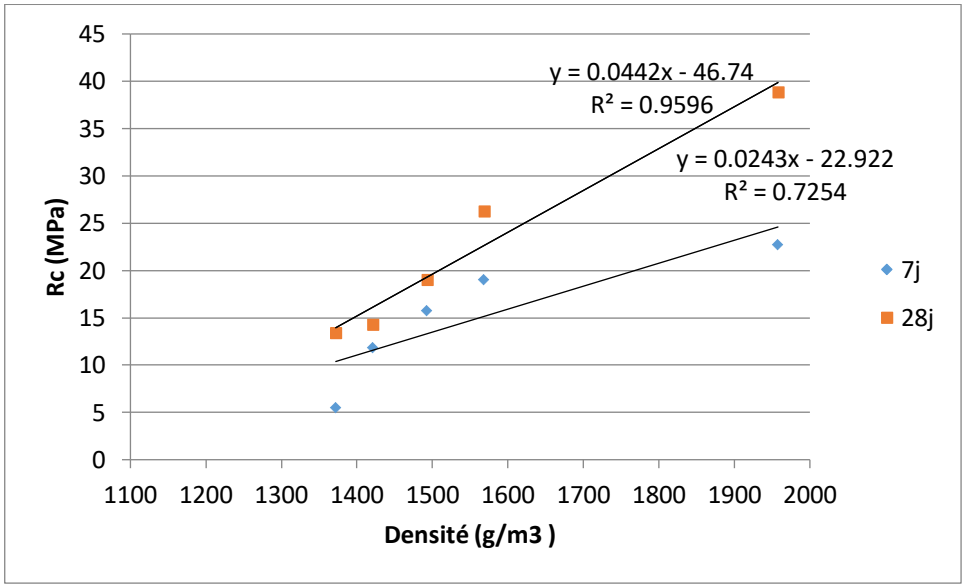


Fig. V.5 Corrélation entre la résistance à la compression et la densité du mortier conservé dans l'eau

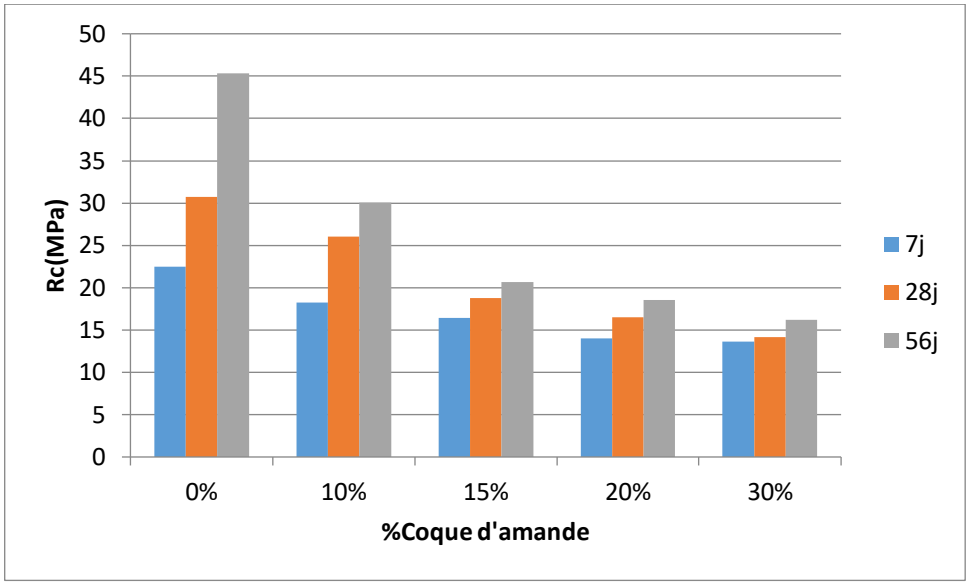


Fig. V.6 Résistance à la compression du mortier à base de coque d'amande à l'âge de 7,28 et 56 jours pour une conservation à l'air.

D'après les résultats obtenus (à l'eau et à l'air), on remarque que la résistance à la compression des différents mortiers augmente en fonction de l'âge et suit la même cinétique que celle du mortier de référence. Les figures (V.4, V.6) montrent aussi que quelques soit l'âge du mortier, la substitution du sable par les déchets de coques d'amande influe négativement sur la résistance à la compression de tous les types du mortier réalisés. Cette chute semble être logique et attendue parce que le grain du CA est de résistance plus faible que celle du sable, et par conséquent donne naissance à un produit moins résistant, aussi la porosité est plus élevée pour les mortiers à base de CA due à la mauvaise adhérence entre la matrice cimentaire et CA et à la quantité d'eau nécessaire à la gachet pour le maintien d'une maniabilité constante.

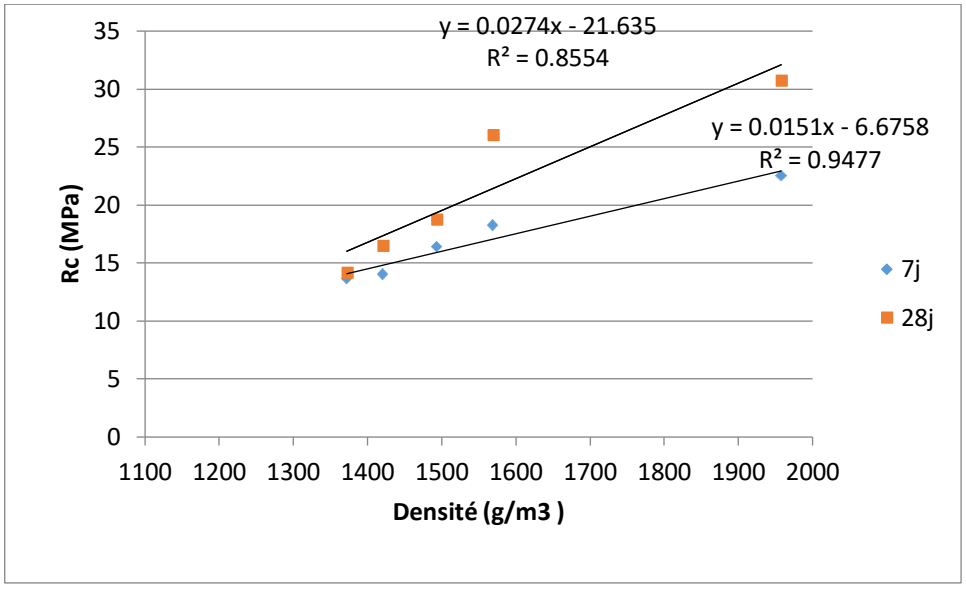


Fig. V.7 Corrélation entre la résistance à la compression et la densité du mortier pour une conservation à l'air.

Une relation polynomiale, représentée graphiquement sur les Figures (V.5 et V.7) a été trouvée entre la résistance à la compression et la densité. On constate que la résistance à la compression varie dans le sens inverse que celui de la densité.

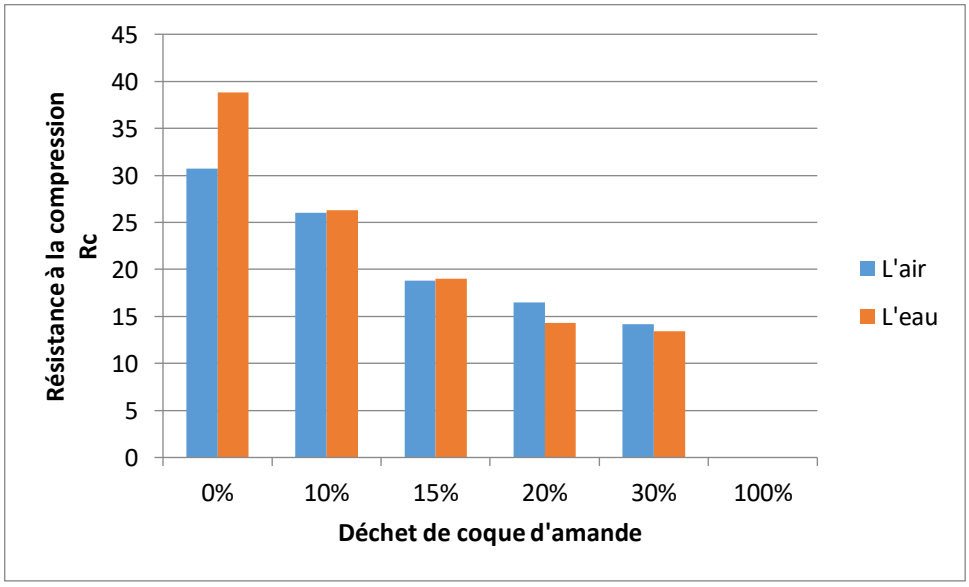


Fig. V.8 : La résistance à la compression du mortier à base de coque d'amande à l'âge de 28jours à l'eau et l'air

On remarque d'après la figure V.8, la résistance dans l'eau des composants (0%,10%,15%) est meilleure que la résistance des éprouvettes conserver dans l'air. Tandis que les éprouvettes de (20%,30%) étaient meilleures dans l'air que dans l'eau.



Fig. V.9 Visualisation de la surface de rupture de mortiers à base de coques d'amande.

La figure V.9 montre que la structure des Mortiers à base de déchets du Coques d'amande est plus poreuse et moins compacte que celle du Mortier de référence. Ce qui confirme les résultats de Link et al [46]. Lee et al [47] ont étudié l'influence de substitution du ciment avec les déchets traité et non traité. Ils ont constaté que quelque soit le type de déchets incorporé la résistance à la compression est diminue en fonction d'augmentation de pourcentage de déchets de coques d'amande.

V.4 conductivité thermique

La conductivité thermique est la quantité de chaleur transférée en une unité de temps au travers d'un matériau d'une unité de surface et d'une unité d'épaisseur, quand les deux faces opposées diffèrent d'une unité de température. Les valeurs moyennes de la conductivité thermique obtenue sont représentées dans la figure de ci-dessous :

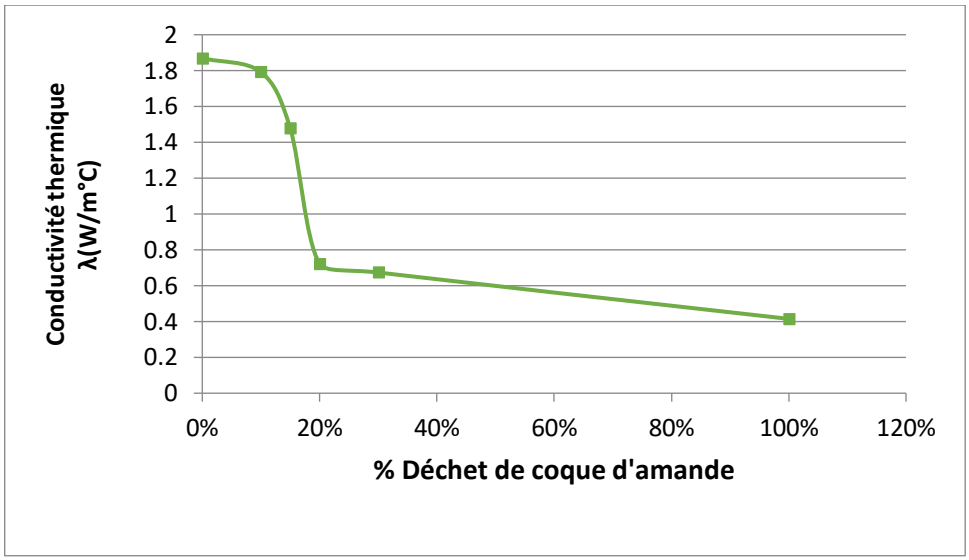


Fig. V.10 Conductivité thermique des mortiers à base de déchet de coque d'amande

Les résultats obtenus montrent que la conductivité thermique du mortier est diminue avec l'augmentation du pourcentage de déchets de coques d'amande. La diminution de la conductivité thermique est liée aussi à l'augmentation de la porosité causée par l'augmentation du pourcentage de CA entre autres. En fait, les pores contiennent de l'air qui a une conductivité thermique beaucoup plus faible par rapport aux autres composants du mortier. La densité a aussi une relation avec la conductivité thermique du Mortier, représente sur la figure V.11 :

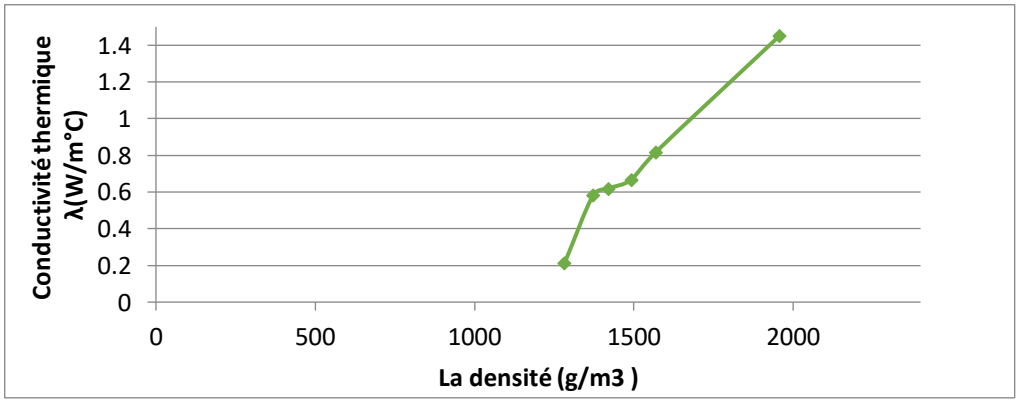


Fig. V.11 : La conductivité thermique en fonction de la densité.

plus le matériau est léger plus la conductivité thermiques est faible ce qui confirme les résultats trouvés par plusieurs chercheurs [48,49]. Enfin, on peut dire qu'à partir de 20%, les mortiers de déchets de coques d'amande peuvent être considérés comme des matériaux isolants grâce à leurs conductivités thermiques (λ) qu'est inférieur à 1 (W/m°C).L'utilisation de ces types des mortiers est recommandée pour les éléments préfabriqués, (panneaux préfabriqué), la séparation dans les bâtiments, les façades, les salles de bain (avec un traitement spécique)….ect.

V.5 Approche de durabilité

V.5.1 L'absorption d'eau par capillarité :

La masse d'eau absorbée par unité de surface a été tracée en fonction de la racine carrée du temps, les résultats de l'essai d'absorption d'eau des différents mélanges réalisés sont représentés dans la figure V.9 suivante :

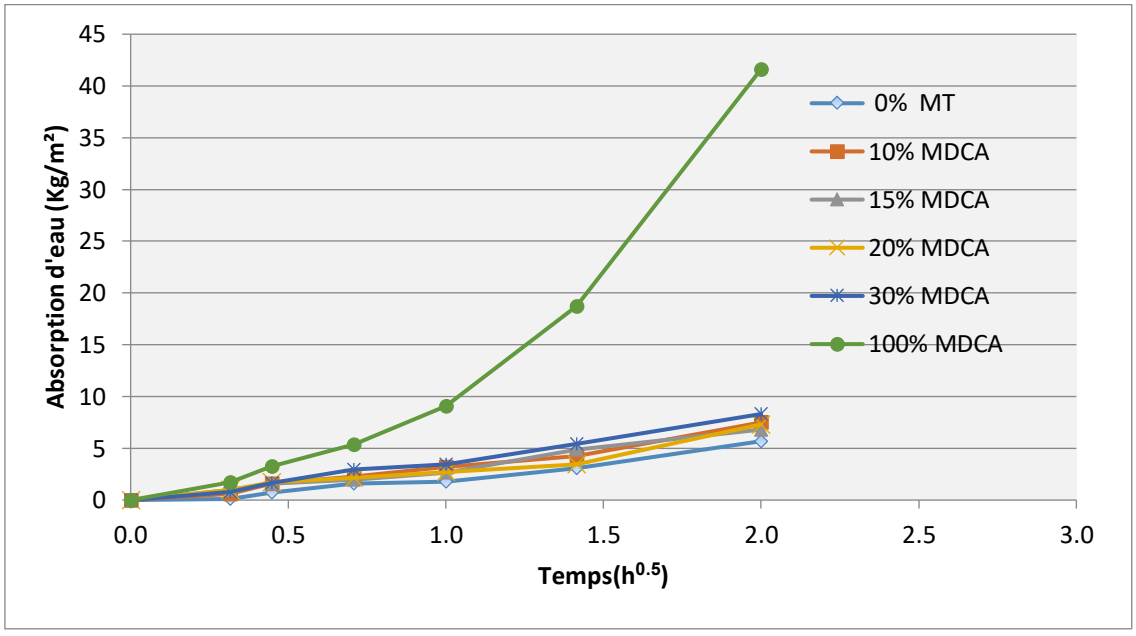


Fig. V.12 : Absorption d'eau par capillarité de mortier à base de déchet coque d'amande.

De la figure V.12, on remarque une augmentation remarquable dans le taux d'absorption d'eau de tous les mélanges à base de coques d'amande par rapport au mortier témoin, plus on augmente le taux de substitution du sable par le déchet d'amande, plus le taux d'absorption du mortier augmente.

V.6 Conclusion :

Dans cette partie de l'étude, l'analyse des résultats empiriques a conduit aux conclusions suivantes :

-Quel que soit le taux de remplacement du sable par les déchets d'amande, la fluidité du mortier à base de coques d'amande diminue par rapport au mortier témoin.

-Pour tous les pourcentages de remplacement du sable par les coques d'amande, les résistances à la compression et à la traction sont réduites par rapport au mortier de référence (résultat prévisible pour la résistance à la traction).

-Une augmentation du taux d'absorption d'eau a été observée pour tous les mélanges à base de coques d'amande par rapport au mortier de référence. Cela se traduit par une augmentation des pores capillaires des mélanges à base de ces déchets.

-Le mortier fabriqué à partir de déchets de coques d'amande est plus léger que le mortier de référence.

-Les déchets de coques d'amande réduisent la conductivité thermique du mortier.

Conclusion générale

L'analyse des études antérieures et des résultats expérimentaux concernant l'effet des déchets de coque d'amande sur les caractéristiques du mortier permet de tirer les conclusions suivantes :

- La substitution du sable par les déchets de coque d'amande entraîne une diminution significative de la densité du mortier.
- Les performances mécaniques des mortiers diminuent avec l'augmentation des déchets de coque d'amande dans le mortier.
- Cette étude montre que l'incorporation de déchets de coque d'amande dans la composition des matériaux cimentaires améliore leurs propriétés thermiques.
- L'absorption d'eau du mortier avec coque d'amende est comparable à celle du témoin.

En conclusion, la valorisation et le recyclage des déchets de coque d'amande constituent une alternative économique, environnementale et technologique très importante. L'utilisation de ces matériaux est recommandée pour les éléments d'isolation du bâtiment.

Les Références Bibliographiques

Les références :

[1] : Neville AM: Properties of concrete. Trans-Atlantic Publications., Inc.; 5 edition,2012

[2] : Jean FESTA, Georges DREUX, nouveau guide du béton et ses constituants, 8ème édition, EYROLLES, 2007.

[3] : A.Nefzaoui. « Valorisation des sous-produits de l'olivier. In : Tisserand J.-L. (ed.), Alibés X. (ed.). Fourrages et sous-produits méditerranéens . Zaragoza : CIHEAM, 1991. p. 101-108 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 16) ». Tunisie. (1987, Janvier)

[4] : Y.Tiab, R.Slimani :« Caractérisation physico-chimique du grignon d'olive ». Mémoire de fin d'étude.Université de Bejaia.2002

[5] :R.K.B.Derriche.«Valorization of olive oil cake by extraction of hemicelluloses.Journal of FoodEngineering (78), pp. 1149-1154.(2007).

[6]: F. B.Maurizio Canetti. The real degradation behaviour of isotactic polypropylene blended with lignin. Polymer Degradation and Stability (91), pp. 494-498.(2006).

[7]: RAZAFINDRAINIBE Raphaël Nantenaina. « Huile de palme et huile de palmiste: Etudes antérieurs, contribution à un essai de valorisation de la matière grasse.Mémoire de fin d'étude, Département Industries Agricoles et Alimentaires, ESSA, 1986.

[8] : SURRE Christian, ZILLER Robert. Le palmier à huile, N° 242. Paris : Maisonneuve et Larousse, 225 p. 1963.

[9] : Y. Traore. « Propriétés mécaniques d'un béton de granulats légers à base de coques de Noix de palme traitées ». Rencontres Universitaires de Génie Civil, May 2015, Bayonne, France,pp. 452-460. 2015

[10] :Mannan MA G. C., "Activation of Protein Kinase PKR Requires Dimerization-induced cis-Phosphorylation within the Activation Loop VOLUME 289, ISSUE 9, P5747-5757,,2001

[11]: P. Chen, Y. Cheng, S. Deng, L. Xiangyang, G. Huang and R. Ruan, "Utilization of almond residues," International Journal Agricultural & Biological Engineering, vol. 3, no. 4, pp. 1-18, 2010.

[12] : K. Siamardi and M. Vahendi, "Laboratory evaluation of structural lightweight concrete application of almond shell," School of Engineering, The University of Waikato, Hamilton 3240, New Zealand 2008.

[13]: D. Tavakolu and M. Hashempour, "Use of waste materials in concrete: A review," Pertanika.Journal of Science and Technology, vol. 26, no. 2, pp. 499-522, 2018.

[14]: « Questions fréquemment posées » , sur PaperWise Beekstraat 54 Cwartier 206 6001 GJ Weert Les Pays-Bas.

[15] : « The Development of Agriculture » sur National Geographic et Hugo H. van der Molen, **«** *Old stocks: strawboard* **»** sur *Scripophily*, 16 juillet 2017

[16] : https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9chets_agricoles

[17] Domaine génie civil : Agricultural wastes as aggregate in concrete mixtures - A review

[18]; Shafigh, Payam; Mahmud, Hilmi Bin; Jumaat, MohdZamin ; Plus...Construction & building materials, 02/2014, Volume 53.

[19] Loh, Y.R., Sujan, D., Rahman, M.E., Das, C.A., 2013. Sugarcane bagasse-The future composite material: a literature review. Resour. Conserv.Recycl. 75, 14–22.

[20] Modani, P.O., Vyawahare, M.R., Utilization of bagasse ash as a partialreplacement of fine aggregate in concrete. Proc. Eng. 51, 25–29,2013.

[21] Shafigh, P., Mahmuda, H.B., Jumaat, M.Z., Zargar, M.,. Agricultural wastes as aggregate in concrete mixtures – A review. Constr. Build. Mater.53, 110–117,2014.

[22] Rukzon, S., Chindaprasirt, P., Utilization of bagasse ash in high strength concrete. Mater.Des.34, 45–50, 2012.

[23] Sales, A., Lima, S.A., Use of Brazilian sugarcane bagasse ash in concrete as sand replacement. Waste Manag.30, 1114–1122,2010.

[24] Sada, B.H., Amarteyb, Y.D., Bakoc, S.,. An Investigation into the use of groundnut shell as fine aggregate replacement. Niger J. Technol. 32 (1), 54–60.2013.

[25]Tata, K.H., Sani, M., Ekundayo, O.O., Frederick, K., Feasibility study of the use of groundnut shells as fine aggregates in lightweight concrete construction. Int. J. Adv. Res. Eng. 1 (1), 13–16, 2015.

[26] Kuo, W.T., Wang, H.Y., Shu, C.Y., Su, D.S.,. Engineering properties of controlled low-strength materials containing waste oyster shells. Constr. Build. Mater. 46, 128–133.2013.

[27]Yang, E.I., Kim, M.Y., Park, H.G., Yi, S.T.,.Effect of partial replacement of sand with dry oyster shell on the long-term performance of concrete. Constr. Build. Mater. 24, 758–765.2010.

[28] Givi, A.N., Rashid, S.A., Aziz, F.N.A., Salleh, M.A.M.,. Assessment of the effects of rice husk ash particle size on strength, water permeability and workability of binary blended concrete. Constr. Build. Mater. 24, 2145–2150.2010.

[29] Madandoust, R., Ranjbar, M.M., HamedAhmadiMoghadam, H.A., Mousavi, S.Y.,. Mechanical properties and durability assessment of rice husk ash concrete. Bio. Syst. Eng. 110, 144–152. 2011.

[30] Panesar, D.K., Shindman, B.,. The mechanical, transport and thermal properties of mortar and concrete containing waste cork.Cem.Concr. Comp. 34, 982–992.2012.

[31] Shafana, T., Venkatasubramani, R.. A study on the mechanical properties of concrete with partial replacement of fine aggregate with sugarcane bagasse ash. Int. J. Adv. Str. Geotech. Eng. 3 (1), 34–39.2014.

[32] Conclusion : Concrete using agro-waste as fine aggregate for sustainablebuilt environment – A reviewJnyanendra Kumar Prusty a,⇑, Sanjaya Kumar Patro b, S.S. Basarkarca School of Civil Engineering, KIIT University, Bhubaneswar, Odisha, Indiab Department of Civil Engineering, VSS University of Technology, Burla, Odisha, Indiac ITD Cementation India Ltd., Mumbai, India Received 15 April 2015; accepted 12 June 2016.

[33]NA 442, Normes Algérienne : "Ciment - Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants", 1994, 2000.

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

[35] : NF P 18- 452, Normes AFNOR : « Béton- mesure du temps d'écoulement des bétons et des mortiers aux maniabilimètre », Mai 1988.

[36] : NF EN 12350-6, « Essai pour béton frais. Partie 6 : Masse volumique », AFNOR.1999.

[37] : NF EN 12390-2, , « Essai pour béton durci. Partie 2 : Confection et conservation des éprouvettes », AFNOR.2001.

[38] : CEN EN 196-1, Normes AFNOR : « Méthodes d'essais des ciments – Partie 1 : détermination des résistances mécaniques (indice de classement P15- 471) », Aout 1995.

[39] : Norme Française, NF P 18-412 « Béton : Caractéristiques communes des machines hydrauliques pour essais de compression, flexion et traction des matériaux durs», Norme enregistrée, Déc. 1981.

[40] : NBN NE 13057, Normes Belge, « Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton-Méthodes d'essai-détermination de l'absorption capillaire», Octobre 1997, Mai 2002.

[41] : NF EN 993-15 La présente norme spécifie une méthode de détermination de la conductivité thermique des matériaux et produits réfractaires par la méthode du fil chaud (parallèle).

[42] : NF EN 1097-6, , « Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats. Partie 6: Détermination de la masse volumique réelle et du coefficient d'absorption d'eau », AFNOR.2001.

[43] : NF EN 1097-3, « Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats. Partie 3: Méthode pour la détermination de la masse volumique en vrac et de la porosité inter granulaire », AFNOR.1998.

[44] : Norme NF EN 933-8 : Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats – Partie 8 : Évaluation des fines — Équivalent de sable, Paris, Association Française de Normalisation (AFNOR), août 1999, 16 p., remplace les normes expérimentales françaises p. 18-597, de décembre 1990 et p. 18-598, d'octobre 1991.

[45]:ACI Committee 213, "Guide for structural lightweight aggregate concrete," American ConcreteInstitute, Michigan, USA, 2009

[46] : Lee-Kuo Lin ,Tsung-Min Kuo , Yi-Shu Hsu The application and evaluation research of coffee residue ash into mortar,J Mater Cycles Waste Manag.2015.

[47]: SemihaAkcaozog˘lu, KubilayAkcaozog˘lu ,Cengiz Duran Atis. Thermal conductivity, compressive strength and ultrasonic wave velocity of cementitious composite containingwaste PET lightweight aggregate (WPLA). Construction and Building Materials.2013;66: 247– 258.

[48] : F. Iucolano, B. Liguori, D. Caputo, F. Colangelo, R. Cioffi. Recycled plastic aggregate in mortars composition: Effect on physical and mechanical properties,Materials and Design 2013 ,52 , 916–922.

Annexe



Fig. A.1 : Séchage a l'étuve.



Fig. A.2 : concassage par concasseur.



Fig. A.3 : broyage par los Anglos.



Fig. A.4 : L'essai de la masse volumique apparente.



Fig. A.5 : l'essai de densité.



Fig. A.5 : Les éprouvettes.



Fig. A.6 : Les éprouvettes avant l'écrasement.



Fig. A.8 : Tamiseuse électrique.