

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de : Génie Civil et hydraulique

C:.....

R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master, Filière : Génie Civil

Spécialité : Structure

Thème

**L'influence de l'ajout de filler de calcaire sur les
Caractéristiques physico- mécaniques de brique crue à
base de sable de dunes**

Présenté par :

❖ **BENGHOULIA Faiza**

❖ **AMIR Samira**

Soumis au jury composé de :

BELFERRAG A.

M C B

U.K.M.Ouargla

Président

MAOUCHE H.

M C B

U.K.M.Ouargla

Examineur

DJOUHRI M.

M C B

U.K.M.Ouargla

Encadreur

Année Universitaire: 2019 / 2020

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en premier lieu à la personne la plus chère pour moi dans ce monde, ma mère qui est la fleur de ma vie, le symbole de l'amour et la tendresse qui s'est sacrifié pour mon bonheur et ma réussite.

Mon père pour leurs sacrifices.

Ma chère sœur et mes chers frères.

Mes amis et mes camarades surtout

« talala el boukhari »

Mes enseignants et mes collègues d'étude

Merci du fond du mon cœur

******Benghoulia Faiza******

DEDICACE

TOUJOURS D'abord je remercie le bon dieu qui ma donne le courage pour arriver a ce stade des fin des études

Je dédie ce modeste travail à :

A ceux qui m'ont soutenu et ont continué à me soutenir et ont été la raison de mon succès à :

Ma chère mère

A mon père

Mes sœurs

Mes frères

A tous ceux qui m'ont aidé à surmonter l'obstacle du Master2 après une période d'absence d'étude.

A tous mes amis surtout ma sœur Wafa et Ma binôme Faiza

A tous mes collègues surtout : Said, Atallah

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

Samira

Remerciements

D'abord je remercie «ALLAH EL» de m'avoir donné le courage, la patience et la santé pour finaliser ce modeste travail.

Je tiens à remercier mon encadreur Dr. DJOUHRI M. pour d'avoir bien accepté de m'encadrer et de me guider durant le déroulement de ce travail, pour son aide précieuse et ses encouragements.

Mes vifs remerciements à Dr. BELFRRAG A. pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de juger ce travail et de présider le jury d'examen.

Je tiens à remercier a Dr. MAOUCHE H. pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'examiner mon travail et de faire partie du jury de soutenance.

Je remercie vivement tous les membres du laboratoire de l'université Kasdi Merbah et le laboratoire des travaux publique LTPS, laboratoire national de l'habitat et construction LNHC, qu'ils soient Responsables, ou ingénieurs de laboratoire.

Finalement, nous adressons nos sincères remerciements à tous nos proches et amis qui nous ont toujours soutenues et encouragées au cours de la réalisation de ce mémoire.

Résumé

Le sable de dunes se trouve en grande quantité dans le désert algérien, mais elles ne sont pas suffisamment utilisées pour couvrir les besoins en matériaux de construction de ces zones.

Par conséquent, dans ce travail, nous allons essayer d'exploiter ce sable avec du filler de calcaire dans le but de fabriquer des briques crues, on a utilisé la méthode d'optimisation des proportions et connaître la mesure dans laquelle il répond aux exigences économiques et environnementales.

Grâce à ce travail, nous avons conclu que la brique C2 (ciment 15%, la chaux 5%, sable de dune 60 %, filler de calcaire 20 %) a des propriétés physiques et mécaniques acceptables

Mots clés : sable de dunes, brique, filler de calcaire, liant hydraulique, résistance mécanique, ultrason, absorption d'eau.

المخلص

تواجد رمال الكثبان بكميات كبيرة في الصحراء الجزائرية بالرغم من ذلك فهي غير مستغلة بالشكل الكافي لتغطية احتياجات هاته المناطق من المواد البناء.

في هذا العمل سنحاول استغلال هذا الرمل مع بقايا الحجر الجيري بهدف صناعة طوب نبيء بطريقة تغيير نسب المواد فيما بينها ومعرفة مدى تلبيتها للمتطلبات الاقتصادية والبيئية والمساهمة من جهة اخرى في تنمية هاته المناطق التي تعاني.

من خلال هذا العمل توصلنا الى ان الطوب C2 (الاسمنت 15%، الجير 5 %، رمل الكثبان 60%، بقايا الحجر الجيري 20 %) لديه خصائص فيزيائية وميكانيكية مقبولة.

الكلمات المفتاحية: كثبان الرمل، الطوب، بقايا الحجر الجيري، رابط هيدروليكي، المقاومة الميكانيكية، الامواج فوق الصوتية وامتصاص الماء.

Abstract

The sand dunes are found in large quantities in the Algerian desert; however, they are not utilized sufficiently to cover the construction materials needs of these areas.

In this work, we will try to exploit this sand, along with the remnants of limestone filler, with the aim of making raw bricks by changing the proportions of the materials between them and knowing the extent to which they meet the economic and environmental requirements and contribute on the other hand to the development of these suffering areas.

Through this work, we have concluded that C2 bricks (cement 15%, lime 5%, sand dune 60%, limestone filler 20%) have acceptable physical and mechanical properties.

Key words: dunes sand, bricks, limestone filler, hydraulic binder, mechanical resistance, ultrasound, water absorption

Table des matières

Dédicace	
Remerciement	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des tableaux	
Liste des notions	
Introduction Générale	1
CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	
I.1 Introduction	2
I.2 Brique.....	2
I.2.1 Brique de terre crue.....	2
I.2.2 Les avantages.....	2
I.2.3 Les types de constructions en terre crue	3
I.2.4 La dobe	3
I.2.5 Les pisés	4
I.2.6 Les Blocs de terre comprimée	4
I.2.7 Les Caractéristiques des briques de terre crue(adobe, pisé, Brique de terre comprimée).....	5
I.3 Le sable de dunes	6
I.3.1 Types des dunes	6
I.3.1. a. Les avant-dunes	6
I.3.1. b. Les falaises dunaires	6
I.3.1. c. Les dunes perchées	6
I.3.1. d. Les cordons dunaires artificiels	7
I.3.2 Classification des sables	7
I.3.2. a. La granularité	7
I.3.2. b. La propreté et la teneur en fines	7
I.3.2. c. La nature minéralogique	7

I.3.3 Les types des sables selon leurs provenances	7
I.4 Ciment.....	8
I.4.1 Classification des ciments.....	8
I.4.2 Classification des ciments en fonction de leur composition.....	8
I.4.3 Classification des ciments en fonction de leur résistance normale	9
I.5 La Chaux	10
I.5.1 Type de chaux.....	10
I.5.1. a. Chaux aériennes.....	10
I.5.1. b. Chaux vive.....	10
I.5.1. c. Chaux éteinte.....	10
I.5.1. d. Chaux magnésiennes.....	10
I.6 Filler calcaire.....	11
I.6. a. Influence des filler calcaires sur les propriétés des bétons.....	12
I.6.b. Influence des filler calcaire sur la résistance des bétons.....	12
I.7 Définition du Mortier Normal (En 196-1).....	13
I.8 Conclusion.....	14

CHAPITRE II: CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

II.1 Introduction.....	15
II.2 Sable des dunes.....	15
II. 2.1 .Les caractéristiques de sable des dunes.....	15
II.2.2 Analyse granulométrique (NF P 18-560).....	15
II.2.3 Module de finesse (NF P18 304).....	17
II.2. 4 Masses volumiques.....	17
II.2. 4.1. Masse volumique apparente.....	17
II.2. 4.2. Masse volumique absolue.....	18
II.2.5 Equivalent de sable (NF P 18-598).....	18
II.2.6 Essai au bleu de méthylène (NF p94-068).....	20
II.2.7 Analyse chimique.....	21
II.3 Filler de Calcaire.....	21

II.3.1 Les caractéristiques de Filler.....	21
II.3.2 Masse volumique.....	21
II.3.3 Essai au bleu de méthylène (NF p94-068).....	21
II.3.4 Analyses chimiques de filler.....	21
II.3.5 Analyse granulométrique par sédimentation (normeNFP94-056/NF P 94-057).....	22
II.4 Ciment.....	23
II.4.1 Les caractéristiques de ciment.....	23
II.4.1.1.Caractéristique physico-mécanique.....	23
II.4.1.2. Composition chimique et minéralogique.....	24
II.5 .La chaux	24
II.6 Eau de gâchage.....	25
II.7 Conclusion.....	26

CHAPITRE III: FORMULATION ET CONFECTION DE BRIQUE

III.1.Introduction.....	27
III.2 Choix des différents pourcentages des composants.....	27
III.3Détermination de la quantité d'eau optimale.....	28
III.4 Essai de maniabilité (NF P18-452).....	28
III.4.a. Principe de l'essai.....	28
III.4.b. Equipement utilisé.....	28
III.4.c.Procédure de l'essai.....	28
III.5 Confection des éprouvettes.....	30
III.5.a. La préparation des matériaux	30
III.5.b. Préparation des moules.....	31
III.5.c.Le malaxage.....	32
III.5.d. Coulage des éprouvettes.....	32
III.5.e.Finissions des éprouvettes.....	33
III.5. f. Démoulage des éprouvettes.....	33
III.5.g. Conservation des éprouvettes.....	34
III.6 Conclusion.....	34

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1 Introduction.....	35
IV.2 Résistance à la traction par flexion.....	35
IV.3 Résistance à la compression.....	39
IV.4 La masse volumique.....	42
IV.5 L'absorption d'eau par capillarité.....	44
IV.6 L'essai d'ultrasonique.....	47
IV.7 Conclusion.....	50
Conclusion générale et recommandation.....	51
Références bibliographiques.....	53

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Figure (I.1): Coffrage utilisé dans la conception de murs en pisé.....	4
Figure (I.2): Cycle de la chaux.....	11
Figure (I.3): Résistance des ciments en filler calcaire.....	13
Figure (I.4): Composition granulométrique du sable de référence CEN.....	13

CHAPITRE II : CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

Figure (II.1): Ensemble des tamis.....	16
Figure (II.2): Courbe d'analyse granulométrique du sable de dunes.....	17
Figure (II.3): Essais équivalent de sable.....	19
Figure (II.4): Classification des sols selon la valeur de bleu de méthylène.....	21
Figure (II.5): Courbe d'analyse granulométrique par sédimentation.....	23

CHAPITRE III : FORMULATION ET CONFECTION DE BRIQUE

Figure (III.1): Fonctionnement du Maniabilité.....	29
--	----

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Figure (IV.1): Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 points).....	37
Figure (IV.2): La Résistance à la flexion en fonction de temps.....	38
Figure (IV.3): Evaluation de résistance à la traction par flexion.....	38
Figure (IV.4): Dispositif pour l'essai de compression.....	40
Figure (IV.5): La résistance de compression en fonction de temps.....	41
Figure (IV.6): Evaluation de résistance à la compression.....	41
Figure (IV.7): La masse volumique en fonction de temps.....	43
Figure (IV.8): Evaluation de la masse volumique.....	44
Figure (IV.9): Essai d'absorption d'eau par capillarité.....	45
Figure (IV.10): L'absorption d'eau par capillarité en fonction de temps.....	46
Figure (IV.11): Evaluation de l'absorption d'eau par capillarité.....	46
Figure (IV.12): La vitesse des ondes ultrasonores en fonction de temps.....	49
Figure (IV.13): Evaluation de la vitesse des ondes ultrason.....	49

LISTE DES PHOTOS

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Photo (I.1) : Les produits en adobe.....	3
Photo (I.2) : Brique de terre crue compressée à l'aide d'une presse manuelle.....	5
Photo (I.3) : Sable des dunes (Ouargla).....	6

CHAPITRE II : CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

Photo (II.1) : Agitateur+ Eau distillée+ Bleu de méthylène.....	20
Photo (II.2) : Chaux de Saida.....	24

CHAPITRE III : FORMULATION ET CONFECTION DE BRIQUE

Photo (III.1) : Maniabilimètre.....	28
Photo (III.2) : L'essai de maniabilité.....	30
Photo (III.3) : Moules de confection (4x4x16 cm).....	30
Photo (III.4) : Sable de dunes.....	31
Photo (III.5) : Filler de calcaire.....	31
Photo (III.6) : Le ciment.....	31
Photo (III.7) : La chaux.....	31
Photo (III.8) : Huilage des moules.....	31
Photo (III.9) : Malaxage.....	32
Photo (III.10) : La table à chocs.....	32
Photo (III.11) : Finissions des éprouvettes.....	33
Photo (III.12) : Démoulage des éprouvettes.....	33
Photo (III.13) : Conservation des éprouvettes dans l'air libre.....	34

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Photos (IV.1) : Essai de la traction par flexion	36
Photos (IV.2) : Essai de compression.....	39
Photo (IV.3) : Essai de la masse volumique.....	42
Photo (IV.4) : Essai ultrasonique.....	48

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau (I.1) : Les Caractéristiques des briques de terre crue (adobe, pisé, Brique de terre comprimée).....	5
Tableau (I.2) : Désignation des différents types de ciment en fonction de leur composition...	9
Tableau (I.3) : Classification des ciments courants selon la résistance.....	9
Tableau (I.4) : Etapes pour la confection d'un mortier normal [EN 196-1].....	14

CHAPITRE II : CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

Tableau (II.1) : Résultats de l'analyse granulométrique du sable de dunes (300g).....	16
Tableau (II.2) : Les valeurs d'équivalent de sable indiquent la nature et qualité du sable.....	19
Tableau (II.3) : Résultats de l'équivalent de sable.....	19
Tableau (II.4) : Résultats Analyse chimique de sables des dunes.....	21
Tableau (II.5): Résultats Analyse chimique de sables des dunes.....	21
Tableau (II.6) : Analyse granulométrie de filler de calcaire.....	22
Tableau (II.7) : Caractéristiques physico -mécaniques du ciment NA 442(MATINE).....	23
Tableau (II.8) : Composition chimique et minéralogique de ciment(MATINE).....	24
Tableau (II.9) : Propriétés physiques et chimiques de la chaux de Saida.....	25
Tableau (II.10) : Composition chimique de l'eau.....	25

CHAPITRE III : FORMULATION ET CONFECTION DE BRIQUE

Tableau (III.1) : Type de mortier selon le temps de maniabilité.....	29
Tableau (III.2) : Les résultants de l'essai de maniabilité.....	29

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau (IV.1) : Résultats de résistance à la flexion (MPa).....	37
Tableau (IV.2) : Résultats de résistance à la compression (MPa).....	40
Tableau (IV.3) : La masse volumique (Kg/m^3).....	43
Tableau (IV.4) : Résultats d'absorption d'eau par capillarité (g/cm^2).....	45
Tableau (IV.5) La vitesse de son pour les trois compositions (m/s).....	48

LISTE DES NOTIONS

E: quantité d'eau.....	(ml)
ES: équivalent de sable	(%)
Evs : Equivalent de Sable Visuel.....	(%)
Evp : Equivalent de Sable au Piston.....	(%)
F _f : la charge appliqué	(KN)
h: Hauteur	(cm)
L: longueur de l'éprouvette.....	(mm)
m :masse	(g)
M: Moment	(N.m)
MS: Masse des grains solides.....	(g)
Mf: Module de finesse.....	(%)
Pc : La charge de rupture à la compression.....	(KN)
ρ _a : Masse volumique apparente.....	(g/cm ³)
ρ _s : Masse volumique absolue.....	(g/cm ³)
R _f : Résistance à la flexion.....	(MPa)
S : section transversale de l'éprouvette.....	(mm ²)
T: Température	(°C,K)
t: Le temps	(s)
V : Volume.....	(cm ³)
VBS: valeur bleu de méthylène.....	
V _p : vitesse des propagation des ondes sonique	(m/s)
W: Le teneur en eau.....	(%)
σ _c : contrainte de compression.....	(MPa)
δ : La masse volumique de l'éprouvette.....	(g/cm ³)

Introduction générale

Le facteur technologique, économique et environnemental joue un rôle important dans le domaine de la construction en améliorant les conditions de vie des régions désertiques caractérisées par une température et le coût des matériaux très élevée.

Le sable de dune constitue un pourcentage important dans les régions désertiques, ce qui indique qu'ils peuvent être adoptés comme matériaux de construction, malgré cette vaste présence, ces matériaux sont utilisation et exploitation d'une manière très faible qui ne reflète pas les énormes quantités présentes dans les zones désertiques, ce qui nous incite à rechercher des solutions pour valoriser ces matériaux et d'essayer de l'utiliser dans différents éléments de construction.

L'utilisation et l'exploitation de ce matériaux locaux avec le filler de calcaire résultants de tamisages de sable concassée afin de connaître l'étendue de leur influence sur les propriétés physiques et mécaniques de la fabrication de briques avec ces matériaux locaux.

Dans ce travail, nous essaierons de fabriquer de confectionner des briques crue à partir de sable de dunes et de filler de calcaire et nous viserons à valoriser ces deux matériaux pour arriver à une formulation d'une brique basé principalement sur l'optimisation des proportions de ces deux matériaux et stabiliser par liants, pour but d'obtenir une brique avec des caractéristiques convenables.

Objectifs et organisation de l'étude

L'objective de ce travail est l'étudier l'influence de l'ajout de la filler de calcaire sur les Caractéristiques physico-mécaniques d'un brique leur compositions sont du sable de dunes, ciment et la chaux qui dépend principalement par les proportions de ces composants.

L'organisation du ce travail s'est faite de la manière suivante :

- Le premier chapitre présente les différents types de brique existante, leurs caractéristiques en générales et les différents matériaux entrant dans la composition de la brique.
- Le deuxième chapitre, quant à lui est consacré à la caractérisation des matériaux utilisés dans ce travail.
- Le troisième chapitre représente la formulation des différents compositions proposées ainsi que la procédure de la confection des éprouvettes destinés pour les essais physico-mécaniques.
- Le quatrième chapitre présentations les résultats obtenu et leurs interprétations.
- Enfin une conclusion générale et des recommandations nécessaire.

CHAPITRE I :
RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Introduction

L'amélioration de la qualité des briques crues passe nécessairement par la connaissance de ses composants (sable, addition, ciment et chaux) afin de mieux comprendre ces matériaux utilisés et leur impact sur les caractéristiques physiques et mécaniques recherchés pour répondre au confort des bâtiments, notamment (dureté, isolation thermique et phonique, humidité et durabilité).

Dans ce chapitre, nous allons passer en revue les différents types de briques qui existent et les caractéristiques les plus importantes de chaque type, ainsi que les propriétés des matériaux en particulier (ciment, chaux, filler de calcaire et sable de dunes).

I.2 Brique

Une brique est un matériau de construction les plus importants dans le domaine de la construction en forme parallépipède rectangle base à terre argileuse crue, séchée au soleil, brique crue ou cuite au four, employée principalement dans la construction de murs et les cloisons.

La technologie actuelle permet de fabriquer plusieurs types des briques avec des performances adéquate pour différentes destinations (Brique de verre, brique cellulaire, brique monobloc ...) [1].

I.2.1 Brique de terre crue

La terre crue est le matériau de construction traditionnel par excellence. On en retrouve la trace à l'âge de Bronze et la muraille de Chine présente des tronçons.

De nombreux monuments inscrits au patrimoine mondial de l'humanité sont en terre crue : forteresses marocaines, pyramides d'Égypte... Aujourd'hui encore, environ 40% de l'humanité habite des constructions en terre crue.

Facilement mobilisable dans les régions sahariennes où pierre et bois manquent, sa mise en œuvre est simple et ne nécessite pas de matériel sophistiqué. De même sa mise en œuvre, sans transport, sans cuisson, sans processus de transformation industriel lui confère une empreinte écologique et bilan CO₂ exceptionnel [1].

I.2.2 Les avantages

La terre crue c'est le premier type de brique confectionné par l'homme. Cela suite à plusieurs avantages [2] :

- ❖ La terre absorbe et restitue l'humidité.
- ❖ La terre est un très bon isolant phonique et acoustique.
- ❖ La terre est une ressource locale abondante et renouvelable.
- ❖ La construction en terre crue n'utilise que 3% de l'énergie employée dans une construction en béton.

I.2.3 Les types de constructions en terre crue

I.2.4 L'adobe

Les premiers éléments de construction préfabriqués utilisés par l'homme étaient des briques moulées en terre crue appelées «adobes, toubes », on est une technologie Utilisée depuis des millénaires partout à travers le monde.

L'adobe est un matériau de construction fait d'un mélange de sable, d'argile, une quantité du paillé hachée ou d'autre fibre. De nature assez argileuse (jusque à30% de fraction fine), mais très sableuse, ajoutée d'eau jusqu'à obtenir un état de pate semi ferme (15 à 30% d'eau). Chaque élément du mélange joue son rôle.

Le sable réduit la probabilité de microfissures dans le bloc de terre, l'argile agglutine les particules et la paille haché, quant à lui, donne un certain grade de flexible [1] [2].

Ce mélange est par la suite déposé à la main dans un moule en bois de façon fabriqué des petits éléments de maçonnerie, la dimension requise pour être démoulé et séché directement au sol (Photo I.1).

La brique d'adobe peut varier d'une dimension de 15*25*10 cm soit 30* 60* 10cm.La construction en adobe est très répandue dans le monde, de la Chine aux pays du Moyen .Orient, de l'Afrique, à l'Amérique latine, en France et Etats Unis d'Amérique [1].



Photo (I.1) : Les produits en adobe.

I.2.5 Les pisés

Le pisé, technique séculaire de mise en œuvre de terre crue, offre des qualités d'habitabilité et d'adaptation exceptionnelles mais nécessite une attention et un suivi régulier. Bien construit et protégé, le bâtiment en pisé traverse les siècles et s'adapte tout naturellement aux divers besoins des hommes [1] [2].

Traditionnellement, les bâtiments en pisé portent de « bonnes bottes » et un « bon chapeau ». C'est à dire que le soubassement est traité de manière à éviter les remontées capillaires, (le plus souvent en galets, en pierre ou en briques de terre cuites maçonnées) et le débord de toiture est suffisant pour éviter le ruissellement de l'eau sur la façade.

Le pisé, quant à lui, est en fait la compaction d'un volume de terre à l'intérieur d'un coffrage de façon manuelle en utilisant un pilon ou à l'aide de machinerie spécialisée. (Figure I.1) montre un exemple de coffrage qui peut être utilisé pour la fabrication de murs en pisé [1].

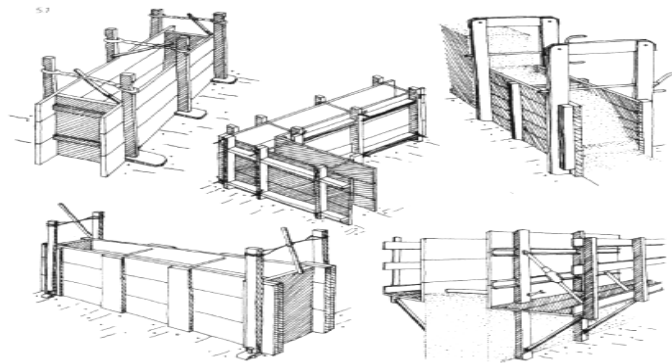


Fig. (I.1) : Coffrage utilisé dans la conception de murs en pisé.

I.2.6 Les Blocs de terre comprimée

Les blocs de terre comprimée (BTC) sont des éléments de maçonnerie, des dimensions réduites et des caractéristiques régulières et contrôlées, obtenus par compression statique ou dynamique photos (I.2) de terre à l'état humide suivie d'un démoulage immédiat.

Les blocs de terre comprimée ont généralement un format parallélépipédique rectangle et sont pleins ou perforés, à relief verticale ou horizontal.

Les blocs de terre comprimée sont constitués principalement de terre crue et doivent leur cohésion à l'état humide et à l'état sec essentiellement à la fraction argileuse composant la terre (gravier, sable, limon et argile) ; un additif tel que de (ciment, chaux, pouzzolane ...) peut

être ajouté néanmoins à la terre pour améliorer ou développer des caractéristiques particulières des produits.

Les caractéristiques final des BTC dépendent de la qualité des matières premières de (terre, additif) et de la qualité de l'exécution des différentes étapes de fabrication (préparation, malaxage, compression) [1].



Photo (I.2) : Brique de terre crue compressée à l'aide d'une presse manuelle.

I.2.7 Les Caractéristiques des briques de terre crue (adobe, pisé, Brique de terre comprimée)

Les caractéristiques des briques de terre crue sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau (I.1) : Les Caractéristiques des briques de terre crue (adobe, pisé, Brique de terre comprimée) [2].

Caractéristiques	Types de briques de terre crue		
	Adobe	Pisé	BTC
Masse volumique (kg/m ³)	1200-1700	1700-2200	1700-2200
Résistance à la compression (MPa)	2-5	< 2.4	<2.4
Résistance à la traction (MPa)	-	0.5-1	-
Conductivité thermique λ (W/m°C)	0.46-0.81	0.81-0.93	0.81-1.04
Chaleur spécifique (J/Kg°C)	900	850	-
Capacité thermique (KJ/m ³ °C)	1350	510	-
Absorption d'eau (%)	5	10-20	10-20
Isolation acoustique (dB)	-	50 dB pour 40 cm 40 dB pour 20 cm	50 dB pour 40 cm 40 dB pour 20 cm
Retrait au séchage (mm/m)	1	1-2	0.2-1

I.3 Le sable de dunes

Le sable des dunes est le résultant d'une érosion et d'une sédimentation des différentes roches suivie d'un transport fluvial et parfois éolien.

La plus grande partie des formations sableuses est constituée de quartz. Il est caractérisé par une granulométrie fine et très serrée [3].

Dans une autre signification le sable de dunes qui s'impose du fait de son abondance dans la nature (Sahara), de son coût d'extraction presque nul, et de sa propreté apparente, constitue la solution au problème d'épuisement des ressources naturelles et se présente comme un matériau d'avenir [4].



Photo (I.3) : Sable des dunes (Ouargla).

I.3.1 Types des dunes

a. Les avant-dunes (fore dune pour les anglophones), qui sont des bourrelets plus ou moins fixés par la végétation (oyats par exemples), parallèles au trait de côte et solidaire de la plage, c'est à dire échangeant du sable avec elle, dans un même système sédimentaire.

À ne pas confondre avec une ancienne arrière dune en cours d'érosion, ou avec une dune formée par du sable venant de terre sur un secteur ou un avant-dûner active ne pourrait pas se former. En Espagne et en Tunisie, ces avant-dunes sont systématiquement considérées comme faisant partie du domaine public maritime, ce qui facilite leur protection.

L'avant dune se forme à partir de fixation du sable en haut de plage, par des plantes pionnières psammophiles [5].

b. Les falaises dunaires (dune Cliff pour les anglophones) n'est pas une vraie dune mais un profil résultant de l'érosion marine d'une dune ancienne fixée par une pelouse ou un boisement qui ont été à l'origine de la formation d'une couche d'humus ou de sol sableux [5].

c. Les dunes perchées (Cliff-top dune pour les anglophones), qui apparaissent au sommet d'une falaise vive ; alimentée en sable par le vent à partir de l'estran, voire à partir du profil de pente, quand il s'agit d'une falaise dunaire [5].

d. Les cordons dunaires artificiels Qui sont construits de main d'homme, généralement comme élément de protection contre la mer ou d'une zone cultivée et/ou construite. Ils Nécessitent un entretien permanent, sans lequel ils se désintègrent en quelques décennies. Certains cordons sont semi-naturels (ex : avant-dunes plus ou moins dégradés rectifiées par des engins et fixées par des oyats à Sangatte dans le nord de la France) [5].

I.3.2 Classification des sables

On peut classer les sables selon trois paramètres dont :

a) La granularité : permet de séparer les sables en trois catégories :

- **Sables fins** : plus de 75% des éléments supérieurs à 80 μ m, sont inférieurs à 0,5mm. Ces sables doivent être notablement corrigés pour acquérir des propriétés comparables à celles des graves.
- **Sables moyens** : Moins de 20% des éléments sont supérieurs à 2mm et plus de 50% des éléments supérieurs à 80 μ m sont compris entre 0,2 et 2mm.
- **Sables grossiers** : Plus de 20% des éléments sont supérieurs à 2mm et plus de 50% des éléments supérieurs à 80 μ m sont compris entre 0,5 et 5mm. Ces sables ont des propriétés qui se rapprochent des graves [4].

b) La propreté et la teneur en fines : elle est appréciée par la valeur de l'équivalent de sable [4].

c) La nature minéralogique : En général, les sables peuvent être classés comme suit [4] :

- Sables siliceux.
- Sables silico-calcaires.
- Sable calcaire.

I.3.3 Les types des sables selon leurs provenances

Selon leurs provenances, les sables peuvent être classés comme suit [4] :

- **Sable de rivière** : il est obtenu par dragage des lits des cours d'eau. Il doit être dur et propre 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 faut qu'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 empêche d'adhérer aux liants. Il est donc à proscrire.
- **Sable artificiel** : il est obtenu par concassage des roches (calcaires durs, gré ...). Il est souvent plein de filler. Pour qu'il soit utilisable dans les bétons, il faut limiter le pourcentage des fines.

I.4 Ciment

Les ciments, encore appelés liants hydrauliques, sont des poudres fines chimiques constituées de silicates et d'aluminates de chaux qui s'hydratent en présence d'eau pour donner naissance à un matériau solide, qui conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau.

I.4.1 Classification des ciments

I.4.2 Classification des ciments en fonction de leur composition

Le ciment constitué de clinker et des constituants secondaires sont classés en fonction de leur composition, en cinq types principaux par les normes NF P15-301 et ENV 197 [6].

- CEM I : Ciment Portland (CPA-dans la notation français).
- CEM II : Ciment Portland composé (CPJ).
- CEM III : Ciment de haut fourneau (CHF).
- CEM IV : Ciment pouzzolanique (CPZ).
- CEM V : Ciment au laitier et aux cendres (CLC).

Les différentes classes des ciments courants sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau (I.2) : Désignation des différents types de ciment en fonction de leur composition [6].

Désignation	Notation	Clinker (%)	Autres Constituants	Constituants Secondaires %
Ciment portland	CPA-CEM I	95-100		0-5
Ciment portland Composé	CPJ-CEM II /A	80-94	6-20	0-5
	CPJ-CEM II/ B	65-79	21-35	0-5
Ciment de haut fourneau	CHF-CEM III /A	35-64	36-65	0-5
	CHF-CEM III/ B	20-34	66-80	0-5
	CLK-CEM III /C	5-19	81-95	0-5
Ciment pouzzolanique	CPZ-CEM IV /A	65-90	10-35	0-5
	CPZ-CEM IV /B	45-64	36-65	0-5
Ciment au laitier et cendres	CLC-CEM V /A	40-64	18-30	0-5
	CLC-CEM V/ B	20-39	31-50	0-5

I.4.3 Classification des ciments en fonction de leur résistance normale

Les ciments courants sont classés en fonction de leurs résistances mécaniques à la compression exprimées en MPa à 28 jours, la norme spécifiant une limite inférieure et une limite supérieure dont les valeurs sont dans le tableau suivant [7].

Tableau (I.3) : Classification des ciments courants selon la résistance [7].

Classe des résistances	Résistance à 2 jours	Résistance minimale à 28 jours	Résistance maximale à 28 jours
32,5		$\geq 32,5$	$\leq 52,5$
32,5R	$\geq 13,5$	$\geq 32,5$	$\leq 52,5$
42,5	$\geq 12,5$	$\geq 42,5$	$\leq 62,5$
42,5R	≥ 20	$\geq 42,5$	$\leq 62,5$
52,5	≥ 20	$\geq 52,5$	-
52,5R	≥ 30	$\geq 52,5$	-

I.5 La Chaux

La chaux est une matière généralement poudreuse et de couleur blanche, obtenue par décomposition thermique (pyrolyse) du calcaire. Elle est utilisée depuis l'Antiquité, notamment dans la construction.

Chimiquement, c'est un oxyde de calcium avec plus ou moins d'oxyde de magnésium mais la désignation usuelle de chaux peut englober différents états chimiques de ce produit[6].

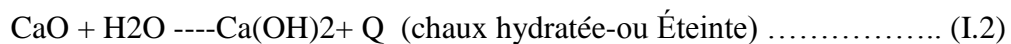
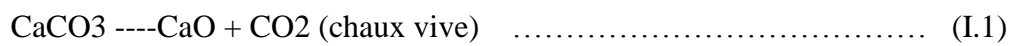
I.5.1 Type de chaux

Selon la nature du calcaire utilisé, la cuisson permet la fabrication de plusieurs types de chaux on distingue [6] :

a) Chaux aériennes

La chaux aérienne, que l'on trouve sous l'appellation standard CAEB (chaux aérienne éteinte pour le bâtiment) est déterminée par la norme NFP 15510. elle correspond à la chaux aérienne, très pure.

b) Chaux vive



c) Chaux éteinte

La chaux éteinte est de la chaux hydratée Ca(OH)_2 , on obtient ce résultat en ajoutant de l'eau sur de la chaux vive.

d) Chaux magnésiennes

On distingue 3 types de chaux aériennes selon le % de calcaire ou d'oxyde de Magnésium sont [6]

➤ Chaux calcique (CL)

$\text{MgO} < 5\%$ Chaux fabriquée à partir d'un calcaire Ca CO_3 pur ou contenant moins de 5% d'oxyde de magnésium MgO . Définie par Vicat.

➤ Chaux magnésienne

$5\% < \text{MgO} < 34\%$. Chaux fabriquée à partir d'un calcaire Ca CO_3 Contenant de 5% à 34% d'oxyde de magnésium.

➤ **Chaux dolomitique (DL)**

34% MgO 41.6% Chaux contenant de l'oxyde de calcium et de 34% à 41% d'oxyde de magnésium. "DL" (Dolomite Lime) Ces chaux contiennent MgO ou $Mg(OH)_2$ après hydratation.

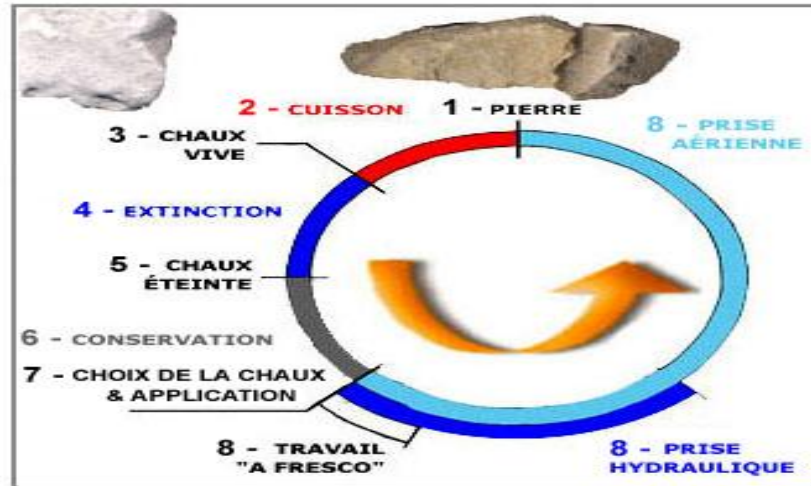


Fig. (I.2) : Cycle de la chaux [6].

I.6 Filler calcaire

Les normes s'accordent pour définir comme « fines » les éléments passant à travers un tamis de $80\mu m$. On adopte aussi le terme « filler » pour désigner les éléments bruts de concassage inférieurs à $80\mu m$. Il s'agit donc de produits fins obtenus par fragmentation pouvant d'ailleurs contenir des éléments de pollution [8].

Un filler est dit calcaire s'il contient au moins 90 % de carbonates de calcium Selon la norme NF P18-508 ; les additions calcaires sont des produits secs finement divisés, obtenue par broyage et /ou sélection, provenant de gisement de roche calcaire pouvant être dolomitique, massives ou meubles, d'origine sédimentaire carbonatées, elles sont principalement constituées de carbonate de calcium $CaCO_3$ et de $MgCO_3$, elles sont rayable par le canif, et leur densité varie entre 2,4 et 2,9.

Le calcaire est formé par du carbonate de calcium, fait effervescence à froid, avec les acides, suivant leur origine les calcaires subdivise en:

- Les calcaires détriques.
- Les calcaires d'origine chimiques.
- Calcaire dolomitique et dolomite.

Les différents résultats montrent que les fillers calcaires ajoutés au CPA peuvent jouer plusieurs rôles:

- Un rôle de remplissage en substitution du ciment dans les éléments fins de la courbe granulométrique (béton ouvrable retenant mieux l'eau).
- Un rôle rhéologique par leur pouvoir fluidifiant sur la Pâte, interstitielle.
- Un rôle chimique et physique conduisant à l'accélération de l'hydratation du C3S et de C3A.
- Un rôle physique en permettant un arrangement initial différent ce qui réduit l'épaisseur entre la pâte et les granulats.

a) Influence des filler calcaires sur les propriétés des bétons

La substitution du ciment par du filler a tendance à retarder l'âge de la première fissure, cet effet est particulièrement sensible pour la pâte à 20% de substitution en filler, le filler calcaire réagissant très peu, la quantité d'eau disponible pour l'hydratation du ciment est plus importante lorsque ce dernier est partiellement remplacé par du filler [8].

b) Influence des filler calcaire sur la résistance des bétons

Plusieurs auteurs, ont conclu que l'ajout des fines calcaires aux mortiers et aux bétons, engendre une chute des résistances qui n'est pas très importante lorsque la teneur en fine n'excède pas 20%(figure).

On note également que la cinétique dévolution de la résistance à la flexion aux jeunes âges des ciments avec ajout calcaire est plus élevée que celle du ciment témoin, avec une tendance asymptotique des ciments renfermant plus de 2 % des fines lorsqu'on approche de l'âge de 28 jours [8].

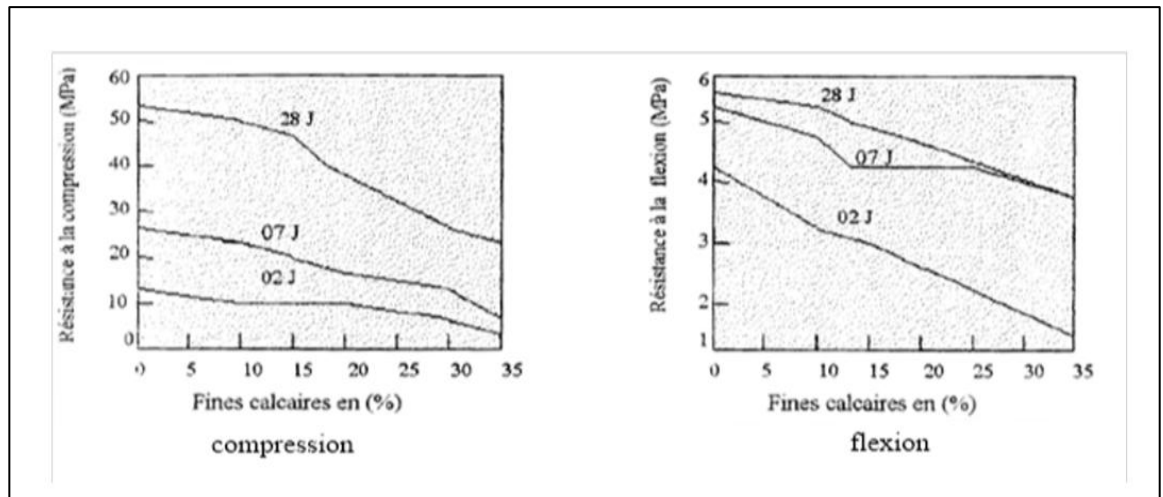


Fig. (I.3) : Résistance des ciments en filler calcaire [8].

I.7 Définition du Mortier Normal (En 196-1)

Le mortier normal est un mortier qui sert à définir certaines caractéristiques d’un ciment et notamment sa résistance. Ce mortier est réalisé conformément à la norme (pour déterminer la consistance de la pâte de ciment). Le sable utilisé est un sable appelé “sable normalisé CECN EN 196-1”, lui-même étant défini par rapport à un “sable de référence CEN”. Ce sable est commercialisé en sac plastique de 1350 + 5g. Sa courbe granulométrique doit se situer à l’intérieur du fuseau indiqué sur la figure (I.4) [9].

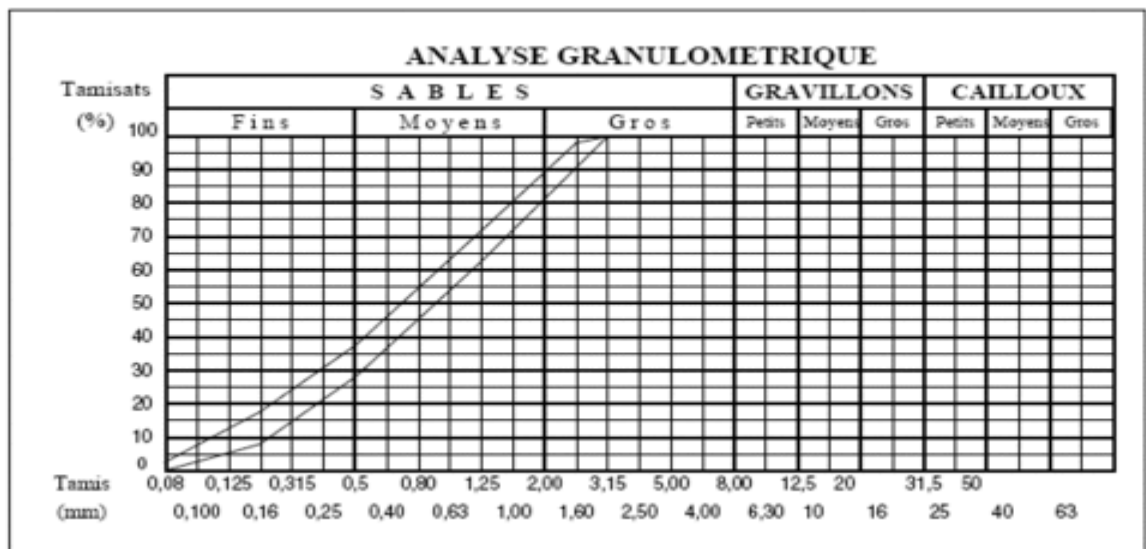


Fig. (I.4) : Composition granulométrique du sable de référence CEN [9].

La composition du mortier à tester est le suivant :

- sable normalisé = 1350 g±5 g.
- ciment = 450 g±2 g.

- eau de gâchage = 225 g±1 g (le rapport de E/C est donc 0,50).

Avant d’être utilisé pour les différents essais de maniabilité, de prise, de résistance ou de retrait, on mélange la composition d’un mortier pendant 4 minutes conformément aux prescriptions de la norme :

- Introduire l’eau en premier dans la cuve du malaxeur ; y verser ensuite le ciment ; mettre ensuite le malaxeur en marche à vitesse lente.
- Après 30 secondes de malaxage, on introduit régulièrement le sable pendant les 30 secondes suivants. On met alors le malaxeur à sa vitesse rapide et on continue le malaxage pendant 30 secondes supplémentaires.
- On arrêter le malaxeur pendant 1 min 30s. Pendant les 15 premières secondes on enlève au moyen d’une raclette en caoutchouc tout le mortier adhérent aux parois et au fond du récipient en le repoussant vers le milieu de celui-ci [10].
- On reprend ensuite le malaxage à grande vitesse pendant 60 secondes [9].

Tableau (1.4) : Etapes pour la confection d’un mortier normal [EN 196-1] [9].

Operations	Introduction de l'eau ensuite le ciment	Introduction du sable			Raclage de la cuve	Malaxage	
		30 s	30 s			30 s	15 s
Dure des opérations		30 s	30 s	30 s	15 s	1min et 15 s	60 s
Etat du malaxeur	Arrêté	Vitesse lente		Vitesse rapide	Arrêté	Vitesse lente	Vitesse rapide

I.8 Conclusion

A travers cette étude bibliographique, nous avons montré le caractère ancien de la construction en terre et son importance dans le domaine de construction. Aussi, on a traité les différentes techniques de la construction.

On a choisi l’ajout de filler de calcaire et ciment et la chaux comme une mode de stabilisation pour confectionner un brique à base de sable des dunes .En ce qui suit, on va essayer d’étudier l’influence de ces ajouts sur les caractéristiques mécaniques et physiques de brique.

CHAPITRE II :
CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

II.1 Introduction

Pour confectionner des briques et avoir une évaluation de ces performances il faut connaître les caractéristiques de ces différents constituants. Les caractérisations des matériaux est indispensable pour toute les études scientifiques, parce que chacune de ces caractéristiques a une influence importante sur les propriétés physico-mécaniques de produit finale.

Ce chapitre, sera consacré à la détermination des caractéristiques des différents matériaux entrant dans la composition (sable, ciment, chaux et filler). Tous les essais d'identifications sont effectués selon les normes utilisant dans le domaine de construction.

II.2 Sable des dunes

Le sable utilisée dans cette étude est un sable provenant de la région de Sidi Khouiled (OUARGLA).

II 2.1 Les caractéristiques de sable des dunes**II.2.2 Analyse granulométrique (NF P 18-560)****➤ But de l'essai**

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon.

A noter qu'il faut éviter la confusion entre la granulométrie qui s'intéresse à la détermination de la dimension des grains et la granularité qui concerne la distribution dimensionnelle des grains d'un granulat [11].

➤ Principe de l'essai

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon et utilisant une série de tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers les bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis [11].



Fig. (II.1) : Ensemble des tamis.

La série de tamis utilisé pour l'analyse granulométrique du sable de dune est la suivante : 0.08 ; 0.16 ; 0.315 ; 0.63 ; 1.25 ; 2.5 ; 5 mm et les résultats sont résumés dans le tableau (II.1).

Tableau (II.1) : Résultats de l'analyse granulométrique du sable de dunes (300g).

Tamis en (mm)	Masse des refus partiels (g)	Masse des refus cumulés (RC) (g)	Pourcentage refus cumulés (RC)%	Pourcentage tamisât cumulés (TC)%
5	0	0	0	100
2.5	0	0	0	100
1.25	0	0	0	100
0.63	0.8	0.8	0.266	99.734
0.315	43.8	44.6	14.866	85.134
0.16	161.7	206.3	68.76	31.24
0.08	85.3	291.6	97.2	2.8

* La détermination de l'échantillon initial du sable est obtenue par la relation suivante :

$$M > 0.2 D \text{ max}$$

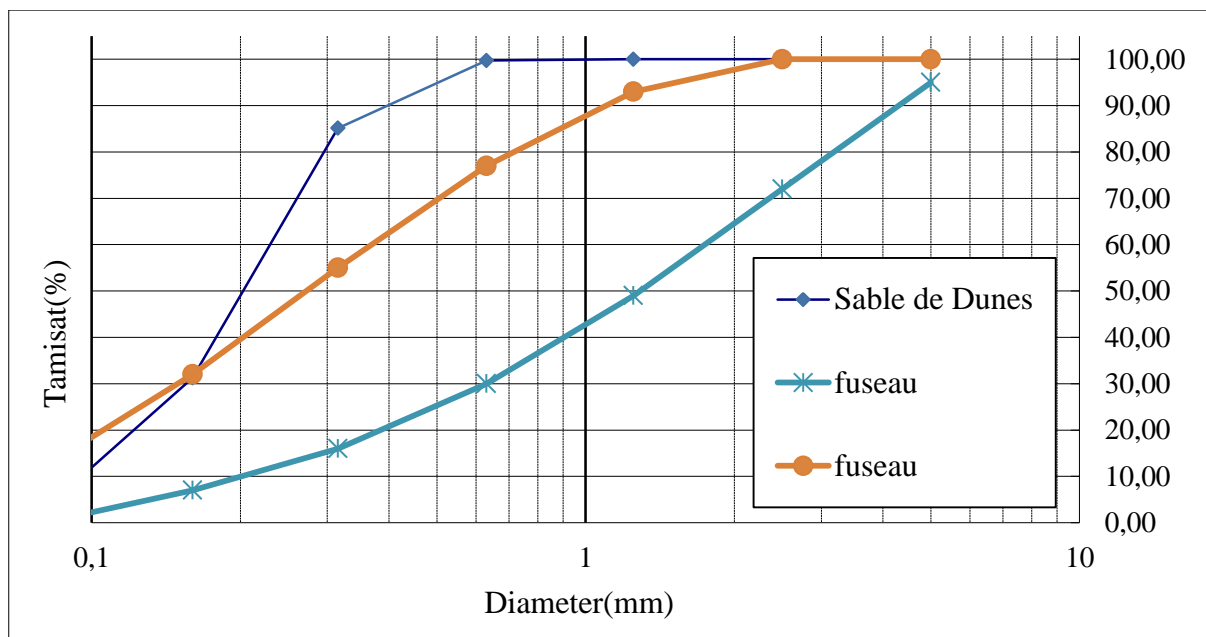


Fig. (II.2) : Courbe d'analyse granulométrique du sable de dunes.

II.2.3 Module de finesse (NF P18 304)

Le module de finesse d'un sable est égal au 1/100^e de la somme des refus cumulés des tamis de 0.16 à 5 mm [12].

Pour les sables utilisés dans notre étude on a trouvé la valeur suivante :

$$MF = 0.84$$

Le module de finesse du sable fin utilisé dans la confection du béton doit être situé entre 1.7- 2.8, de ce fait nous remarquons que MF du sable utilisé est inférieur à celui recommandé par la norme.

II.2. 4 Masses volumiques

1. Masse volumique apparente

Cet essai est régi par la norme NFP 18-554, NFP 18-555, EN 1097-3, EN 1097-6 ; elle est définie comme étant la masse de l'unité de volume apparente du corps, c'est-à-dire celle du volume constitué par la matière du corps et les vides qu'elle contient [6].

$$\rho_a = \frac{M}{V} \dots\dots\dots(II.1)$$

ρ_a : Masse volumique apparente g/cm³.

M : Masse totale de l'échantillon.

V : Volume total de l'échantillon.

La masse volumique apparente du sable utilisé est égale $\rho_a = 1.47 \text{g/cm}^3$.

2. Masse volumique absolue

Cet essai est régi par la norme NFP 18-301, elle est définie comme étant la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat sans tenir compte des vides pouvant exister entre les grains [6].

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_2 - V_1} \dots\dots\dots (II.2)$$

ρ_s : Masse volumique absolue g/cm^3 .

M_s : Masse des grains solides.

V_1 : Volume de l'eau.

V_2 : Volume total (grains + vide).

La masse volumique absolue du sable utilisé est égale $\rho_s = 2.57 \text{g/cm}^3$.

II.2.5 Equivalent de sable (NF P 18-598)

➤ But de l'essai

Cet essai, utilisé de manière courant pour évaluer la propreté des sables entrant dans la composition du béton, l'est aussi pour les sols mais, dans ce cas, son importance est moindre, le paramètre le plus significatif étant la valeur de bleu du sol.

L'essai consiste à séparer les particules fines contenues dans le sol des éléments sableux plus grossier. Une procédure normalisée permet de déterminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté de celui-ci l'essai [11].

➤ Principe de l'essai

L'essai est effectué sur fraction 0/5 mm du matériau à étudier. On lave l'échantillon, selon un processus normalisé, et on laisse reposer le tout au bout de 20 minutes on mesure les éléments suivants [11]:

- Hauteur h_1 : sable propre + éléments fines (floculant).
- Hauteur h_2 : sable propre seulement.

On en déduit l'équivalent de sable qui, par la convention, est figure (II.3).

$$ES = \frac{h_2}{h_1} \times 100 \dots\dots\dots (II.3)$$

La hauteur h_2 est mesurée visuellement ou à l'aide d'un piston, on détermine

ESV (Équivalent de sable visuel) ou Esp (équivalent de sable au piston).

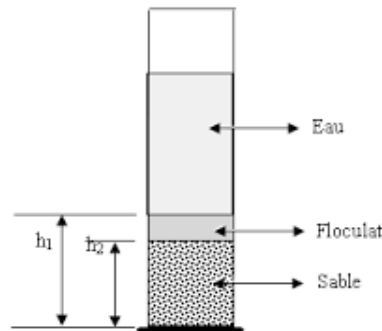


Fig. (II. 3) : Essais équivalent de sable.

Tableau (II.2) : Les valeurs d'équivalent de sable indiquent la nature et qualité du sable [9].

ES à vus	ES au piston	Nature et la qualité du sable
ES < 65	ES < 60	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement. Sable à rejeter pour des bétons de qualité ou vérification plus précise de la nature des fines par un essai au bleu de Méthylène.
65 < ES < 75	60 < ES < 70	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité courante quand le retrait n'a pas de conséquence notable sur la qualité du béton.
75% < ES < 85	70 < ES < 80	Sable propre à faible proportion de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité
ES > 85	ES > 80	Sable très propre. L'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra compenser par une augmentation du dosage en eau.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau (II .3) : Résultats de l'équivalent de sable.

			ES	Observation
Sable de dune	ESV	96.19%	ESV>80	Sable très propre
	ESP	89.47%	ESP>85	

II.2.6 Essai au bleu de méthylène (NF p94-068)

➤ **principe de l'essai**

L'essai au bleu de méthylène dit à la tache permet la détermination de l'activité et de la quantité de la fraction argileuse d'un échantillon.

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement des quantités de solution de "bleu" et en contrôlant l'adsorption au fur et à mesure. Une goutte de suspension est prélevée et est déposée sur un filtre. L'essai consiste à déterminer l'adsorption maximale obtenue lorsque la tâche est entourée d'une auréole bleu-clair persistante.



Photo (II.1) : Agitateur+ Eau distillée+ Bleu de méthylène.

La valeur du bleu du sol est (sans unité) :

$$VBS = \frac{V}{m} \dots\dots\dots (II.4)$$

Avec

V : Volume de bleu ajouté en cm³.

m : La masse de l'échantillon en gramme.

On distingue la valeur suivante :

- VBS ≤ 0,2 : sols sableux (sol insensible à l'eau).
- 0,2 < VBS ≤ 2,5 : sols limoneux (sol peu plastique et sensible à l'eau).
- 2,5 < VBS ≤ 6 : sols limono-argileux, (sol de plasticité moyenne).
- 6 < VBS ≤ 8 : sols argileux.
- VBS > 8 : sols très argileux.

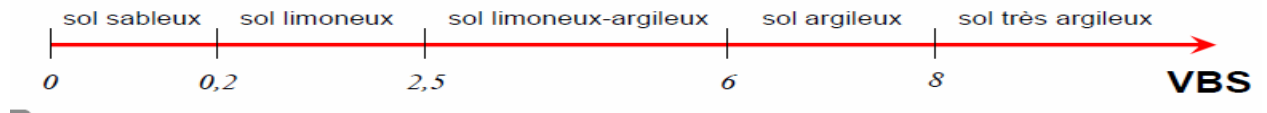


Fig. (II.4) : Classification des sols selon la valeur de bleu de méthylène.

Le VBS du sable de dune utilisé est égale : $VBS=0.08$ donc un sol sableux.

II.2.7 Analyse chimique

Les analyses chimiques de sable de dune sont réalisées au laboratoire LTP Sud de Ouargla.

Tableau (II.4) : Résultats analyse chimique de sables des dunes.

Insolubles %	SO ₃ ²⁻ %	SO ₄ ²⁻ %	CaSO ₄ .2H ₂ O %	V.NaOH	CaCO ₃ %	Cl ⁻ %	NaCl %	PH	V _{AgNO₃}
92,1	1,063	1,277	5,711	8,8	12	0,04	0,06	7,98	7,3

II.3 Filler de Calcaire

II.3.1 Les caractéristiques de Filler

II.3.2 Masse volumique

Les résultats des essais de la masse volumique apparente ρ_a et la masse volumique absolue ρ_s de sable est :

$$\rho_a = 0,957 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_s = 2,36 \text{ g/cm}^3$$

II.3.3 Essai au bleu de méthylène (NF p94-068)

Le VBS du filler de calcaire utilisé est égale : $VBS=0.16$

II.3.4 Analyses chimiques de filler

Les analyses chimiques de sable de dune sont réalisées au laboratoire LTP Sud de Ouargla.

Tableau (II.5): Résultats analyse chimique de sables des dunes.

Insolubles %	SO ₃ ²⁻ %	SO ₄ ²⁻ %	CaSO ₄ .2H ₂ O %	V.NaOH	CaCO ₃ %	Cl ⁻ %	NaCl %	PH	V _{AgNO₃}
15,4	1,784	2,142	9,579	2,2	78	0,02	0,033	8,05	3,3

II.3.5 Analyse granulométrique par sédimentation

Selon la norme NF P94-056/ NF P94-057, l'analyse granulométrique par sédimentation est un essai qui complète l'analyse granulométrique par tamisage, l'essai a pour objet de détermination de la distribution pondérale de la taille des particules fines de sols de dimension inférieure à 0,08mm [13].

Les résultats d'analyse granulométrique par tamisage (la norme NF P 94-056) et l'analyse granulométrique par sédimentation (la norme NF P 94-057) sont représenté sur le tableau suivant :

Tableau (II.6) : Analyse granulométrique de filler de calcaire.

Analyse par	Diamètre de tamis (mm)	Tamisât %
Tamisage	5	100
	2	100
	1	100
	0,4	100
	0,2	99
	0,1	95
	0,08	94
Sédimentation	0,075	94
	0,055	90
	0,038	63
	0,025	54
	0,017	42
	0,012	31
	0,008	22
	0,006	13
	0,004	7
	0,003	4
	0,002	4
	0,001	4
	0,0005	4

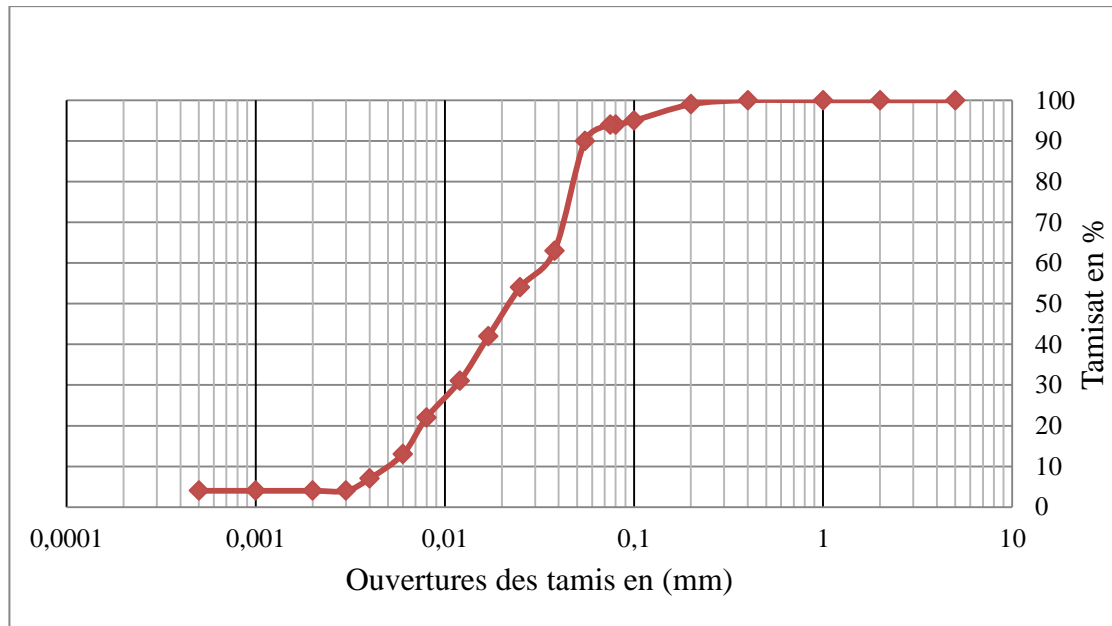


Fig. (II.5) : Courbe d'analyse granulométrique par sédimentation.

II.4 Ciment

Le ciment utilisé dans le cadre de ce travail est désigné sous le nom de MATINE. Ce dernier est un ciment composé, de classe 42.5 et de sous classe B. Il contient donc environ un tiers d'ajouts minéraux. MATINE NA 442 CPJ- CEMII/B- 42.5

II.4.1 Les caractéristiques de ciment

1. Caractéristique physico-mécanique

Tableau (II.7) : Caractéristiques physico -mécaniques du ciment NA 442(MATINE) [14].

Propriétés physiques	Consistance normale (%)	26,5 –28,5
	Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA 231)	3700-5200
	Retrait à 28 jours en (µm/m)	< 1000
	Expansion en (mm)	<3,0
Temps de prise à 20 °C (NA 230)	Temps de début de prise (min)	150-180
	Temps de fin de prise (min)	230-280
Résistance à la compression (NA 234)	2 jours (MPa)	≥ 10
	28 jours (MPa)	≥ 42,5

2. Composition chimique et minéralogique

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’alumine (Al₂O₃) et le fer (Fe₂O₃). Sa composition chimique et minéralogique est résumée dans le tableau (II.8) [14].

Tableau (II.8) : Composition chimique et minéralogique de ciment(MATINE) [14].

Analyse chimique						
Désignation	Perte au feu %	Résidus insolubles %	Teneur en sulfates SO ₃ %	Teneur en oxyde de magnésium MgO %	Teneur en chlorures %	Teneur équivalent en alcalis %
%	10-12	0,7-2	2,5-3	1,7-2,2	0,02-0,05	0,3-0,75
Désignation	Composition minéralogique du clinker					
%	C ₃ S %	C ₂ S %	C ₃ A %	C ₄ AF %		
	60-63	12-18	7,5-8,5	10-12		

II.5 La chaux

La chaux utilisée dans cette étude est une chaux éteinte produite par la société BMSD-SARL située dans la ville de Saïda (Sud-Ouest du territoire national) Photo (II.1). Les propriétés physiques et chimiques de cette chaux sont présentées dans le tableau (II.9) [15].



Photo (II.2) : Chaux de Saïda .

Tableau (II.9) : Propriétés physiques et chimiques de la chaux de Saida [15].

Caractéristiques de base	La fiche technique de la chaux
Apparence physique	Poudre blanche sèche
CaO (%)	>83,3
MgO (%)	<0,5
Fe ₂ O ₃ (%)	<2
Al ₂ O ₃ (%)	<1,5
SiO ₂ (%)	<2,5
SO ₃ (%)	<0,5
Na ₂ O (%)	0,4-0,5
CO ₂ (%)	<5
CaCO ₃ (%)	<10
Densité spécifique (g/cm ³)	2
Plus de 90 µm (%)	<10
Plus de 630 µm (%)	0
Matériau insoluble (%)	<1
Densité apparente (g/l)	600-900

II.6 Eau de gâchage

L'eau utilisée est celle du robinet du laboratoire de génie civil de l'université de Ouargla. L'eau sert d'une part à l'hydratation du ciment et d'autre part elle permet la fluidification de la pâte. Dès que l'eau entre en contact avec le ciment anhydre, elle réagit pour se combiner et former les hydrates de ciments.

L'analyse chimique de l'eau a été effectuée au laboratoire de traitement des eaux de l'université d'Ouargla et elle a donné la constitution suivante :

Tableau (II.10) : Composition chimique de l'eau [16] [17].

Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺⁺	Na ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻	PH
242	125	31	536	755	14,5	755	124	7,75

Les concentrations sont données en mg/l.

II.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé d'identifier les caractéristiques des matériaux utilisés suivant les normes adoptées dans le domaine de la construction.

Les conclusions qu'on peut tirer sont :

Pour les sables utilisés, c'est un sable de la région de Sidi Khouiled, qui se caractérise par une granulométrie serrée, et très fin et leur module de finesse de l'ordre de 0,84 et l'équivalent de sable au visuel est très propre et égale 96,19.

Ces résultats nous permettent de dire que ce sable ne soit pas adapté à une utilisation dans le béton et le mortier normaliser, Mais nous l'utilisons dans ce travail dans le but de l'exploiter et de le valoriser, notamment dans les éléments non porteurs tels que les briques et en raison de sa présence en très grande quantité dans les régions désertiques du sud de l'Algérie.

Quant au matériau filler de calcaire, il se caractérise par une granulométrie très serrée, et la valeur du bleu de méthylène est égale 0,16 donc on peut dire c'est un sol sableux.

CHAPITRE III :
FORMULATION ET CONFECTION DE BRIQUE

III.1 Introduction

Après avoir choisi les différents composants nécessaires à notre travail, et après avoir déterminé les différentes caractéristiques, nous commençons à chercher le dosage approprié pour chaque composition différente de cette brique. Et en même temps, vous devez atteindre une maniabilité acceptable et une bonne propriété mécanique.

Et sans oublier le coût de fabrication, les matériaux et les lieux disponibles sur le marché et en utilisant des matériaux locaux comme le sable et le filler de calcaire.

Et à la fin, nous présenterons un protocole pour les étapes de confection des éprouvettes utilisées dans notre étude.

III.2 Choix des différents pourcentages des composants

Après avoir effectué une recherche bibliographique concernant la brique de terre crue et les différentes formulations et les résultats obtenus par les chercheurs qui ont travaillé dans ces axes, notamment les travaux menés par OUARGLI M., YAZI A. et DJOUHRI M. qui a donné des résultats concernant l'influence des pourcentages des différentes compositions (sable des dunes, ciment, chaux, filler de calcaire) sur les caractéristiques mécaniques de la brique [18].

Ensuite on a fixé les pourcentages de ciment, chaux et l'utilisation de la méthode proportionnelle entre le sable de dunes et le filler de calcaire donc nous arrivons à proposer trois (03) compositions pour but de chercher la mieux proportion répondue aux exigences physico-mécaniques souhaité.

Les trois compositions proposées pour notre travail sont :

- **C01** : C 15%, CH 5%, SD 80 %, F 0%
- **C02** : C 15%, CH 5%, SD 60%, F 20%.
- **C03** : C 15%, CH 5%, SD 40%, F 40%.

(C : ciment, CH : la chaux, SD : sable de dune, F : filler de calcaire).

Notant que : les pourcentages des constituants de chaque composition sont des pourcentages massiques déterminer selon le résultat de OUARGLI Meriem, YAZI Abdellah [18] où la masse volumique moyenne égal à 2000g/l.

III.3 Détermination de la quantité d'eau optimale

D'après l'étude bibliographique, la quantité d'eau optimale pour un mortier ordinaire est variée entre (60% - 65%) de la quantité de liant hydraulique sèche [18].

Pour cette étude on a choisi l'essai de Maniabilimètre pour déterminer la quantité d'eau optimale pour les trois compositions proposées.

III.4 Essai de maniabilité (NF P18-452)

Les essais de maniabilité elle nous permis d'apprécier la fluidité d'un mortier, cette essai est définis par les normes NF P 18 - 452 et NF P 15 -437.

a) Principe de l'essai

Pour cet essai la consistance est déterminée par le temps d'écoulement pour laquelle le mortier s'écouler sous l'effet de la vibration [18].

b) Equipement utilisé

L'appareil utilisé est appelé Maniabilimètre photo (III.1). Il consiste en un boitier parallélépipédique métallique de dimensions normalisés, posé sur des supports en caoutchouc, équipé d'un vibreur et muni d'une cloison amovible.



Photo (III.1) : Maniabilimètre.

c) Procédure de l'essai

Le mortier est introduit dans la partie la plus grande délimitée par la cloison et mis en place par piquage en 4 couches. 4 minutes après la fin du malaxage, la cloison est retirée,

provoquant la mise en route du vibreur et le déclenchement d'un chronomètre par l'opérateur. Sous l'effet de la vibration le mortier s'écoule, le chronomètre est arrêté une fois le mortier atteint un trait repère sur la paroi opposée du boîtier figure (III-1) [19].

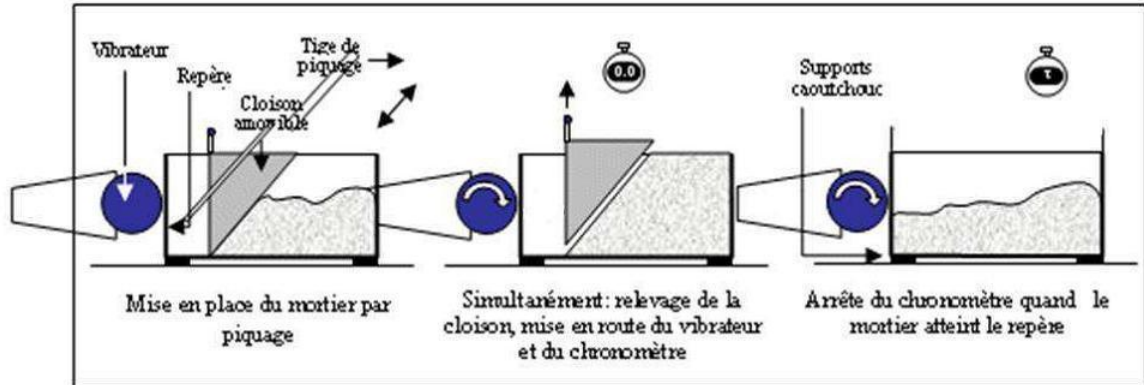


Fig. (III.1) : Fonctionnement du Maniabilité [19].

Le temps(t) d'écoulement de mortier pour s'écouler caractérise par sa consistance. Ce temps sera d'autant plus court que le mortier sera plus fluide (ou plus maniable, d'où vient le nom de l'appareil) Comme illustré aux tableaux suivants:

Tableau (III.1) : Type de mortier selon le temps de maniabilité [19].

Classe de consistance	Durée (s)
Ferme	$t \geq 40$
Plastique	$20 < t \leq 30$
Très plastique	$10 < t \leq 20$
Fluide	$t \leq 10$

Pendant l'essai de maniabilité avec un rapport $E/(C + Ch)$ variée entre 0.8et 1,45, les résultats trouvant sont présenté dans le tableau suivant :

Tableau (III.2) : Les résultants de l'essai de maniabilité.

composition	E/C	Le temps (s)	E/C Adopter
C1	0,7	58	0,8
	0,8	21	
	0,9	9	
C2	1,15	98	1,25
	1,2	45	
	1,25	26	
C3	1,4	99	1,45
	1,45	27	

D'après l'essai de maniabilité les résultats exprimés acceptable pour un mortier normal il doit trouver une consistance plastique ayant un temps d'écoulement variant entre 20 et 30 secondes.



Photo (III.2) : L'essai de maniabilité.

III.5 Confection des éprouvettes

Les éprouvettes destinées pour notre étude sont des éprouvettes prismatiques (4x4x16 cm), qui sont adaptés pour les essais physico-mécanique à 7,14, 28 et 60 jours.



Photo (III.3) : Moules de confection (4x4x16 cm).

Les étapes de confectionner les éprouvettes sont comme suit :

a. La préparation des matériaux

On pèse les quantités nécessaires des différents matériaux : sable de dunes, filler de calcaire, ciment, chaux et l'eau par une balance avec une précision de 0.01g. (Voir les photos en ci-dessous)



Photo (III.4) : Sable de dunes.



Photo (III.5) : Filler de calcaire.



Photo (III.6) : Le ciment.

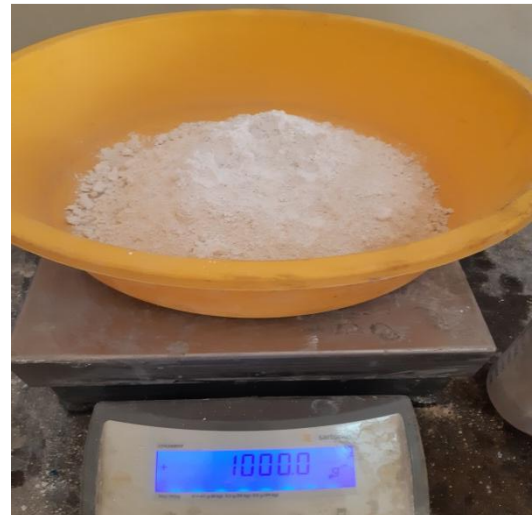


Photo (III.7) : La chaux.

b. Préparation des moules

Après le nettoyage et graissage à l'aide d'une huile les moules sont prêts pour utilisation.



Photo (III.8) : Huilage des moules.

c. Le malaxage

Le malaxage est exécuté comme suit :

Nous pesé le sable de dunes et le filler de calcaire et la quantité d'eau et on fait malaxage manuellement jusqu'à l'obtention un mélange assez homogène en suite on ajoute les liants hydrauliques ,la chaux avec le reste de l'eau et on fait le malaxage presque 120 secondes.

La quantité bien malaxée par un malaxeur électrique est prêt pour le coulage sur le moule.

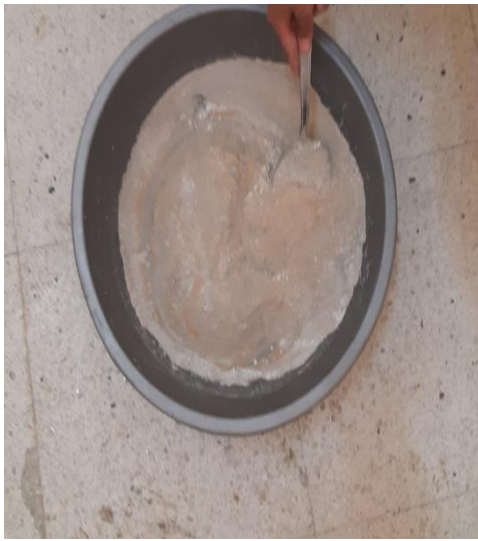


Photo (III.9) : Malaxage.

d. Coulage des éprouvettes

Cette opération est exécutée en deux couches successives compactées et vibrées à l'aide d'une table à chocs pendant (60seconde) pour chaque couche.



Photo (III.10): La table à chocs.

e. Finissions des éprouvettes

Après avoir coulé et vibrer les éprouvettes, une opération de finissions est exécutée sur le parement supérieur des éprouvettes pour obtenir des surfaces lisses.



Photo (III.11) : Finissions des éprouvettes.

f. Démoulage des éprouvettes

Après le coulage nous laissons les moules pendant 24 heure afin de rendre les éprouvettes prêtes à démouler.



Photo (III.12) : Démoulage des éprouvettes.

g. Conservation des éprouvettes

Après le démoulage les éprouvettes seront mise en conservation, pour notre étude on a Conservé les éprouvettes à libre pendant 7, 14, 28,,60 jours.

Il est noté que tous ces essais sont réalisées dans les conditionnes de laboratoire de génie civil université KASDI-MERBAH OUARGLA où la température $T = 22,5 \pm 5^\circ \text{C}$ et l'humidité était à l'intérieur égale à $32\% \pm 5$.



Photo (III.13) : Conservation des éprouvettes dans l'air libre.

III.6 Conclusion

Dans cette partie du travail expérimental a été déterminé la formulation de mortier destiner pour la confection des briques stabiliser par des lient hydraulique (ciment, chaux).

En effet nous avons proposé trois compositions différentes où à chaque fois change le pourcentage de filler de calcaire proportionnellement avec et le sable de dunes, la quantité de ciment et de la chaux sont constant, ensuit la quantité d'eau est déterminer pour chaque composition à l'aide d'un Maniabilimètre.

Enfin on a exposé les processus de la confection des éprouvettes après cela, il a été conservé dans des conditions de laboratoire à l'air libre jusqu'à ce que les essais soient menés aux jours spécifiés.

CHAPITRE IV :
RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1 Introduction

La partie expérimentale de notre travail consiste à une confection d'une brique de terre crue à base de sable de dune et filler de calcaire stabiliser par le mélange de ciment et la chaux après avoir conservé les éprouvettes à l'air libre, les essais physico-mécaniques suivantes sont effectuées.

- Résistance à la traction par flexion.
- Résistance à la compression.
- Masse volumique.
- L'Absorption d'eau.
- Ultrason.

Par la suite, les résultats obtenus sont présentés sous forme de tableaux et de graphiques, analysés et interprétés raisonnablement.

Il est à noter que tous ces essais sont effectués dans les conditions ambiantes de laboratoires suivant :

- ✓ Laboratoire de génie civil de l'université de Ouargla KASDI-MERBAH OUARGLA.
- ✓ Laboratoire LNHC ouargla.
- ✓ Etude laboratoire société des contrôles analyses des béton et sols.

IV.2. Résistance à la traction par flexion

C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à rompre en flexion une éprouvette prismatique de côté (b) et de longueur (4b). Avec une charge totale P. (NF P 15-471).

L'essai est exécuté sur des éprouvettes (4x4x16).La machine d'essai CONTROLS a une capacité de 5000KN et une vitesse de chargement de 0.1MPa par seconde [18] voir photos (IV.1) et figure (IV.1).



Photos (IV.1) : Essai de la traction par flexion.

Le moment de flexion constant entre les deux points d'application de la charge est égal :

$$M = (L \cdot F_f) / 4 \dots\dots\dots(IV.1)$$

L : Longueur de l'éprouvette entre les deux points d'appuis.

F_f : La charge appliquée.

La contrainte de flexion correspondante sur la fibre inférieure est :

$$R_f = (M \cdot V) / I \dots\dots\dots(IV.2)$$

Avec: $V = b/2$, $I = b^4/12$.

Donc : La résistance à la flexion est calculé selon l'équation.

$$R_f = \frac{1,5 \cdot F_f \cdot l}{b^3} \dots\dots\dots(IV.3)$$

R_f : Résistance à la flexion en (MPa).

F_f : Charge de rupture de l'éprouvette en flexion (N).

l : Longueur qui sépare les deux appuis en (mm).

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

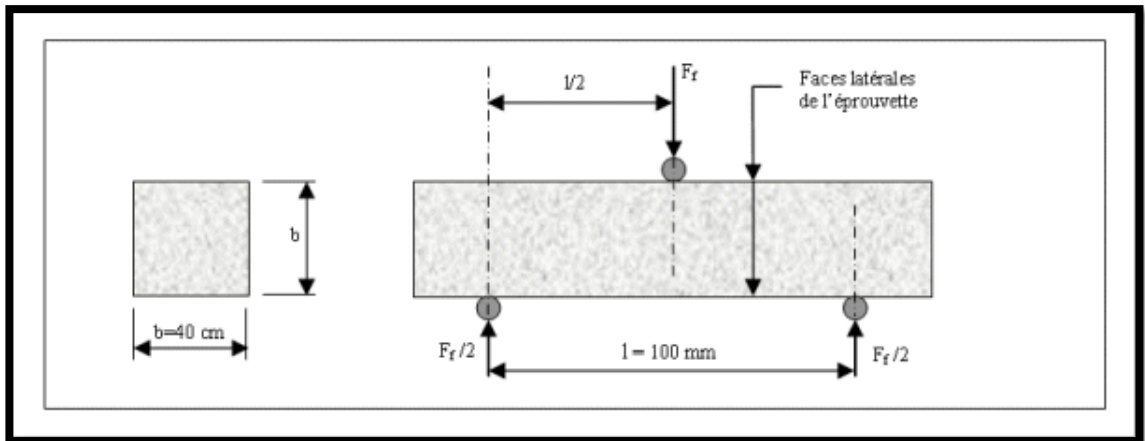


Fig. (IV.1) : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 points).

Les résultats obtenus de l'essai de résistance à la flexion sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau (IV.1) : Résultats de résistance à la flexion (MPa).

L'âge (jours)	Compositions	Résultats (MPa)
7j	C1	0,47
	C2	0,86
	C3	0,39
14j	C1	2,34
	C2	3,36
	C3	1,48
28j	C1	2,36
	C2	3,46
	C3	1,49
60j	C1	2,36
	C2	2,42
	C3	1,52

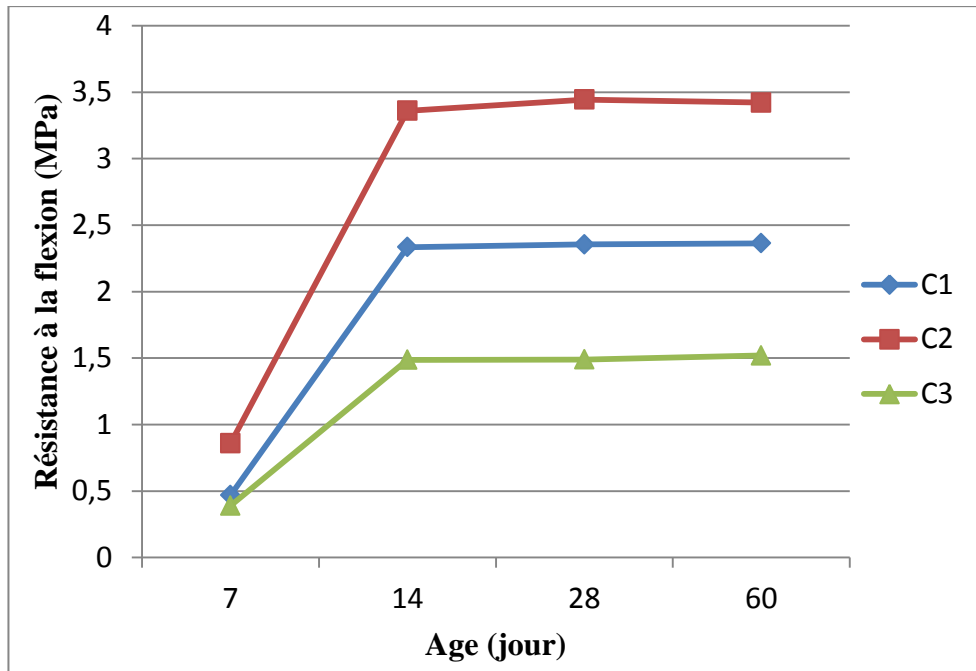


Fig. (IV.2) : La Résistance à la flexion en fonction de temps.

D'après les courbes d'évolution de la résistance à la flexion en fonction du temps nous remarquons qu'il y a une augmentation de la résistance à la flexion pour les trois compositions avec une tendance vers l'augmentation de la durée de 7 à 14 où il y a un taux d'augmentation élevé par rapport à celui de durée 14 à 60 jours.

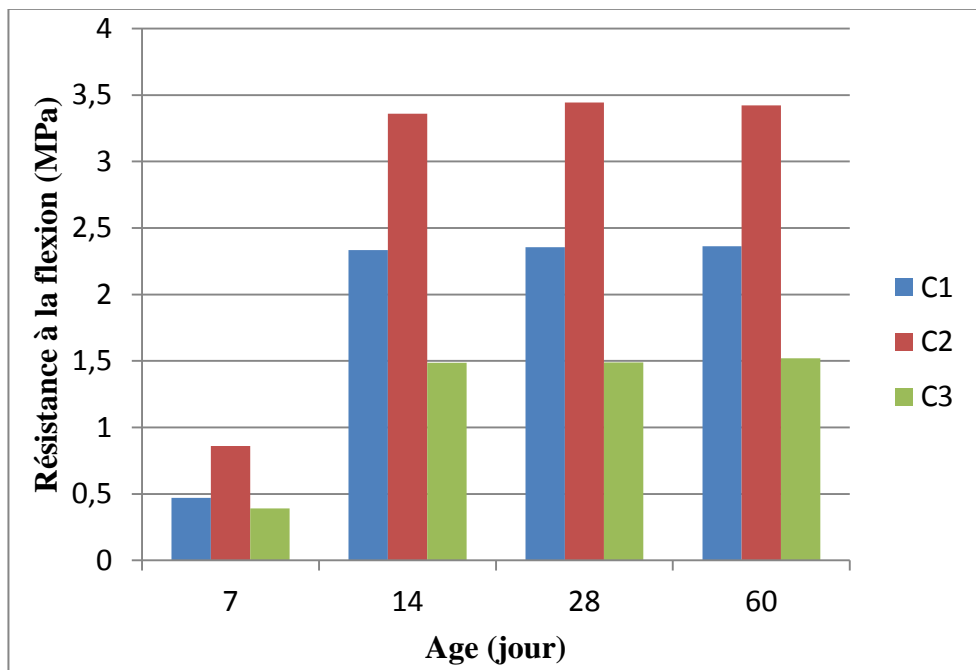


Fig. (IV.3) : Evaluation de résistance à la traction par flexion.

Selon l'histogramme présenter au figure (IV.3), de la résistance à la flexion qui permette de voir clairement la déférence notée entres les trois compositions où on a bien remarqué que la valeur de la résistance à la traction dans la composition C2 est le plus supérieur que les autres compositions C1etC3 à 7et14, 28 ,60 jours avec une valeur de la résistance égale à 2,42 MPa à 60 jours.

IV.3 Résistance à la compression

L'essai de la compression s'effectuée après avoir l'essai de traction par flexion, cette dernière rende l'éprouvette en deux parties égaux .Cette essai est réalisé sur un appareil de compression universel selon la norme NF P 18-406, fonctionnant avec un système de pression hydraulique.

L'unité de mise en charge est composée d'un bâti rigide supportant deux plateaux. La mise en charge est réalisée par pression hydraulique qui fait déplacer la partie supérieur vers le bas jusqu'à la rupture.

Les éprouvettes de compression sont des cubes de dimensions ($4*4*16\text{ cm}^3$), qui sont préparées à partir éprouvettes de flexion. L'éprouvette est centré entre des plateaux métalliques de façon que l'axe vertical du l'éprouvette coïncide avec l'axe des blocs de chargement. La charge est appliquée au éprouvette de manière continue jusqu'à le rupteur et l'écrasement total voir photos (IV.2) et figure (IV.4).



Photos (IV.2) : Essai de compression.

$$\sigma_c = P_c / S \dots\dots\dots(IV.4)$$

σ_c : Contrainte de compression.

p_c : La charge de rupture à la compression.

S : Section transversale de l'éprouvette (S = a x a).

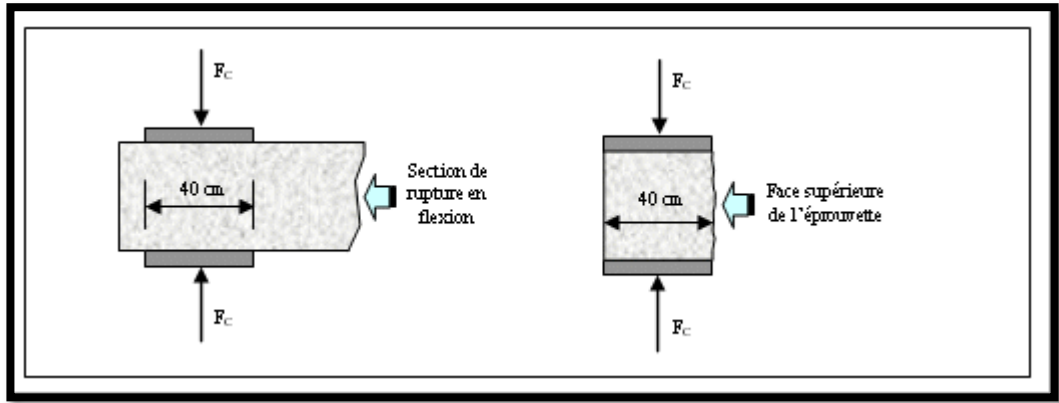


Fig. (IV.4) : Dispositif pour l'essai de compression.

Les résultats de l'essai de résistance à la compression sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau (IV.2) : Résultats de résistance à la compression (MPa).

L'âge (jours)	Compositions	Résultats (MPa)
7j	C1	4,83
	C2	5,89
	C3	2,83
14j	C1	5,39
	C2	7,04
	C3	3,47
28j	C1	5,41
	C2	7,06
	C3	3,94
60j	C1	5,42
	C2	7,1
	C3	3,96

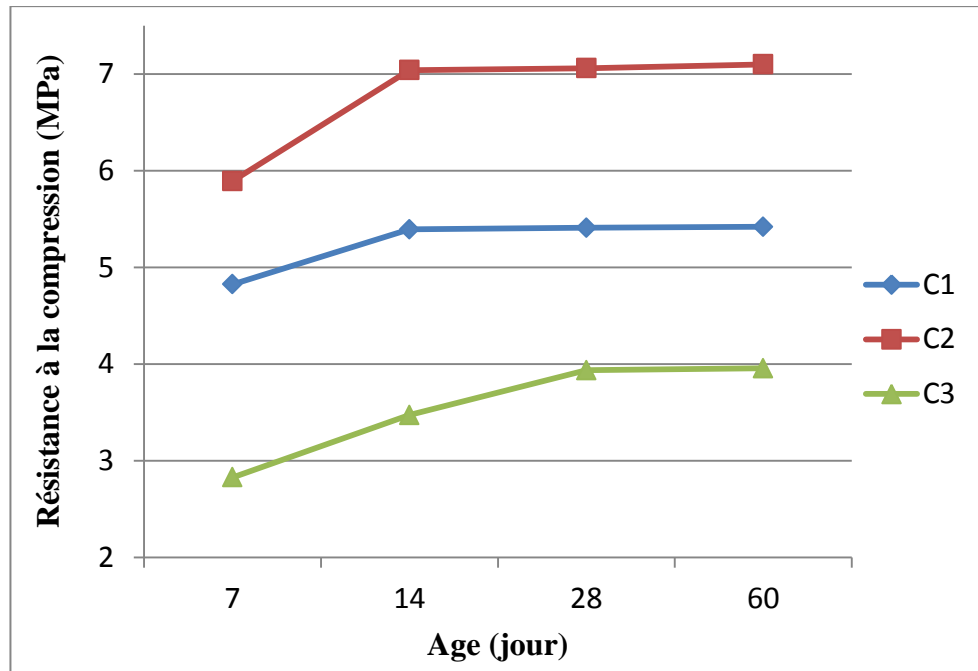


Fig. (IV.5) : La résistance de compression en fonction de temps.

Le Figure (IV.5) représenter l'évolution de la résistance à la compression en fonction du temps pour les trois compositions, nous remarquons qu'il y a une augmentation proportionnelle entre la résistance à la compression avec le temps pour C2 et C1. En revanche, la valeur de la résistance à la composition de C3 chute est inférieure à la composition C1 et C2.

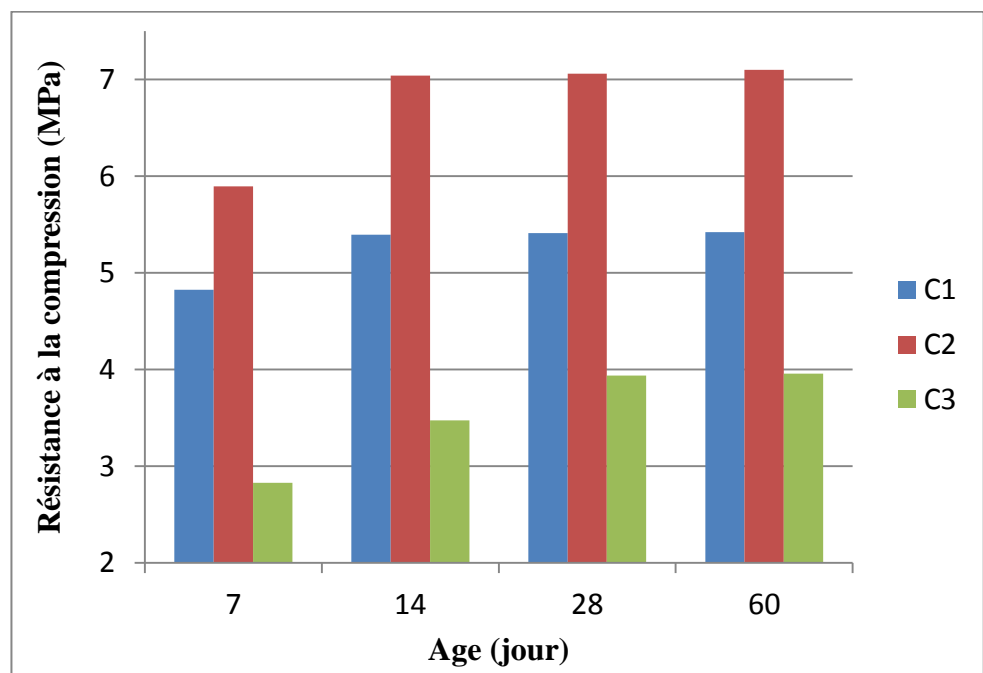


Fig. (IV.6) : Evaluation de résistance à la compression.

Selon l'histogramme (IV.6) de la résistance à la compression nous permettrons de voir clairement la différence enregistrée entre les trois compositions où on a bien remarqué que la valeur de la résistance à la compression dans la composition C2 est la plus supérieure que les autres compositions C1 et C3 à 7 et 14, 28, 60 jours avec 7,1 MPa à 60 jours.

IV.4 La masse volumique

La détermination de la masse volumique d'une brique se conduit comme suit :

- On pèse la masse d'une éprouvette M.
- Les dimensions de l'éprouvette pour notre cas c'est : $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$.
- La masse volumique est obtenue en (Kg/m^3) par la formule suivante :

$$\delta = M/V \dots\dots\dots(\text{IV.5})$$

Avec :

δ : La masse volumique en kg/m^3 .

M : La masse de l'éprouvette en kg.

V : Le volume total de l'éprouvette en m.



Photo (IV.3) : Essai de la masse volumique.

Les résultats de l'essai de la masse volumique sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau (IV.3) : La masse volumique (Kg/m³).

L'âge (jours)	Compositions	Résultats (Kg/m ³)
7	C1	1895,17
	C2	1958,85
	C3	1657,42
14	C1	1883,32
	C2	1924,21
	C3	1638,15
28	C1	1882,16
	C2	1920,58
	C3	1637,45
60	C1	1881,25
	C2	1920,55
	C3	1633,13

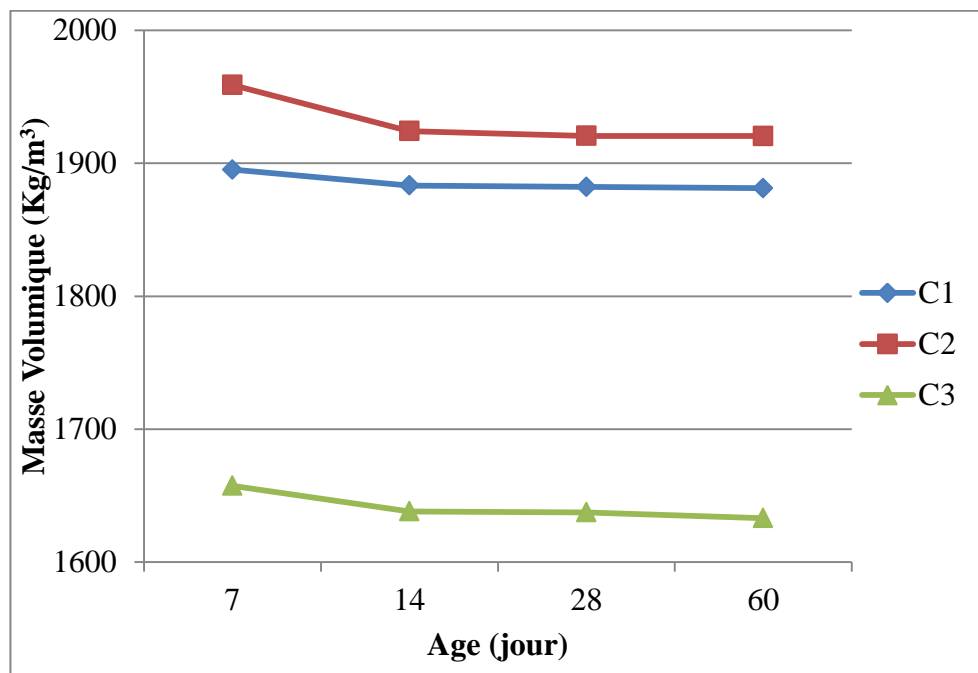


Fig. (IV.7) : La masse volumique en fonction de temps.

La Figure (IV.7) représente l'évolution de la masse volumique en fonction du temps, nous remarquons qu'il y a une diminution légère de la masse volumique avec le temps pour toutes les compositions C1, C2 et C3 due à l'évaporation des eaux avec le temps.

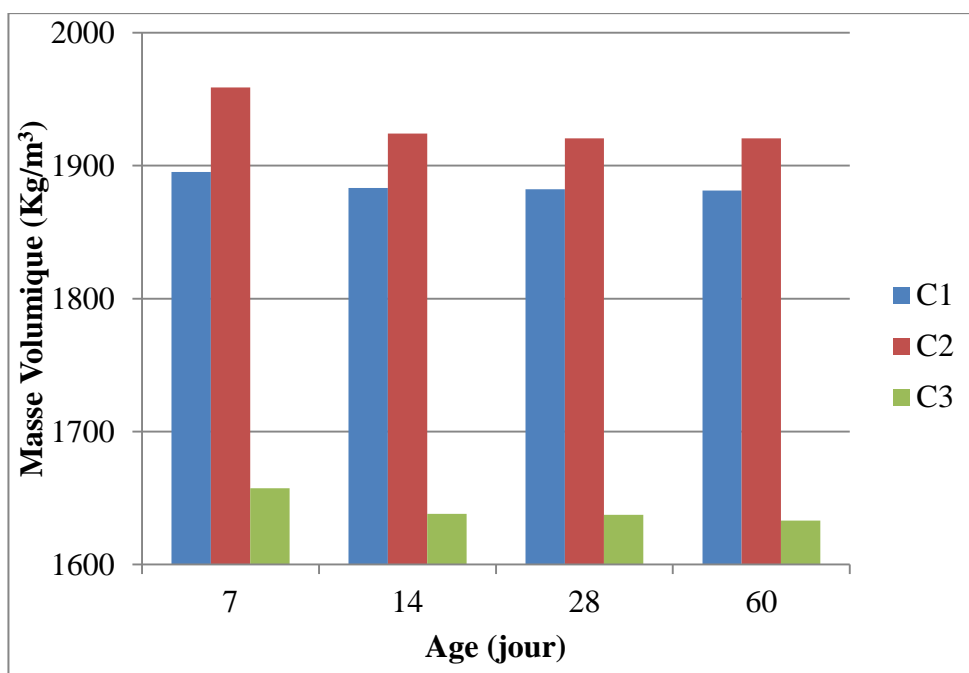


Fig. (IV.8) : Evaluation de la masse volumique.

Sous la comparaison des différentes compositions aperçu sur l’histogramme d’évaluation de la masse volumique entre les trois compositions C1, C2 et C3, on a constaté que la décroissance légère de la masse en fonction de l’augmentation du pourcentage de filler de calcaire.

IV.5 L'absorption d'eau par capillarité

Cet essai réalisé selon les prescriptions de la norme NF P18-555. Les éprouvettes seront prés conditionnés dans l’étuve la température de 105°C L’essai détermine le taux d’absorption par remontée capillaire d’un demi prisme d’éprouvette cubique 4×4×16 cm³ pendant 24 heures et pesés pour déterminer leur poids sec M1.

Ensuite immergée dans l’eau de sorte que l’eau ne touche l’éprouvette que d’une hauteur presque de 1 à 2 cm de la profondeur du bac. L’absorption est déterminée par pesées M2 pendant 24 heures, La quantité d’eau totale adsorbée par l’éprouvette M2-M1 [6].

L’absorption d’eau par capillarité W est donnée par la formule suivante :

$$W\% = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \dots\dots\dots(IV.6)$$

Avec :

W : Le teneur en eau d’après l’eau absorbée 24 heures.

M2-M1 : La masse d'eau absorbée (g).

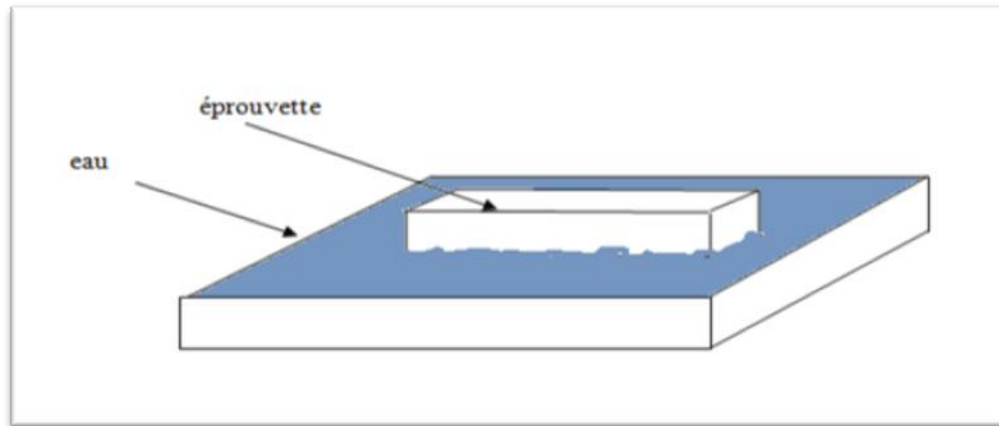


Fig. (IV.9) : Essai d'absorption d'eau par capillarité [12].

Les résultats de l'essai de l'absorption d'eau sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau (IV.4) : Résultats d'absorption d'eau par capillarité (g/cm²).

L'âge (jours)	Compositions	Résultats (g/cm ²)
7j	C1	7,88
	C2	11,32
	C3	17,35
14j	C1	8,94
	C2	11,03
	C3	17,94
28j	C1	9,03
	C2	11,96
	C3	18,05
60j	C1	10,76
	C2	13,44
	C3	19,67

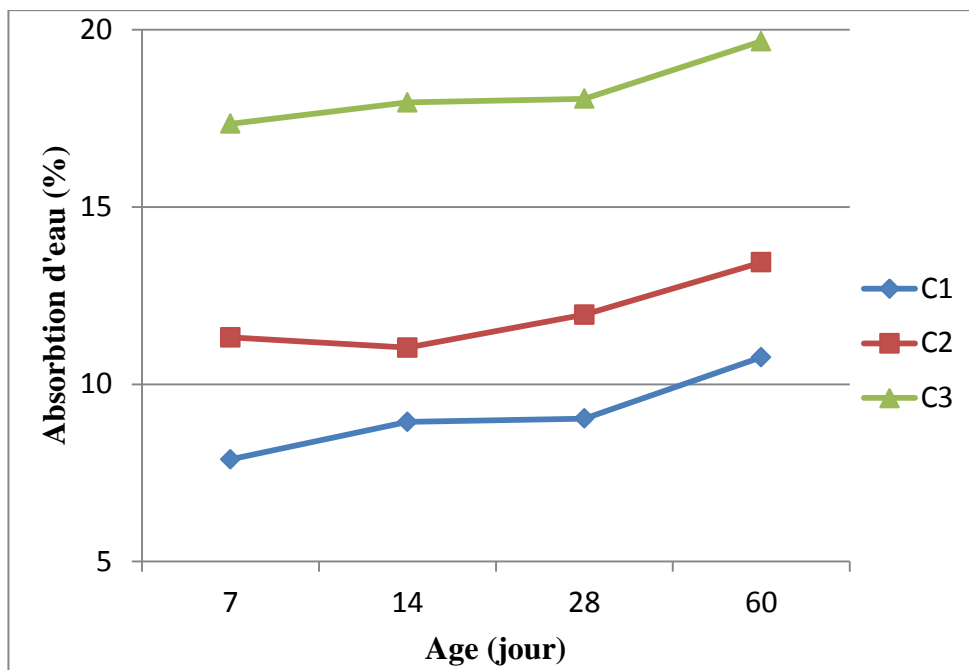


Fig. (IV.10) : L'absorption d'eau par capillarité en fonction de temps.

D'après les courbes d'évolution de l'absorption d'eau par capillarité en fonction du temps, nous remarquons qu'il y a une augmentation de l'absorption d'eau par capillarité avec le temps pour toutes les compositions C1, C2 et C3.

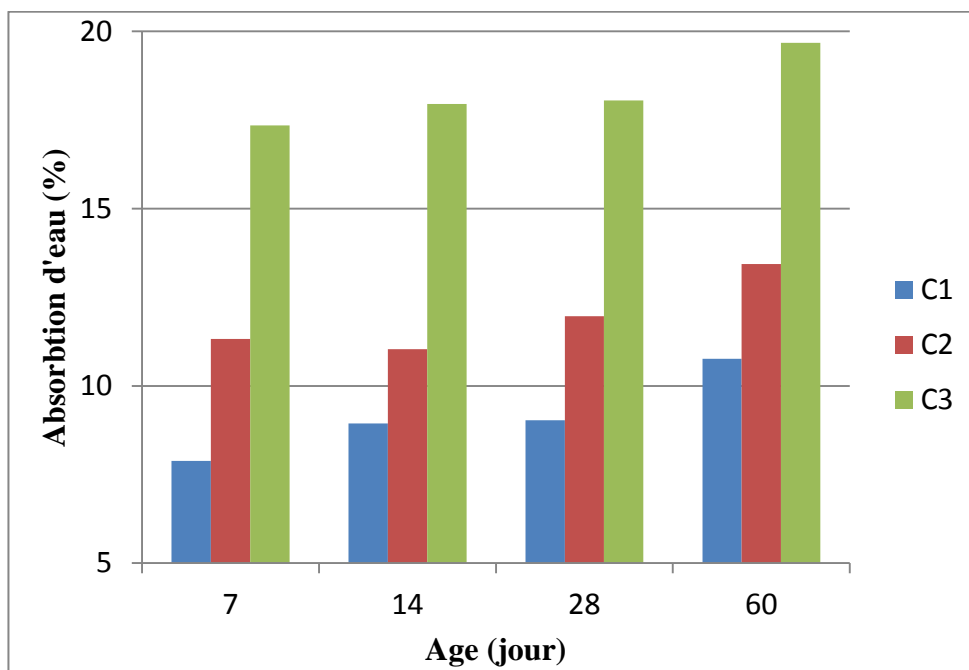


Fig. (IV.11) : Evaluation de l'absorption d'eau par capillarité.

Selon l'histogramme (IV.11), de l'absorption d'eau par capillarité nous montrons que la valeur de l'absorption d'eau par capillarité dans toutes les compositions est augmentée cause de l'absorption de filler de calcaire d'eau avec le temps.

IV.6 L'essai d'ultrasonique

Trois méthodes peuvent être utilisées pour mesurer la vitesse de son :

- Mesure par la transmission indirecte ou de surface.
- Mesure par la transmission semi direct.
- Mesure par la transmission directe.

Cette dernière présente la meilleure méthode. Elle consiste à Mesure du temps de propagation de la première impulsion des ondes appelées ondes longitudinales généré par un transducteur entre deux points bien déterminés de l'éprouvette voir Photos (IV.4).

Pour notre cas on a utilisant des éprouvettes de dimensionnement (4x4x16cm), et Pour facilite la transmission de la propagation des ondes sonique en utilisant une pâte de contact, une fois l'appareil est en mis en marche la vitesse conventionnelle de propagation est calculée par la formule suivante :

$$V_p = \frac{L}{T} \dots\dots\dots (IV.7)$$

V_p : Vitesse des ondes ultrasonores longitudinales en (m/s).

L_p : Longueur de parcours en (m).

T : Temps de propagation des ondes de l'émetteur au récepteur en seconde.

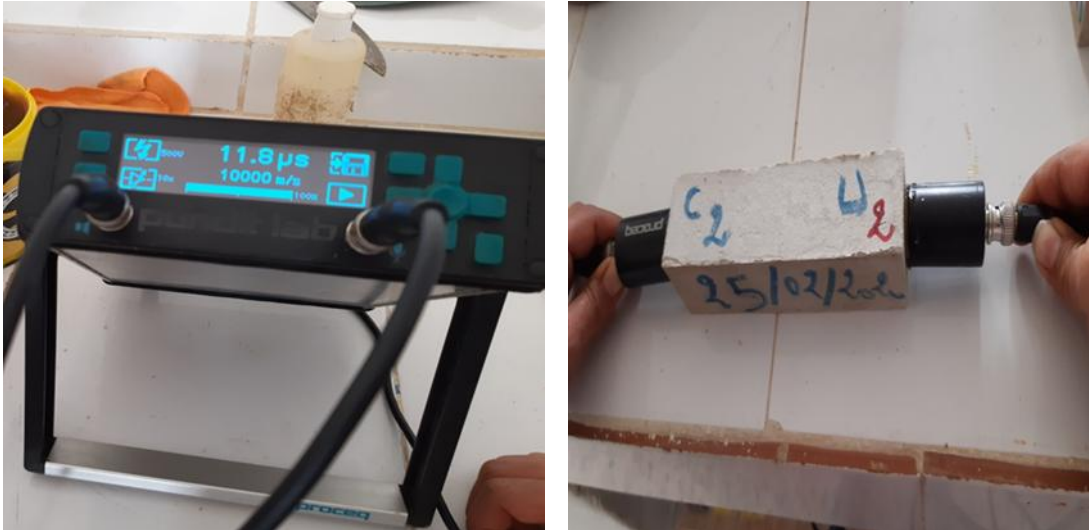


Photo (IV.4) : Essai ultrasonique.

Les résultats de l'essai de la vitesse de son sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau (IV.5) : La vitesse de son pour les trois compositions (m/s).

L'âge (jours)	Compositions	Résultats (m/s)
7j	C1	3239
	C2	2576,33
	C3	1878
14j	C1	2775,67
	C2	2404,33
	C3	1868
28j	C1	2426,74
	C2	2136,7
	C3	1699,22
60j	C1	2388,34
	C2	2133,9
	C3	1698,01

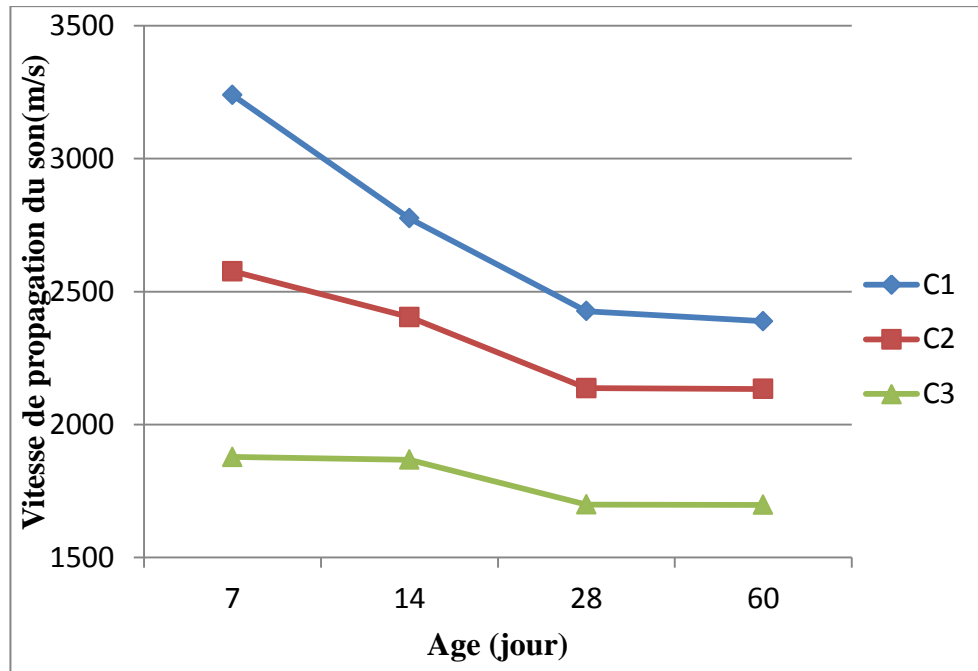


Fig. (IV.12) : La vitesse des ondes ultrasonores en fonction de temps.

La Figure (IV.12) représente l'évolution de la vitesse des ondes sonique en fonction de temps pour les trois compositions étudiées, on a remarqué qu'il y a une diminution de la vitesse du son pour les trois compositions tel que le taux de diminution est peu élevé à 7 jours jusqu'à 28 jours après une diminution assez légère dans la durée de 28 à 60 jours.

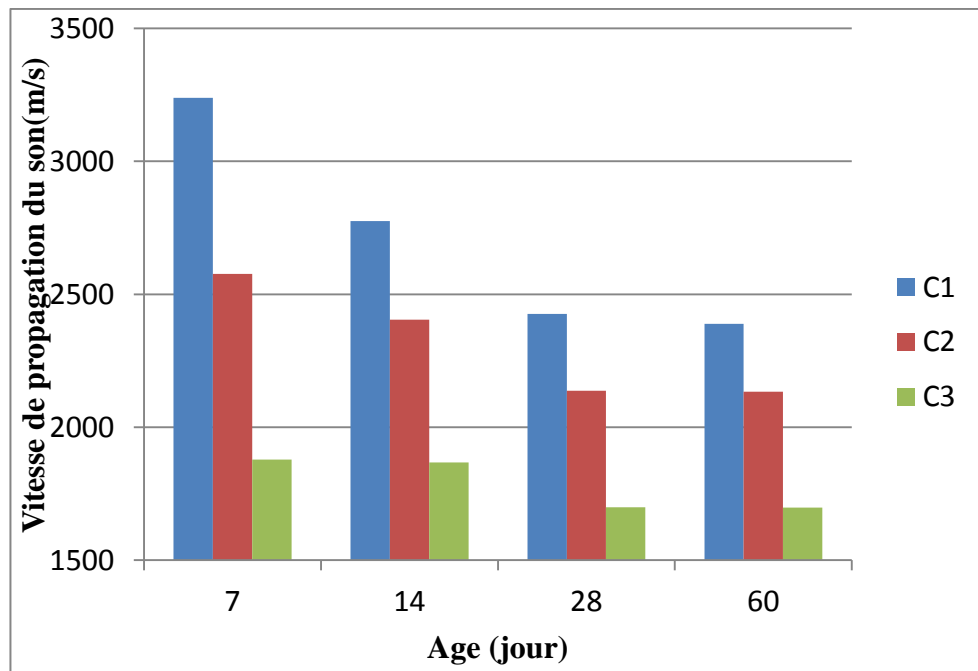


Fig. (IV.13) : Evaluation de la vitesse des ondes ultrasonique.

Sous la comparaison des différentes compositions aperçu sur l'histogramme, on peut dire que la composition C1 a une vitesse de propagation du son élevé par rapport aux autres compositions ensuite respectivement par les compositions C2 et C3.

A cet effet on peut dire aussi que l'augmentation de vitesse du son dépend du pourcentage de filler de calcaire à chaque composition, tel que la composition la plus riche en filler (C3) a une vitesse de propagation assez basse et en revanche la composition la plus pauvre en filler de calcaire (C1) a une vitesse de propagation assez élevé ,donc l'effet de filler de calcaire sur l'isolant acoustique est l'inverse de la vitesse de son.

IV.7 Conclusion

D'apes ce qu'on a vu dans ce chapitre tel que les essais leur résultats ainsi que l'interprétation de chacune on peut arriver à déterminer une composition qui satisfait les caractéristiques physico-mécanique convenable à une brique qui valorise les matériaux locaux disponible pour notre cas (sable de dune et filler de calcaire).

- Donc la composition convenable :C2 (ciment15%,la chaux 5%,filler de calcaire 20 %,sable de dune 60 %), dont les caractéristiques physico-mécaniques à 60 jours sont les suivant:
 - résistance à la traction par flexion : 2,42 (MPa).
 - résistance à la compression : 7,1 (MPa).
 - la masse volumique : 1920,55 (Kg/m³).
 - Le coefficient de capillarité : 13,44 (g/cm²).
 - La vitesse de propagation du son : 2133,9(m/s).

Conclusion générale

Cette étude vise à utiliser des matériaux disponibles localement pour confection des briques à base de sable de dunes, et le filler de calcaire (déchet de gravie), où ces briques stabilisant par des liens hydrauliques (le ciment et la chaux éteinte) pour obtenir des caractéristiques physico-mécaniques acceptable, notre travail s'est scindé en deux parties :

- La partie bibliographique présentant un aperçu détaillé des technologies de brique utilisées et des différents types qui existent, aussi sur les différents matériaux utilisés pour ce travail à savoir : Le sable de dunes, filler de calcaire, ciment et la chaux.
- Partie expérimentale, celle-ci comporte deux volets à savoir :
 - Le premier volet est consacré à donner les caractéristiques générales des matériaux utilisés qui sont :

Le sable utilisé est un sable de dunes de SIDI KHOULED Ouargla qui se caractérise par:

- Module de finesse d'ordre $M_f = 0.84$.
- granulométrie très serrée.

Le filler de calcaire résultant de tamisage du sable concassée inférieur à $80(\mu\text{m})$.

Le ciment utilisé est un ciment MATINE NA 442 CPJ -CEMII/B- 42.5 disponible sur le marché local.

La chaux éteinte fabriqué par l'unité de SAIIDA.

L'eau de gâchage est une eau de robinet de laboratoire de génie civil de l'université de Ouargla.

- Le deuxième volet est consacré à l'étude expérimentale des séries d'essais sont effectués sur des brique en terre crue des différents types de compositions (C1, C2 et C3) avec une variation des pourcentages en sable et le filler de calcaire et un pourcentage constant pour les deux compositions le ciment, la chaux.

Après les essais nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

L'augmentation en pourcentage de filler de calcaire provoque :

- Une augmentation de la résistance à la traction par flexion et résistance à la compression.
- Une diminution de la masse volumique.
- Une augmentation de l'absorption d'eau par capillarité.
- Une diminution de vitesse de propagation d'ondes soniques à travers les éprouvettes.

Nous avons opté pour une brique de composition C2 (ciment 15%, la chaux 5%, sable de dune 60 %, filler de calcaire 20 %) car il nous a donné les meilleures les caractéristiques physiques et mécaniques.

RECOMMANDATIONS

D'après les résultats obtenus par cette recherche, et en vue d'une future utilisation rationnelle de ces matériaux, nous recommandons de compléter cette recherche par les axes suivant :

- Augmenter le nombre des compositions.
- Etudier l'influence de la température de cuisson sur les propriétés thermo -mécaniques des briques.
- Etudier l'effet de l'ajout d'autres matériaux locaux ou bien le changement de processus de fabrication pour augmenter la résistance à la compression et à la traction.
- Pour mieux caractériser de ce brique ; nous conseillons de réaliser d'autres essais tel que : l'isolation acoustique, l'isolation acoustique la résistance au choc, le retrait.
- Une étude de la durabilité de la brique contre les attaques chimiques (sulfates & chlorures).
- Une étude de l'évolution de la résistance mécanique avec le temps (résistance à long terme 1 à 5 ans).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] MEKHERMECHE A.; Thèse de doctorat «Étude thermique Des briques en terre destinées aux constructions en zones sahariennes» université de Ouargla 2017;
- [2] CHAIB H. ; Thèse de doctorat «Contribution à l'Etude des Propriétés Thermo-Mécaniques des Briques en Terre Confectionnée par des Fibres Végétale Locale Cas de la ville de Ouargla » université de Ouargla 2017;
- [3] MEKHERMECHE. A, mémoire de magister « Contribution à l'étude des propriétés mécaniques et thermiques des briques en terre en vue de leur utilisation dans la restauration des Ksours sahariennes » , université kasdi merbah Ouargla 2012.
- [4] BELKHIRI .H, DERRAGUI .A ,Mémoire de master Génie Civil «contribution à l'étude des comportement mécanique de mortier à bases de sable de dune et fines siliceuses » ,Université Djelfa 2016.
- [5] AZZOUZ.H, Mémoire de magister Génie Civil «Etude des bétons à base des sables de dune » ,Université Mohamed kheider Biskra 2009.
- [6] OUARGLIM et YAZIA, Mémoire de master Génie Civil «L'influence de déchet de gravier sur les caractéristiques physico-mécaniques d'une brique a base du sable de dunes et copeaux de bois», Université Kasdi Merbah Ouargla 2019.
- [7] Dreux .G ,J. Festa, «Nouveau guide du béton et de ses constituants». 8ème Edition Eyrolles 1998.
- [8] MALDJIS, Mémoire de master Génie Civil «Effet du mode d'incorporation des fillers calcaires sur les propriétés des bétons » ,Université M'hamed Bougara –Boumedes 2017.
- [9] BENYAHIA N, BENKHENNOUCHE N, Etude de l'influence des fillers calcaires, rapport (Eau/Ciment) et taux d'adjuvant sur la résistance mécanique d'un mortier à base d'un sable de concassage, 2016, Master en Génie Civil, Université Abderrahmane Mira-Bejaia.
- [10] E. Oliver, Les Maçonneries, Edition ISBN 1974.
- [11] R. DUPAIN, R. LANCHON, J. C. SAINT-ARROMMAN, Granulats, Sols, Ciments et Bétons, Edition Casteilla 1995.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [12] DJOUHRI.M , Mémoire de magister Génie Civil « confection d'une brique à base de sable de dunes», Université Kasdi Merbah Ouargla 2007.
- [13] AFNOR, 1992. Sols : reconnaissance et essais Analyse granulométrique des sols- Méthode par sédimentation .NF P 94-057.
- [14] Ciment MATINE, Fiche Technique, Lafarge Algérie.
- [15] Oudni .S , Mémoire de master Génie Civil «Effet de traitement des sols limoneux par la chaux sur les caractéristiques de compactage »,Université Oum El Bouaghi 2018.
- [16] BENTATA.I, Mémoire de Magister, " Etude Expérimentale d'un Béton avec Le Sable de Dune", Université d'Ouargla 2003.
- [17] ABANIS, Mémoire de Magister, caractérisation et durabilité du béton renforcé de fibres végétales de palmier dattier Béton de Fibre de palmier datte. Université de Ouargla 2003.
- [18] BAIKER MOHAMED CHERIF, Mémoire de master Génie Civil «Contribution à l'étude des Caractéristiques physico-mécaniques d'une brique a base du sable de dunes et les copeaux de bois», Université Kasdi Merbah Ouargla 2016.
- [19] DUPAIN. R, LANCHON. R, J. C. SAINT ARROMAN « granulats, sols, ciments et bétons–caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire », Edition CASTEILLA–25, ruerouge-75005 Paris 1995.