



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 : Structures**

**Thème**

**L'influence de sable concassé sur les Caractéristiques physico-mécaniques d'un brique à base de sable de dunes**

**Présenté par :**

- ❖ **CHERADID ANFALE**
- ❖ **HADEF CHAIMA**

**Soumis au jury composé de :**

<b>MENNAAI .Omar</b>	<b>M.A.A</b>	<b>U .Ouargla</b>	<b>Président</b>
<b>MOKHTARI Abdessamed</b>	<b>M.C.B</b>	<b>U .Ouargla</b>	<b>Examineur</b>
<b>DJOUHRI Mohamed</b>	<b>M.C.B</b>	<b>U .Ouargla</b>	<b>Encadreur</b>

***Année Universitaire: 2019 / 2020***

# dédicace

*Je dédicace ce travail à:*

*Mes très chers parents pour leurs sacrifices, leur  
Patience, leurs encouragements et leurs soutiens  
Morale tout le long de ma formation*

*Mon frère, ma sœur chacun par son nom,  
Mes amis et mes camarades,*

*Mes enseignants et mes collègues d'étude.*

*Merci du fond du mon cœur.*

Hadef Chaima



# dédicace

*Je dédicace ce travail à:*

*Le plus pur des deux cœurs de ma vie ... mes chers parents.*

*À mes frères.*

*À tous les amis de la famille.*

**Cheradid Anfal**

## Remerciements

A l'occasion de la présentation de ce modeste travail qui a été réalisé au sein de l'université de Ouargla, nous tenons à adresser nos vives reconnaissances et nos sincères remerciements à :

Mr : DJOUHRI M, d'avoir bien accepté de on 'encadrer et de nous guider durant le déroulement de ce travail, pour sa contribution et ses aides permanents durant le déroulement de ce travail.

Mes vifs remerciements à MENAI .O, pour l'honneur qu'il nous' a fait en acceptant de juger ce travail et de présider le jury d'examen.

J'exprime également ma grande gratitude au Dr MOKHTARI A, pour l'honneur qu'il nous a fait de nous avoir acceptés de faire partie du Jury de soutenance en qualité d'examineur.

J'adresse également mes remerciements à tous les membres des laboratoires LTPS, LNHC, Etude Laboratoire Société Des Contrôles Analyses Des Béton Et Sols de Ouargla, qui nous ont aidés et avec tout le respect et l'appréciation.

Nous ne puis mentionner tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de ce travail que ceux qui nous 'ont aidé d'un simple encouragement à un appui continu trouvent ici l'expression de nous reconnaissance très sincère.

## Table des Matières

Résumé .....	I
الملخص.....	I
Abstract .....	I
Liste des tableaux .....	II
Liste des figures .....	IV
Liste des photos .....	VI
Introduction Générale .....	1

### Chapitre I : Recherche Bibliographie

I.1.Introduction .....	2
I.2. Définition des briques .....	2
I.3. Brique de terre cuite.....	2
I.3.1. Composition de la brique terre cuite .....	2
I.3.2. Fabrication de la brique terre cuite .....	3
I.3.3. Caractéristique de brique terre cuite .....	4
I.4.Les produits .....	5
I.5.Brique de terre crue .....	7
I.5.1.Définition de brique de terre crue .....	7
I.5.2. La dobe .....	7
I.5.3. Les pisés.....	8
I.5.4. Les blocs de terre comprimée.....	9
I.5.5. Les caractéristiques des briques crue (adobe, pisé, brique de terre comprime).....	9
I.6. Brique silico-calcaire.....	10
I.6.1 .Silico- calcaires denses.....	10
I.6.2. Silico- calcaires légers .....	10

I.6.3. La Fabrication .....	10
I.6.4. Propriétés de brique silico-calcaire .....	10
I.7. Les granulats.....	11
I.7.1. Définition.....	11
I.7.2. Différents types de granulats.....	11
I.7.3. Classification des granulats.....	12
I.8. Le ciment .....	13
I.8.1. Définition.....	13
I.8.2. Principe de fabrication des ciments.....	13
I.8.3. Les principales catégories de ciment.....	14
I.8.3.1. Classification des ciments en fonction de leur composition.....	14
I.8.3.2. Classification des ciments en fonction de leur résistance normale.....	15
I.9. La chaux .....	16
I.9.1. Définition.....	16
I.9.2. Type de chaux .....	16
I.10. Stabilisation .....	17
I.10.1. Définition.....	17
I.10.2. Les procédés de stabilisation .....	17
I.10.2.1. La stabilisation mécanique .....	17
I.10.2.2. La stabilisation physique.....	17
I.10.2.3. La stabilisation chimique.....	18
I.10.3. Moyens de stabilisation.....	18
I.10.4. Les modes de stabilisation .....	18
I.11. Conclusions.....	19

## **Chapitre II : Les Caractéristiques Des Matériaux**

II .1 Introduction.....	20
II.2 Le sable des dunes.....	20
II .2.1 Les caractéristiques de sable des dunes .....	20
II .2.1.1 Analyse granulométrique par tamisage.....	20
II .2.1.2 La masse volumique.....	22
II .2.1.3 Equivalent de sable.....	24
II .2.1.4 Analyse chimique de sable .....	25
II.3 Sable Concassée.....	26
II .3.1 Les caractéristiques de sable concassée.....	27
II.3.1.1 Analyse granulométrique par tamisage.....	27
II.3.1.2 La masse volumique.....	28
II.3.1.3 Equivalent de sable.....	29
II.3.1.4 Analyse chimique de sable .....	29
II .4 Le Ciment Utilise .....	30
II.4.1 : Les caractéristiques de ciment .....	30
II.4.1 .1 Caractéristiques chimiques .....	30
II.4.1 .2 Composition minéralogique du clinker .....	30
II.4.1 .3 Les Caractéristiques physiques et mécanique .....	31
II. 5 La chaux utilise .....	31
II .5.1. Caractéristiques physiques de la chaux .....	32
II.6 Eau de gâchage.....	32
II.7 Conclusion .....	33
 <b>Chapitre III : Formulation Et Confection De Brique</b>	
III.1 Introduction.....	34

III.2 Choix des différents pourcentages des composants.....	34
III.3 Mesure de la consistance des mortiers.....	34
III .3.1.Essai de maniabilite.....	34
III .4. Confection des éprouvettes.....	39
III.5 Conclusion.....	42

## **Chapitre IV : Les essais sur les briques à base de sable des dunes : résultats et leur interprétation**

IV.1Introduction.....	43
IV.2. Essai de traction par flexion .....	43
IV .2.1 Les résultats et discussions .....	45
IV.3. Essai de compression.....	46
IV. 3.1 Les résultats et discussions.....	47
IV.4. L'essai de la masse volumique.....	49
IV. 4.1 Les résultats et discussions .....	50
IV.5.L'essai d'absorption d'eau .....	51
IV. 5.1 Les résultats et discussions .....	52
IV. 6. La vitesse de propagation d'ondes ultrasoniques.....	54
IV. 6.1 Les résultats et discussions.....	55
IV.7.Conclusion .....	57

## Liste de tableau

### CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIE

Tableau (I.1) : les propriétés des briques creuses.....	4
Tableau (I.2) : la résistance thermique des briques creuses.....	5
Tableau (I.3) : les propriétés des briques pleines et des briques perforées.....	5
Tableau(I.4) : La résistance thermique des briques pleines et des briques perforés.....	5
Tableau (I.5) : les Caractéristiques des briques de terre (adobe, pisé, Brique de terre comprimée) ..... ;;;;.....	9
Tableau (I.6) : Propriétés de brique silico-calcaire.....	11
Tableau (I .7) : Classification des granulats en fonction de leurs dimensions.....	13
Tableau(I.8) : Désignation des différents types de ciment en fonction de leur composition.....	15
Tableau (I.9) : Spécification et valeurs garanties en fonction de la classe.....	16

### CHAPITRE II : CARACTERISTIQUE DES MATERIAUX

Tableau (II.1): Résultats d'analyse granulométrie de sable des dunes.....	21
Tableau(II.2): Résultats d'essai de l'équivalent de sable de dune.....	25
Tableau(II.3): Résultats d'Analyse chimique de sable dunes.....	25
Tableau (II.4) : Résultats d'analyse granulométrie de sable concassée.....	27
Tableau (II.5): Résultats d'essai de l'équivalent de sable concassée.....	29
Tableau (II.6) : Résultats d'Analyse chimique de sable concassée. ....	29
Tableau(II.7): L'analyse chimique du ciment.....	30
Tableau(II.8): analyse minéralogique du clinker.....	31
Tableau (II.9): caractéristique physico-mécanique du ciment.....	31
Tableau(III.8):caractéristiques physiques de la chaux.....	32
Tableau (II.10): Composition chimique de l'eau.....	32

### CHAPITRE III : FORMULATION ET CONFECTION DE BRIQUE

Tableau (III .1): Type de mortier selon le temps de maniabilité.....	36
Tableau (III .2): Résultats d'essai de maniabilité pour C1.....	36
Tableau (III .3): Résultats d'essai de maniabilité pour C2.....	37

Tableau (III .4): Résultats d'essai de maniabilité pour C3. ....	37
Tableau (III .5): Résultats d'essai de maniabilité pour C4. ....	38
Tableau (III .6): Résultats d'essai de maniabilité pour C5. ....	38
Tableau (III.7) : Résultats final et acceptable d'essai de maniabilité. ....	39
Tableaux (III .8): Poids des matériaux de différentes compositions. ....	39

#### **CHAPITRE IV : RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

Tableau (IV.1) : Le taux d'évaluation de la résistance (%). ....	46
Tableau (IV.2): Le taux d'évaluation de la résistance (%). ....	49
Tableau (IV.3): Le taux d'évaluation de la masse volumique (%). ....	51
Tableau (IV.4) : Le taux d'évaluation d'absorption d'eau (%). ....	54
Tableau (IV.5) : Le taux d'évaluation d'absorption de la vitesse de son (%). ....	56

## Liste de figure

### CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIE

Figure I.1 Fabrication des produits de terre cuite.....	3
Figure(I.2): Construction un mur en pisé.....	8
Figure(I.3) : Fabrication du ciment.....	14

### CHAPITRE II : CARACTERISTIQUE DES MATERIAUX

Figure (II.1): Courbe granulométrique du sable de dune.....	22
Figure( II .2) : Essais équivalent de sable .....	25
. Figure (II.3): Courbe granulométrique de sable concassé.....	27
Figure (II.4): Essais équivalent de sable.....	29

### CHAPITRE III : FORMULATION ET CONFECTION DE BRIQUE

Figure(III.1): principe de fonctionnement du maniabilimètre.....	35
Figure (III.2) : Essai de maniabilimètre pour C1.....	36
Figure (III.3) : Essai de maniabilimètre pour C2. ....	37
Figure (III.4) : Essai de maniabilimètre pour C3.....	37
Figure (III.5) : Essai de maniabilimètre pour C4.....	38
Figure (III.6) : Essai de maniabilimètre pour C5.....	38

### CHAPITRE IV : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Figure (IV.1) : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 points).....	44
Figure (IV.2) : Evolution de Résistance à la traction par flexion en fonction de temps.....	45
Figure (IV.3): Comparaison d'évaluation de résistance à la traction par flexion.....	46
Figure(IV.4):Dispositif pour l'essai de résistance à la compression.....	48
Figure (IV.5) : L'évolution de Résistance de compression en fonction de temps.....	48
Figure (IV.6) : Comparaison d'évaluation de résistance à la compression.....	48
Figure (IV.7) : L'évolution de la masse volumique en fonction de temps.....	50

Figure (IV.8): Comparaison d'évaluation de la masse volumique.....	51
Figure (IV.9) : Evolution de d'absorption d'eau en fonction de temps.....	52
Figure (IV.10): Comparaison d'évaluation d'absorption d'eau.....	53
Figure (IV.11) : variation de vitesse de propagation du son en fonction de temps.....	55
Figure (IV.12) : Comparaison d'évaluation de vitesse de propagation du son.....	56

## Liste de photo

### CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIE

Photo (I .1) : gisement d'argile de B .Amer Ouargla.....	3
Photo (I .2) : Façonnage de brique.....	4
Photo (I .3) : séchage des produits façonnés.....	4
Photo(I.3): brique pleine.....	5
Photo (1.4): brique perforée .....	6
Photo(I.5): bloc perforé.....	6
Photo(I.6) : Brique creuse de terre cuite Type C.....	6
Photo(I.7) : Brique creuse de terre cuite Type RJ.....	7
Phot(I.8): les produits en adobe.....	8
Photos (I.9) : Brique de terre crue compressée réalisée à l'aide d'une Presse Manuelle.....	9
Photos (I.10) : Différents types de granulats selon leur naturel.....	12
Photos (I.10) : Granulats concassés (de carrières).....	12

### CHAPITRE II : CARACTERISTIQUE DES MATERIAUX

Photo(II.1) : Tamiseuse électrique.....	21
Photo (II .2): La masse volumique absolue.....	23
Photo (II.3): La masse volumique apparente.....	24
Photo(II.4) : Fabrication de sable concassé (carrière Ben Brahim Hasse Massoud).....	26
Photo(II.5) : les fractions de déchets de gravier (sable concassée) inférieurs à 3 mm.....	26
Photo (II .6) : La masse volumique absolue .....	28
Photo (II.7) : Masse volumique apparente.....	28
Photo(II.8) : le ciment utilisé.....	30
Photo(II.9) : la chaux utilisée. ....	31

### CHAPITRE III : FORMULATION ET CONFECTION DE BRIQUE

Photo (III.1) : Malaxeur.....	35
Photo (III .2): Essai de maniabilité.....	35
Photo(III.3) : Moules de confection (4x4x16cm <sup>3</sup> ). ....	39
Photo (III.4): Les étapes de malaxage du Mortier. ....	40

Photo (III.5): Les étapes de collage du Mortier. ....	41
Photo (III .6) : Conservation des éprouvettes dans l'aire libre.....	41

#### **CHAPITRE IV : RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

Photo (IV.1) : Essai de résistance à la traction par flexion (3 points).....	44
Photo (IV.2) : Essai de résistance à la compression.....	47
Photo(IV.3) : Essai de la masse volumique.....	49
Photo (IV.4) : Essai d'absorption d'eau.....	52
Photo (IV.5) : Essai de Vitesse de propagation d'ondes ultrasoniques.....	54

## 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 sable concassée dans le but de fabriquer des briques crue, on a utilisant 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 C5 (ciment 15%, la chaux 5%, sable de dune 60 %, sable concassée 20 %) a des propriétés physiques et mécaniques acceptables

**Mots clés :** sable de dunes, brique, sable concassée, liant hydraulique, résistance mécaniques, ultrason, absorption d'eau.

## الملخص

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

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

من خلال هذا العمل توصلنا إلى ان الطوب C5 (الاسمنت 15 %، الجير 5 %، رمل الكثبان 60 %، الرمل المكسر 20 %) لديه خصائص فيزيائية وميكانيكية مقبولة.

**الكلمات المفتاحية:** كتبان الرمل، الطوب، الرمل المكسر، رابط هيدروليكي، المقاومة الميكانيكية، الأمواج الفوق 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 crushed sand, 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 C5 bricks (cement 15%, lime 5%, sand dune 25%, and crushed sand 75%) have acceptable physical and mechanical properties.

**Key words:** dunessand, bricks, limestone filler, hydraulic binder, mechanical resistance, ultrasound, water absorption

## INTRODUCTION GENERALE

Après les crises économiques dans le pays et l'augmentation continue des matériaux de construction avec leur coût élevé et leur coût de transport, de nombreux ingénieurs et chercheurs sont venus à la présence des solutions permettant de valoriser les matériaux locaux en abondance pour réduire les problèmes de pollution et peut contribuer à la diminution des coûts de la construction tels que (sable de dune, déchets de sable concassé, déchets végétales de palmier dattier, déchets métallique, déchets de verre, déchets de pneumatiques...).

L'Algérie est parmi les pays du tiers monde qui dispose d'énormes gisements en matériaux tel que le sable de dunes du Sahara ce qui a conduit à un nombre important d'études pour valoriser ce matériau disponible localement en abondance et d'essayer de l'utiliser dans différents domaines de construction (Bétons, mortier, routes, briques etc...). En plus, les déchets de graviers qui sont issus de carrières sont non valorisés dans le domaine de la construction.

L'objectif de ce travail consiste à apporter notre contribution à la valorisation des ressources locales en l'occurrence le sable des dunes et déterminer l'effet de sable concassé sur les caractéristiques mécaniques et physiques des briques à base de sable de dunes.

Le mémoire s'articule sur quatre chapitres :

- Après une introduction générale, nous exposons dans le premier chapitre les différents types de briques existantes, les caractéristiques mécaniques et physiques ainsi que la stabilisation des briques et les liants hydrauliques.
- Dans le deuxième chapitre on s'intéresse à l'étude des caractéristiques physico-chimiques des constituants élémentaires utilisées à savoir : le sable de dunes, le sable concassé, le ciment, la chaux, l'eau de gâchage.
- Le troisième chapitre est consacré à la formulation des différentes compositions proposées ainsi que la procédure de confection des éprouvettes destinées pour les essais.
- Dans la quatrième et la dernière partie, nous expose les procédures des essais effectués sur les briques et leurs résultats et interprétations.

## ***CHAPITRE II : RECHERCHE BEBLIOGRAPHIE***

## **I.1.Introduction :**

Les briques, depuis longtemps, sont considérées parmi les éléments les plus importants dans le domaine de la construction. La fabrication des briques est passée par plusieurs étapes de développement dont la première est la brique crue, puis la brique cuite, enfin la brique stabilisée [1].

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

Dans ce chapitre, nous allons exposer les différents types de brique, et leur technologie de fabrication ainsi que leurs caractéristiques physiques et mécaniques, et différents types de granulats et leur classification, et différents matériaux de construction (ciment, chaux).

## **I.2. Définition des briques :**

Les briques sont les produits céramiques, dont les matières premières sont des argiles, avec ou sans additifs. La forme des briques est généralement parallélépipède rectangle. Elles sont couramment utilisées dans la construction des bâtiments et des travaux publics. Par rapport aux autres matériaux c'est l'un des plus anciens matériaux de construction.

Les briques peuvent se diviser en 3 groupes principaux :

- Brique de terre cuite.
- Brique de terre crue.
- Brique de silice- calcaire.

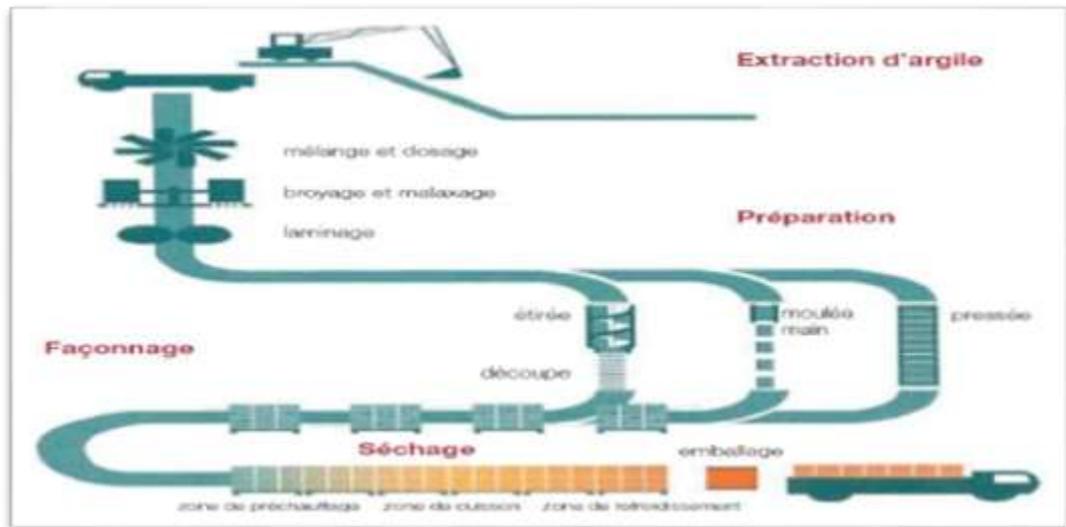
## **I.3. Brique de terre cuite :**

La brique est un matériau de construction qui est fabriqué en portant une petite quantité d'argile, préalablement mise en forme, à une température appropriée, la température de frittage. Les particules d'argile commencent alors à fondre et s'agglomèrent pour former une masse à caractère pierreux. Après la cuisson, la brique conserve une certaine porosité, qui lui confère d'ailleurs des propriétés spécifiques et la distingue des autres matériaux de construction [2].

### **I.3.1. Composition de la brique terre cuite :**

**Les argiles :** Origine : La décomposition des roches primaires (éruptives) tel que granite, causé par action chimique (oxydation, carbonations...), action physique (variation de température, l'action d'eau, de gel, érosion) [1].

### I.3.2. Fabrication de la brique terre cuite :



Figure(I.2) : Fabrication des produits de terre cuite [3].

La fabrication des briques de terre cuite passe par les grandes étapes suivantes :

**Extraction :** l'extraction peut se faire par des engins mécaniques : décapeuse, pelles chargeuses .... etc. La matière primaire extraite, acheminée à l'usine par camion, voies ferrée, bande transporteuse [4].



Photo (I.1) : gisement d'argile de B. Amer Ouargla [2]

**Façonnage** : le façonnage des produits (pleines perforés et creux) est réalisé par de procédures : étirage et pressage [4].



Photo (I .2) : Façonnage de brique.

**Séchage** : les produits sont façonnés avec une teneur en eau de 15 à 30% (les chiffres exprimé en pourcentage par rapport au poids sec) .il est nécessaire avant la cuisson d'élimine la plus grand partie de cette eau par des séchoirs bien régler [4].



Photo (I .3) : séchage des produits façonnés [2].

**Cuisson** : C'est la dernière opération que doit subir le bloc d'argile façonné et séché pour devenir ensuite une brique de terre cuite, c'est donc une phase extrêmement importante qui doit se dérouler très progressivement, c'est-à-dire que la fournée est soumise à un échauffement régulièrement jusqu'à la température de cuisson (comprise entre 850 et 1200 C°) selon la quantité d'argile utilisée), ensuite elle doit refroidir aussi graduellement [4].

### I.3.3. Caractéristique de brique terre cuite :

Les caractéristiques de brique terre cuite sont indiquées dans les tableaux suivants :

- Propriétés des briques creuses :

Tableau (I.1) : les propriétés des briques creuses [1].

Masse volumique (kg /m 3)	1750 à 2050
Absorption d'eau	< 15%
Isolation acoustique	41 à 58 dB
Résistance à la compression	4 à 8 MPa

- Résistance thermique de briques creuses :

Tableau (I.2) : la résistance thermique des briques creuses [1].

E : épaisseur en(cm)	5	10	20	25
R (m <sup>2</sup> . °C/W)	0.10	0.20	0.39	0.55

- Propriétés des briques pleines et briques perforées :

Tableau (I.3) : les propriétés des briques pleines et des briques perforées [1].

Masse volumique (kg /m <sup>3</sup> )	1650 – 2000
Absorption d'eau	30 à 80 %
Isolation acoustique	41 à 54 dB
Résistance à la compression	12,5 à 40 MPa

- Résistance thermique des briques pleines et perforées :

Tableau( I.4) : La résistance thermique des briques pleines et des briques perforés [1].

Pleines		Perforés	
Epaisseur (cm)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Epaisseur (cm)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)
5,5	0,05	20	0,52
10,5	0,09	30	1,00
22	0,20	35	1,21

#### I.4. Les produits :

Ils sont des briques pleines ou perforées en terre cuite selon la Norme (XP P 13-305). Il se composent en trois catégories de produits :

- **Brique pleine :**



Photo(I.3): brique pleine [2].

C'est une Brique qui ne comportant aucune perforation et dont le format d'appellation le plus courant est 6x11x22 cm. [2].

- **Brique perforée :**

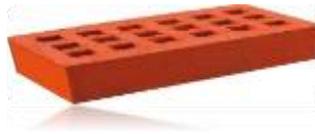


Photo (1.4): brique perforée [2].

C'est une Brique comportant des perforations perpendiculaires à la face de pose, la somme des sections des perforations étant inférieure ou égale à 50% de la section totale, et de largeur inférieure à 14 cm [2].

- **Bloc perforé :**



Photo(I.5): bloc perforé [2].

Brique de grand format, permettant de réaliser toute l'épaisseur brute du mur avec un seul élément, comportant des perforations perpendiculaires à la face de pose, dont la largeur est au moins de 14 cm, dont la hauteur est inférieure ou égale à 30 cm et dont la plus grande dimension ne dépasse pas 60 cm[2].

- **Brique creuse de terre cuite (Norme NF P 13-301):**

On distingue deux types de briques creuses :

- **Type C :**



Photo(I.6) : Brique creuse de terre cuite Type C [2].

Briques à faces de pose continues, destinées à être montées a joints de mortiers horizontaux continus [2].

**-Type R.J :**

Photo(I.7) : Brique creuse de terre cuite Type RJ [2].

Briques dites “ à Rupture de Joint ”, destinées à être montées a joints de mortiers horizontaux discontinus [2].

**I.5.Brique de terre crue :****I.5.1.Définition de 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'Egypte.... 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 œuvre, sans transport, sans cuisson, sans processus de transformation industriel lui confère une empreinte écologique et bilan CO2 exceptionnel [5].

Il existe plusieurs types de terre crue, nous citons :

**I.5.2. La dobe :****▪ Définition :**

Les premiers éléments de construction préfabriqués utilisés par l'homme étaient des briques moulées en terre crue appelées « adobes », 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 de paille hachée ou d'autre fibre. De nature assez argileuse (jusque à 30% de fraction fine), mais très sableuse, ajoutée d'eau jusqu'à obtenir un état de pâte 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 hachée, quant à lui, donne un certain grade de flexible [6] [7]. Ce mélange est par la suite déposé à la main dans un moule en bois de façon à fabriquer des petits éléments de maçonnerie, la dimension requise pour être démoulé et séché directement au sol (photo I.8).

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 [6] [7].



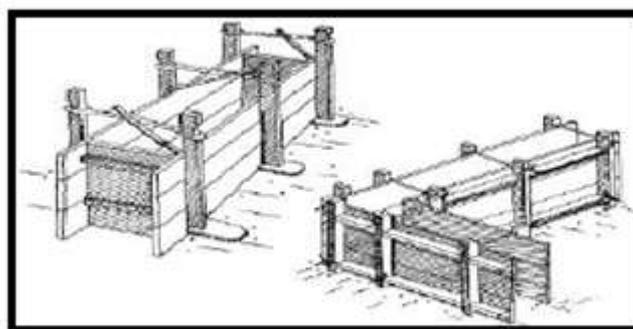
Phot(I.8): les produits en adobe [6] [7].

### I.5.3. Les pisés :

#### ▪ Définition :

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 [9].

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.2) montre un exemple de coffrage qui peut être utilisé pour la fabrication de murs en pisé [8].



Figure(I.2): Construction un mur en pisé [8].

#### I.5.4. 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.9) 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 etc...) 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, cure) [10].



Photos (I.9) : Brique de terre crue comprimée réalisée à l'aide d'une presse Manuelle [10].

#### I.5.5. Les caractéristiques des briques crue (adobe, pisé, brique de terre comprime) :

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

Tableau (I.5) : les Caractéristiques des briques de terre (adobe, pisé, Brique de terre comprimée) [11] [12].

Caractéristiques	Adobe	pisé	BTC
Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	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 $\lambda$ (W/m°C)	0.46-0.81	0.8 1 -0.91	0.81-1.04
Chaleur spécifique(J/Kg°C)	900	850	-
Capacité thermique KJ/m <sup>3</sup> °C)	1350	510	-
Absorption d'eau (%)	5	10-20	10-20
Isolation acoustique (dB)	-	50dB pour 40cm 40dB pour 20cm	50dB pour 40cm 40dB pour 20cm
Retrait au séchage (mm/m)	1	1-2	0.2-1

## **I.6. Briques silico-calcaire :**

Les briques silico-calcaires sont essentiellement formés d'un mélange des matériaux siliceux finement broyés et de chaux hydratée  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  appelée chaux grasse (ou de ciment portland) soumis généralement à un traitement à l'autoclave. Il y a deux catégories de produit ils sont fabriqués et utilisés comme matériaux de construction [12].

### **I.6.1 .Silico- calcaires denses :**

Le mélange de silice et de chaux ne constitue généralement pas un liant hydraulique à la température ambiante (la combinaison n'a lieu que si la silice est vitreuse et pouzzolanique), mais il n'en est pas de même en présence de vapeur d'eau sous pression [12].

### **I.6.2. Silico- calcaires légers :**

Les briques silico-calcaires légers sont fabriquées à partir des mêmes matériaux que les silico-calcaires denses, mais avec ajout d'un constituant produisant des vides artificiels fermés, sous forme de bulles gazeuses obtenues par réaction chimique [12].

### **I.6.3. La Fabrication :**

#### **a. Silico-calcaire denses :**

Le mélange (5-12%) chaux vive ( $\text{CaO}$ ) et sable propre de 0/5 mm et l'eau de l'ordre de (4 à 8 %) de la masse des matières sèches. Généralement des mélangeurs continus alimentent d'une façon régulière la matière comprimée ou comprimée – vibrée suivant les modèles de presses, sous des pressions variant de 15 à 45 MPa, exceptionnellement 60 MPa, après démoulage les produit sont traités dans des autoclaves durant de 6 à 14 h et la pression varie de 0,8 à 1,2 MPa (à 170 - 190°C environ) [11].

#### **b. Silico-calcaire léger :**

Ces matériaux sont obtenus par traitement à l'autoclave d'un mélange de sable siliceux (60 à 65%), de chaux et de ciment (35 à 40% pour l'ensemble), une multitude de petites cellules étant créés dans une mélange par dégagement gazeux résultant de l'addition, au moment du gâchage, de poudre d'aluminium [11].

### **I.6.4. Propriétés de brique silico-calcaire :**

Les propriétés de brique silico-calcaire sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau (I.6) : Propriétés de brique silico-calcaire [11][12].

Type de brique SC	Brique silico-calcaire dense	Brique silico-calcaire léger
Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	600 – 2200	300-800
Résistance à la compression (Mpa)	6-60	1,5-7
Conductibilité thermique $\lambda$ (w/m .°c)	1.16 -1.63	0.08
Absorption d'eau	4 à 8 %	-
Isolation acoustique	48 dB	-

## I.7. Les granulats :

### I.7.1. Définition :

On appelle granulats des matériaux pierreux de petites dimensions, produits par l'érosion ou le broyage mécanique (concassage) des roches. Ce sont des matériaux inertes entrant dans la composition des bétons et mortiers. Ils constituent le squelette du béton et ils représentent, environ 80 % du poids total du béton. Ils sont constitués de sables (Gros et Fin) et de gravier. [13]. Cependant, les granulats doivent satisfaire à certaines exigences de qualité pour qu'ils soient utilisés dans le béton. Il y a deux Intérêts d'utiliser des granulats dans le béton :

Le 1<sup>er</sup> économique : Diminution de la quantité de liant (ciment et addition) ;

Le 2<sup>ème</sup> technique : Limitent les variations dimensionnelles dans le béton (les granulats sont plus rigides que la pâte de ciment). [14]

### I.7.2. Différents types de granulats :

#### A) Granulats naturels :

**a) Granulats roulés :** ils sont les résultats de la désagrégation des roches par l'eau, le vent ou le gel. Ainsi ils se sont formés des dépôts sédimentaires de grains de grosseur allant du sable fin aux gros blocs, de natures minéralogiques différentes. [14]

Trois catégories de granulats roulés existent dans la nature :

- Les granulats de rivière (d'oued).
- Les granulats de mer.
- Les granulats de dunes.



Photos (I.10) : Différents types de granulats selon leur naturel. [14]

**b) Granulats concassés (de carrières) :** ils proviennent du concassage de roches dures (granits, porphyres, basaltes, calcaires durs...etc.). Ils sont caractérisés par un aspect anguleux à arêtes vives [14]



Photos (I.10) : Granulats concassés (de carrières). [14]

### **B) Granulats artificiels :**

Ils proviennent de la transformation thermique des roches (exemple : laitier du haut fourneau) ou de démolition d'ouvrages. [14]

### **I.7.3. Classification des granulats :**

Les granulats sont classés en catégories en fonction de leurs dimensions. Les règles AFNOR recommandent la classification et les appellations suivantes en fonction des diamètres des trous de passoire pour tamisage. [15]

Tableau (I .7) : Classification des granulats en fonction de leurs dimensions.

Classe des granulats		Dimensions
Farine, fines ou filler		0 - 0,1mm
Sable	Sable fin	0,1- 0,4mm
	Sable moyen	0,4 -1,6mm
	Sable gros	1,6 - 6,3mm
gros mm ; Gravillons	Gravillons (graviers) petit	6.3 -10mm
	Gravillons moyens	10 - 16mm
	Gravillons gros	16 - 25 mm
Pierres Cassées et cailloux	Pierre concassée (matériaux de concassage) et cailloux (matériaux roulés) petits	25 - 40mm
	Pierre concassée (matériaux de concassage) et cailloux (matériaux roulés) moyens	40 - 63mm
	Pierre concassée (matériaux de concassage) et cailloux (matériaux roulés) gros	63 - 100mm

## I.8.Le ciment :

### I.8.1. Définition :

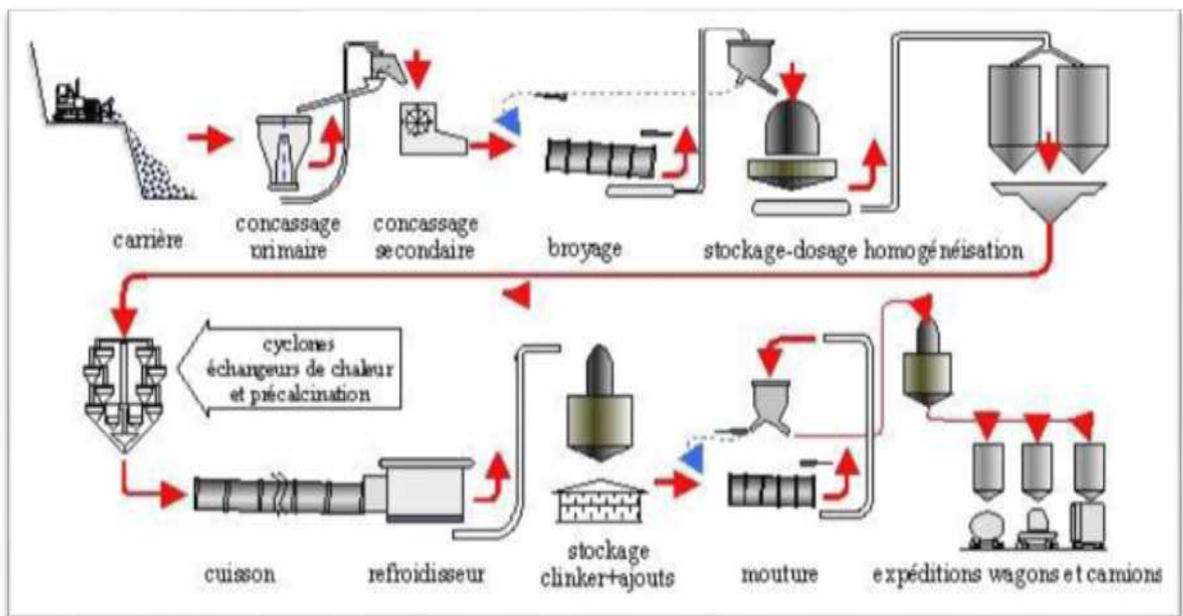
Le ciment est un liant hydraulique, c'est à dire capable de faire prise dans l'eau. Il se présente sous l'aspect d'une poudre très fines qui, mélangée avec de l'eau, forme une pâte faisant prise et durcissant progressivement dans le temps. Ce durcissement est dû à l'hydratation de certains composés minéraux, notamment des silicates et des aluminates de calcium. Le ciment est l'élément actif du mortier et du béton. Mélangé à l'eau, il constitue une pâte qui enrobe les granulats et joue le rôle de lubrifiant et de colle [13].

### I.8.2. Principe de fabrication des ciments :

Les matières premières entrant dans la fabrication du clinker sont le calcaire et l'argile dans des proportions respectivement proches de 80 et 20%. [13]

La fabrication du ciment comporte les étapes suivantes :

- Extraction
- Concassage
- Préparation du cru
- Cuisson
- Refroidissement
- Broyage du ciment
- Stockage, ensachage et expédition.



Figure(I.3) : Fabrication du ciment.[16]

### I.8.3. Les principales catégories de ciment.

Les ciments peuvent être classés en fonction de leur composition et leur résistance.

#### I.8.3.1. Classification des ciments en fonction de leur composition :

Les ciments constitués de clinker et des constituants secondaires sont classés en de leur composition, en cinq types principaux par les normes NF P15-301 et ENV 197-1. Ils sont notés CEM et numérotés de 1 à 5 en chiffres romains dans leur notation européenne (la notation française est indiquée entre parenthèse). [17]

Tableau(I.8) : Désignation des différents types de ciment en fonction de leur composition.

[17]

	CPA - CE MI	Ciment Portland composé		Ciment de haut fourneau			Ciment pozzolanique		Ciment au laitier et aux cendres	
		CPJ- CEM II/A	CPJ- CEM II/B	CHF - CEM III/A	CHF - CEM III/B	CHF - CEM III/C	CPZ- CEM IV/A	CPZ- CEM IV/B	CLC - CEM V/A	CLC - CEM V/B
Clinker (K)	95%	90% ≤94%	65% ≤79%	65% ≤79 %	35% ≤64 %	20% ≤34 %	6% ≤19%	65% ≤90%	45% ≤64 %	≤20 % ≤39 %
Laitier (S)	*	6%≤	6%≤	36% ≤65 %	66% ≤80 %	81% ≤95 %	*	*	18% ≤30 %	31% ≤50 %
Pouzzolane s (Z)	*	total	total	*	*	*	10%≤ total	36%≤ Total	18% ≤	18% ≤
Cendres siliceuses (V)	*	≤20%	≤20%	*	*	*	≤35% (fumé e	≤55% (fumé e	total	total
Fumée de silice (D)	*	(fumé e	(fumé e	*	*	*	≤10% )	≤10% )	≤30 %	≤30 %
Cendres calciques (W)	*	de silice	de silice	*	*	*	*	*	*	*
Schistes(T)	*			*	*	*	*	*	*	*
Calcaires(L )	*	≤10% )	≤10% )	*	*	*	*	*	*	*
Fillers(F)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

### I.8.3.2. Classification des ciments en fonction de leur résistance normale :

Trois classes sont définies en fonction de la résistance normale à 28 jours ; des sous-classes « R » sont associées à ces 3 classes principales pour désignent des ciments dont les résistances au jeune âge sont élevées. Ces classes sont notées ; Classe 32.5, Classe 42 .5, Classe 52 .5. Elles doivent respecter les spécifications et valeurs garanties du tableau I.3. Les valeurs entre parenthèses sont les valeurs garanties lorsqu'elles peuvent être inférieures aux valeurs spécifiées. [17]

Tableau (I.9) : Spécification et valeurs garanties en fonction de la classe. [17]

	Résistance à la compression (MPa) En 196-1				Retrait à 28 jours	Début de prise	Stabilité
	Au jeune âge		A 28 jours				
	2 jours	7 jours	Mini.	Maxi.	P 15-433	EN 196-3	EN 196-3
32.5		17.5)	/32,5 (30)	≤52,5	≤800	/90	≤10
32.5 R	13.5 (12)	/ ≤	/32,5 (30)	≤52,5	≤1000	/90	≤10
42.5	/12.5 (10)		/42,5 (40)	≤62,5	≤1000	/60	≤10
42.5 R	/20 (18)		/42,5 (40)	≤62,5	≤1000	/60	≤10
52.5	/20 (18)		/52,5 (50)			/60	≤10
52.5 R	/30 (28)		/52,5 (50)			/60	≤10

## I.9. La chaux :

### I.9.1. Définition :

La chaux est une matière généralement poudreuse et de couleur blanche, obtenue par décomposition thermique du calcaire. 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. On les distingue notamment dans le langage courant par rapport à leurs utilisations dans la construction [18].

### I.9.2. Type de chaux :

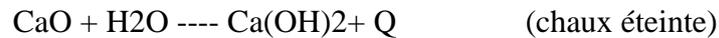
Les trois grandes familles de chaux (chaux aérienne, chaux naturelles et chaux hydrauliques) se différencient par la composition de leur matière première, le calcaire, et leur manière de faire prise.

**\*Les chaux aériennes :** fabriquées à base de calcaire pur, ces chaux font prise et durcissent au contact du gaz carbonique contenu dans l'air. Cette prise très longue limite le retrait et développe une faible résistance à long terme [19].

- **La chaux vive (CaO) :** C'est le premier produit de la cuisson de la pierre à chaux (calcaire). C'est un matériau très avides d'eau. La chaux vive en contact de l'eau produit des explosions et sa température peut dépasser 150° (réaction très exothermique) [20].



- **La chaux éteinte(CaOH<sub>2</sub>):** Elle est obtenue par hydratation de la chaux vive. Cette opération qui permet le passage de la chaux vive à la chaux éteinte s'appelle Extinction. Elle s'accompagne d'une augmentation de volume du produit (foisonnement) [19].



\* **Les chaux hydrauliques :** Sont des chaux recomposées avec différents liants. Elles suivent le même processus de prise, dans des proportions différentes liées au pourcentage des matériaux qui les composent [20].

## **I.10. Stabilisation :**

### **I.10.1.Définition :**

C'est un ensemble de procédés permettant une amélioration des caractéristiques mécaniques et de la durabilité de la terre. Elle doit permettre :

- la réduction de la porosité ;
- la diminution du retrait et gonflement ;
- l'obtention d'une meilleure cohésion ;
- l'amélioration de la résistance à l'érosion et l'imperméabilisation de surface ;
- l'obtention de meilleures résistances à la compression sèche et humide, à la traction et au cisaillement [21].

### **I.10.2. Les procédés de stabilisation :**

On dénombre trois principaux procédés de stabilisation.

#### **I.10.2.1. La stabilisation mécanique :**

La stabilisation mécanique est le terme général utilisé pour la stabilisation du sol par compactage. Ce procédé modifie les propriétés de la terre (la densité, la compressibilité, perméabilité et la porosité), en intervenant sur la structure. [18]

#### **I.10.2.2. La stabilisation physique :**

Les propriétés d'une terre peuvent être modifiées en intervenant sur la texture : mélange contrôlé de fractions de grains différentes (argile et sable). [18]

**I.10.2.3. La stabilisation chimique :**

La stabilisation de la terre est assurée par l'ajout d'autres matériaux ou de produits chimiques qui modifient ses propriétés, soit du fait d'une réaction physicochimique entre les particules de la terre et le produit ajouté soit en créant une matrice qui lie ou enrobe les particules. On peut citer, en particulier du ciment, de la chaux, du bitume, et de sous-produits industriels. Le choix et la quantité de matériau ou de produit chimique à ajouter dépendent de la nature du sol et du degré d'amélioration de la qualité du sol souhaité [18]

**I.10.3. Moyens de stabilisation :**

Les Principaux moyens de stabilisation [18] :

- Densifier.
- Armer.
- Enchaîner.
- Liaisonner.
- Imperméabiliser.
- Hydrofuger.

**I.10.4. Les modes de stabilisation :**

Les principaux modes de stabilisation qui correspondent aux principaux moyens de stabilisation précédemment évoqués [18] :

- Compression.
- Correction de texture.
- Ajout de fibres.
- Ajout de ciment.
- Ajout de chaux.

**I.11. Conclusions :**

Le but de cette étude bibliographique, est de connaître les différents types de briques de terre crue et cuite existants dans le domaine de construction et les différentes méthodes de fabrication ; Ainsi que leurs développements dans l'histoire de la construction. Et les caractéristiques physiques et mécaniques de chaque type de ces briques.

Dans notre travail on a choisit l'ajout de ciment et/ou la chaux éteinte comme une mode de stabilisation pour confectionner une brique à base de sable des dunes .En ce qui suit, on va essayer de présenter l'influence de ces ajouts sur les caractéristiques mécaniques et physiques de brique.

***CHAPITRE II :***

***CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX***

## Caractéristiques des Matériaux Utilisés

### II .1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons étudier les caractéristiques des différents matériaux utilisés dans la fabrication des briques à base de sable de dunes et le sable concassé. On opère des essais d'identifications suivant les normes utilisant dans le domaine de construction les normes AFNOR

Les matériaux utilisés, sont ceux disponibles au niveau local à savoir : sable de dunes De Sidi-Khouiled (OUARGLA), sable concassé de concassage de ben Brahim et la chaux d'usine de Saida et le ciment D'Ain Touta (Batna).

Les essais que nous avons fait est :

- Analyse granulométrique.
- La masse volumique absolue.
- La masse volumique apparente.
- Equivalent de sable.
- Analyse chimique.

Cette analyse a été réalisée au laboratoire de génie civil de l'université d'Ouargla et laboratoire LTP Sud de Ouargla.

.

### II.2 Le sable de dunes :

Le sable de dunes est le résultat d'une érosion et d'une sédimentation des différentes roches suivi d'un transport fluvial et parfois éolien. La plus grande partie des formations sableuses est constitué de quartz. Il est caractérisé par une granulométrie fin et très serrée. Pour notre étude nous avons utilisé le sable des dunes de Sidi-Khouiled (OUARGLA). [1] [2]

#### II .2.1 Les caractéristiques de sable des dunes :

##### II .2.1.1 Analyse granulométrique par tamisage (NFP 18-560) :

L'analyse granulométrique sert à déterminer la distribution en poids des particules D'un matériau suivant leur dimension. [13][22]

**Principe de l'essai :**

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis à mailles carrées un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. L'échantillon représentatif doit avoir une masse comprise entre  $200D < P < 600 D$ , avec  $D$  : diamètre moyen estimé du plus gros Grain.

Les masses des différents refus et tamisats sont rapportées à la masse initiale du matériau. Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.  
[13][22]



Photo(II.1) : Tamiseuse électrique.

- ✓ dans notre étude nous avons pris 300 g. Les résultats obtenus sont présentés sur le tableau suivant :

Tableau (II.1): Résultats d'analyse granulométrie de sable des dunes.

Poids de l'échantillon (g)	Ouvertures des Tamis (mm)	Poids refus partiels (g)	Poids refus cumulés (g)	Poids refus cumulés (%)	Tamisât (%)
300(g)	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

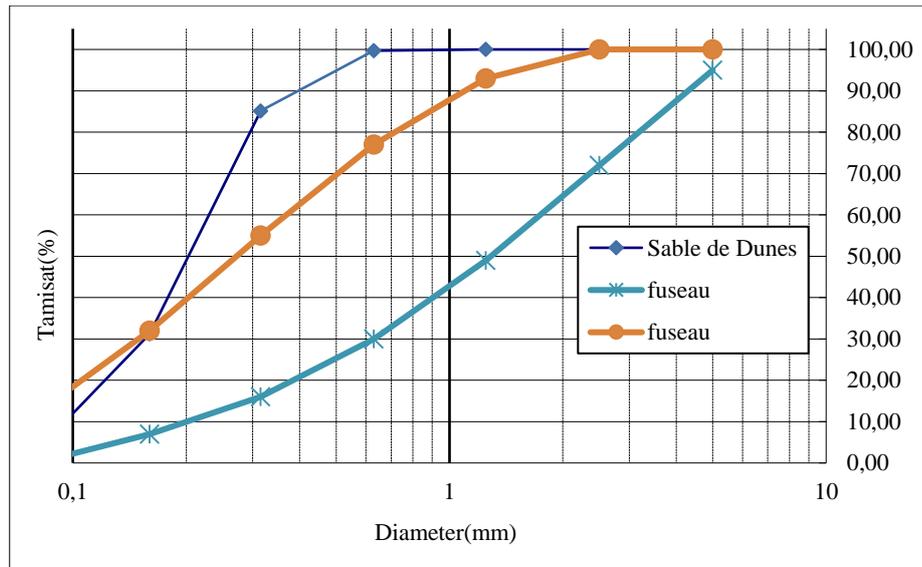


Figure (II.1): Courbe granulométrique du sable de dune.

### Modules de finesse (norme NF P18 -304) :

Le module de finesse d'un sable est un coefficient permettant de caractériser l'importance des éléments fins dans un granulat. Le module de finesse est égal au 1/100 de la somme des refus cumules exprimés en pourcentages sur les tamis de la série suivante : 0.16 - 0.315 - 0.63 - 1.25 - 2.5 - 5.

$$M_f = \sum RC / 100$$

RC : refus cumulé en (%) sous les tamis de module 0,16 à 5.

Pour les sables utilisés dans notre étude on a trouvé la valeur suivante :  $M_F = 0.838$

Suivant la norme la valeur de module de finesse de sable utilisé dans la confection du béton doit être comprise entre l'intervalle : (1,7 et 2,8) ; dans notre cas nous remarquons que MF du sable utilisé est inférieure à celui recommandé par la norme.

### II .2.1.2 La masse volumique (NF P18-301) :

- **La masse volumique absolue :**

La masse volumique absolue définie comme étant la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre les grains.

- **Mode opératoire :**

Cette méthode consiste à remplir une éprouvette graduée avec un volume  $V_1$  d'eau, ensuite peser un échantillon sec  $M_s$  de granulats (environ 300g) et l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air, le liquide monte dans l'éprouvette. Lire nouveau volume  $V_2$ , la masse volumique absolue est alors donnée par la formule suivante :

[22]

$$\rho_s = (M_s / V_2 - V_1)$$

$\rho_s$  : Masse volumique absolue ;

$M_s$  : Masse des grains solides ;

$V_1$  : Volume de l'eau ;

$V_2$  : Volume total (grains + solide) ;

Dans notre étude le volume d'eau égale  $V_1 = 200$  ml et le poids d'échantillon égale à  $M_s = 100$ g.



Photo (II .2): La masse volumique absolue.

La masse volumique absolue du sable utilisé est égale :

$$\rho_s = 2501.04 \text{ Kg/m}^3.$$

- **Masse volumique apparente :**

La masse volumique apparente défini comme étant la masse à l'état naturel du matériau rapportée à l'unité de volume, Celui ci intégrant à la fois les grains et les vides.

- **Mode opératoire :**

Cette méthode consiste à remplir un récipient dont le volume  $V$  est bien connu, par un échantillon sec de granulats, en prenant soin de bien raser le bord du récipient, peser l'échantillon sec  $M$  de granulats, on détermine la masse volumique apparente par la formule suivante : [13]

$$\rho_a = (M / V)$$

$\rho_a$  : Masse volumique apparente ;

M : Masse totale de l'échantillon ;

V : Volume total de l'échantillon ;



Photo (II.3): La masse volumique apparente.

La masse volumique apparente du sable utilisé est égale :  $\rho_a = 1446.97 \text{ Kg/m}^3$ .

### **II .2.1.3 Equivalent de sable :(norme NF P 18 - 598) :**

Cet essai est régi par la norme NFP 18-598; utilisé de manière courante pour évaluer la propreté des sables entrant dans la composition des bétons ou des mortiers, en déterminant la proportion des impuretés argileuses contenu dans le sable. [22]

#### **Principe de l'essai :**

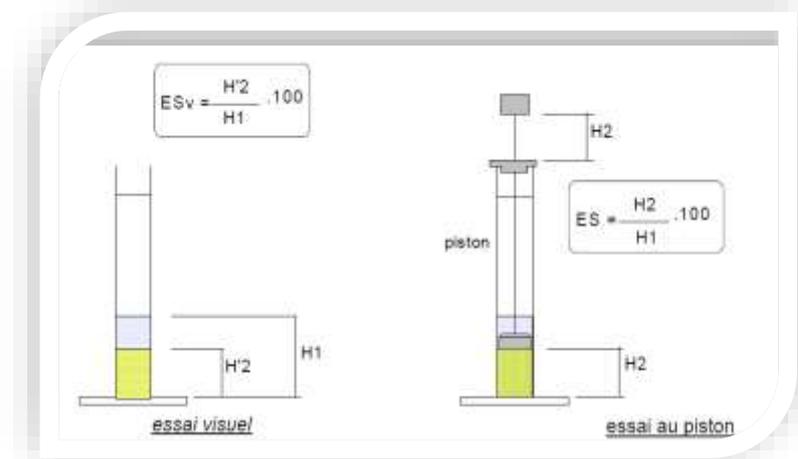
L'essai est effectué sur la fraction 0/5 mm du matériau à étudier, il consiste à laver l'échantillon avec une solution lavant permettant de séparer les éléments fins argileux et en provoque la floculation, selon un processus normalisé, puis en laisse reposer le tout, au bout de 20 minutes, ensuite on mesure les hauteurs  $h_1$ ,  $h_2$ , (fig.). Enfin nous déduisons l'équivalent de sable qui, par convention est : [22]

$$E_s = (h_2 / h_1) \cdot 100$$

$E_s$  : Equivalent de sable (%) ;

$h_1$  : Hauteur de sable (propre + éléments fins (floculant) ;

$h_2$  : Hauteur (sable propre seulement) ;



Figure( II .2) : Essais équivalent de sable. [12]

Les résultats obtenus sont représenté sur le tableau suivant :

Tableau(II.2): Résultats d'essai de l'équivalent de sable de dune.

	Equivalent de sable		Limite de valeur	Observation
sable de dune	Piston %	94.27	E.S.P $\geq$ 80%	Sable très propre
	Visuel %	97.91	E.S.V $\geq$ 85%	

Donc ce sable est très propre et acceptable pour la composition de béton et de mortier Selon la norme NF P 18 – 598.

#### II .2.1.4 Analyse chimique de sable :

Le tableau montre les pourcentages des composants chimiques du sable des dunes Cette analyse est réalisée au laboratoire LTP Sud de Ouargla.

Tableau(II.3): Résultats d'Analyse chimique de sable dunes.

Composants	Pourcentages %
SO <sup>2-</sup>	1.063
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.277
Ca SO <sub>4</sub> ,2H <sub>2</sub> O	5.711
Cl <sup>-</sup>	0.04
NaCl	0.066
Insolubles	92.1
PH	7.98

### II.3 Sable Concassé :

Le sable concassé est le résultat du concassage des différents types des roches dures (Granit, porphyre, basalte, calcaire dur, etc.) et de leur broyage et tamisage sur un ensemble des tamis. Chaque tamis se distingue par un diamètre spécifique et est finalement stocké pour être utilisé. Ils sont caractérisés par un aspect anguleux à arrêtes vives.



Photo(II.4) : Fabrication de sable concassé (carrière Ben Brahim Hasse Massoud).

Pour notre étude nous sommes utilisés le sable concassé provenant de la carrière Ben Brahim (Hasse Massoud) les fractions 0/3 et nous l'avons séparé et pris la partie de 1,25 mm de diamètre (grande fraction).



Sable concassé <3mm

Sable concassée 1.25 mm

sable concassée < 1.25 mm

Photo(II.5) : les fractions de déchets de gravier (sable concassée) inférieurs à 3 mm.

### II.3.1 : Les caractéristiques de sable concassé :

#### II.3.1.1 Analyse granulométrique par tamisage (NFP 18-560) :

Dans notre étude nous avons pris 1000 g. Les résultats obtenus sont présentés sur le tableau suivant :

Tableau (II.4) : Résultats d'analyse granulométrique de sable concassé.

Poids de l'échantillon (g)	Ouvertures des Tamis (mm)	Poids refus partiels (g)	Poids refus cumulés (g)	Poids refus cumulés (%)	Tamisât (%)
1000(g)	5	0	0	0	0
	2.5	0	0	0	0
	1.25	951.3	951.3	95.13	4.87
	0.63	38.9	990.2	99.02	0.98
	0.315	1.7	991.9	99.19	0.81
	0.16	1.2	993.1	99.31	0.69
	0.08	3.2	996.3	99.63	0.37

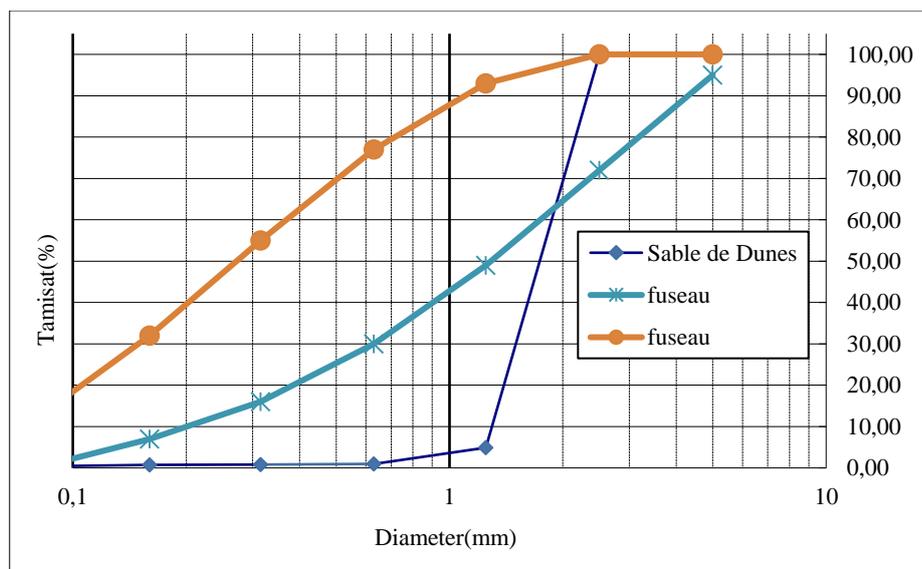


Figure (II.3): Courbe granulométrique de sable concassé.

**Modules de finesse (norme NF P18 304) :**

Pour les sables utilisés dans notre étude on a trouvé la valeur suivante :  $MF = 3.92$

**II.3.1.2 La masse volumique (NF P18-301) :**

- **La masse volumique absolue :**



Photo (II .6) : La masse volumique absolue .

La masse volumique absolue du sable utilisé est égale :

$$\rho_s = 2500 \text{ Kg/m}^3.$$

- **Masse volumique apparente :**



Photo (II.7) : Masse volumique apparente.

La masse volumique apparente du sable utilisé est égale :

$$\rho_a = 1091.53 \text{ Kg/m}^3.$$

### II.3.1.3 Equivalent de sable :(norme NF P 18 - 598) :

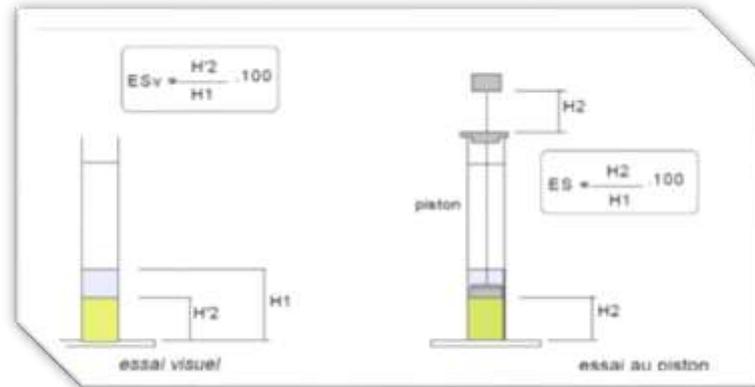


Figure (II.4): Essais équivalent de sable [12]

Les résultats obtenus sont représenté sur le tableau suivant :

Tableau (II.5): Résultats d'essai de l'équivalent de sable concassée.

	Equivalent de sable		Limite de valeur	Observation
	Piston %	Visuel %		
sable concassée	95.31	100	E.S.P $\geq$ 80% E.S.V $\geq$ 85%	Sable concassée très propre

### II.3.1.4 Analyse chimique de sable concassé :

Le tableau montre les pourcentages des composants chimiques du sable concassé cette analyse est réalisée au laboratoire LTP Sud de Ouargla.

Tableau (II.6) : Résultats d'Analyse chimique de sable concassé.

Composants	Pourcentages %
SO <sup>2-</sup>	1.784
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.142
Ca SO <sub>4</sub> ,2H <sub>2</sub> O	9.579
Cl <sup>-</sup>	0.02
NaCl	0.033
Insoluble	15.4
PH	8.05

## II.4 Le Ciment Utilisé :

Le ciment utilisé dans notre projet dit ELMATINE est un ciment portland composé ciment CPJ-CEMII/B 42.5 conforme à la norme Algérienne NA 422, disponible sur le marché, Fabriqué par la cimenterie de Ain-Touta (Batna).



Photo(II.8) : le ciment utilisé.

### II.4.1 Les caractéristiques de ciment :

#### II.4.1.1 Caractéristiques chimiques :

L'analyse chimique du ciment utilisé a révélé l'existence des éléments qui sont présentés en pourcentage massique dans le tableau suivant : Cette analyse a été réalisée au sein du laboratoire (LTPS- Ouargla) .

Tableau(II.7): L'analyse chimique du ciment. [23]

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	Perte au feu
18.13	4.42	3.03	60.78	1.84	2.34	0.64	0.13	0.10	0.23	8.36

#### II.4.1.2 Composition minéralogique du clinker :

Tableau(II.8): analyse minéralogique du clinker. [24]

	Valeur
Silicate Tricalcique 3CaO, Si (C3S) %	60 ± 3
Aluminate Tricalcique 3CaO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (C3A) %	7.5 ± 1

### II.4.1 .3 Les Caractéristiques physiques et mécanique :

Le tableau suivant résume certaines caractéristiques physiques et mécaniques de ciment Utilisé:

Tableau (II.9): caractéristique physico-mécanique du ciment. [23]

Début de prise		150-180 min
Fin de prise		3 h 30 – 4 h 30
Masse spécifique		3,1 g/cm <sup>3</sup>
SSB		3555 cm <sup>2</sup> /g
Chaleur d'hydratation		456,60 (j/g)
Résistance à la compression (MPa)	7j	36,74
	14j	41,07
	28j	45.07

### II. 5 La chaux utilise :

La chaux utilisée dans ce travail est une chaux éteinte disponible sur le marché, fabriqué par zone industrielle El Hassasna wilaya Saïda.



Photo(II.9) : la chaux utilisé.

### II .5.1. Caractéristiques physiques de la chaux :

Les caractéristiques de la chaux éteinte utilisé peuvent résumés dans le tableau ci-dessous:

Tableau(III.8):caractéristiques physiques de la chaux [4]

Propriété	La chaux
La masse volumique apparente (kg/m <sup>3</sup> )	500 à 700
La masse volumique absolue (kg/m <sup>3</sup> )	2200 à 2500
Début de prise (s)	120
la surface spécifique Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	8000 à 20 000
Résistance minimale à la compression à 28j (MPa)	5
L'analyse Granulométrique	le refus au tamis de 80 $\mu$ doit inférieure à 10%.

### II.6 Eau de gâchage:

L'eau utilisée est celle du robinet du laboratoire de génie civil de l'université d'Ouargla. L'eau permet à la fluidification de la pate l'analyse chimique de l'eau a été effectuée au Niveau de laboratoire de traitement des eaux de l'université d'Ouargla. [1][2][25]

Tableau (II.10): Composition chimique de l'eau. [1] [2] [25]

Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	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 effectué des essais d'identifications sur les matériaux utilisés afin de connaître leurs propriétés physico-chimiques et ce en suivant les normes connues dans le domaine de la construction.

Après avoir terminé tous les essais d'identifications, nous pouvons conclure ce qui suit :

Le sable utilisé provient des dunes de la région de sidi khouiled, qui se caractérise par une granulométrie très fin et très serrée leur module de finesse est égale  $M_F = 0.838$ .

Après avoir déterminé son équivalent de sable, on peut dire que ce sable est très propre, mais à travers les deux essais réalisés, ce sable est considéré comme en dehors du domaine de sable normal pour la construction.

Et le sable concassé provenant de la carrière de ben Brahim (Hassi Messaoud) avec une granulométrie large et gros et leur module de finesse est égale 3.92 .

Après avoir déterminé son équivalent de sable on peut dire que ce sable est très propre et les lient hydraulique utilisant est un mélange (40/40) de ciment et chaux sont des matériaux normalise d'après leur fiche techniques.

L'eau de gâchage est celle de robinet du laboratoire de faible salinité.

***CHAPITRE III :***

***FORMULATION ET CONFECTION DES BRIQUES***

### **III.1 Introduction :**

L'étude expérimentale de ce travail consisté par l'exécution des essais physico-mécaniques pour les différentes compositions proposées, après avoir effectué la caractérisation des matériaux inclus dans la composition de ces briques étudiées.

Dans cette partie nous allons présenter les différentes formulations proposées et destinées à la confection des éprouvettes et après on a effectué l'essai de maniabilimètre pour la détermination de la quantité d'eau optimale.

### **III.2 Choix des différents pourcentages des composants :**

Pour fixer les pourcentages des différentes compositions (ciment, chaux, sable) on a utilisé la méthode proportionnelle.

Dans ce travail nous proposons cinq (05) compositions afin de chercher la meilleure qui répond aux exigences mécaniques et physique souhaité.

Donc les compositions proposées pour ce travail sont :

- Composition C01 : c15% , ch 5% , sd 80 % .
- Composition C02 : c15% , ch 5% , sc 80% .
- Composition C03 : c15% , ch 5% , sd 40% , sc 40% .
- Composition C04: c15% , ch 5% , sd 60% , sc 20% .
- Composition C05: c15% , ch 5% , sd 20% , sc 60% .

C : ciment, CH : la chaux, SD : sable de dune, SC : sable concassée.

### **III.3 Mesure de la consistance des mortiers :**

Pour déterminer la consistance de la pâte ou mortier on doit déterminer la quantité d'eau proportionnelle par l'essai de la maniabilité.

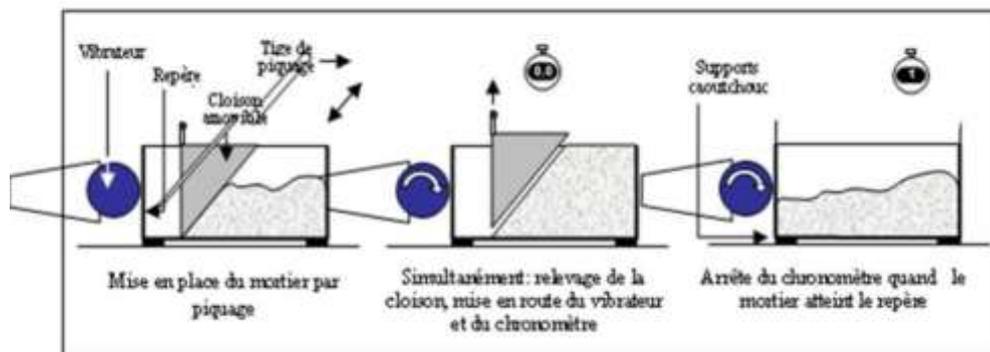
#### **III .3.1.Essai de maniabilite :**

##### **➤ Objectif de l'essai :**

C'est une mesure qui est utile pour apprécier l'efficacité d'un adjuvant plastifiant, ou superplastifiant , sur la fluidité d'un mortier ou sur la réduction d'eau qu'il permet de réaliser à consistance égale. Il convient donc de définir un mode opératoire susceptible d'apprécier cette consistance ; c'est l'objet des essais définis par les normes [17] NF P 18 – 452 et NF P 15 – 437.

➤ **Principe d'essai :**

Dans ces essais, la consistance est caractérisée par le temps que met le mortier pour s'écouler sous l'effet d'une vibration. [17]



Figure(III.1): principe de fonctionnement du maniabilimètre .

➤ **Equipement nécessaire :**

L'appareil utilisé est appelé maniabilimètre B et est schématisé sur la figure ci-dessous. Il consiste en un boîtier parallélépipédique métallique (60cm x 30cm x 30cm), posé sur des supports en caoutchouc, équipé d'un vibreur et muni d'une cloison amovible. [17]

➤ **Mode d'opérateur :**

Le mortier est introduit dans la partie la plus grande délimitée par la cloison et mis en place par piquage en 4 couches, chaque couche étant soumise à 6 coups au moyen de la tige de piquage. 4 minutes après la fin du malaxage la cloison est retirée, provoquant la mise en route du vibreur et déclenchement d'un chronomètre par l'opérateur. Sous l'effet de la vibration le mortier s'écoule. Le chronomètre est arrêté quand le mortier atteint un trait repère sur la paroi opposée du boîtier. Le temps  $t$  mis par le mortier pour s'écouler caractérise sa consistance. Ce temps sera d'autant plus court que le mortier sera plus fluide (ou plus maniable, d'où le nom de l'appareil) [16]



Photo (III.1) : Malaxeur.



Photo (III.2): Essai de maniabilité.

Tableau (III .1): Type de mortier selon le temps de maniabilité [17].

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

Pendant la réalisation de l'essai de maniabilité avec un rapport E/C allant de 0.5 jusqu'à 1 les résultats obtenus sont représentés sur le tableau suivant :

Tableau (III .2): Résultats d'essai de maniabilité pour C1.

C1						
E/(C+CH)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
T (S)	122	120	58	21	8	3

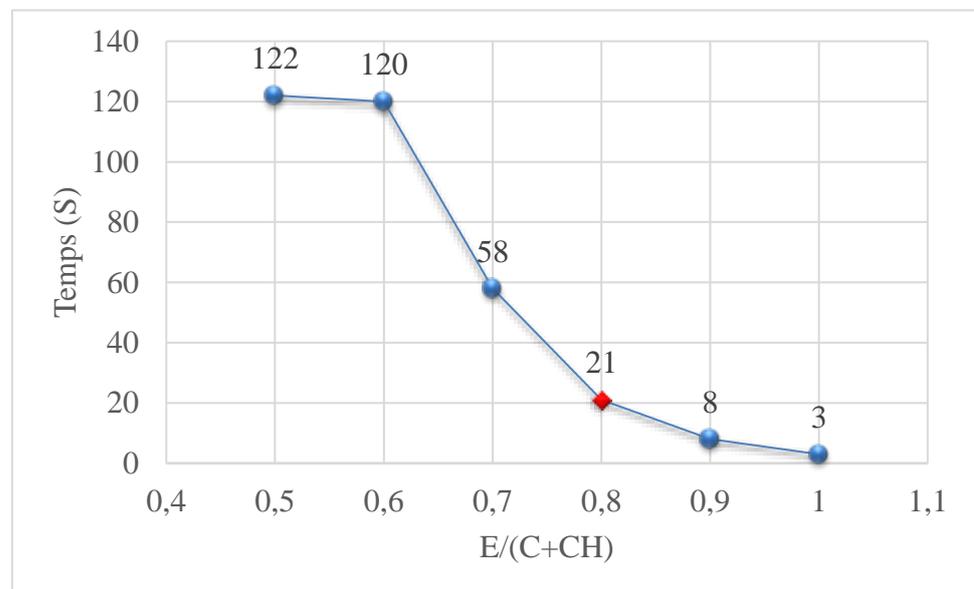


Figure (III.2) : Essai de maniabilimètre pour C1.

Tableau (III .3) : Résultats d'essai de maniabilité pour C2.

C2							
E/(C+CH)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1
T (S)	195	197	193	186	135	56	21

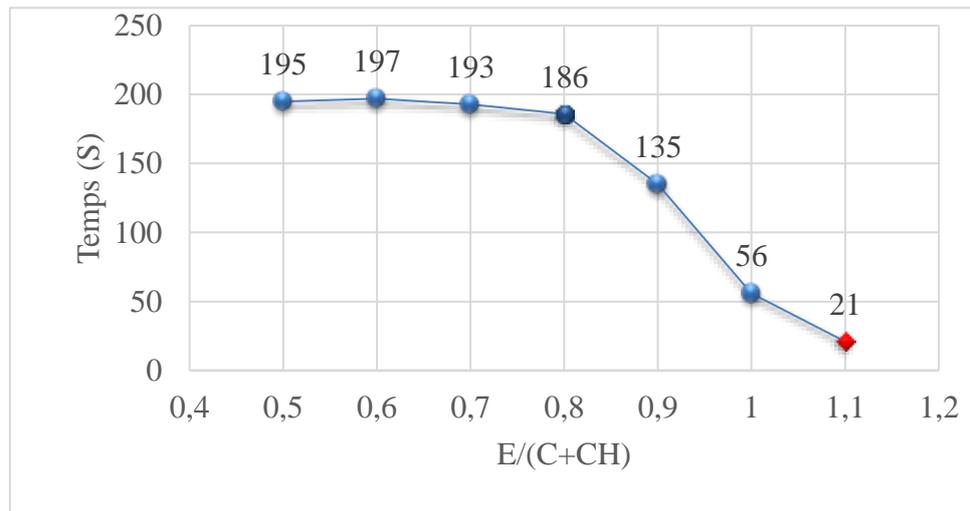


Figure (III.3) : Essai de maniabilimètre pour C2.

Tableau (III .4) : Résultats d'essai de maniabilité pour C3.

C3					
E/(C+CH)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
T (S)	198	181	97	54	26

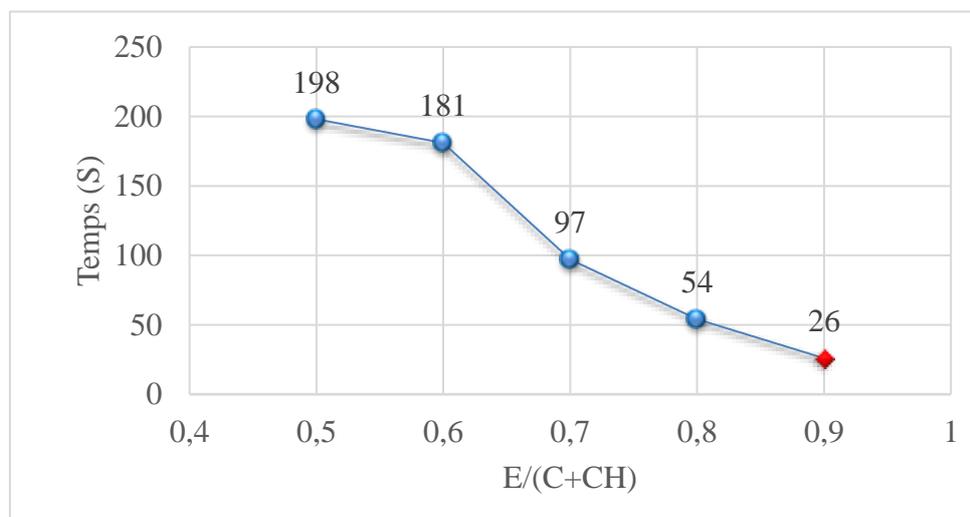


Figure (III.4) : Essai de maniabilimètre pour C3.

Tableau (III .5) : Résultats d'essai de maniabilité pour C4.

C4						
E/(C+CH)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
T (S)	202	192	190	106	29	0.05

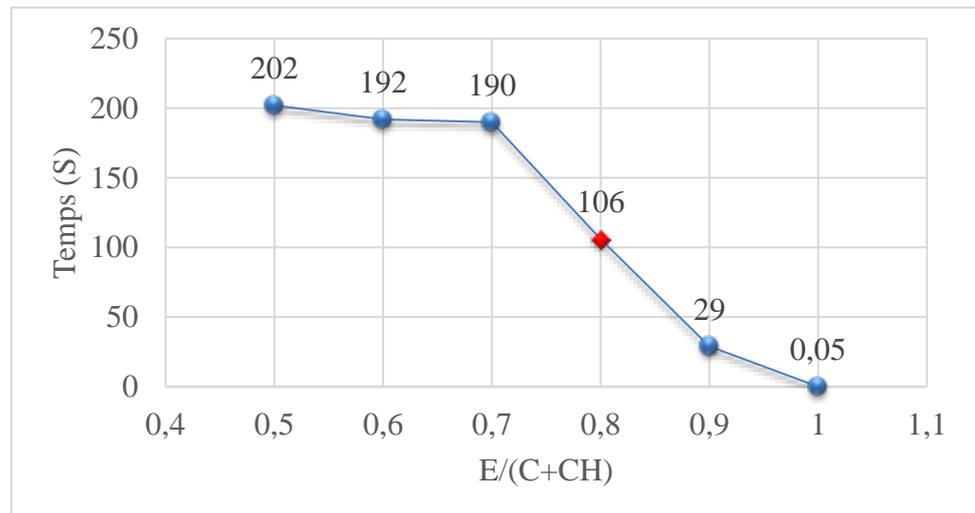


Figure (III.5) : Essai de maniabilimètre pour C4.

Tableau (III .6) : Résultats d'essai de maniabilité pour C5.

C5					
E/(C+CH)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
T (S)	220	210	91	29	10

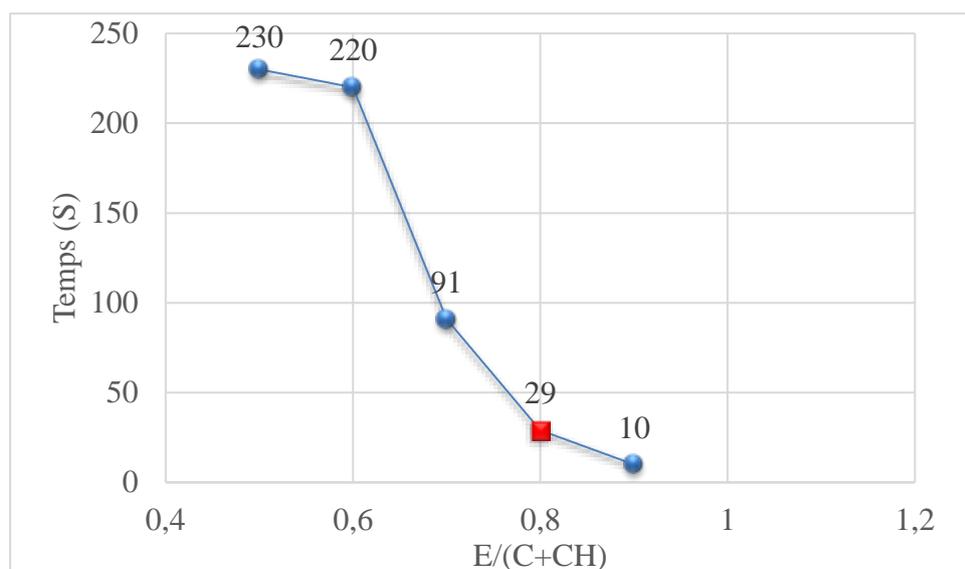


Figure (III.6) : Essai de maniabilimètre pour C5.

Tableau (III.7) : Résultats final et acceptable d'essai de maniabilité.

composition	C1	C2	C3	C4	C5
E/C+CH	0.8	1.05	0.9	0.9	0.8
Le temps	21	23	26	29	29

#### III .4. Confection des éprouvettes :

Les éprouvettes destinées pour notre étude sont des éprouvettes prismatiques ( $4 \times 4 \times 16 \text{cm}^3$ ) qui sont adaptées pour les essais de : masse volumique, ultrasonique, compression, traction par flexion, l'absorption d'eau.

Photo(III.3) : Moules de confection ( $4 \times 4 \times 16 \text{cm}^3$ ).

Après avoir déterminé la maniabilité et désigné les éprouvettes pour cette étude, on va déterminer les poids des différents matériaux pour les cinq compositions

Tableaux (III .8): Poids des matériaux de différentes compositions.

Compositions	Ciment (g)	chaux (g)	Sable de dune (g)	Sable concassé (g)
C1	255	85	1360	/
C2	255	85	/	1360
C3	255	85	680	680
C4	255	85	1020	340
C5	255	85	340	1020

➤ **Préparation des éprouvettes :**

Après la détermination du dosage des différents constituants, on opère par la préparation des éprouvettes soigneusement en suivant les conditions et les normes recommandées à cette procédure.

Le nombre d'éprouvettes effectuées est à raison de 3 éprouvettes à chaque âge d'essai (7 jours, 14 jours et 28 jours, 60 jours), soit un nombre total d'éprouvettes prismatiques (4x4x16) cm est 180 éprouvette.

➤ **Le malaxage :**

- On pose les matériaux secs (sable de dune et sable concassé et les liants hydrauliques (ciment, chaux)) et on fait malaxer le mélange manuellement jusqu'à l'obtention d'un mélange assez homogène.
- Ensuite on ajoute une petite quantité d'eau et on fait malaxer le mélange manuellement avec un plâtroir pour obtention un mélange homogène.
- Par la suite on introduit la quantité d'eau restante et malaxer avec malaxeur durant 4 min.



Photo (III.4): Les étapes de malaxage du Mortier.

➤ **Remplissage et conservation des moules :**

- Après l'opération de malaxage, les moules (40×40×160) mm qui ont été enduits d'huile à l'avance sont remplis en deux couches, vibrées à l'aide d'une table vibrante pendant (60 seconde) pour chaque couche.
- On Finit la face supérieure des éprouvettes pour obtenir des surfaces lisses.

- on conserve les éprouvettes dans les conditions du laboratoire durant 24 h, après on effectuera l'opération de démoulage.

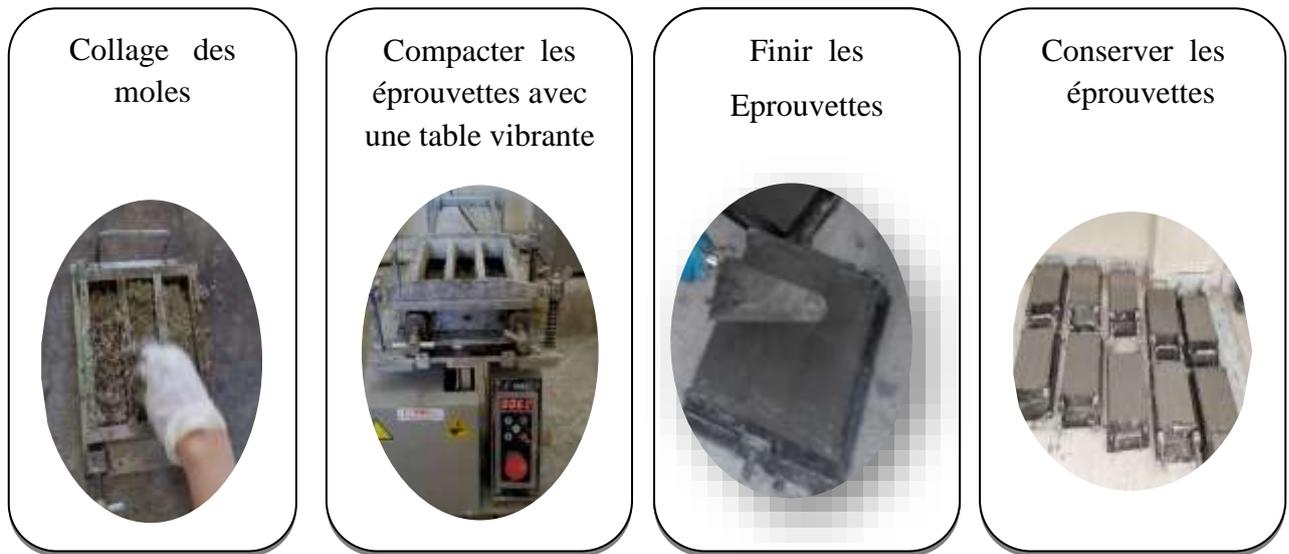


Photo (III.5): Les étapes de collage du Mortier.

➤ **Conservation des éprouvettes :**

Après 24 h on démoule les éprouvettes conservées, dans cette étude le mode de Conservation à l'aire libre pendant 7, 14, 28,60 jours.



Photo (III .6) : Conservation des éprouvettes dans l'aire libre.

**III.5 Conclusion:**

Dans cette partie du travail expérimental on a déterminé la formulation de mortier destinée pour la confection des briques stabilisées par un liant hydraulique (ciment, chaux).

En effet nous avons proposé cinq compositions différentes C1, C2, C3, C4, et C5 où à chaque fois on change le pourcentage de sable concassé proportionnellement avec le sable de dunes, la quantité de ciment et de la chaux est constante, ensuite la quantité d'eau est déterminée pour chaque composition à l'aide d'un maniabilimètre où étaient les valeurs de  $E/(C+CH)$  entre (0.8 et 1) lorsque le temps du mortier plastique (20 s, 30).

Enfin on a exposé les processus de la confection des éprouvettes, après elles ont été conservées dans des conditions de laboratoire à l'air libre jusqu'à ce que les essais soient menés aux jours précisés (7, 14, 28 et 60 jours).

***CHAPITRE IV :***

***RESULTATS ET INTERPRETATIONS***

**IV.1 Introduction :**

Les matériaux composés sont devenus ces dernières décennies le centre d'intérêt de l'ensemble des chercheurs dans le domaine de la construction, ce qui conduit à la volonté d'utiliser des produits propres ayant à la fois un impact économique et environnemental. De ce fait, un nombre important d'études ont été consacrées aux développements et à l'amélioration des propriétés mécaniques et physiques et rhéologiques des matériaux.

Le but de notre travail consiste à déterminer l'effet de sable concassé sur les propriétés mécaniques et physiques des briques à base de sable de dunes de dimensions (4 \* 4 \* 16) cm. Pour cela, nous avons effectué dans ces chapitres différents tests sur les briques, à savoir :

✓ Essai mécaniques :

- La résistance à la traction par flexion ;
- La résistance à la compression ;

✓ Essai physiques :

- Vitesse de propagation d'ondes ultrasoniques ;
- L'absorption de l'eau ;
- La masse volumique ;

Il est à noter que tous ces essais sont effectués aux :

- Laboratoire de Génie Civil à l'université Kasdi Merbah – Ouargla ;
- laboratoire national de l'habitation et de construction LNHC Ouargla ;
- Laboratoire LTP Sud Ouargla ;
- Laboratoire étude laboratoire société des contrôles analyses des bétons et sols d'Ouargla ;

**IV.2. Essai de traction par flexion (Norme EN 196-1) :**

Cet essai est établi suivant la norme EN 196-1. Un dispositif à rouleau utilisé en flexion (3points), Fig. (IV.1), comportant deux appuis à rouleau distant de 100 ou 106.7mm sur lesquels repose l'éprouvette prismatique 40x40x160 mm et un troisième rouleau équidistant des deux premiers, transmettant une charge concentrée  $F_f$ . [17]

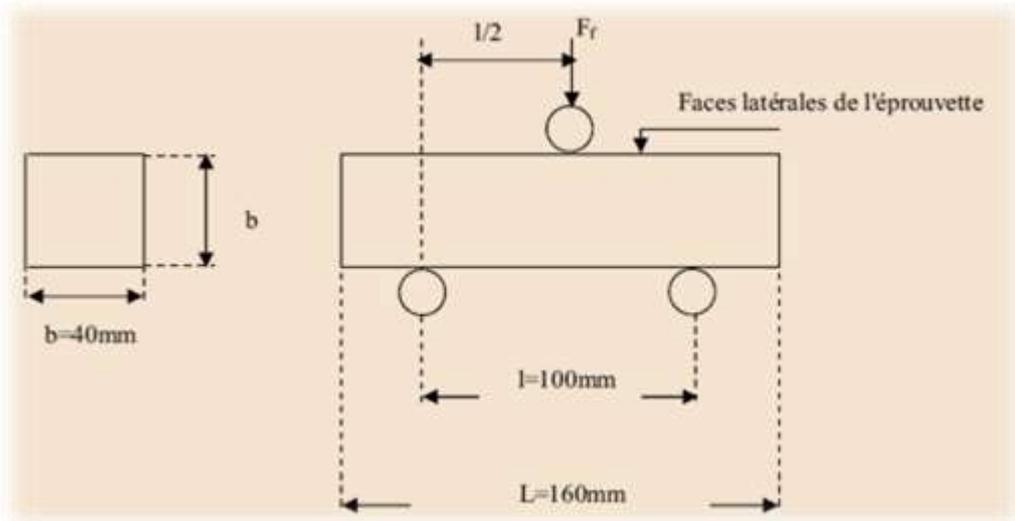


Figure (IV.1) : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 points).[17]

La résistance à la flexion est calculée selon l'équation suivante :

$$R_f = (1.50 \times F_f \times l) / b^3$$

$R_f$  : 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 égal à 40mm ;

$L$  : Longueur totale de l'éprouvette ;

Dans cette étude on utilise les éprouvettes prismatiques (4x4x16 mm) à l'aide d'une presse universelle de la marque CONTROLS avec une capacité de 5000KN.



Photo (IV.1) : Essai de résistance à la traction par flexion (3 points).

## IV .2.1 Les résultats et discussions :

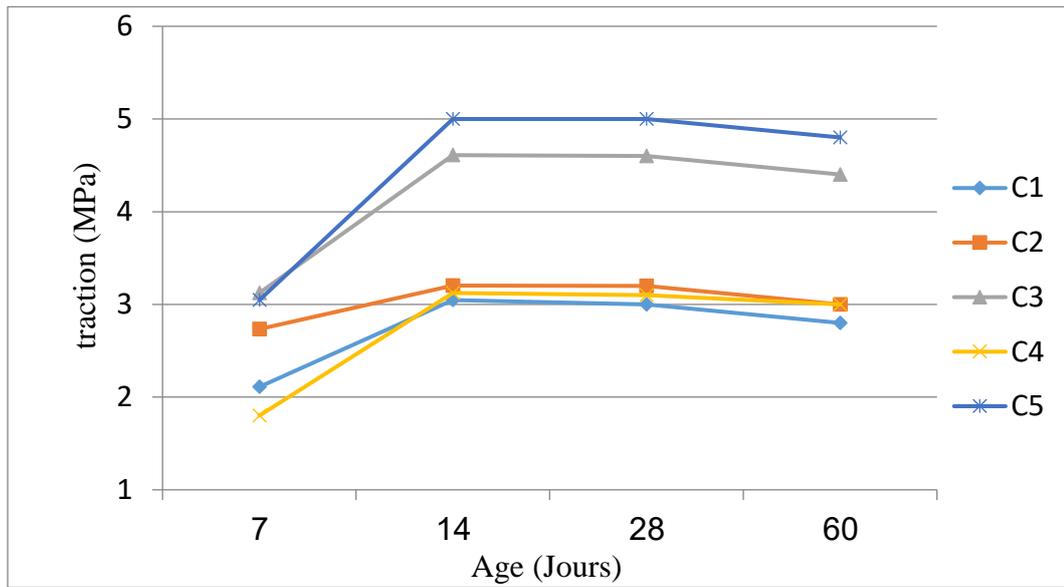


Figure (IV.2) : Evolution de Résistance à la traction par flexion en fonction de temps.

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 7 à 14 jours, puis une légère diminution de 14 à 28 jours le taux de diminution égale à (1.53% , 0.1%, 0.22%, 0.75%, 0%) successivement de (C1,C2,C3,C4,C5) et puis un autre taux de diminution de 28 à 60 égale à (6.67% , 6.25%, 4.35%, 3.23%, 4%).

Nous pouvons expliquer que cette diminution de la résistance au déraisonnable peut-être due au milieu de conservation (air libre) ce qui mène à la diminution de la masse volumique à peu près dans les mêmes proportions.

Nous pouvons également expliquer cela par le manque d'interaction chimique de tous les grains de lien utilisant (ciment et chaux) avec tous les grains d'agrégats, qui a provoqué la fragmentation de la couche de surface et une diminution de la masse du mélange (sable, ciment, chaux) qui n'est pas bien adhérente.

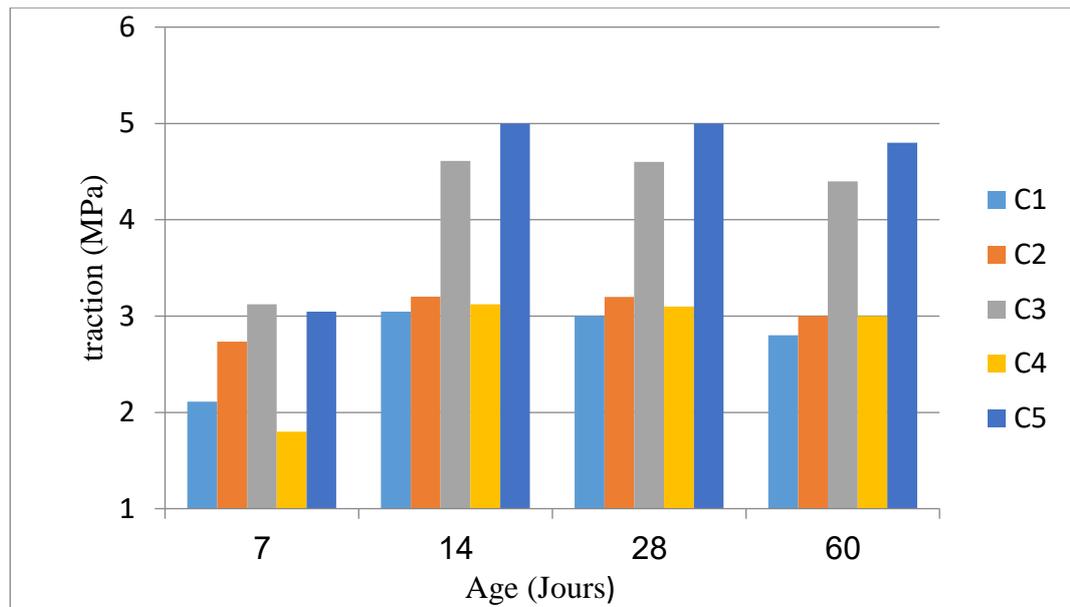


Figure (IV.3) : Comparaison d'évaluation de résistance à la traction par flexion.

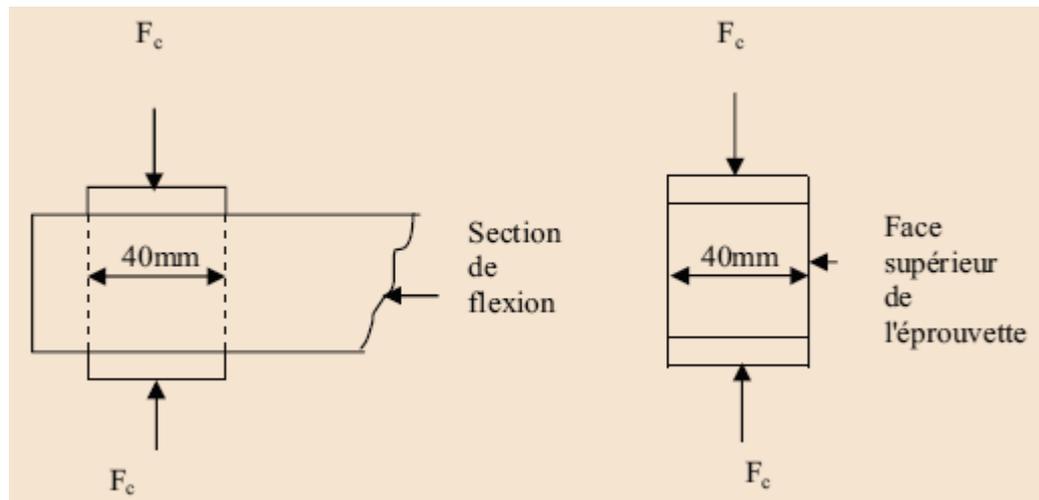
D'après l'histogramme de la résistance à la traction par flexion nous montrons que la valeur de la résistance à la traction par flexion dans la composition C5 est le plus supérieure que les autres compositions C1, C2, C3 et C4 à 7, 14, 28 et 60 jours.

Tableau (IV.1) : Le taux d'évaluation de la résistance (%)

L'âge Composition	7j -14j	14j – 28j	28j -60j
C1	+44.39	+1.53	-6.67
C2	+17.20	+0.10	-6.25
C3	+47.60	+0.22	-4.35
C4	+73.52	+0.75	-3.23
C5	+64.11	0.00	-4.00

### IV.3. Essai de compression (Norme EN 196-1):

Cet essai est régi suivant la norme EN 196-1, exécuté avec une presse pour matériaux durs, sur les demi-éprouvettes provenant de l'essai précédent. Chaque demi-prisme est essayé en compression sur ces faces latérales de moulage sous une section d40x40mm, entre deux plaques de métal dur. Le demi-prisme est placé entre elle de manière que son extrémité intacte dépasse d'environ 1cm, avec une presse universelle de la marque CONTROLS avec une capacité de 5000KN Fig (IV.4)[17]



Figure(IV.4):Dispositif pour l'essai de résistance à la compression.[17]

La résistance à la compression est calculée selon l'équation suivante :

$$R_c = F_c / b^2$$

$R_c$  : Résistance à la compression en (MPa);

$F_c$  : Charge de rupture en (N);



Photo (IV.2) : Essai de résistance à la compression.

### IV. 3.1 Les résultats et discussions :

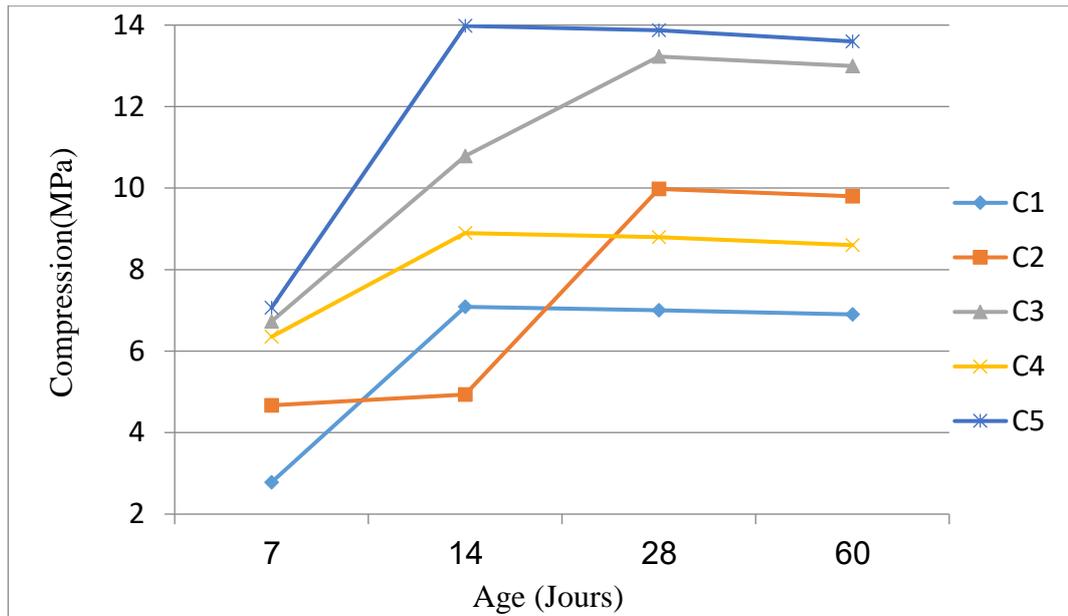


Figure (IV.5) : L'évolution de Résistance de compression en fonction de temps.

A partir de la figure (IV.5) nous constatons une évolution importante de la résistance à la compression en fonction de l'augmentation de l'âge de 7, 14 et 28 jours pour les compositions (C1,C3,C4 ,C5) mais une augmentation légère pour la composition C2 de 7 à 14 jours par rapport aux autres compositions et une diminution légère de 14 à 28 jour pour les composés C1 et C4 et C5, le taux de diminution égale à ( 1.22% , 1.09% ,0.74) puis une diminution légère de 28 à 60 jours le taux de diminution égale à (1.43% , 1.80%, 1.73%,2.27%, 1.99%) successivement de (C1,C2,C3,C4,C4,C5) .

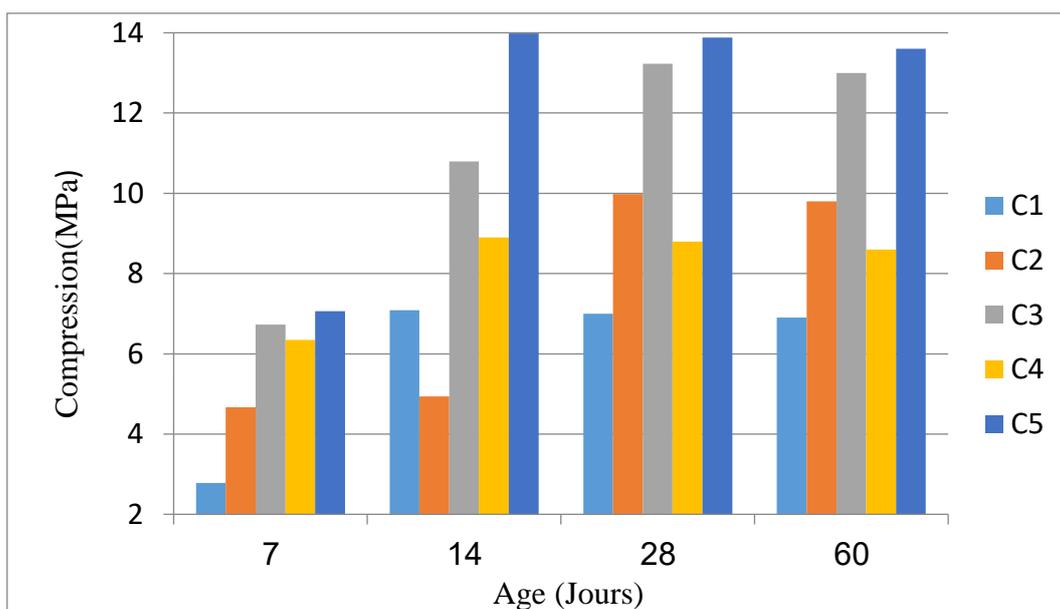


Figure (IV.6) : Comparaison d'évaluation de résistance à la compression.

D'après la figure (IV.6) d'évaluation de résistance à la compression en fonction du temps nous permet de constater que la résistance à la compression augmentée pour toutes les compositions jusqu'à 28 jours et une diminution légère après 28 jours, nous remarquons également que la résistance à la compression est plus élevée dans le composé qui contient du sable concassé en grande proportion c'est-à-dire les compositions (C3, C5) et la plus faible dans la composition C1 par rapport aux autres compositions (C2, C3, C4, C5) à 7,14, 28 et 60 jours.

Tableau (IV.2): Le taux d'évaluation de la résistance (%).

L'âge Composition	7j -14j	14j – 28j	28j -60j
C1	+154.92	+1.22	-1.43
C2	+5.71	+120.16	-1.80
C3	+60.33	+22.60	-1.73
C4	+40.11	+1.09	-2.27
C5	+97.92	+0.74	-1.99

#### IV.4. L'essai de la masse volumique :

Cet essai réalisé sur l'échantillon reconnu volume et peser la masse des éprouvette par un Balance

La masse volumique est calculée selon l'équation suivante :

$$\delta = M/V$$

$\delta$  =La masse volumique en (Kg / m<sup>3</sup>) ;

M=La masse des éprouvette en (Kg) ;

V=Le volume des éprouvette en (m<sup>3</sup>) ;



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

#### IV. 4.1 Les résultats et discussions :

Dans notre étude utilisé les éprouvettes prismatiques (4x4x16 mm).

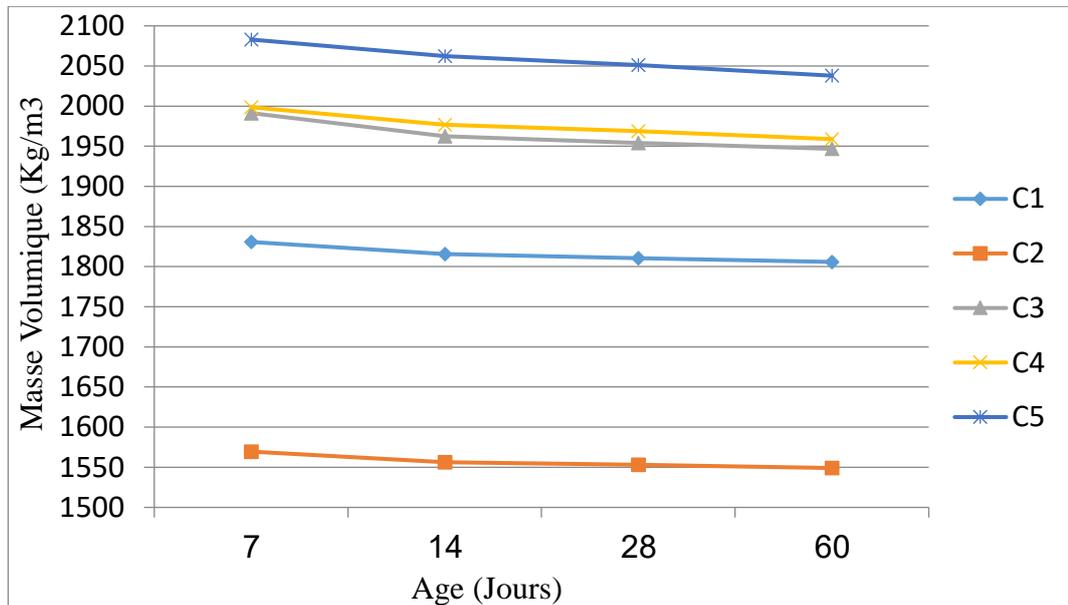


Figure (IV.7) : L'évolution de la masse volumique en fonction de temps.

A partir de la figure (IV.5) nous constatons une réduction légère de la masse volumique en fonction de l'augmentation de l'âge, le taux de diminution de 7 à 14 jours égale à (0.82% , 0.85%, 1.44%,1.08%, 0.99%) et un autre diminution de 14 à 28 jours égala à ( 0.29% , 0.21%, 0.44%,0.40%, 0.53%) et puis un autre taux de diminution de 28 à 60 égale à (0.25% , 0.25%, 0.37%,0.52%, 0.65%) pour toutes les compositions .

Nous pouvons expliquer que cette diminution de la masse volumique due au manque d'homogénéité entre les particules, ce qui conduit à la présence de vides qui se remplissent d'eau et s'évaporent avec le temps.

Et nous pouvons également expliquer que cette réduction renvoie au type de milieu de conservation.

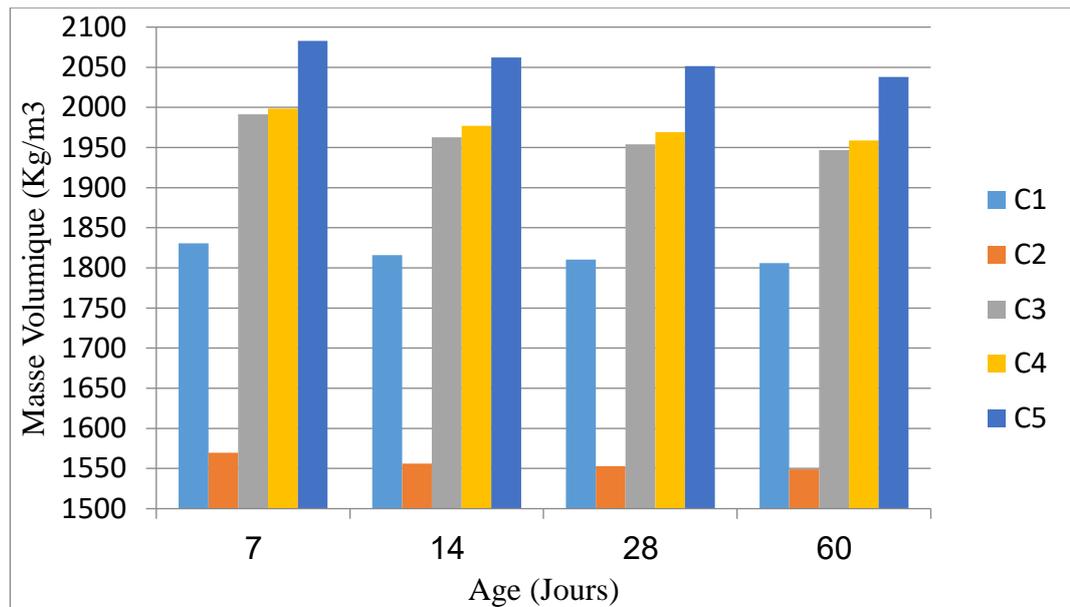


Figure (IV.8) : Comparaison d'évaluation de la masse volumique.

D'après l'histogramme de la masse volumique nous montrons que la valeur de la masse volumique dans la composition C5 est la plus élevée par rapport à l'autre composition et le composant C2 est plus faible que les autres compositions C1, C3 et C4, C5 à 7,14, 28 et 60.

Tableau (IV.3): Le taux d'évaluation de la masse volumique (%).

L'âge Composition	7j -14j	14j – 28j	28j -60j
C1	-0.82	-0.29	-0.25
C2	-0.85	-0.21	-0.25
C3	-1.44	-0.44	-0.37
C4	-1.08	-0.40	-0.52
C5	-0.99	-0.53	-0.65

#### IV.5.L'essai d'absorption d'eau :

Cet essai mesure le taux d'absorption de l'eau des éprouvettes de mortier saturée, mises en contact avec de l'eau.

La capacité d'absorption est déterminée par une méthode simple. Les éprouvettes de mortiers sont pesées après étuvage (à 105°C) jusqu'à stabilisation de leurs poids soit (Ps). Ensuite elles sont entièrement trempées dans l'eau pendant 24 heures puis retirées et pesées, soit Ph leur poids. [15]

La capacité d'absorption est donnée par la relation suivante :

$$A(\%) = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

$P_s$  : est le poids sec d'échantillon ;

$Ph$  : est le poids absorbant ;



Photo (IV.4) : Essai d'absorption d'eau.

#### IV. 5.1 Les résultats et discussions :

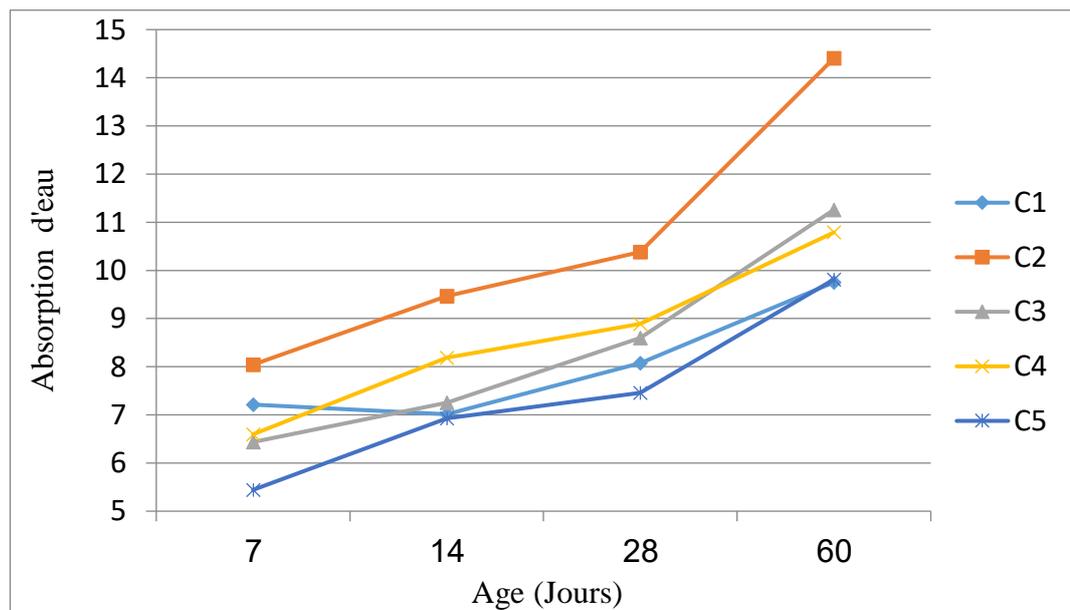


Figure (IV.9) : Evolution de l'absorption d'eau en fonction de temps.

D'après la figure (IV.7) nous n'observons que l'absorption d'eau augmente avec l'augmentation de temps pour toutes les compositions, le taux de l'augmentation de 7 à 14 jours égale (17.74%, 12.64%, 24.15%, 27.25%) sauf la composition C1 diminue avec le taux de diminution (2.73%) et puis une augmentation de 14 à 28 jours, le taux de l'augmentation égale à (15.16% , 9.64%, 18.57%, 8.55%, 7.65%) successivement de (C1, C2, C3, C4, C5) et d'autres taux de diminution de 28 à 60 égale à (20.75% , 38.75%, 30.98%, 21.37%, 31.60%).

On peut expliquer cette augmentation soit par le manque d'homogénéité entre les particules et conduit ainsi à la présence des vides dans les éprouvettes, soit à cause du milieu de conservation ( air libre) , qui conduit au séchage des échantillons avec le passage du temps et lors de leur immersion dans l'eau dont le coefficient d'absorption augmente.

Cette peut être augmentation due que le sable de dunes et sable concassée a une grande capacité à absorber l'eau.

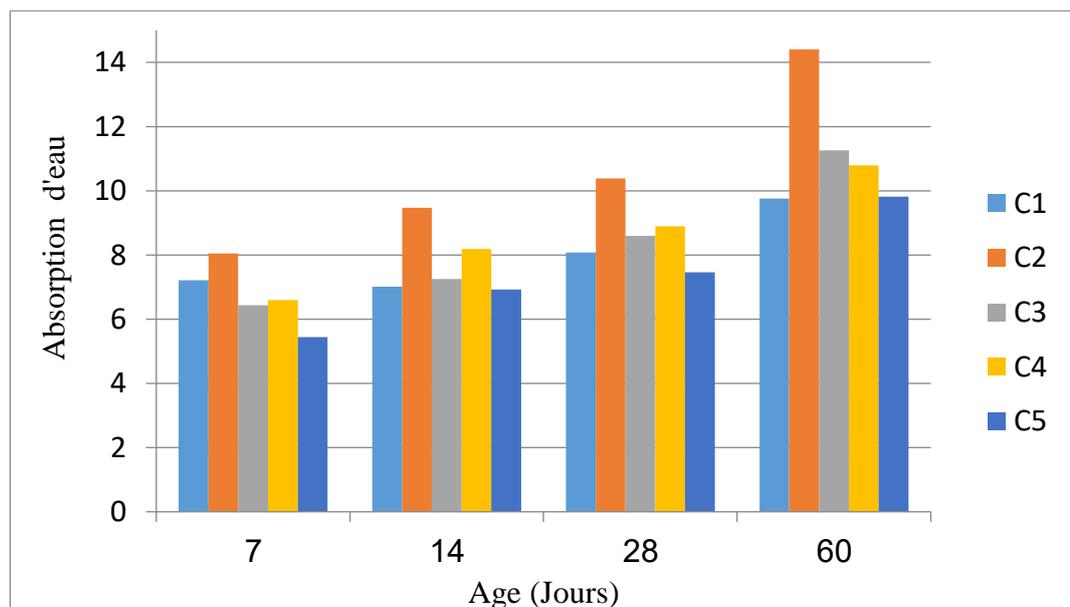


Figure (IV.10) : Comparaison d'évaluation d'absorption d'eau.

Cette figure (IV.8) d'évaluation d'absorption d'eau en fonction du temps nous permet de constater que la capacité d'absorption d'eau est plus élevée dans la composition qui contient du sable concassé en grande proportion c'est-à-dire la compositions C2 et la capacité d'absorption d'eau est plus faible dans la composition C5 par rapport aux autres compositions (C1, C2, C3, C4) à 7, 14, 28 et 60 jours.

Tableau (IV.4) : Le taux d'évaluation d'absorption d'eau (%).

L'âge Composition	7j -14j	14j – 28j	28j -60j
C1	-2.73	+15.16	20.75
C2	+17.74	+9.64	+38.75
C3	+12.64	+18.57	+30.98
C4	+24.15	+8.55	+21.37
C5	+27.25	+7.65	+31.60

#### IV. 6. La vitesse de propagation d'ondes ultrasoniques :

Le contrôle par ultrasons est une méthode de contrôle non destructif permettant la détection de défaut à l'intérieur d'un matériau. Et basé sur la transmission et la réflexion d'onde de type ultrasons à l'intérieur d'un matériau.

La vitesse de propagation d'ondes ultrasoniques calculée par mesure du temps de propagation de la première impulsion des ondes appelées ondes longitudinales généré par un transducteur entre deux points bien déterminés.

La vitesse de propagation est calculée selon l'équation suivante :

$$V = L/T$$

V: vitesse des ondes ultrasonores longitudinales en (m/s) ;

L : longueur d'éprouvette en (m) ;

T: temps de propagation des ondes en seconde ;



Photo (IV.5) : Essai de Vitesse de propagation d'ondes ultrasoniques.

## IV. 6.1 Les résultats et discussions :

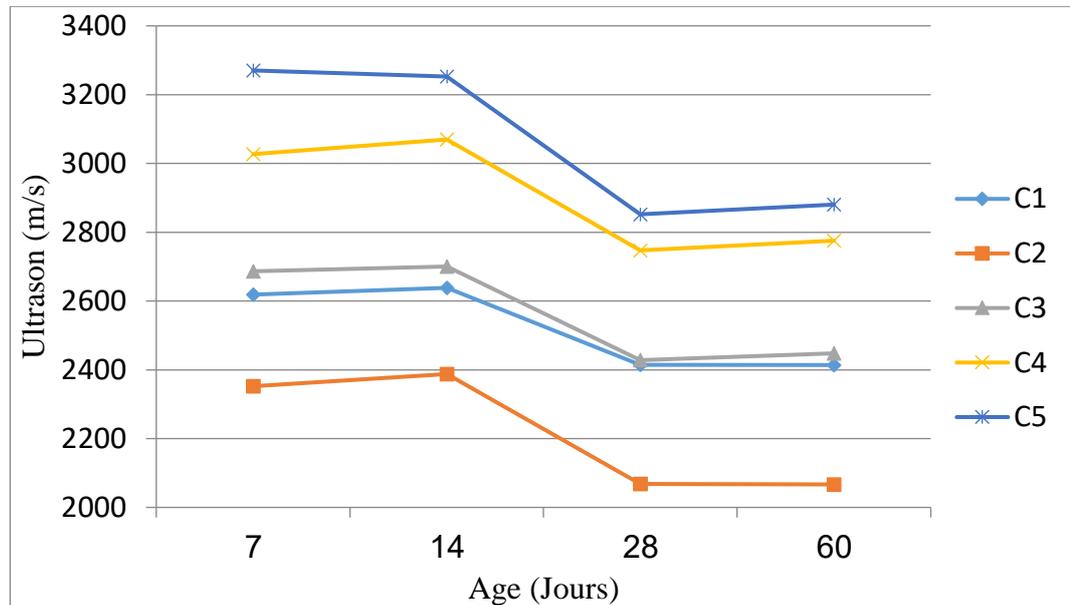


Figure (IV.11) : Variation de vitesse de propagation du son en fonction de temps.

D'après les courbes de variation de la vitesse de son en fonction de temps, nous remarquons qu'il y a une augmentation de 7 à 14 jours pour les compositions (C1, C2, C3, C4) sauf la composition C5 diminue avec le taux de diminution (0.53%).

Puis une diminution de 14 à 28 jours avec un taux égale à (8.50% , 13.38%, 10.08%, 10.50%, 12.32%) successivement de (C1,C2,C3,C4,C5) et puis un autre taux de diminution de 28 à 60 égale à (0.01% , 0.08%) successivement de (C1,C2) et un taux d'augmentation de 28 à 60 égale à (0.81%, 1.03%, 0.98%) successivement de (C3, C4, C5).

Nous pouvons expliquer que cette diminution de vitesse de propagation du son au déraisonnable peut être due au milieu de conservation (air libre) et cela s'explique et est corrélé par la sécheresse des éprouvette ou présence des vide entre les particules de sables.

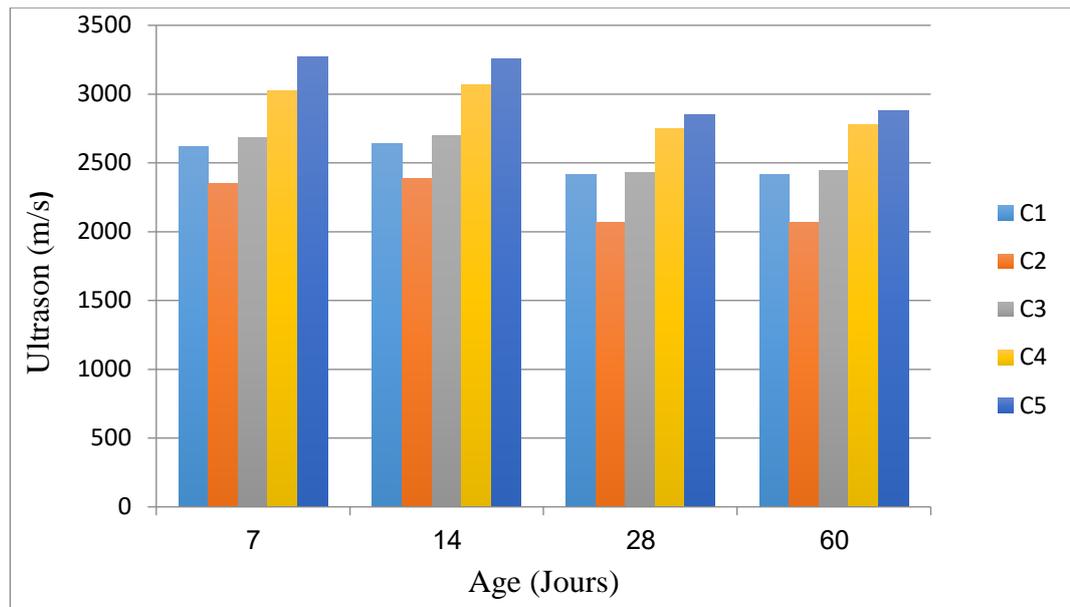


Figure (IV.12) : Comparaison d'évaluation de vitesse de propagation du son.

D'après l'histogramme de la figure (IV.9) nous montrons que lors du mélange de briques en proportion de 75% de SC et 25% de SD (C5) Ou vice versa 25 % SD et 75% de SC (C4) donne un bon résultat de propagation du son par contre lorsqu' on utilise seulement le sable de dune (C1) et sable concassée (C2) donne un faible résultat.

La vitesse de propagation du son est une indice que définie le taux de vide ce dernier donne une idée sur le degré de compacité et sue la résistance à la compression.

Tableau (IV.5) : Le taux d'évaluation d'absorption de la vitesse de son (%).

L'âge Composition	7j -14j	14j – 28j	28j -60j
C1	+0.74	-8.50	+0.01
C2	+1.49	-13.38	-0.06
C3	+0.51	-10.08	+0.81
C4	+1.40	-10.50	+1.03
C5	+0.53	-12.32	+0.98

**IV.7.Conclusion :**

Dans ce chapitre on renferme l'ensemble des résultats expérimentaux et l'interprétation Des propriétés mécaniques (flexion, compression) et physiques (La masse volumique, L'absorption d'eau, vitesse de propagation du son) des briques renforcées avec des matériaux Locaux (sable de dune et sable concasse).

D'après les résultats expérimentaux effectués dans ce de travail on peut conclure que : L'ajout de sable concassé améliore les caractéristiques mécaniques et physiques, le pourcentage de 75% SC donne le meilleur résultat c'est-à-dire la composition cinq C5 (ciment 15%, la chaux 5%, sable concasse 60%, sable de dune 20%).

- ✓ Résistance à la traction par flexion : 3.4 MPa.
- ✓ Résistance à la compression : 13.6 MPa.
- ✓ La masse volumique : 2037.90Kg/m<sup>3</sup>.
- ✓ D'absorption d'eau de capillarité : 9.813%.
- ✓ La vitesse de propagation du son : 2880.116 m/s.

Ces résultats physico-mécaniques sont très acceptables pour les briques crues par les autres briques crues existantes.

### Conclusion générale

Notre travail consiste à étudier le comportement des briques à base de sable de dunes renforcés par sable concassé classe (0/3), cette étude nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

La première partie c'est la recherche bibliographique qui est basée sur l'étude des différents types de briques et leurs procédés de confection et leurs caractéristiques, aussi sur les différents matériaux utilisés pour notre travail à savoir: Le sable de dunes, sable concassé, ciment, la chaux. Nous avons conclu qu'il existe plusieurs techniques de fabrication des briques qui peuvent être utilisé dans l'amélioration des performances mécaniques et physique et thermiques des briques.

La deuxième partie c'est la partie expérimentale, celle-ci comporte deux volets à savoir :  
a- Dans le premier volet, nous avons donné les caractéristiques générales des matériaux utilisés qui sont (le sable des dunes, le sable concassé, ciment ,la chaux et l'eau de gâchage).

- Le sable utilisé est un sable des dunes extrait de Sidi Khouiled qui se caractérise par :
  - Module de finesse d'ordre  $M_f = 0.838$  ;
  - Granulométrie serré ;
  - bonne propreté  $E_{sp} = 94.27$  ;
- Le sable concassé utilisé est un extrait de carrières ben Brahim qui se caractérise par
  - Module de finesse d'ordre  $M_f = 3.92$  ;
  - La Granulométrie large et gros ;
  - bonne propreté  $E_{sp} = 95.31$
- Le ciment utilisée ELMATINE CPJ-CEMII/B 42.5 ;
- La chaux utilisée est une chaux éteinte ;
- L'eau de gâchage est une eau de robinet de laboratoire de génie civil de l'université d'Ouargla avec une salinité acceptable.

b- Le deuxième volet est consacré à l'étude expérimentale. Des séries d'essais sont effectués sur des différents types de compositions : C1, C2, C3, C4, C5.

- 15% ciment, 5% chaux, 80% sable de dune ;

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

---

- 15% ciment, 5% chaux, 80% sable concassée ;
- 15% ciment, 5% chaux, 40% sable de dune, 40% sable concassée ;
- 15% ciment, 5% chaux, 60% sable de dune, 20% sable concassée ;
- 15% ciment, 5% chaux, 20% sable de dune, 60% sable concassée ;

Après l'expérimentation nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

Introduire le sable concassé ou taux de 60% dans des briques à base de sable de dunes provoque :

- une augmentation de la résistance à la compression.
- une augmentation de la résistance à la traction par flexion.
- une augmentation de masse volumique.
- une diminution de l'absorption d'eau.
- une augmentation de vitesse de propagation d'ondes soniques.

### Recommandation

À la lumière des conclusions rapportées de ce mémoire, nous recommandons :

- Au sein du laboratoire, toutes les étapes du travail doivent être respectées et suivies (Poids du matériau, quantité d'eau, bien mélangé).
- L'utilisation des moyens industriels dans la confection des briques (BRSD), permettant l'obtention des briques ayant des caractéristiques physiques et mécaniques meilleures.
- Le sable de dunes présente une granulométrie très serrée ce qui influe sur la compacité, par conséquent sur la résistance mécanique, pour parer à cette anomalie une correction par l'ajout de produits fins peut présenter une solution tel que (filler de calcaire, fumées de silice, cendre volante...).
- Ne pas utiliser les déchets de gravier seul doit être corrigé l'autre matériau.
- Nous recommandons également de faire la même étude, mais en changeant le milieu de conservation ou en les comparant.
- 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 des briques tout en gardant les propriétés thermiques assez bonnes.

## Références Bibliographiques

- [1] DJOUHRI M. « confection d'une brique à base de sable de dunes» Mémoire de magister Génie Civil, Université Kasdi Merbah Ouargla 2007.
- [2] MEKHERMECHE A. « Etude thermique des briques en terre destinées aux constructions en zone sahariennes »Thèse doctorat, Université Kasdi Merbah Ouargla 2017.
- [3] RHONE A. ; « Le pisé » [www.ageden.org](http://www.ageden.org), Edition Décembre2010.
- [4] BAIKER MOHAMED CHERIF.MEMOIRE 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» Mémoire de master Génie Civil ,Université Kasdi Merbah Ouargla 2016.
- [5] Fiche technique Qualiremo, « La terre crue », « [www. tkTerreCrue.html](http://www.tkTerreCrue.html). », Avril 2008
- [6]MAKRI M., « Projet GE12 Construction en terre » Technologie Compiègne, 2010
- [7] CRA Terre EAG « Bloc de terre comprimée volume I »Manuel de production.
- [8] RHONE A. « Le pisé » [www.ageden.org](http://www.ageden.org), Edition Décembre2010.
- [9] CRATerre, P. DOAT, .et AL, Construire en Terre, Edition Alternative Paris, 1983.
- [10]CRA Terre « Blocs de terre comprimée normes » Série Technologies
- [11] HAKKOUM S. «Etude de caractéristiques thermiques et mécaniques des briques en terre cuite traditionnelles dans les régions de la wilaya Ouargla» Mémoire de magister Génie Civil, Université Kasdi Merbah Ouargla 2015.
- [12]CHIB H. «Contribution à l'Etude des Propriétés Thermo- Mécaniques des Briques en Terre Confectionnée par des Fibres Végétale Locale. (Cas de la ville d'Ouargla) » Thèse doctorat, Université Kasdi Merbah Ouargla 2017.
- [13] DREUX G., FESTA J. "Nouveau guide du béton et ses constituants" Edition Eyrolles, Huitième Edition, Mai 1998.
- [14][https://www.univsetif.dz/facultes/ft/externe/departements/gc/chapitre\\_les%20granulats.pdf](https://www.univsetif.dz/facultes/ft/externe/departements/gc/chapitre_les%20granulats.pdf).

- [15] MAZA MEKKI. «Analyse des propriétés physiques et mécaniques du mortier à base de sable mixte (sable de dune et sable concassé) » Thèse doctorat, université mohamed boudiaf - m'sila2016.
- [16] DAD Celia. «Etude comparative de l'utilisation du sable de dune en substitution du sable de rivière : cas des mortiers normalisés» Mémoire de master Génie Civil, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou 2019
- [17]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.
- [18] Taallah Bachir. «Etude du comportement physico-mecanique du bloc de terre comprimée avec fibres» thèse doctorat, université mohamed khider biskra 2014.
- [19] DIAF O. « Valorisation de la brique de terre comprimée et stabilisée par du ciment et de la chaux» Mémoire de master Génie Civil, Université Mohamed Boudiaf Msila 2018.
- [20] Mahamat S. (2010). Etude comparative entre l'amélioration des briques en terre comprimée Stabilisée par le ciment et la chaux éteinte.
- [21] IZEMMOUREN O. «Effet des ajouts minéraux sur la durabilité des briques de terre comprimée» Thèse doctorat, Université Mohamed Khider Biskra 2016.
- [22] DUPAIN. R, LANCHON. R, J. C. SAINT ARROMAN "granulats, sols, ciments et bétons – caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de.
- [23] BELHOCINE A, NAGOUDI N. «Etude expérimentale d'un mortier avec ajouts minéraux »Mémoire de master Génie Civil, Université Kasdi Merbah Ouargla 2014.
- [24] fiche technique .[www.lafarge.dz](http://www.lafarge.dz).
- [25] BELFERRAG A. «Valorisation des fibres métalliques issues des déchets pneumatiques dans les bétons de sable de dunes» Mémoire de magister Génie Civil, Université Kasdi Merbah Ouargla 2006.