

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 d'hydraulique

C:.....  
R:.....

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

Master, Filière : Génie civil

Spécialité : Structure

**Thème**

L'influence de l'ajout de sable concassé sur les caractéristiques physico-mécaniques des briques à base de sable de dunes

**Présenté par :**

MADANI Ahlem  
BELKHIR Nour elhouda

**Soumis au jury composé de :**

MAOUCHE H.	MCB	UKM. OUARGLA	Présidente
MEZIANI N.	MAA	UKM. OUARGLA	Examineur
DJOUHRI M.	MCB	UKM. OUARGLA	Encadreur

*Année Universitaire : 2019 / 2020*

## *Dédicace*

*À cœur vaillant rien d'impossible*

*À conscience tranquille tout est accessible  
Quand il y a la soif d'apprendre*

*Tout vient à point à qui sait attendre Quand  
il y a le souci de réaliser un dessein*

*Tout devient facile pour arriver à nos fins  
Malgré les obstacles qui s'opposent*

*En dépit des difficultés qui  
s'interposent Les études sont avant tout*

*Notre unique et seul atout  
Ils représentent la lumière de notre existence*

*L'étoile brillante de notre réjouissance  
Comme un vol de gerfauts hors du charnier natal*

*Nous partons ivres d'un rêve héroïque et brutal  
Espérant des lendemains épiques*

*Un avenir glorieux et magique*

*Souhaitant que le fruit de nos efforts fournis  
Jour et nuit, nous mènera vers le bonheur fleuri.*

*Je dédie ce travail à...*

*Par ce travail je rends hommage aux âmes de mes chers parents.*

*A mon cher mari pour son soutien et ses encouragements.  
Sans son aide, ses conseils et ses encouragements ce travail n'aurait pas vu le jour avec un tel investissement.*

*Mes deux filles qui étaient ma force et ma source d'inspiration*

*Ma très chère sœur Nadia qui m'a soutenue tout au long de l'année pour bien accomplir ce travail malgré la grande distance qui nous sépare.*

*Mon très cher beau frère Samir pour son suivi et son soutien.*

*Tous mes frères et sœurs, ainsi que leurs familles .*

**MADANI AHLEM**

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents ma mère et mon père pour leur  
patience, leur amour, leur soutien et leur  
encouragements.*

*A mes frères et mes sœurs et toute ma famille.*

*A mes ami (e)s et collègues.*

*Sans oublier tous les professeurs que ce soit du  
primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement  
supérieur. À tous ceux qui ont contribué de près ou de  
loin pour que ce travail soit possible.*

***BELKHIR Nour elhouða***

## Remerciement

Nous tenons à remercier vivement notre encadreur le docteur DJOUHRI Mohamed, pour sa grande disponibilité, son engagement , son soutien , ses précieux conseils qui nous ont été d'une grande utilité et la pertinence de ses remarques dans la construction de ce travail de recherche.

Nous remercions également :

- tous nos enseignants, en particulier MONSIEUR DAHMANI Saci
- Les membres du jury d'avoir accepté d'examiner et évaluer ce travail.
- l'équipe de laboratoire de Génie civil au département de génie civil, faculté des sciences et science de l'ingénieur université d'Ouargla, et l'équipe de laboratoire de LTPS qui ont accepté de nous aider et nous faire partager leur expérience.
- Nos familles pour leurs encouragements, les étudiants de notre promotion et toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à nos recherches et à l'élaboration de ce mémoire.

# Sommaire

Dédicace	
Remerciement	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des tableaux	
Introduction Générale	1
<b>Chapitre I : Recherche bibliographique</b>	
I. Introduction	3
I.2. Brique	3
I.2.1. Définition de la Brique	3
I.2.2. Brique de terre crue	4
I.2.3 Composition de la brique de terre crue	4
I.2.4 Les techniques de brique en terre crue	4
I.3. Le sable	6
I.3.1 Différents types de sable utilisées	6
I.3.1.1 Sable de dune	6
I.4. Sable concassé	7
I.4.1. Les types de sable concassé	7
I.4.1.1. sable concassé naturel	7
I.4.1. 2. Sable concassé artificiel	8
I.5 Le ciment	9
I.5.1 les constituants principaux	9
I.5.2 Les différents types de ciment	10
I.5.3 Les classe du ciment	10
I.6 La chaux	11

I.6.1 Les types de chaux	11
I.6.2 Caractéristiques de la chaux	12
I. 7. Conclusions	13
<b>Chapitre II : Caractéristiques des matériaux</b>	
II.1 Introduction	14
II.2 Les granulats	14
II.2.1 Sable concassé	14
II.2.2 Sable de dune	14
II.3. Les caractéristiques des matériaux	14
II .3.1. La masse volumique.	16
II.3. 2. Analyse granulométrique.	17
II.3.3. Module de finesse.	19
II.3.4. Equivalent de sable.	20
II.3.5. Analyse chimique	22
II.4 Liants hydrauliques	22
II.4.1 Ciment	22
II.4.1.1 Les caractéristiques chimiques de ciment	23
II.4.1.2 Les caractéristiques physiques de ciment	23
II.4.2 La chaux	23
II.5 .Eau de gâchage	23
II.6 .Conclusion	24
<b>Chapitre III : Formulation et confection de brique</b>	
III. 1 Introduction	25
III.2 .Formulation de la brique	25
III.3 Essai de maniabilité	25
III.4.Confection des éprouvettes	28
III.5 conclusion	32
<b>Chapitre IV : Résultats et discussion</b>	
IV.1 Introduction	33
IV.2 Les essais physiques	34

IV.2.1 La masse volumique	34
IV.2.2 L'essai d'ultrasonique	36
IV.3 Les essais mécanique	39
IV.3.1 Résistance à la traction par flexion	39
IV.3.2 Résistance à la compression	41
IV.4 conclusion	45
Conclusion Générale	46
Référence bibliographie	48

# LISTE DES FIGURES

## Chapitre I : Recherche bibliographique

Figure I.1	Adobe	4
Figure I.2	Pisé	5
Figure I.3	Brique de terre comprimée (BTC)	5
Figure I.4	Constituant de ciment	9
Figure I.5	Cycle de la chaux	12

## Chapitre II : Caractéristiques des matériaux

Figure II.1	Courbe d'analyse granulométrique du sable concassée	18
Figure II.2	Courbe d'analyse granulométrique du sable de dune	19
Figure II.3	Essai équivalent de sable	21

## Chapitre III : Formulation et confection des éprouvettes

Figure III .1	Principe de fonctionnement du Maniabilimètre LCI	26
Figure III .2	Maniabilimètre	27

## Chapitre IV : Résultats et discussion

Figure IV.1	La masse volumique en fonction de temps.	34
Figure IV.2	Evaluation de la masse volumique.	34
Figure IV.3	Dessin qui montre le principe de l'essai.	36
Figure IV.4	la vitesse des ondes ultrasonores en fonction de temps.	37
Figure IV.5	Evaluation de la vitesse des ondes ultrason.	38
Figure IV.6	Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 points).	39
Figure IV.7	Evaluation de résistance à la traction par flexion	40
Figure IV.8	Dispositif pour l'essai de compression.	41
Figure IV.9	Evaluation de résistance à la compression.	42

# LISTE DES PHOTOS

## Chapitre I Recherche bibliographique

Photo I.1	Brique de terre crue	4
Photo I.2	Adoube	4
Photo I.3	Pisé	5
Photo I.4	Brique de terre comprimée (BTC)	5
Photo I.5	Sable de dune	6
Photo I.6	concasseur des agrégats	8

## Chapitre II Caractéristiques des matériaux

Photo II.1 1	La masse volumique apparente du sable concassée	17
Photo II.21	La masse volumique apparente du sable de dune	17
Photo II.31	La masse volumique absolue du sable concassée	17
Photo II.4	Equivalent du sable de dune	22

## Chapitre III Formulation et confection des éprouvettes

Photo III.1	Essai de maniabilité.	26
Photo III.2	Sable de dune.	29
Photo III.3	Sable concassée.	29
Photo III.4	Ciment.	29
Photo III.5	Chaux.	29
Photo III.6	Malaxage électrique.	30
Photo III.7	Coulage de la mole.	30
Photo III.8	Table vibrante.	30
Photo III.9	Arasement.	31
Photo III.10	Les éprouvettes après le démoulage	31
PhotoIII-11	Les éprouvettes après le 183j	31

## Chapitre IV Résultats et discussion

Photo IV.1	La masse volumique	36
Photo IV.2	Appareil Ultrason	37
Photo IV.3	Avant l'écrasement.	43
Photo IV.4	Après l'écrasement	43



# LISTE DES TABLEAUX

## Chapitre I Recherche bibliographique

Tableau I.1	les caractéristiques des briques de terre crue	5
Tableau I.2	différents types des ciments courants normalisés par la norme NF P 15_301.	10
Tableau I.3	les classes du ciment selon la norme NF EN 196-1	11

## Chapitre II Caractéristiques des matériaux

Tableau II.1	Résultats de la masse volumique du sable concassée et du sable de dune	16
Tableau II.2	Résultats d'analyse granulométrique du sable concassée	18
Tableau II.3	Résultats d'analyse granulométrique du sable de dune	19
Tableau II.4	Les valeurs de module de finesse du sable	20
Tableau II.5	Qualité du sable selon les valeurs d'équivalent de sable	21
Tableau II.6	Les résultats d'équivalent de sable de dune	21
Tableau II.7	Résultats d'Analyse chimique du sable concassée et du sable de dune	22
Tableau II.8	L'analyse chimique du ciment	23
Tableau II.9	Caractéristique physico-mécanique du ciment	23

## Chapitre III Formulation et confection de brique

Tableau III.1	Les compositions de la brique	25
Tableau III.2	Type de mortier selon le temps de maniabilité	28
Tableau III.3	Les résultats de l'essai de maniabilité	28

## Chapitre IV Résultats et discussion

Tableau IV.1	Résultat de la masse volumique	34
Tableau IV.2	La vitesse de son pour les quatre compositions (m/s).	37
Tableau IV.3	Résultat d'essai de traction par flexion	40
Tableau IV.4	Résultat d'essai de la compression	42

## Résumé

Le sable des dunes algériennes est un matériau d'une grande disponibilité en Algérie. Ce matériau est pratiquement non exploité, malgré les éventuelles caractéristiques qu'il peut présenter. L'utilisation de ce nouveau matériau dans le secteur de la construction, peut soulager d'avantage le domaine d'habitat, et contribuer au développement des régions du sud algérien, très riches en sable de dune. Le présent travail a pour ambition d'étudier les caractéristiques physico-mécaniques des briques à base de sable de dunes et sable concassé et de voir l'influence du sable de dune sur l'aspect technique et économique du brique .

**Mots clés :** brique, sable de dunes, sable concassé, formulation, résistance mécaniques.

## الملخص

ان الكثبان الرملية مادة منتشرة في الجزائر. حيث انها غير مستغلة عمليا ، على الرغم من الخصائص المحتملة التي يمكن أن تقدمها. يمكن أن يؤدي استخدام هذه المادة الجديدة في قطاع البناء إلى تسهيل منطقة المواصل والمساهمة في تنمية مناطق جنوب الجزائر الغنية جدًا بالكثبان الرملية

يهدف هذا العمل إلى دراسة الخصائص الفيزيائية الميكانيكية للطوب المصنوع من الكثبان الرملية والرمل المسحوق. ومعرفة تأثير الكثبان الرملية على الجانب الفني والاقتصادي للطوب

الكلمات المفتاحية: الطوب, الكثبان الرملية, الرمل المكسور, التركيبية, المقاومة الميكانيكية

## Abstract

The sand of the Algerian dunes is a widely available material in Algeria. This material is practically untapped, despite the possible characteristics that it can present. The use of this new material in the construction sector can further ease the habitat area and contribute to the development of the regions of southern Algeria, very rich in sand dune. This work aims to study the physico-mechanical characteristics of bricks made from dune sand and crushed sand and to see the influence of dune sand on the technical and economic aspect of the brick .

**Keywords:** Brick, dune sand, crushed sand, formulation, mechanical resistance

## INTRODUCTION GENERALE

En Algérie, Les organismes de contrôle de la qualité du béton de structure exigent à ce que les agrégats sont constitués à partir des sables alluvionnaires ou de carrière et du gravier concassé ; tous ces facteurs incitent les acteurs du secteur du génie civil à rechercher la valorisation d'autres matériaux locaux de substitution qui soient aptes à fournir, si possible, des bétons de qualité équivalente aux bétons ordinaires. Le sud Algérien dispose des réserves naturelles importantes renouvelables en sable de dune, caractérisé par une granulométrie fine mais de composition chimique et minéralogique riche en silicium malgré l'abondance ce matériau reste inconnu. Le sable de dune de l'erg occidental occupe 6% de la surface du Sahara Algérien.

Certaines de ses caractéristiques physico-chimiques laissent penser qu'il pourrait être adopté en tant que matériau de construction : indice de propreté élevé et absence dans sa composition de matières organiques et autres matières indésirables telles que les sulfates, sulfures ou carbonates. Les ressources en granulats sont rares dans la majorité des régions, ceci nous encourage à chercher des techniques permettant de valoriser des matériaux disponibles localement, et de les utiliser dans les différents domaines de construction, d'où l'intérêt tant économique qu'écologique que pourrait présenter l'utilisation de sable de dunes pour la formulation des briques dont il serait le constituant principal.

Notre présente étude s'inscrit dans cette politique de valorisation du sable de dune de Sidi Khouiled Son exploitation en génie civil présente un grand intérêt économique et environnemental pour l'Algérie La hausse de la demande du sable de construction dans ce pays et l'incapacité des carrières locales à fournir du sable fin de granulométrie.

L'objectif essentiel de cette étude est d'évaluer expérimentalement l'influence et les effets des sables de dune et sable concassé sur les caractéristiques physico-mécaniques, et de la durabilité du brique.

Dans ce travail de recherche, nous avons réalisé des sables mixtes en substituant une partie du sable de dune par sable concassé avec différent pourcentage pour améliorer la granularité du sable de dune et augmenter la cohésion du sable mixte et améliorer l'adhérence pâte ciment granulats ainsi les caractéristique physico mécanique du brique et d'évaluer expérimentalement l'influence et les effets des sables de dune et sable concassé sur les caractéristiques physico-mécaniques, et de la durabilité du brique .

Objectif de l'étude :

1. Amélioration des caractéristiques mécaniques et physiques du brique par les différentes ajouts (sable concassée, sable de dunes), l'ajout du sable concassée au sable de dune améliore la granulométrie, la cohésion, baisse de porosité entre les grains et augmentation de l'adhérence pate ciment –grains baisse le rapport E/C ainsi la maniabilité et la résistance mécanique du brique sont améliorés.
2. Contribution à la préservation de l'environnement par recyclages des déchets industriels comme les déchets du gravier générée par le traitement gravier dans les carrières.

Organisation du mémoire :

Le contenu du mémoire englobe les chapitres suivants :

Au cours de cette étude, quatre chapitres constituent le mémoire.

\*Le premier chapitre consiste de recherche bibliographique traite les différents matériaux constituant la brique.

\*Le deuxième chapitre est basé sur l'étude des caractéristiques des matériaux utilisés dans la brique.

\*le troisième chapitre, est consacré à la formulation de la brique à base de sable de dunes.

\*le quatrième chapitre, l'interprétation des résultats des essais.

# **CHAPITRE I : Recherche Bibliographique**

## **I. 1 Introduction**

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

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

Ensuite, des généralisations sur l'isolation ont été présentées, y compris la définition de l'isolation thermique et les différents types de transfert de chaleur et de confort thermique.

## **I.2 Brique**

La brique est un matériau de construction on trouve dans sa composition ces constituants le sable concassé et le sable de dunes sont stabilisés avec des liants hydrauliques tels que le ciment et la chaux, ils tendent à améliorer sa résistance mécanique surtout quand il s'agit dès le cas d'une structure spécifiques. Toutefois, notre objectif est d'améliorer les caractéristiques physico-mécaniques et l'influence de ces matériaux sur la composition de la brique.

Ce chapitre consiste de recherches bibliographiques traite les différents matériaux constituants.

### **I.2.1 Définition de la Brique**

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 [01].

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.)

Dans ce chapitre, nous allons exposer les étapes de progression de la technologie de confection des différentes briques [02].

## I.2 .2 Brique de terre crue

Construction en terre crue a évolué au cours des siècles, les techniques se sont diversifiées suivant les époques et les régions. La terre crue constitue encore actuellement dans le monde, le matériau de base pour la réalisation d'une grande partie des habitations [03].

La terre crue est un matériau minéral granulaire [04], La terre crue demande un savoir-faire particulier que ce soit dans sa mise en œuvre que dans le choix d'utilisation des techniques. La terre ne se prête pas à tous les usages, et comme pour tout matériau, son utilisation doit être réfléchi et adaptée à l'usage qui sera fait du bâtiment [05].

### I.2.3. Composition de la brique de terre crue :

Elle est composée de terre non végétale, comprenant du gravier, du sable et des éléments fins (limons, argiles à 20 ou 30 %), à laquelle est ajoutée un agrégat liant (ciment ou chaux) [06].



Photo I.1 Brique de terre crue [07]

## I.2.4 Les techniques de brique en terre crue

### a. L'adobe

L'adobe est une technique de construction porteuse en appareillage maçonné extrêmement ancienne et très répandue dans le monde. [03]

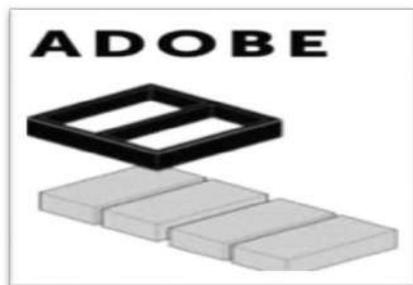


Figure I.1 Adobe [08]



photo I.2 Adobe [03]

**b. Le pisé** Le pisé est une technique de construction porteuse monolithique coffrée, pratiquée dès l'antiquité [03].



Figure I.2 Pisé [08]



Photo I.3 Pisé [03]

**c. Les blocs de terre comprimée (BTC)**

Les blocs de terre comprimée (BTC) sont fabriqués dans des presses manuelles ou mécanisées avec de la terre humide et pulvérulente. [03]

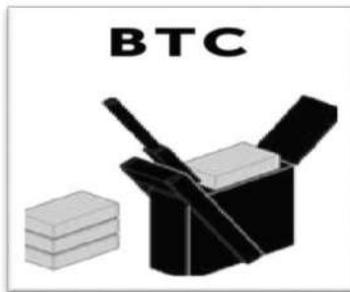


Figure I.3 BTC [08]



Photo I.4 BTC [03]

Tableau I.1 Caractéristiques des briques crue existant [09]

Caractéristiques	Type de brique de terre crue		
	Adoube	Pisé	BTC
Masse volumique Kg / m <sup>3</sup>	1200-1700	1700-2200	1700-2200
Résistance à la compression MPA	2.10 <sup>-3</sup> 5.10 <sup>-3</sup>	<2.4	<2.4
Conductivité thermique λ (W/m. °C)	0.46-0.81	0.81-0.93	0.81-1.04
Absorption d'eau%	5	10-20	10-20
Isolation acoustique dB	-	50 dB pour 40 cm 40dB pour 20cm	50dB pour 40cm 40dB pour 20cm
Retrait au séchage mm/m	1	1-2	0.2-1

### I.3 Le sable

Le sable est un matériau granulaire constitué de petites particules provenant de la désagrégation d'autres roches.

#### I.3.1 Différents types de sable utilisés

Les sables se différencient par un grand nombre de paramètres et on peut distinguer les deux types de sables : sable de dune et sable concassé.

##### I.3.1.1 Sable de dunes

Le sable de dunes est le résultat d'une érosion et d'une sédimentation de différentes roches suivies d'un transport fluviatile et parfois éolien. [10]



Photo I.5 Sable de dune [11]

#### a. Type de dunes

**1. les avant-dunes (fore dune en anglais)**, qui sont des bourrelets plus ou moins fixés par la végétation (oyats par exemple), parallèles au trait de côte et solidaire de la plage, c'est-à-dire échangeant du sable avec elle, dans un même système sédimentaire. Elle est différente d'une ancienne arrière dune en cours d'érosion, et d'une dune formée par du sable venant de terre sur un secteur où une avant-dune active ne pourrait pas se former. En Espagne et en Tunisie, ces avant-dunes sont systématiquement considérées comme faisant partie du domaine public maritime, ce qui facilite leur protection. L'avant-dune se forme à partir de fixation du sable en haut de plage, par des plantes pionnières spasmophiles,

**2. les falaises dunaires (dune cliffe en anglais)** est plutôt un profil résultant de l'érosion marine d'une dune ancienne fixée par une pelouse ou un boisement qui ont été à l'origine de la formation d'une couche d'humus ou de sol sableux.

**3. les dunes perchées (cliffe-top dune en anglais)** apparaissent au sommet d'une falaise vive. Elles sont alimentées en sable par le vent à partir de l'estran, voire à partir du profil de pente, quand il s'agit d'une falaise dunaire.

**4. les cordons dunaires artificiels** sont construits par l'homme, généralement comme élément de protection contre la mer ou d'une zone cultivée et/ou construite. Ils nécessitent un entretien permanent, sans lequel ils se désintègrent en quelques décennies. Certains cordons sont ainsi semi-naturels (ex : avant-dunes plus ou moins dégradées rectifiées par des engins et fixées par des oyats à Sangatte dans le Nord de la France). [12]

#### **b. Les formes de sable de dune**

Il existe trois formes :

- La forme la plus commune sur la Terre (et sur Mars) des dunes est celle en demi-lune, aussi appelée transversale ou barkhane en forme de croissant. Les collines en demi-lune sont, généralement, plus larges que courtes Elle naît là où l'apport de sable est faible et sous des vents unidirectionnels.
- La dune parabolique est en forme de U. Elles sont typiques des déserts côtiers. La plus longue dune en parabole connue mesure 12 kilomètres. Ce type de dune se forme quand, aux extrémités d'une formation sableuse, commence à apparaître de la végétation qui en arrête la progression, tandis que la partie centrale continue à avancer. Elles se forment quand le vent ne souffle que dans une seule direction dominante.
- Les siouf ou SIF, dunes en forme de sabre, sont des ondulations longitudinales s'amincissant vers une extrémité. [12]

#### **I.4 Le Sable concassé**

La source de sable concassé est une carrière. Il est fabriqué par concassage de roches.[13] . L'utilisation de sable de carrière est déterminée par sa granulométrie et ses caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques. En générale, il s'utilise pour des applications liées au ciment, par exemple du béton.[14]

##### **I.4.1 Les types de sable concassé**

###### **I.4.1 .1. sable concassé naturel**

Le sable concassé naturel est concassage des roches naturelles.

### Types de sable concassé naturel

- Maerl
- Sable de mer Traez
- Sable Granit
- Sable de Grés
- Sable Pouzzolane
- Sable Quartz
- Sable Schiste
- Amphibolite
- Sable primaire déclassé [15]

#### I.4.1 .2. Sable concassé artificiel

Ce type est comme le recyclage des déchets de béton d'une brique ou d'un bâtiment détruit, etc, et utilisé à nouveau pour la construction.

#### Le produit et ses applications

Les sables de concassage se composent de la fraction fine de granulats provenant du concassage et du criblage de pierres et de roches naturelles. Leurs dimensions se situent entre 0. et 6 mm. Le taux de particules inférieures à 63 microns présentes dans les sables est fonction du processus de fabrication. Des taux particulièrement bas conviennent mieux à certaines applications alors que d'autres demandent un minimum de fines particules. Les sables de concassage sont disponibles dans les carrières (calcaire, gré et porphyre). L'utilisation des sables est déterminée par la dimension des grains et les caractéristiques intrinsèques (mécaniques et chimiques) de la roche dont ils proviennent. En règle générale, ils s'utilisent pour des sous-fondations et fondations, dans des applications liées au ciment, par exemple du béton. [16]



Photo I.6 Concasseur des agrégats [16]

## I.5 Le ciment

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 fine 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. (Festa Jean et Dreux Georges, 2007)[17]

### I.5.1 les constituants principaux

Les ciments courants ont pour constituant le clinker, auquel il peut être ajouté suivant leur type : (Festa Jean et Dreux Georges, 2007).

- Calcaire.
- Laitier de haut fourneau.
- Cendres volantes.
- Fines calcaires.
- Pouzzolane naturelle.
- Schistes calcinés.
- Fumées de silice.



Figure I.4 Les constituants de ciment [18]

### I.5.2 Les différents types de ciment

Tableau I.2 différents types des ciments courants normalisés par la norme NF P 15\_301 [17]

Désignation	Type de ciment	Clinker %	Ajouts et teneurs en %	Matière secondaire
CEM I	Ciment portland	95 à 100 %		
CEM II /A CEM II /B	Ciment portland composé	80 à 94 % 65 à 79 %	L'un des Ajouts - 6 à 20 % - 21 à 35 %	
CEM III/A CEM III/B CEM III/C	Ciment de haut fourneau	35 à 64 % 20 à 34 % 5 à 19 %	- 35 à 65 % Laitier 0 à - 66 5% - 81 à 95 %	
CEM IV/A CEM IV/B	Ciment pouzzolanique	65 à 90 % 45 à 64 %	Pouzzolane, - 10 à 35 % cendre ou fumée silice - 36 à 55%	
CEM V/ A CEM V/ B	Ciment au laitier et aux cendres	40 à 64 % 20 à 39 %	Laitier - 18 à 30 % et cendre - 31 à 50 %	

### I.5.3 Les classe du ciment :

En plus des valeurs caractéristiques des classes de résistance, la norme prévoit le respect de valeurs limites de résistance à la compression applicables à chaque résultat d'essai. Ces résistances sont mesurées sur « mortier normal » selon la norme NF EN 196-1. [17]

Tableau I.3 les classes du ciment selon la norme NF EN 196-1

Valeurs limites de résistance à la compression		
Classe de résistance	Résistances minimales absolues en MPa	
	2 jours	28jours
32,5 N	–	$\geq 32.5$
32,5 R	$\geq 13.5$	$\geq 32.5$
42,5 N	$\geq 12.5$	$\geq 42.5$
42,5 R	$\geq 20$	$\geq 42.5$
52,5 N	$\geq 20$	$\geq 30$
52,5 R	$\geq 30$	$\geq 30$

## I.6 La chaux

Le calcaire est une pierre d'origine naturelle comportant des niveaux élevés de carbonates de calcium et/ou de magnésium. Le terme « chaux » désigne les produits dérivés du calcaire, notamment la chaux vive, la chaux éteinte et la chaux hydraulique. 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 [17].

### I.6.1 Les types de chaux

- 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.

- 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).

- 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).

- 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. (Mahamat S, 2010). [17]

### I.6.2 Caractéristiques de la chaux

La chaux est un liant naturel et écologique. Elle offre des avantages tel que :

- Un pouvoir assainissant et désinfectant
- Une esthétique que l'on peut obtenir avec un autre liant ;
- Une participation à la respiration de l'ouvrage ;
- Une élasticité ;
- Une absorption des CO<sub>2</sub> lors de la carbonisation.(Mahamat S, 2010)[17]

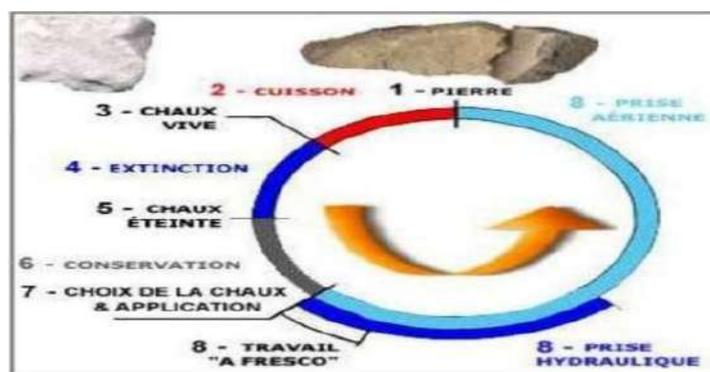


Figure I.5 Cycle de la chaux[19]

## **I.7. Conclusions**

A travers cette étude bibliographique, Nous avons présenté une synthèse en premier lieu sur des généralités sur le sable de dunes sont abordée et son exploitation dans les différents domaines de la construction, aussi le recycle de déchet comme les déchets de gravier concassée. ainsi que des généralités sur les briques crue existantes, les caractéristiques les plus importantes.

Nous avons également essayé de recueillir le maximum des études effectués, sur l'ajout de ciment et/ou de chaux comme stabilisant pour le sable dans la confection des briques à base de sable des dunes.

## **CHAPITRE II : CARACTERISTIQUE DES MATERIAUX**

## II.1 Introduction

La qualité de brique en terre crue est liée aux caractéristiques de ses constituants, dans ce chapitre nous allons étudier les caractéristiques physiques, chimiques et mécaniques des différents matériaux utilisés dans la composition des briques.

Les essais sont effectués dans différents laboratoires :

- Laboratoire L.T.P .S d'Ouargla
- Laboratoire LNHC Ouargla.
- Laboratoire de Génie Civil Universitaire Kasdi Merbah Ouargla

## II.2 Les granulats

### II.2.1 Sable concassé

La source du sable concassé est la carrière, où il peut broyer des roches naturelles ou recycler des déchets de construction en les concassant, comme dans notre cas, nous avons utilisé des déchets de gravier ses fraction (1.25-0.63-0.08).

### II.2.2 Sable de dunes

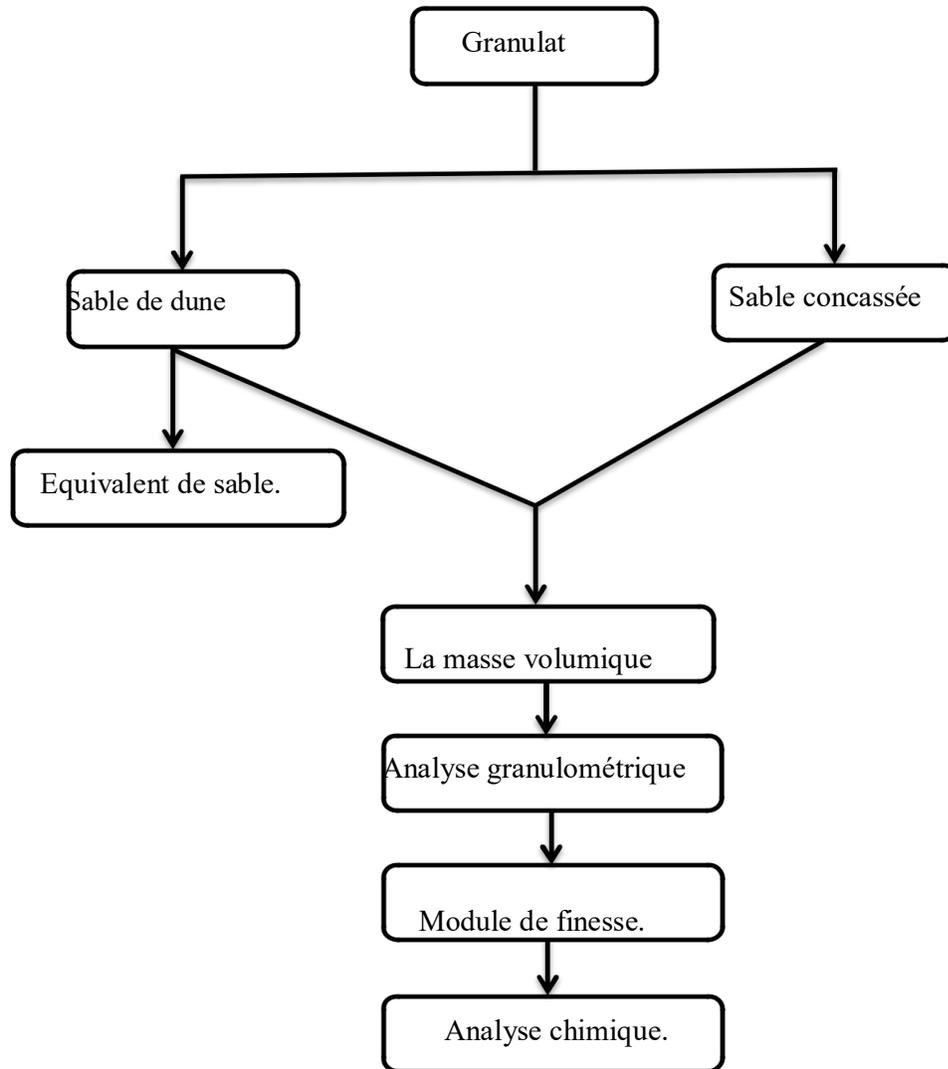
Le sable de dunes est le résultat d'une érosion et d'une sédimentation de différentes roches suivies d'un transport fluvial et parfois éolien, dans notre cas on a pris nos échantillons d'ergs de la commune de SIDI KHOUILED.

## II.3 Les caractéristique des matériaux

Nous avons fait les essais suivants :

- ✓ La masse volumique.
- ✓ Analyse granulométrique.
- ✓ Module de finesse.
- ✓ Equivalent de sable.
- ✓ Analyse chimique.

## \* Organigramme des caractéristiques des matériaux



### II. 3 .1.Masses volumiques

#### II.3.1.a .Masse volumique apparente NFP 18-554

La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules. [16].

$$\rho_a = M/V$$

$\rho_a$ : Masse volumique apparente g/ cm<sup>3</sup>.

$M_a$ : Masse totale de l'échantillon.

V : Volume total de l'échantillon.

#### II.3.1. b .Masse volumique absolue

Cet essai est régi par la norme NFP 18-301, elle est définie comme étant la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat sans tenir compte des vides pouvant exister entre les grains.[23]

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_1 - V_2}$$

$\rho_s$ : Masse volumique absolue g/ cm<sup>3</sup>.

$M_s$  : Masse des grains solides.

$V_1$  : Volume de l'eau.

$V_2$  : Volume total (grains + vide).

Tableau II.1 Résultats de la masse volumique.

	Masse volumique Apparente (g/cm <sup>3</sup> )	Masse volumique Absolue (g/cm <sup>3</sup> )
Sable concassée	1,449	2 ,777
Sable de dune	1.447	2.501



Photo II.1 La masse volumique apparente du sable concassé



Photo II.2 La masse volumique Apparente du sable de dune

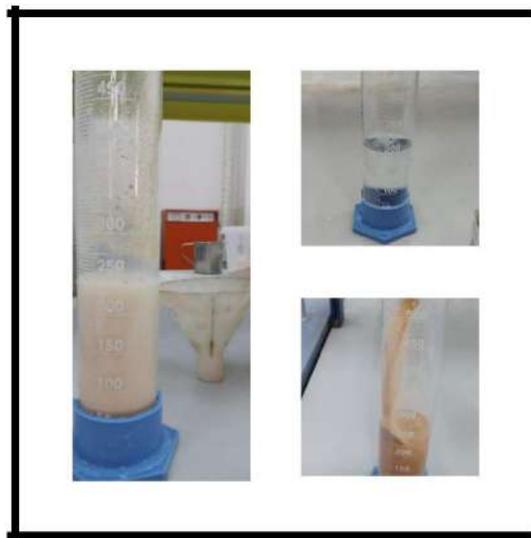


Photo II.3 La masse volumique absolue de sable concassé

### II.3. 2. Analyse granulométrique (NF P18-560)

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondérés respectifs des différentes familles des grains constituant l'échantillon. Cet essai est défini par la norme (NF P18-560).

#### ❖ **But de l'essai**

Le but de l'analyse granulométrique est de classer et exprimer les poids des particules constituant un échantillon de sol en fonction des diamètres de ces particules.

### ❖ Principe d'essai

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les dimensions de mailles et le nombre des tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue. Les masses des différents refus ou celles des différents tamisats sont rapportées à la masse initiale du matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique (courbe granulométrique) [N.F, 1990]. En utilisant généralement les tamis 0.08, 0.160, 0.315, 0.63, 1.25, 2.5 et 5mm.[24]

➤ Pour sable concassé

Tableau II.2 Résultats d'analyse granulométrique du sable concassé (1000g).

Tamis (mm)	Refus (g)	Refus cumulés (g)	Poids refus cumules (%)	Tamisât (%)
5	0,00	0,00	0,00	100,00
2,5	0,00	0,00	0,00	100,00
1,25	100,00	100,00	10,00	90,00
0,63	232,90	332,90	33,29	66,71
0,315	204,10	537,00	53,70	46,30
0,16	233,70	770,70	77,07	22,93
0,08	194,30	965,00	96,50	3,50

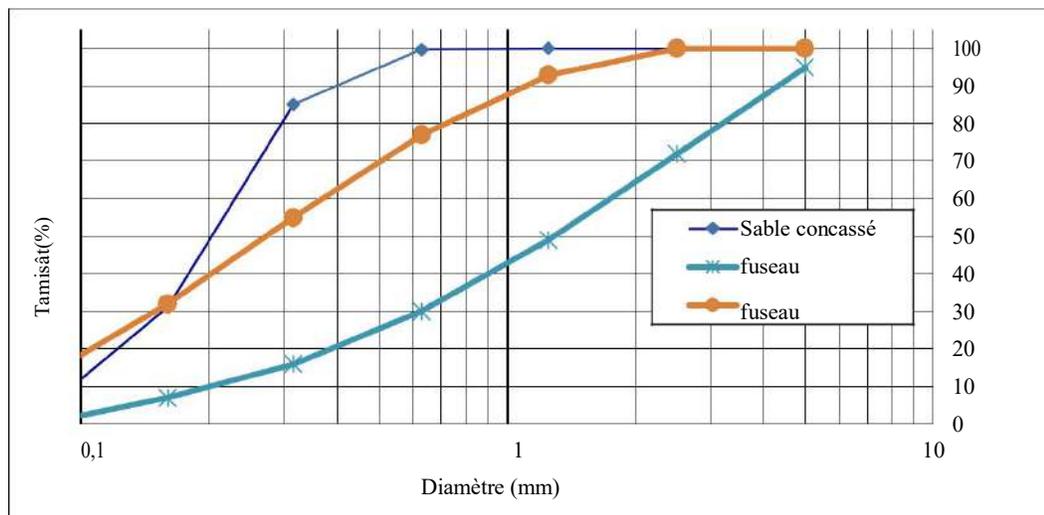


Figure II.1 Courbe d'analyse granulométrique du sable concassé.

➤ Pour sable de dunes

Tableau II.3 Résultats d'analyse granulométrique du sable de dunes (300g)

Tamis (mm)	Refus (g)	Refus cumulés (g)	Poids refus cumulés (%)	Tamisât (%)
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

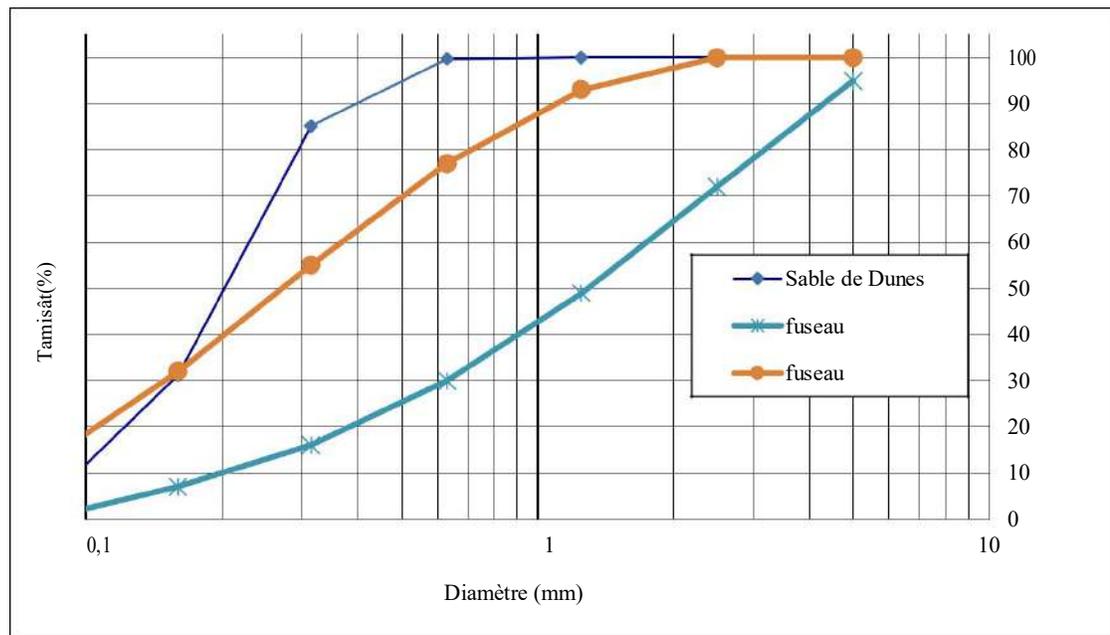


Figure. II.2 Courbe d'analyse granulométrique du sable de dunes

### II.3.3. Modules de finesse (NF P18 304)

Les sables doivent présenter une granulométrie telle que les éléments fins ne soient ni en excès, ni en trop faible proportion s'il y a trop de grains fins il sera nécessaire d'augmenter le dosage en eau du béton tandis que si le sable est trop gros, la plasticité du mélange sera insuffisante et rendre la mise en place difficile. Le caractère plus ou moins fin d'un sable peut être quantifié par le calcul du module de finesse (Mf). Celui-ci correspond à la somme de pourcentages des refus cumulés, ramenés à l'unité

$$Mf = \sum RC / 100 \text{ (II.1)}$$

RC : refus cumulé en (%) sous les tamis de module 0.08 à 5.

Lorsque Mf est comprise entre

- 1.8 et 2.2 : le sable est à majorité de grains fins, c'est le fuseau B.
- 2.2 et 2.8 : on est en présence d'un sable préférentiel, c'est le fuseau A.
- 2.8 et 3.3 : le sable est un peu grossier, c'est le fuseau C, Il donnera des bétons résistants mais moins maniables en excès, ni en trop faible proportion. S'il y a trop de grains fins, il sera nécessaire.[23]

Tableau II.4 Les valeurs de module de finesse du sable

Nature de sable	Modules de finesse (Mf)
Sable concassée	1.640
Sable de dune	0.839

### II.3.4 Equivalent de sable (NF P 18 598)

Essai d'équivalence de sable est spécifique aux sols grenue, il nous permette de mettre en évidence la proposition relatif de poussière fin nuisible argileux dans les sols ou les agrégats fins : il est effectuée sur des éléments de diamètre 5 mm. [12]

#### ❖ But de l'essai

Cet essai a pour but de mesurer la propreté des sables entrant dans la composition des bétons. L'essai consiste à séparer les floccules fins contenues dans le sable. Une procédure normalisée permet de déterminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté de celui-ci.

#### ❖ Principe de l'essai

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

- Hauteur h1 : sable propre + éléments fines (floculant)
- Hauteur h2 : sable propre seulement.

Selon que la hauteur H2 est mesurée visuellement ou à l'aide d'un piston, on détermine ESV (équivalent de sable visuel) ou ESp (équivalent de sable au piston) [23].

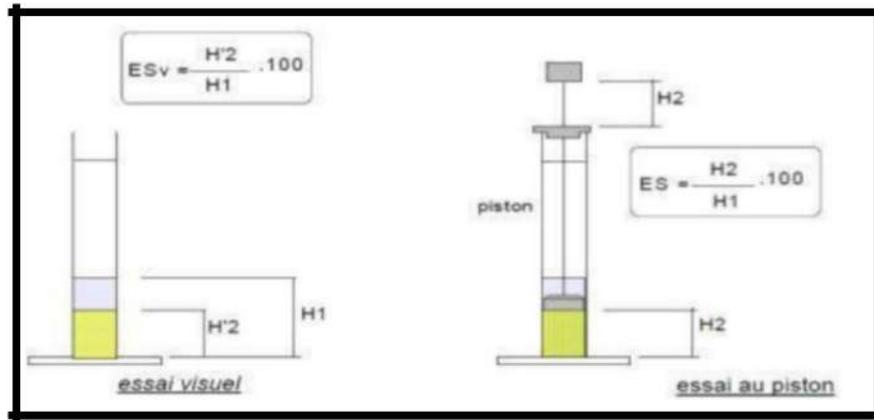


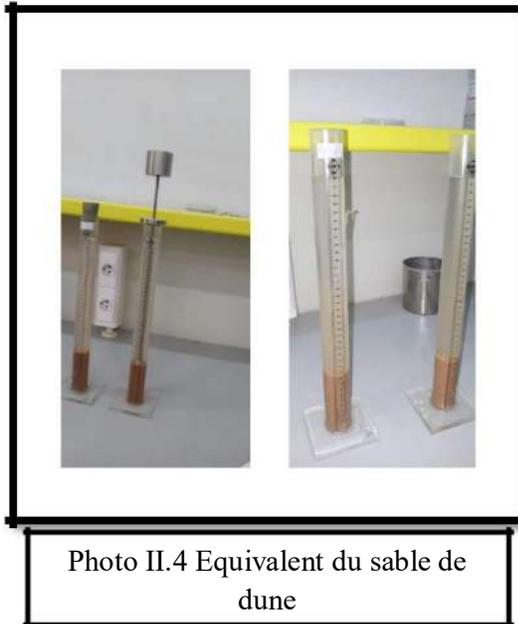
Figure. II.3 Essai équivalent de sable [19]

Tableau II.5 Qualité du sable selon les valeurs d'équivalent de sable [23]

ES à vue	ES au piston	Nature et qualité du sable
ES <65	ES <60	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement à rejeter pour des bétons de qualité.
65 ≤ ES <75	60 ≤ ES <70	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour béton de qualité courante et on ne craint pas particulièrement le retrait.
75 ≤ ES <85	70 ≤ ES <80	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.
ES ≥ 85	ES ≥ 80	Sable très propre : l'absence presque totale de fines argileuses, risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

Tableau II.6 Les résultats d'équivalent de sable de dune

Nature de sable	ES%		Limite de valeur	Observation
Sable de dune	ES Visuel	96.15	E.S.P ≥ 85%	Sable très propre
	ES Piston	91.23	E.S.V ≥ 80%	



### II.3.5 Analyse chimique

- Identifier les éléments constitutifs de filler (chlorures, carbonates, sulfates). - Déterminer le pourcentage des composants chimiques des fines.

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

Tableau II.7 Résultats d'Analyse chimique du sable concassée et du sable de dune

Nature de sable	Composants						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO, MgO	Cl -	NaCl	Insolubles	PH
Sable concassée	1.78	2.142	9.579	0.02	0.033	15.4	8.05
Sable de dune	1.063	1.277	5.711	0.04	0.066	92.1	7.98

## II.4 Liant hydraulique

### II.4.1 Ciment

Le ciment utilisé dans notre projet dit ELMATINE est un ciment portland composé C.P .J CEMII/B 42,5N selon la norme NA442.

### II.4.1.1 Les caractéristiques chimiques de ciment

Tableau II.8 L'analyse chimique du ciment [25]

Si <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 Les caractéristiques physiques de ciment

Tableau(II.9) : Caractéristique physico-mécanique du ciment [25]

Propriété	Début de prise heur/min	Fin de prise heur/min	Masse volumique ue (g/cm <sup>3</sup> )	Surface spécifique Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	Chaleur D'hydratation (j/g)	Résistance minimale à la compression à 28j (MPa)
CPJ-CEMII/B	150-180	3h30-4h30	3.1	3555	456.60	45.07

### II.4.2 La chaux

On a utilisé la chaux éteinte (CaOH<sub>2</sub>) 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).[17]

### II.5 Eau de gâchage

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

## II.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé d'identifier les caractéristiques des matériaux utilisés :

Pour sable de dune, c'est un sable de la région de Sidi Khouiled, qui se caractérise par une granulométrie serrée, et qui est très propre et très fin avec une granulométrie serrée, leur module de finesse est de l'ordre de 0.839.

L'ajout de sable concassée peut améliorer la cohésion et la résistance mécanique des briques avec l'existant de ciment et/ou la chaux considérée comme une partie active avec l'eau pour la maintenir de matériau résultant.

## **CHAPITRE III : FORMULATION ET CONFECTION DE BRIQUE**

### III .1.Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'étudier expérimentalement la formulation de la brique à base de sable de dune, ou elle dépend de la maniabilité acceptable, puis la confection de ces briques selon les compositions avec les conditions de la conservation avant les divers essais.

### III.2 Formulation d'une brique

Tableau III.1 Les compositions de la brique proposé

Les compositions(1m3)	SD	SC	C	CH
C1	100%	0%	15%	5%
C2	0%	100%	15%	5%
C3	50%	50%	15%	5%
C4	75%	25%	15%	5%
C5	25%	75%	15%	5%

SD : Sable de dunes, SC : Sable concassée, C : Ciment, CH : Chaux

### III.3 -Essai de maniabilité :

La maniabilité est la science qui étudie la déformation et l'écoulement de la matière, est donc un des axes principaux de recherche dans le domaine des bétons modernes. Lorsque l'on utilise les essais qui existent actuellement pour décrire la maniabilité d'un béton (affaissement, étalement, etc), on obtient des valeurs relatives (single point testers). Or, même si deux bétons ont la même maniabilité, ils présenteront souvent des comportements bien différents lorsqu'il faut les mettre en place, les pomper ou les consolider. C'est donc grâce à cette science que l'on pourra avancer dans la compréhension de l'ouvrabilité des bétons et ainsi progresser quant à leur fabrication et leur mise en place. [26]

Elle nous permis d'apprécier la fluidité d'un mortier qu'est l'objet des essais définis par les normes (NF P18-452 et NF P 15 -437). [24]



Photo III.1 Appareillage de l'essai de la maniabilité

❖ **Définition**

La maniabilité est une propriété physique spécifique du béton sans tenir compte des conditions particulières d'utilisation pour un type donné d'application. Elle est définie Etude d'un mortier ou d'un béton fraîchement malaxé qui définit la facilité et l'homogénéité à être malaxé, mis en place, serré et fini.

❖ **Principe de l'essai**

cet essai, la consistance est caractérisée par le temps que met le mortier pour s'écouler sous l'effet d'une vibration

- ❖ L'appareil utilisé est appelé **Maniabilimètre LCL** (figure1), et aussi illustré sur l'annexe .Il consiste en un boîtier parallélépipédique métallique (7.5cm×7.5cm×15cm), posé sur des supports en caoutchouc, équipé d'un vibreur et muni d'une cloison amovible.[24]

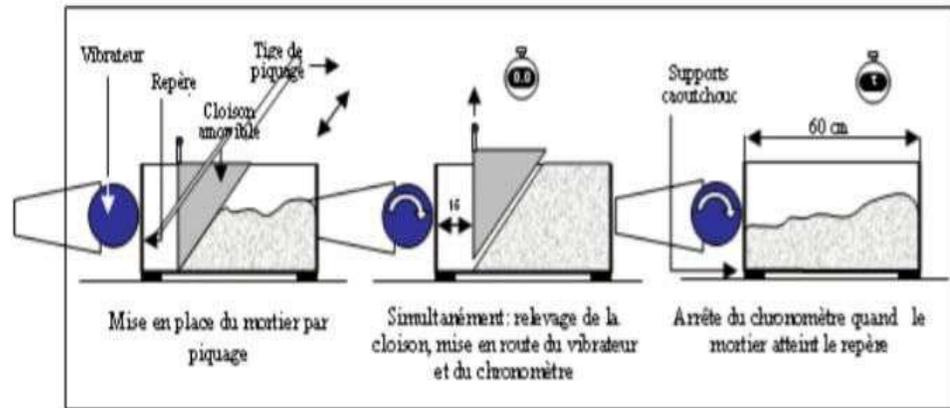


Figure III. 1 Principe de fonctionnement du Maniabilimètre LCI[23]

#### ❖ Conduite de l'essai

Le mortier est introduit dans la partie désigné sur la figure III.1, délimitée par la cloison et mis en place par piquage en quatre couches. Quatre minutes après la fin du malaxage, la cloison est retirée, provoquant la mise en route du vibrateur et le déclenchement d'un chronomètre par l'opérateur. Sous l'effet de la vibration le mortier s'écoule, le chronomètre est arrêté une fois le mortier atteint un trait repère sur la paroi opposée du boîtier figure III.2 [24]

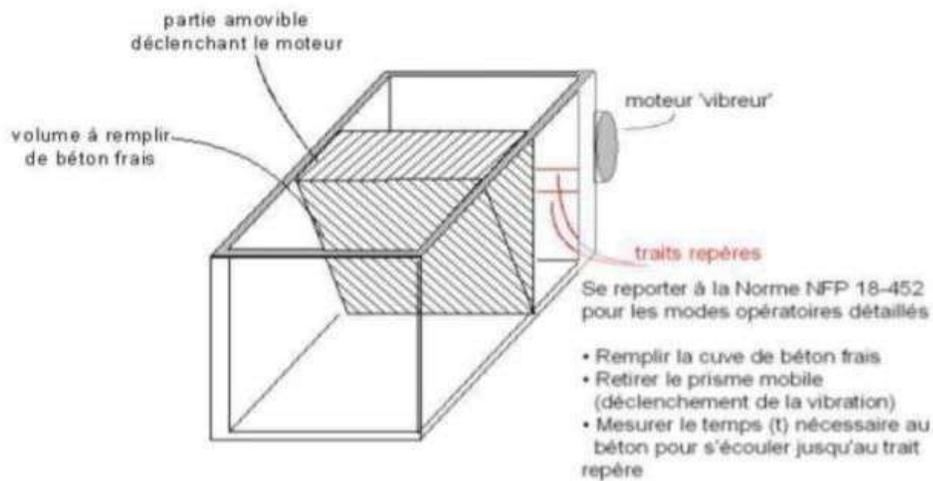


Figure. III-2 : Maniabilimètre. [24]

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) Comme illustré au tableau.

Tableau III.2 Type de mortier selon le temps de maniabilité

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

On a proposée 5 compositions de brique en (sc+sd+c+ch) par addition.

Voir (Tableau III.1 Les compositions de la brique)

Les résultats obtenus au niveau de laboratoire sont présentés sur le tableau III.3 .

Tableau (III.3) : Les résultants de l'essai de maniabilité.

Composition	E/C	Temps d'écoulement (s)
C1	0.8	21
C2	1.05	21
C3	0.95	27
C4	1	23
C5	1	25

On remarque d'après les résultats présentés sur le tableau(III.3) qu'il s'agit d'un mortier avec une consistance plastique ayant un temps d'écoulement variant entre 20 et 30 secondes.

#### III.4 Confection des éprouvettes

- ❖ On utilise des moules prismatiques de dimension  $(4 \times 4 \times 16) \text{ cm}^3$
- ❖ On doit nettoyer les éprouvettes à l'aide d'une brosse métallique puis étaler un lubrifiant (huile) pour faciliter le démoulage.
- ❖ Remplir les moules par les mortiers, l'exécutent deux coches.
- ❖ Compacter le mortier à l'aide d'une table vibrant en applique 60 secondes.
- ❖ Il faut qu'elle soit bien arasée à l'aide d'une règle métallique et placée lentement sur la face du moule.
- ❖ Après 24h du coulage, les éprouvettes sont démoulées

**Préparation et Remplissage des moules :**  
**a.La quantification des matériaux :**

Tout d'abord nous mesurons les quantités de composition sable de dune, sable concassée, ciment et chaux aussi quantité d'eau utilisée



Photo III.2 Sable de dunes



Photo III.3 Sable concassée



Photo III.4 Ciment



Photo III.5 Chaux

**b.Le malaxage :**

On mélangé les constituants manuellement, puis on met dans le malaxeur automatique, et ajouté de l'eau et laissé malaxage pendant quatre minutes.



Photo III.6 Malaxage électrique

#### c. Serrage par table vibrante

Après on met le mortier dans le moule, on placé le moule sur la table vibrante et le laissé pendant 60 secondes.



Photo III.7 Coulage des moule



Photo III.8 Table vibrante

#### d. Arasement

Enfin, on arasée la surface et laissons pendant 24 heures.



Photo III.9 Arasement

### e. Démoulage des éprouvettes

Après démoulage les éprouvettes sont conservées au sein du laboratoire



Photo III.10 Les éprouvettes après le démoulage

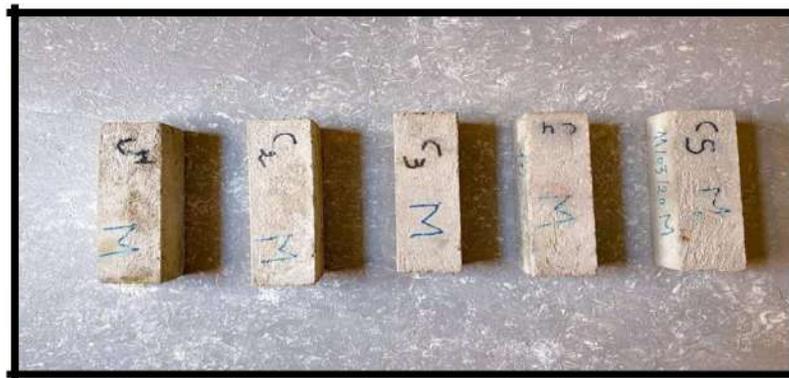


Photo III.11 Les éprouvettes après le 183j

### f. Conservation des éprouvettes

Après le démoulage les éprouvettes sont conserve à l'air libre dans les conditions normale de laboratoire pendant 7, 28, 60, jours.

**III.5 conclusion**

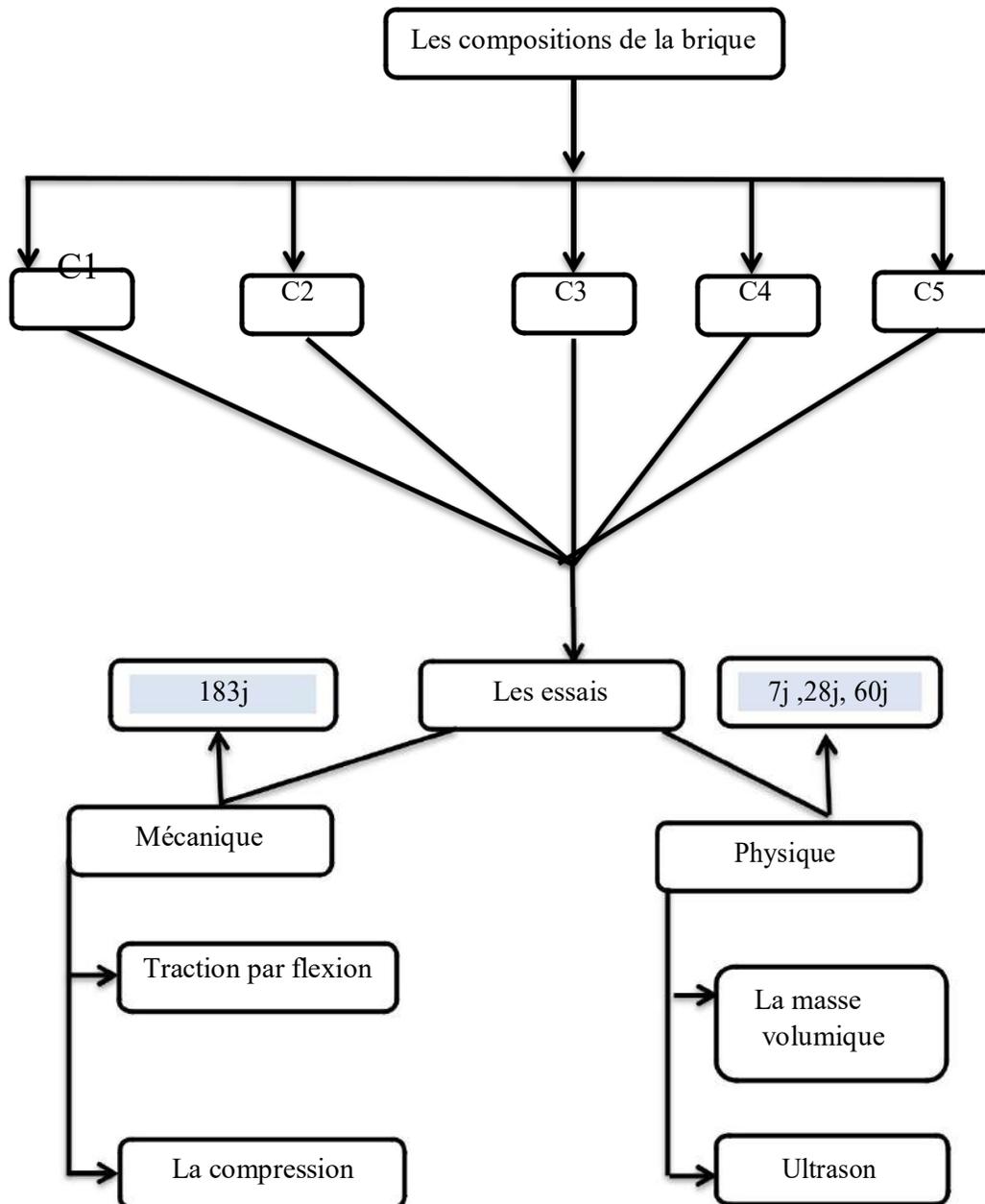
Dans ce chapitre on a déterminé la quantité d'eau optimale pour chaque composition, on a proposé pour cette étude cinq compositions différentes. Où les pourcentages de ciment et la chaux sont constants et égale 5% pour chaux et 15% pour ciment et une quantité proportionnelle entre le sable de dunes et le sable concassée varie entre (100%,50%, 75 %et 25%) après ça ont confectionné des briques puis conservé à l'air libre, avant d'effectuer les différents essais physiques et mécaniques reconnus selon les normes utilisées dans ce domaine.

## **CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION**

IV.1.Introduction

Après la conservé des brique nous avons étudié les caractéristiques physiques et mécanique :

- > La masse volumique.
- > Ultrason.
- > Essai de traction par flexion
- > Essai de la compression.



## IV.2 Les essais physique

### IV.2.1 La masse volumique

Pour déterminer la masse volumique  $\delta$  d'une brique, on doit :

- Peser la masse d'une éprouvette 4x4x16(cm) M. :

La masse volumique est obtenue en ( $\text{Kg/m}^3$ )

$$\delta = M/V$$

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

Tableau IV.1 : la masse volumique ( $\text{Kg/m}^3$ ).

L'âge (jours)	Compositions	Résultats
7j	C1	1871.09
	C2	1904.95
	C3	1977.87
	C4	2016.93
	C5	2015.63
28j	C1	1851.56
	C2	1833.33
	C3	1886.72
	C4	1936.20
	C5	1880.21
60j	C1	1846.35
	C2	1812.50
	C3	1848.96
	C4	1877.60
	C5	1846.35

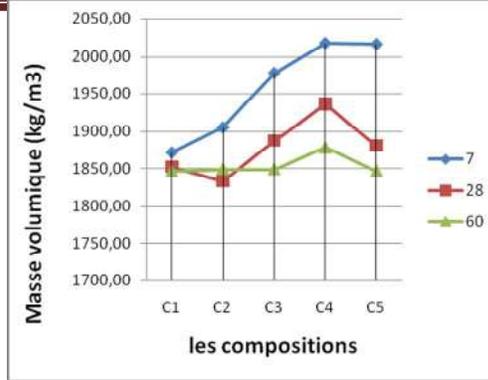


Figure IV.1 La masse volumique en fonction de temps.

D'après les courbes d'évolution de la masse volumique en fonction du temps, nous remarquons qu'il y a une variation de la valeur de la masse volumique des cinq compositions C3,C4 et C5 en fonction du temps qui se montre par une augmentation dès le 7ème jour jusqu'au 28 jours et une stabilisation du 28 au 60ème jours vers de 1850 kg/ <sup>3</sup>et pour C1 C2 C3 , on remarque une diminution vers 1827 puis ça commence à augmenter.

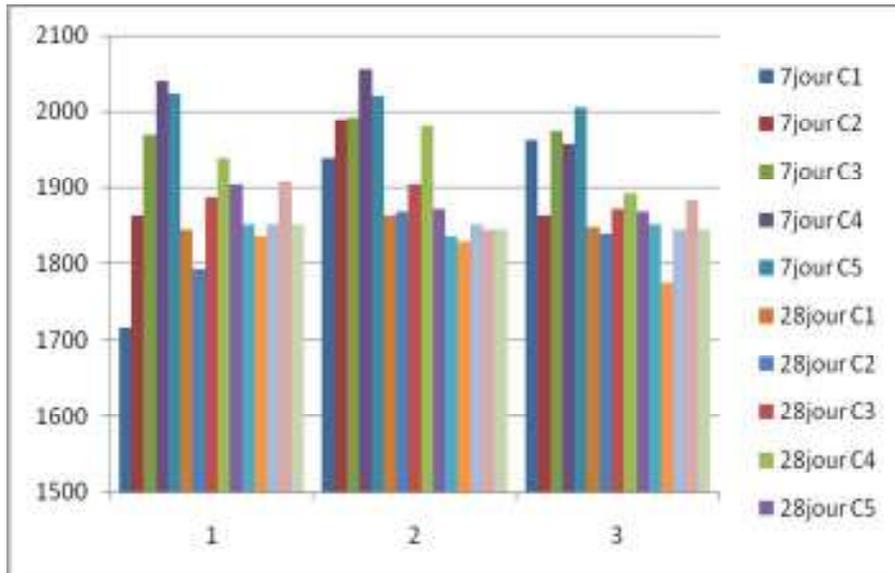


Figure. IV.2 Evaluation de la masse volumique.

D'après l'histogramme, de la masse volumique nous montrons que la valeur de la masse volumique dans la composition C4 enregistrer une valeur le plus élevé à 7 jours et à 28 jours est le plus supérieur que les autres compositions C1, C2, C3 et C5 à 7,28 jours à cause de l'Evaporation de l'eau .



Photo IV.1 La masse volumique

#### IV.2.2 L'essai d'ultrasonique :

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

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

Cette dernière présente la meilleure méthode. Elle consiste à Mesure du temps de propagation de la première impulsion des ondes appelées ondes longitudinales générée par un transducteur entre deux points bien déterminés de l'éprouvette. Pour notre cas on a utilisé des éprouvettes de dimensionnement (7x7x28 cm), et pour faciliter la transmission de la propagation des ondes sonique en utilisant une pâte de contact, une fois l'appareil est en marche la vitesse conventionnelle de propagation est calculée par la formule suivante:

$$VP = L/T$$

VP : vitesse des ondes ultrasonique longitudinales en (m/s).

L : longueur en (m).

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

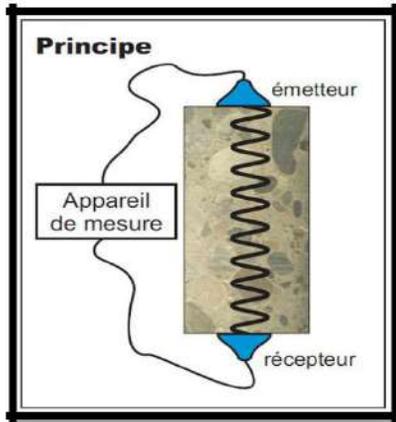


Figure IV.3 schéma de l'essai



Photo IV.2 Appareil Ultrason

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

Tableau IV.2 la vitesse de son pour les quatre compositions (m/s).

L'âge (jours)	Compositions	Résultats
7j	C1	2831.88
	C2	2085.76
	C3	2280.71
	C4	2523.76
	C5	2191.33
28j	C1	2732.7
	C2	2188.86
	C3	2473.36
	C4	2644.82
	C5	2355.61
60j	C1	2695.53
	C2	2154.46
	C3	2463.67
	C4	2559.42
	C5	2327.1

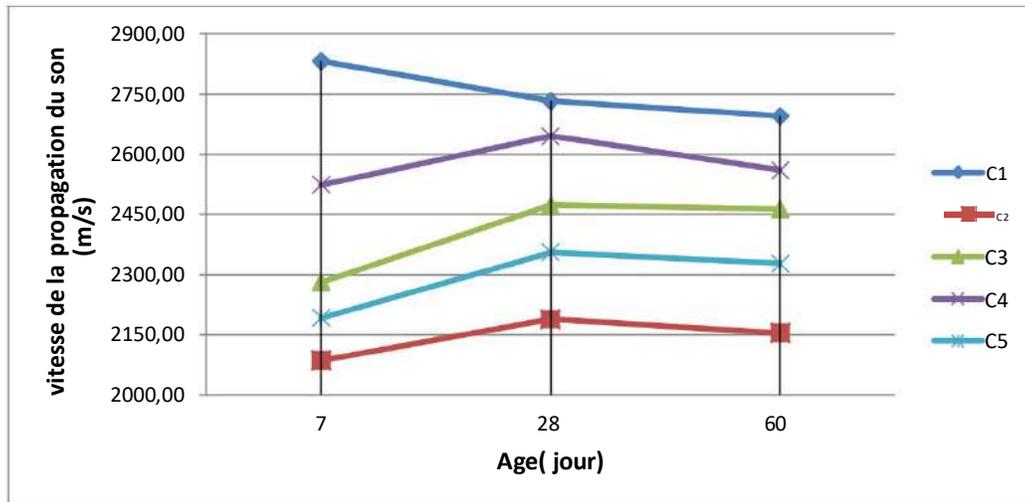


Figure IV.4 La vitesse des ondes ultrasonores en fonction de temps.

La vitesse des ondes ultrasoniques à travers les éprouvettes réalisées résulte du temps mis par les ondes pour traverser la pâte de ciment durci et les granulats. a cet effet nous constatons ce que suit :

- Une diminution remarquable de la vitesse du son pour les quatre compositions appart la composition C1 qui avait enregistré une valeur maximale aux septièmes jours,
- Une augmentation de la valeur de la vitesse du son pour les quatre compositions jusqu'aux 28 jours ce qui n'est pas le cas de la composition C1 ;
- Une diminution de la vitesse du son pour les cinq compositions jusqu'aux 60 jours

En comparant des différentes compositions testées sur l'histogramme, on trouvera que la composition C1 a une vitesse de propagation du son élevée venant après les compositions C1, C4, C3 et C5 chose qui signifie que la vitesse du son est influée par le dosage pris dans la composition C1 du sable de dunes.

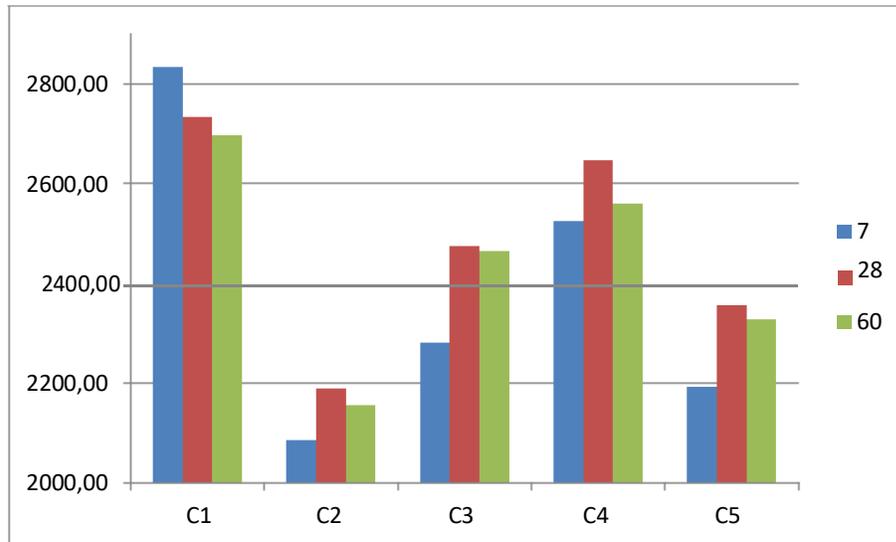


Figure IV.5 Evaluation de la vitesse des ondes ultrason.

### IV.3 Les essais mécanique :

#### IV.3.1 Résistance à la traction par flexion :

Cet essai exécuté sur des éprouvettes prismatique (4x4x16 mm). Avec l'aide d'une presse universelle de la marque CONTROLS avec une capacité de 5000KN). Il consiste à rompre en flexion une éprouvette prismatique de côté b et de longueur 4b. Avec une charge totale P (NF P 15-471) [23].

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

$$M = (L * F_f) / 4$$

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

F<sub>f</sub> : La charge appliquée.

La contrainte de flexion correspondante sur la fibre inférieure est :

$$R_f = (M * V) / I$$

Avec:

$$V = b/2, \quad I = b^4/12.$$

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

$$R_f = 1,5 F_f L / b^3$$

R<sub>f</sub> : Résistance à la flexion en (MPa).

F<sub>f</sub> : Charge de rupture de l'éprouvette en flexion (N).

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

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

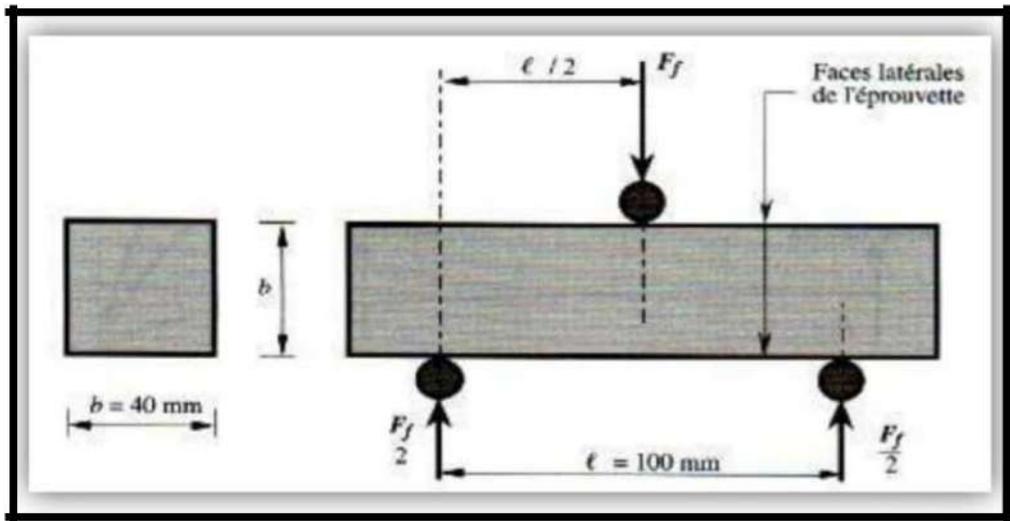


Figure IV.6 Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion (3 points) [23].

Les résultats obtenus de cet essai sont présentés dans le tableau et les courbes suivantes :

Tableau IV. 3. la résistance à la traction par flexion. (MPa).

L'âge (jours)	Compositions	Résultats
183j	C1	0.74
	C2	0.68
	C3	1.11
	C4	1.43
	C5	0.91

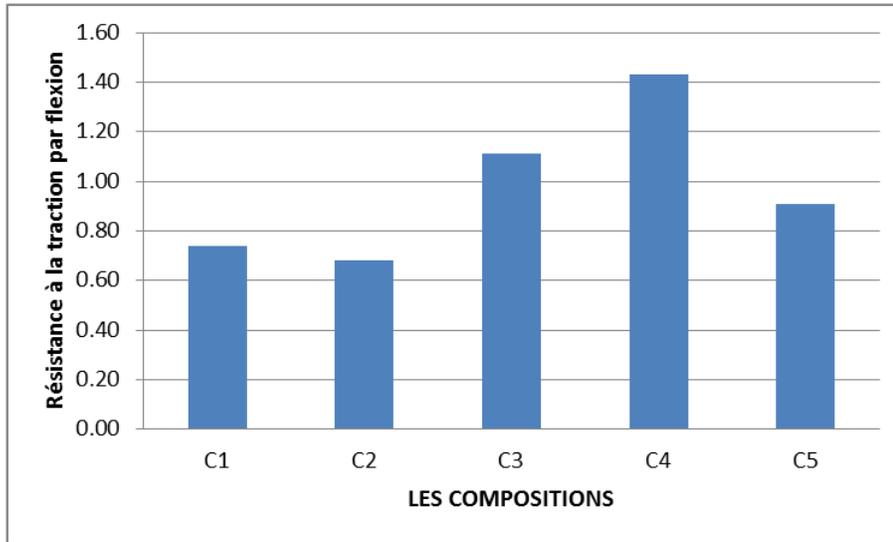


Figure IV.7 Evaluation de résistance à la traction par flexion.

D'après l'histogramme, de la résistance à la flexion nous montrerons que la valeur de la résistance à la traction dans la composition C4 est le plus supérieur que les autres compositions C1, C2, C3 et C5.

#### IV.3.2 Résistance à la compression :

Cet essai effectuée après avoir l'essai de traction par flexion, cette dernière rende l'éprouvette en deux parties, l'essai est réalisé à l'aide d'un appareil d'universel selon la norme NF P 18-406, fonctionnant avec un système de pression hydraulique. Les éprouvettes de dimensions (4\*4\*16 cm), qui sont préparées à partir éprouvettes de flexion, Centré entre deux plaque métalliques de façon que l'axe vertical du l'éprouvette coïncide avec l'axe des blocs de chargement. La charge est appliquée au éprouvette de manière continue jusqu'à le rupteur et l'écrasement total

$\sigma_c$  : contrainte de compression ;

$$\sigma_c = P_c / S$$

$P_c$  : la charge de rupture à la compression ;

$S$  : section transversale de l'éprouvette ( $S = a \times a$ ).

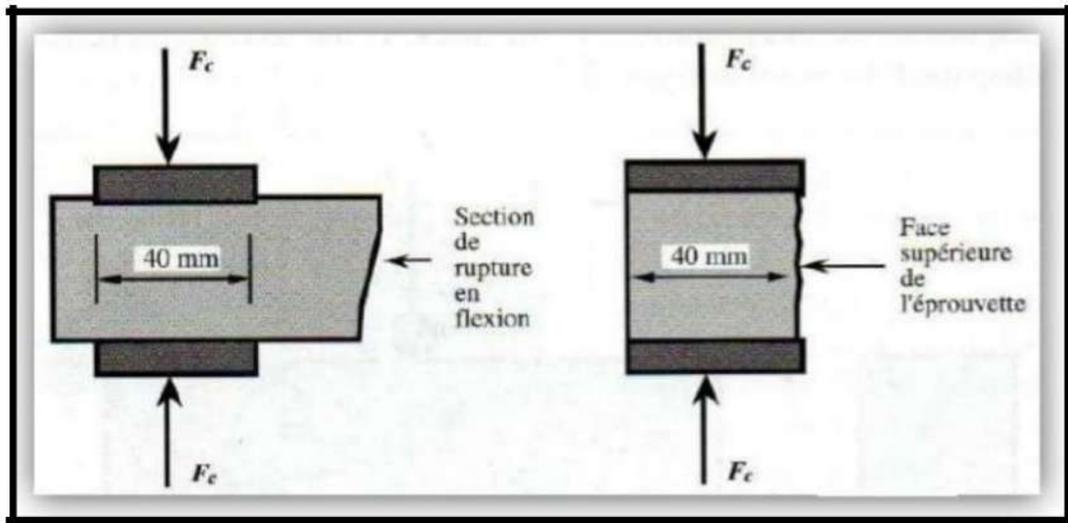


Figure IV.8 Dispositif pour l'essai de compression[23].

Les résultats de l'essai de compression sont résumés dans le tableau et les courbes suivant :

Tableau IV.4 Lla résistance à la compression (MPa)

L'âge (jours)	Compositions	Résultats
183j	C1	4.48
	C2	4.86
	C3	5.65
	C4	6.27
	C5	8.29

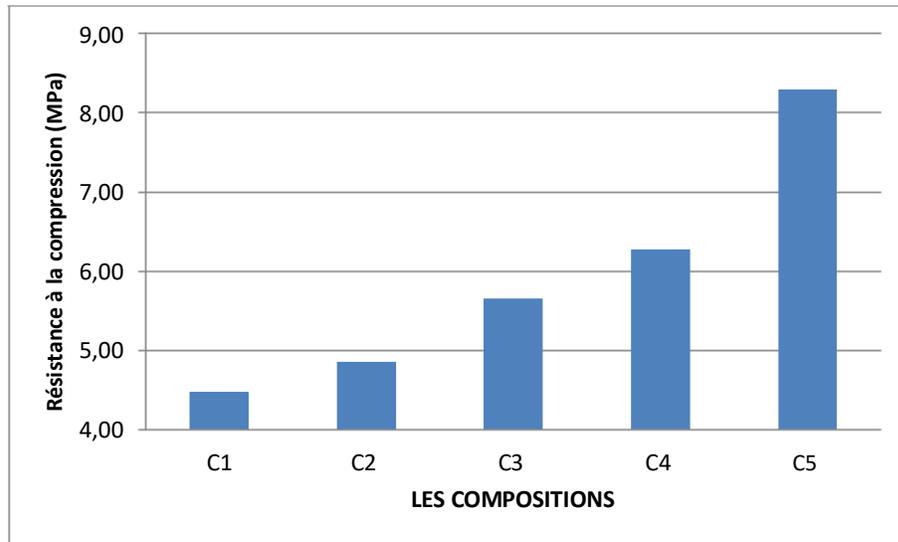


Figure IV.9 Evaluation de résistance à la compression.

D'après l'histogramme, de la résistance à la compression nous montrons que la valeur de la résistance à la compression augmente pour les cinq compositions C1, C2, C3, C4, et C5 lorsque la plus grande résistance de la composition C5 est enregistrée.



Photo IV.4 Après l'écrasement



Photo IV.3 Avant l'écrasement

**IV.4 Conclusion**

D'après les résultats de cette étude, la composition convenable : C4 (ciment 15%, la chaux 5%, sable concassé 25%, sable de dune 75 %), dont les caractéristiques physico-mécaniques à 28 jours sont les suivant :

- La masse volumique : 1936.20 (Kg/m<sup>3</sup>).
- La vitesse de propagation du son : 2644.82 (m/s).
- Résistance à la traction par flexion : 1.43 (MPa).
- Résistance à la compression : 6.27 (MPa).

## CONCLUSION GENERALE

Ce travail avait pour ambition d'étudier l'influence de l'ajout de sable concassé sur les caractéristiques physico-mécaniques des briques à base de sable de dunes , l'ajout de ce composant (ce sable concassé) rejeter dans l'environnement (déchets du gravier) .

Et ceux pour améliorer les performances physico-mécaniques de brique stabiliser par le liant hydraulique (ciment, chaux éteinte ) ,on a utilisé la méthode proportionnelle pour déterminer les pourcentages de chaque composant, et l'influence sur la masse volumique , résistance mécanique , l'ultrason. ce travail a été réalisé en deux parties :

- La première partie s'intéressée à la recherche bibliographique ;
- La deuxième c'est le côté expérimental.

La recherche bibliographique, a pour objectif de faire quelques rappels sur les caractéristique de brique de terre crue et les différents matériaux de construction , les types de sable de dunes et sable concassé ainsi que la stabilisation de brique en terre crue par l'ajout de liants hydraulique (ciment et chaux). La Partie expérimentale par contre on a essayé de réunir plus d'informations c'est-à-dire d'identifier les principales caractéristiques des matériaux utilisés pour le sable de dunes qui est de la région de sidi khouiled Ouargla qui a une bonne propreté ,une finesse avec une granulométrie très serrée . L'eau de gâchage est une eau de robinet de laboratoire de génie civil de l'université d'Ouargla avec une salinité acceptable. Le ciment et la chaux comme liants. Nous avons réalisé des éprouvettes (brique) en préparant cinq compositions (C1 ; C2 ; C3 ; C4 ; C5) chaque composition a des pourcentages différents de chaque composant : en liant (5 ; 15 %). et pour le sable concassé et le sable de dunes avec variation de dosage (100 ; 50 ; 75 ET 25 %) après avoir effectué les essais nous pouvons déduire les conclusions suivants : L'augmentation de dosage du liant provoque : - une augmentation de la résistance à la compression. - une augmentation de vitesse de propagation d'ondes soniques à travers les éprouvettes. - une augmentation de masse volumique.

La variation de ces paramètres est due à la nature et le pourcentage de liant dans les compositions. Le choix de la brique s'appuie sur les aspects suivants : - la forme technique résistance à la compression - allure économique (le coût du produit). En prenant en

considération les deux aspects précédents, dans le souci d'un choix adéquat, nous avons opté pour une brique de composition (C4, 25% sable concassé 15% ciment, 5% chaux, 75% sable de dunes Il est à signaler que l'utilisation des compositions précédentes est beaucoup plus sollicité par les besoins en terme de caractéristiques physiques et mécaniques souhaitées.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] OUZANI.Y, Mémoire master Contribution à l'étude thermique d'une brique à base du sable par l'ajout de polystyrènes et de pailles- University kasdi merbah ouargla 2017
- [02] MEKHERMECHE .A Magister en Génie Civil Contribution à l'étude des propriétés mécaniques et thermiques des briques en terre en vue de leur utilisation dans la restauration des Ksours sahariennes University kasdi merbah ouargla2012
- [3] [www.qualiteconstruction.com](http://www.qualiteconstruction.com) 07/05/2020
- [4] [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- [05] [flores-amo.fr](http://flores-amo.fr) > terre-crue
- [06] [www.batiactu.com](http://www.batiactu.com) > 29/04/2020
- [07] [www.lemoniteur.fr](http://www.lemoniteur.fr)
- [08] [www.terra-award.org](http://www.terra-award.org)
- [09] M. DJOUHRI, Mémoire de magister Génie Civil 2007« confection d'une brique à base de sable de dunes», Université Kasdi Merbah Ouargla
- [10]. DJOUHRI .M,\*BENTEBBA M.T, \*KEBAILI N, Article 105 ,2018 Influence des milieux de conservation sur les propriétés physico-mécanique de béton de sable de dune (université de Ouargla).
- [11] BENCHAA BENABED Université Effect of combined use of crushed sand and Algerian desert dune sand on fresh properties and strength of self-compacting concrete
- [12] BALHACHEMI .S BERRAFA .FI Mémoire de master Génie civil 2017 La valorisation de sable de dune (sable de Naama) Durabilité et comportement mécanique
- [13] [www.gharpedia.com](http://www.gharpedia.com)
- [14] YAHIAOUI .K SADKI .M Mémoire master Génie civil 2017 propriétés de mortier autoplaçant à base de différents types de sables université Ziane Achour djelfa
- [15] [www.biostart.eu](http://www.biostart.eu)
- [16] A BDELBAKI.M.M Mémoire de master Génie civil 2016 Propriétés des micros bétons légers Université Mohamed Boudiaf) M'sila
- [17] DIAF.O Mémore de master Génie civil 2018 valorisation de la brique de terre comprimée et stabilisée par du ciment et de la chaux Université Mohamed Boudiaf – Msila

[18] [www.grandeparoisse.free.fr](http://www.grandeparoisse.free.fr)

[19] BAIKER MOHAMED CHERIF, MEMOIRE de master Contribution à l'étude des Caractéristiques physico- mécaniques d'une brique a base du sable de dunes et les copeaux de bois», Université Kasdi Merbah Ouargla 2015.

[20] OUARGLIM YAZI.A Mémoire de master Génie civil 2019 L'influence de déchet de gravier sur les caractéristiques physico- mécaniques d'une brique a base du sable de dunes et copeaux de bois Université Kasdi Merbah Ouargla

[23] OUARGLIM YAZI.A Mémoire de master Génie civil 2019 L'influence de déchet de gravier sur les caractéristiques physico- mécaniques d'une brique a base du sable de dunes et copeaux de bois Université Kasdi Merbah Ouargla

[24] FAROUROU.M SEBAA.A Mémoire de master Génie civil 2018 Etude du béton de sable de dunes renforcé par des fibres soumis à haute température Université Kasdi Merbah Ouargla