

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APLIQUÉES

Département de Génie Civil et Hydraulique

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master

Spécialité : Génie Civil

Option : STRUCTURE

Thème

**Etude D'influence De L'ajoute Du Ciment Blanc Sur Les
Caractéristiques Physico-mécanique Des Briques À Base Du Plâtre
Traditionnel Et L'influence Du Milieux De Conservation**

Présenté par:

BENABBES Meriem

GUEZI Mabrouka

Soutenue publiquement le «07/07/2019»

Devant le jury composé de :

ZENKHRI Abderrazak

MAA

UKM-Ouargla

Président

MEKHERMECHE Abdessalam

MCB

UKM-Ouargla

Examineur

CHAIB Hachem

MCB

UKM-Ouargla

Encadreur

Promotion 2018/2019

Remerciements

Nous remercions dieu le tout puissant de nos avoir donné la force d'atteindre notre but et d'accomplir avec succès ce modeste travail.

Et nous tenons à remercier notre encadreur CHAIB

Hachem

Pour ces conseils illuminés et son aide précieuse pour achever notre mémoire.

Nous remercions aussi tous les enseignants du département d'hydraulique et Génie Civil et aux ingénieurs de laboratoire de génie civil sans exception, sans oublier le personnel laboratoire L.T.P.S. Ouargla.

Nous remercions la promotion de Master II génie civil Structure 2018/2019, et tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Dédicace

Nous tenions à dédier ce travail à :

Mes très chers parents pour leurs sacrifices, leur patience, leurs encouragements et leurs soutiens moraux 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.

SOMMAIRE

| | |
|--|-----|
| REMERCIEMENT | i |
| DEDICACES | ii |
| SOMMAIRE | iii |
| LISTE DES FIGURES | v |
| LISTE DES TABLEAUX | vii |
| INTRODUCTION GENERALE | 1 |
| CHAPITRE I:ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE | |
| I.1 Introduction | 2 |
| I.2 Historique | 2 |
| I.3 Définition de Briques | 3 |
| I.3.1 Brique de terre crue | 3 |
| I.3.2 brique de terre cuite | 10 |
| I.3.3 Brique Silico-calcaire | 14 |
| I.4 Le plâtre traditionnel (Temchent) | 15 |
| I.4.1 Définition de plâtre | 16 |
| I.4.2 Les étapes de fabrication du plâtre | 16 |
| I.4.3 Préparation de plâtre traditionnel | 16 |
| I.5 Ciment | 17 |
| I.5.1 Le mode de stabilisation (Ajout de ciment) | 17 |
| I.5.2 Définition | 17 |
| I.5.3 Procédé de fabrication | 17 |
| I.5.4 Les étapes de fabrication ciment | 18 |
| I.6 Conclusion | 19 |
| CHAPITRE II CARACTERISATION DES MATERIAUX UTILISES | |
| II.1 Introduction | 20 |
| II.2 Matériaux utilisés | 20 |
| II.2.1 plâtre traditionnelle (temchent) | 20 |
| II.2.1.1 Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage (NFP94-056) | 20 |
| II.2.1.2 Analyse granulométrique par sédimentation (NF P94-057) | 22 |
| II.2.1.3 Masse volumique (NF EN 1097) | 25 |

| | |
|---|----|
| II.2.1.4 Essai d'équivalent de sable (NFP 18-598) | 26 |
| II.2.1.5 Limites d'Atterberg (NFP 94-051) | 29 |
| II.2.1.6 La densité (NFP 94-064) | 31 |
| II.2.1.7 Essai au bleu de méthylène (NFP 94-068) | 32 |
| II.2.1.8 analyse chimique | 34 |
| II.2.1.9 analyse minéralogique par Diffractométrie aux rayons X | 38 |
| II.2.2 Ciment | 40 |
| II.2.2.1 Caractéristiques technique | 40 |
| II.2.3 Eau de gâchage | 41 |
| II.3 conclusion | 41 |
| CHAPITRE III CARACTERISATION DES MATERIAUX UTILISES | |
| III.1 Introduction | 42 |
| III.2 Préparation et confection des éprouvettes | 43 |
| III.2.1 Etapes de préparations | 43 |
| III.2.2 Préparation des éprouvettes | 45 |
| III.3 essais mécaniques (NF P18-554) | 46 |
| III.3.1 La masse volumique | 46 |
| III.3.2 Résistance à la traction par flexion (NFP 18-407) | 47 |
| III.3.3 Résistance à la compression (NF P 18-406) | 48 |
| III.3.4 Essai de vitesse de la propagation du son (NF EN 12504-4) | 50 |
| III.3.5 Essais thermiques (ASTM D 5334-14) | 52 |
| III.4 La durabilité | 57 |
| III.4.1 la masse volumique | 57 |
| III.4.2 Résistance à la traction par flexion (NFP 18-407) | 58 |
| III.4.3 Résistance à la compression (NFP 18-406) | 59 |
| III.4.4 Essai de vitesse de la propagation du son (NF EN 12504-4) | 60 |
| III.5 conclusion | 61 |
| CONCLUSION GENERALE | 62 |
| RECOMMANDATION | 64 |
| REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE | 65 |
| ANNEXES | |
| RESUME | |

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUES

| | |
|--|----|
| I.1 Mélange et séchage des blocs adobes | 4 |
| I.2 Moule de l'adobe | 5 |
| I.3 Coffrage utilisé dans la conception de murs en pisé. | 6 |
| I.4 Construction d'un mur en pisé | 6 |
| I.5 Les étapes de la préparation de la bauge | 7 |
| I.6 Bloc de terre compressée réalisée à l'aide d'une presse manuelle | 8 |
| I.7 Différents produits de blocs de terre comprimée | 10 |
| I.8 Gisement d'argile | 12 |
| I.9 Produit en briques silico-calcaire | 15 |
| I.10 Gisement de gypse | 16 |
| I.11 Four traditionnel utilisé pour la cuisson de temchent | 17 |

CHAPITRE II : CARACTERISATION DES MATERIAUX UTILISES

| | |
|---|----|
| II.1 Essai d'analyse granulométrique par tamisage | 21 |
| II.2 Courbe granulométrique du gypse traditionnel | 24 |
| II.3 Essai de la masse volumique apparente et absolue | 26 |
| II.4 Essai d'équivalent de sable visuel et par piston | 28 |
| II.5 les limites d'atterberg | 29 |
| II.6 Essai de limites d'atterberg | 30 |
| II.7 Essai de la densité naturel. | 32 |
| II.8 Essai de bleu de méthylène | 33 |
| II.9 Analyse chimique | 37 |
| II.10 résultat d'analyse chimique de plâtre traditionnel | 38 |
| II.11 analyse minéralogique par Diffractométrie aux rayons X | 39 |
| II.12 analyses minéralogiques par Diffractométrie aux rayons X de pâtre traditionnel | 39 |
| II.13 Analyses chimiques de Ciment blanc | 40 |

CHAPITRE III: RESULTATS ET INTERPRETATIONS

| | |
|---|----|
| III.1 les différents matériaux utilisés | 43 |
| III.2 huilage des moules | 43 |
| III.3 malaxage manuelle | 44 |
| III.4 compactage des éprouvettes à l'aide d'une table à chocs | 44 |
| III.5 finissions des éprouvettes | 44 |
| III.6 démoulage des éprouvettes | 45 |
| III.7 Variation de la masse volumique en fonction du pourcentage de ciment | 46 |
| III.8 Dispositif pour l'essai de résistance à la traction par flexion | 47 |
| III.9 résistance à la traction par flexion en fonction du dosage en ciment | 48 |
| III.10 Dispositif pour l'essai de compression | 49 |
| III.11 résistance à la compression en fonction du dosage en ciment | 50 |

| | |
|---|----|
| III.12 Dispositif pour l'essai ultrasonique | 51 |
| III.13 vitesse de propagation du son en fonction du dosage en ciment | 52 |
| III.14 Dispositif pour l'essai thermique | 54 |
| III.15 résultats de la conductivité thermique (λ) des briques en fonction des pourcentages de ciment | 54 |
| III.16 résultats de la résistance thermique (R_{th}) des briques en fonction des pourcentages de ciment | 55 |
| III.17 conservation des éprouvettes dans l'eau potable et l'eau agressive | 56 |
| III.18 variation de la masse volumique de la brique en fonction de temps | 57 |
| III.19 résistance à la traction par flexion en fonction de temps | 58 |
| III.20 variation de la résistance à la compression des briques en fonction de temps | 59 |
| III.21 variation de la vitesse de son en fonction de temps | 60 |

LISTE DES TABLEAUX

**CHAPITRE II : LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES
DE MATERIAU UTILISE**

| | |
|--|----|
| II.1 Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage du plâtre traditionnel | 22 |
| II.2 Analyse granulométrique par sédimentométrie du plâtre traditionnel | 23 |
| II.3 Masse volumique apparente et absolue du plâtre traditionnel | 26 |
| II.4 Qualité du sable en fonction des valeurs d'équivalent de sable E_{sv} et E_{sp} | 28 |
| II.5 classification selon atterberg | 30 |
| II.6 Analyses chimiques de plâtre traditionnel (temchemt) | 37 |
| II.7 L'analyse chimique du ciment | 40 |
| II.8 résistance à la compression du ciment | 40 |
| II.9 temps de prise du ciment | 41 |
| II.10 composition chimique de l'eau | 41 |

CHAPITRE III: RESULTATS ET INTERPRETATIONS

| | |
|---|----|
| III.1 les compositions utilisées (% de plâtre traditionnel et % ciment banc) | 46 |
| III.2 Résultats de la masse volumique des briques | 46 |
| III.3 résultats de la résistance de traction par flexion des briques en fonction des pourcentages de ciment | 48 |
| III.4 résultats de la résistance à la compression des briques en fonction des pourcentages de ciment | 49 |
| III.5 résultats de la vitesse de propagation du son des briques en fonction des pourcentages de ciment | 51 |
| III.6 résultats de la conductivité thermique (λ) des briques en fonction des pourcentages de ciment | 54 |
| III.7 Les valeurs de la résistance thermique (R_{th}) de brique stabilisé par ciment | 55 |
| III.8 Les valeurs de la masse volumique de la brique en fonction de temps | 57 |
| III.9 résultats de la résistance à traction par flexion des briques en fonction de temps | 58 |
| III.10 résultats de la résistance à la compression des briques en fonction de temps | 59 |
| III.11 résultats de la vitesse de propagation du son des briques en fonction de temps | 60 |

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les matériaux locaux en toute région du monde forment le premier produit naturel de construction. L'Algérie avec sa vaste superficie englobe une hétérogénéité de matériaux locaux qui méritent d'être valorisés, à titre d'exemple ceux localisés dans la région sud-est du pays à savoir : le sable de dunes, les argiles, le tuf, le gypse et autres qui sont encore mal valorisés. La plupart des matériaux de construction utilisés actuellement dans les régions sahariennes sont peu adaptés en termes conditions climatiques et environnementales, durabilité et économique.

Et dans le but de connaître mieux le comportement des matériaux locaux dans le domaine de génie civil et la construction de bâtiment. Il est important d'estimer leurs ressources et d'étudier leurs propriétés physiques, chimiques et mécaniques et thermiques.

A ce propos, l'objectif fixé dans ce travail est la caractérisation et la valorisation d'un matériau local qui est le plâtre traditionnel dite « Timchemt » et ainsi l'amélioration des caractéristiques mécaniques des briques à base de Timchemt, en étudiant l'effet de l'ajout de ciment blanc en pourcentages précis, qui varient jusqu'à 5%. Et aussi, l'étude expérimentale de l'influence de l'agressivité de l'eau (l'eau potable, l'eau agressive) sur des différentes compositions des briques de plâtre traditionnel.

Ce travail comporte trois chapitres :

- Le premier chapitre, est consacré à l'étude bibliographique, en vue de donner un aperçu général sur les différents types des briques et leurs modes de fabrication. Et présenter le matériau Timchemt utilisé comme matière de base en ajoutant de ciment blanc avec leurs étapes de fabrications.
- Le deuxième chapitre, est consacré à la caractérisation physique, chimique et minéralogique des différentes matières utilisées dans la composition de brique amélioré.
- Le troisième chapitre, est consacré à l'étude des comportements mécaniques et thermiques des briques de plâtre traditionnel amélioré avec l'addition du ciment blanc à l'air libre et dans le milieu agressif.

En fin, une présentation générale sur les résultats obtenus dans la présente étude est critiquée avec quelques recommandations à prendre en considération dans les futures études.

CHAPITRE I

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 INTRODUCTION

La brique de terre a été utilisée dans la construction depuis des temps très anciens et reste encore aujourd'hui l'un des matériaux les plus répandus. À l'heure actuelle, un tiers de la population mondiale vit dans un habitat en terre. Le succès de ce mode de construction s'explique par la disponibilité de la matière première. Matériau bio-source, universel, abondant et facilement accessible, il est doté d'atouts écologiques et économiques indéniables. Il présente également l'avantage de pouvoir être mis en œuvre de manière extrêmement diversifiée. Cette polyvalence de la terre à bâtir lui permet d'être employée dans des contextes variés (ruraux ou urbains) et à des fins différentes. [1]

I.2 HISTORIQUE

L'origine de la brique remonterait à sept mille ans avant (Jésus-Christ). Dans la région du Tigre et de l'Euphrate. Son utilisation se généralise au III^e millénaire comme matériau de construction avec la sédentarisation de l'Homme. L'obligation de se protéger de façon durable des intempéries et des prédateurs impose, l'Homme à développer son mode de vie et son confort en utilisant plusieurs matériaux durs et résistants. En plus, la brique est aisément réalisable à partir d'argile ou de terre. Les premières maisons en brique ont été découvertes en Irak puis en Mésopotamie et son usage couvre rapidement dans tout le Moyen-Orient. [1]

Pendant longtemps, la brique (appelée «adobe») était moulée puis séchée au soleil. Ainsi, elle permettait de monter des habitations ou des monuments comme la pyramide d'Amenemhat III. Mais elle restait fragile et ne résistait pas aux intempéries. Les hommes découvrent que la brique laissée au soleil devient plus dure et par conséquent plus résistante. La cuisson de la brique est expérimentée 2500 avant J-C (Jésus-Christ). En Mésopotamie et dans la vallée de l'Indus. La cuisson sert à réaliser des constructions plus importantes. En Assyrie et en Grèce, la cuisson de la brique sert à créer des frises et de réaliser des briques

émaillées. Au XV^e siècle, le nord de l'Italie devient maître dans cet art avec la décoration des habitations et des monuments avec des frises, des guirlandes et des festons. [1]

En 1830, Auguste Virebent déposa le brevet d'invention d'un système de presse à briques. Ceci marqua le début de l'industrialisation de la brique. Il mit au point aussi une invention dénommée « plinthotomie » qui était un instrument agissant comme un emporte-pièce, pour découper diverses formes dans de la glaise fraîche. Cette technique permit de s'affranchir des sculpteurs, et d'industrialiser la fabrication. [1]

I.3 DEFINITION DE 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. [2]

Les briques peuvent se diviser en 3 groupes principaux :

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

I.3.1 Brique de terre crue

La terre crue est le matériau de construction traditionnel par excellence. On en retrouve la trace à l'âge de Bronze et la muraille de Chine présente des tronçons. De nombreux monuments inscrits au patrimoine mondial de l'humanité sont en terre crue: forteresses marocaines, pyramides d'Egypte Aujourd'hui encore, environ 40% de l'humanité habite des constructions en terre crue. Facilement mobilisable dans les régions où pierre et bois manquent, sa mise en œuvre est simple et ne nécessite pas de matériel sophistiqué. De même sa mise en œuvre, sans transport, sans cuisson, sans processus de transformation industriel lui confère une empreinte écologique et bilan CO₂ exceptionnel. [3]

Il existe plusieurs types de terre crue nous citons :

a) L'adobe

- **Définition**

Ce procédé utilise un matériau très argileux, préparé à l'état liquide (teneur en eau de l'ordre de 30 %). Il s'agit d'un mode artisanal et manuel de fabrication de blocs, dans des moules de bois ou de métal. Ces blocs seront, après séchage au soleil (Figure I.1), mis en

place dans une maçonnerie dont le mortier est une boue de la même terre. Les blocs ainsi réalisés sont utilisés comme matériau porteur ou matériau de remplissage. La brique d'adobe peut varier d'une dimension de 15 X 25X 10 cm³ soit 30 X 60 X 10cm³ [4].



Figure I.1 Mélanges et séchage des blocs adobes [4]

- **La production:**

La production des blocs d'adobe doit prendre en compte des étapes successives depuis l'extraction de la terre jusqu'au stockage final du matériau prêt à être utilisé en construction.

- **Modes de production de l'adobe:**

On distingue deux principaux modes de production des adobes, l'un manuel et l'autre mécanisé traduisant un mode de production traditionnel et un mode de production modernisé

- **Le mode de production Manuel**

- ❖ **Moules simples**

Il correspond à un moulage traditionnel soit par façonnage manuel ou à l'aide d'un moule Façonnée à la main (Figure I.2) , la terre est généralement utilisée à l'état de pâte plastique mi ferme La terre peut être employée à deux états hydriques différents, soit sous forme de pâte mi molle et selon une méthode dite du "coup d'eau" (moule préalablement nettoyé et mouillé pour faciliter le démoulage), soit sous forme de pâte mi-ferme et selon une méthode dite du "coup de sable" (le moule préalablement nettoyé et mouillé est sou-poudré de sable pour faciliter le démoulage). Dans ces deux techniques de moulage manuelles rendements moyens de production se situent de 400 à 600 blocs par jour pour 2 ouvriers. [5]

- ❖ **Moules multiples**

Il associe l'utilisation de grands moules à compartiments multiples, généralement en forme d'échelles ou de forme carrée subdivisée en petits compartiments et la livraison de la terre, à l'état assez liquide par brouettes, dumpers ou bulldozers à godet. Parfois la terre est directement déversée depuis le malaxeur qui est alors mobile et tracté par ou sur un camion.

Les moules doivent être manipulés facilement par 2 ouvriers (pas trop lourds) et doivent être propres et mouillés avant d'y déverser la terre. Compte tenu de l'état hydrique plus liquide de la terre, les adobes produites de cette façon présentent un risque de retrait et donc de fissuration plus importante. Il convient donc de compenser ce risque en utilisant une terre dont la texture est riche en gros sables et petits graviers.

L'organisation de la production mécanisée se fait autour de deux principaux postes qui sont le malaxage et le moulage et mobilise 5 à 6 ouvriers selon la taille des unités, La production moyenne pour ce type d'organisation est de l'ordre de 8 000 à 10 000 blocs par jour [5].



Figure I.2 Moule de l'adobe [5]

➤ **Le mode de production mécanisé:**

La production mécanisée de blocs d'adobe a été développée dès la fin du XIX siècle, aux Etats Unis d'Amérique, notamment par un fabricant californien, Hans Stumpf. Celui-ci mettait au point une machine tractée par un animal domestique dans un premier temps puis motorisée et munie de pneus, dotée d'un système de trémie mobile au dessus d'un moule à compartiments multiples (25 moules) recevant directement la terre et déposant au sol les 25 blocs successivement moulés. Ce type de machine permet une production pouvant aller de 20 à 30 000 blocs par jour. [5]

b) Les pisés

• **Définition:**

La terre est comprimée en masse avec un pilon dans des banches, couche par couche, et banchée par banchée.

Ce procédé utilise un matériau sableux ou graveleux, préparé à l'état peu humide. La méthode artisanale traditionnelle de mise en œuvre consiste à compacter manuellement la terre entre deux banches de bois (coffrages de 60 cm de hauteur, 40 à 60 cm de largeur, et 3 à 5 m de longueur), à l'aide de dames ou pisoirs. Les murs en pisé sont constitués de bandes

horizontales correspondant aux branches, leur donnant une allure assez massive. La mise en œuvre du pisé s'est modernisée en utilisant des dames adaptées sur un marteau piqueur et des branches modulables métalliques. Le pisé est utilisé comme matériau porteur. [6]

(Figure I.3 et I.4) montre un exemple de coffrage qui peut être utilisé pour la fabrication de murs en pisé [4].

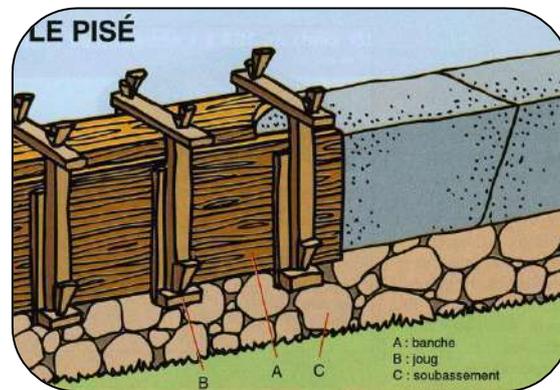


Figure I.3 Coffrage utilisé dans la conception de murs en pisé [6]

- **Technique de production :**

Le pisé est une technique particulière pour monter un mur en terre crue : celle-ci est compactée (à l'aide d'un pilon) dans des coffrages (appelés banches) de grande largeur qui se superposent pour constituer la hauteur des murs. [6]



Figure I.4 Construction d'un mur en pisé [6]

- **Différents types de pisé:**

L'aspect général du matériau pisé, une fois compacté et décoffré est celui d'un "béton maigre de terre", variable selon le type de terre (apparence de graviers et cailloux ou texture plus fine), selon le type de coffrage utilisé et les principes constructifs adoptés pour édifier la maçonnerie de terre en "banchées" successives (en progression horizontale ou verticale avec

Des coffrages traditionnels) [7].

c) La bauge

La bauge est un système de construction monolithique en terre crue empilée. La terre est dans un état plastique, généralement mélangée à des fibres végétales. Les surfaces verticales sont dressées par découpe après un court temps de séchage,

La bauge coffrée est donc une technique alternative à la bauge traditionnelle puisque les surfaces verticales ne sont pas obtenues par découpe mais par coffrage. [8]

• La préparation

On utilise une terre locale argileuse à la granulométrie fine (pas de cailloux, peu de graviers). La terre est stockée à l'air libre ou bâchée pour obtenir la teneur en eau idéale. On doit pouvoir modeler une boule dans la main sans qu'elle ne colle aux doigts, c'est l'état « plastique ».

Si la terre est trop sèche il faut la mouiller à l'avance. Si elle trop humide, il faut la laisser sécher, et on disperse de la paille d'orge sur le sol de manière homogène et sans paquet. [8]

On recouvre la paille de terre foisonnée (en vrac) sur une épaisseur de 10 à 15cm. Il faut répartir la terre de façon homogène sur une surface plane de plusieurs m². Lorsque la couche est suffisamment étendue, on disperse à nouveau de la paille de façon homogène.

Puis on foule au pied la couche paille/terre/paille afin de lui donner une cohésion suffisante pour être découpée en caillebotis. [8]

(Figure I.5) montre les étapes de la préparation de la bauge.



Figure I.5 Les étapes de la préparation de la bauge [8]

- **Mise en œuvre**

Les banches sont installées pour recevoir les caillebotis, on tasse avec le pied de l'extérieur vers l'intérieur afin d'améliorer la cohésion entre les caillebotis. Les banches permettent de contrôler facilement la verticalité du mur. Les caillebotis sont disposés selon un appareillage en arête-de-poisson afin de contrôler et limiter les fissurations. Lorsqu'une levée de terre est complète, soit une hauteur de 60 à 80cm, on décoffre.

Il existe une corrélation entre la teneur en eau de la terre et sa résistance à la compression, si la terre pourra supporter la levée suivante assez rapidement, il est nécessaire d'attendre plus de séchage avant de lui faire supporter des charges lourdes, Il faudra plusieurs semaines pour obtenir un séchage complet, le temps est variable selon les conditions climatiques. [8]

d) Les Blocs de terre comprimée:

- **Définition :**

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 .

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) [9].



Figure I.6 Bloc de terre comprimée réalisée à l'aide d'une presse manuelle [9]

- **Production des blocs de terre comprimée**

La production des blocs de terre comprimée peut être assimilée à celle des blocs de terre cuite produits pas compactage, exception faite de la phase de cuisson. L'organisation de la production sera selon qu'elle est réalisée dans le cadre de petites unités de production artisanales (ou briqueteries) ou bien dans le cadre d'unités de production semi-industrielles ou industrielles. Les aires de production, de séchage et des stockages varient également selon les modes de production adoptés et les conditions de production issues de l'environnement climatique, social, technique et économique. [10]

- **Diversités des produits de blocs de terre comprimée**

- **Blocs pleins**

Ils sont principalement de forme prismatique (parallélépipèdes, cubes, hexagones multiples, etc.). Leur usage est très varié.

- **Blocs creux**

On observe normalement de 15 % de creux, 30 % avec des procédés sophistiqués. Les évidements créés au sein des blocs améliorent l'adhérence du mortier et allègent les blocs.

Certains blocs évidés permettent la réalisation de chaînages (coffrage perdu).

- **Blocs alvéolaires**

Ils présentent l'avantage d'être légers mais exigent des moules assez sophistiqués ainsi que des pressions de compression plus forte que la normale.

- **Blocs à emboitements**

Ils peuvent éventuellement permettre de se passer de mortier mais exigent des moules assez sophistiqués et en général des pressions de compression plus ou moins élevées.

- **Blocs parasismiques**

Leur forme améliore leur comportement parasismique ou permet une meilleure intégration de systèmes structuraux parasismiques : chaînage par exemple.

- **Blocs spéciaux**

Les blocs sont fabriqués exceptionnellement pour une application spécifique.

(Figure I.7) montre les différents produits de blocs de terre comprimée

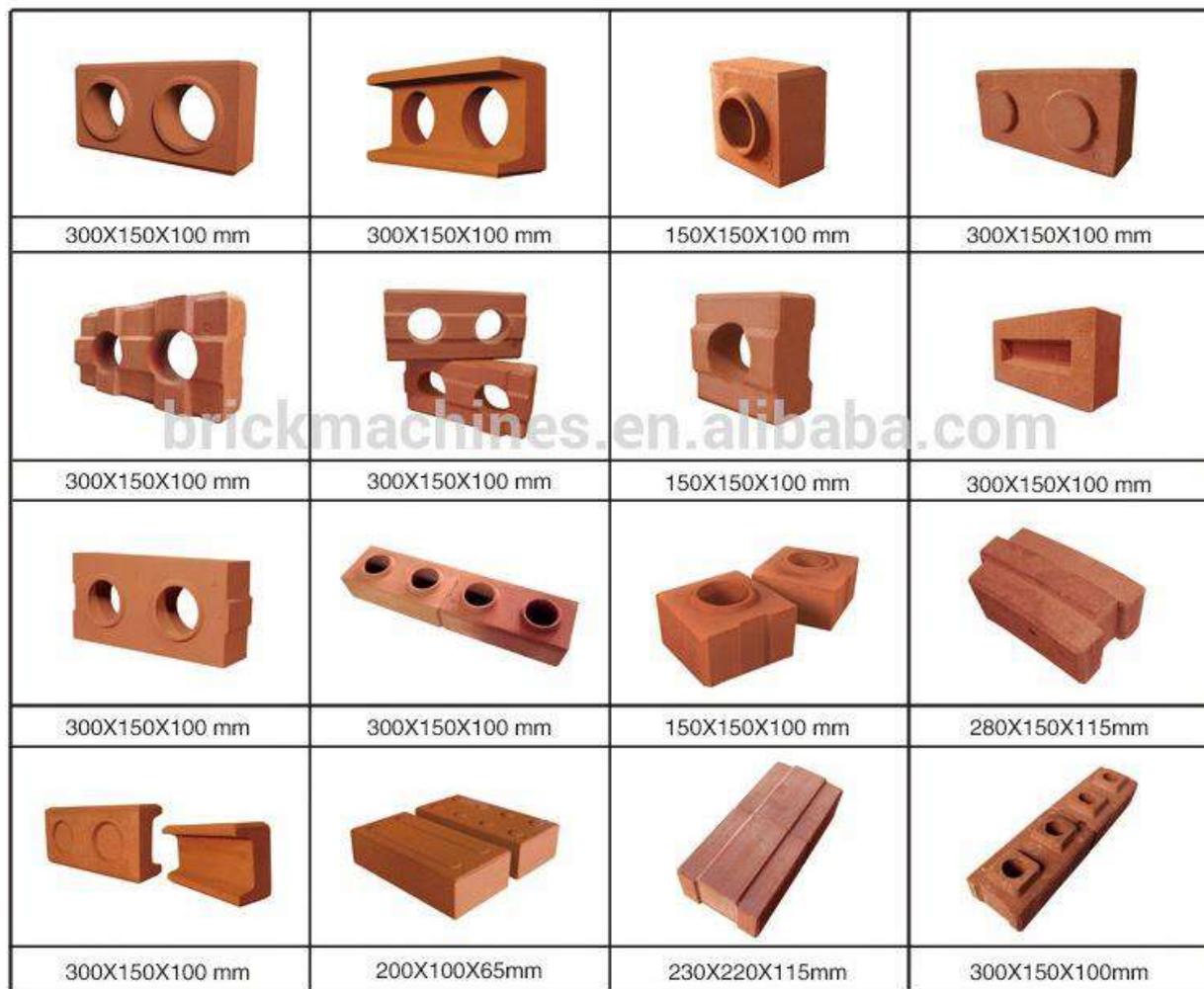


Figure I.7 Différents produits de blocs de terre comprimée [10]

I.3.2 brique de terre cuite :

Les matériaux de terre cuite sont utilisés depuis plusieurs siècles dans le bâtiment. Ils se sont adaptés à l'évolution de la construction et à ses impératifs, tant dans le domaine traditionnel que dans celui dit industrialisé. Les caractéristiques des produits de terre cuite permettent à ceux-ci d'être employés dans toutes les parties de la construction avec efficacité. Ce sont essentiellement les briques, les tuiles, les éléments pour planchers, les conduits de fumée, les carreaux rustiques, des éléments de décoration ...etc. [11]

- **Fabrication de terre cuite :**

- ❖ **Méthode traditionnelle :**

L'extraction de la terre nécessaire à la fabrication des briques se faisait à partir de puits rudimentaires, de mines ou de carrières. Avant la mécanisation, les hommes arrachaient l'argile à l'aide de fers, à plat. Une fois l'argile extraite, un travail de broyage permettait d'affiner la matière première. Ensuite, l'ajout d'eau en grande quantité permettait d'obtenir une pâte homogène, à la plasticité voulue. Le pétrissage, autrefois au pied, et désormais avec de puissantes machines, permettait d'éliminer les derniers cailloux. Cette préparation de l'argile se terminait par une phase de pourrissage, durant laquelle la terre glaise se « reposait ».

Son façonnage se faisait dans un moule en bois dont les bords et le fond étaient ensablés afin que la glaise n'y adhère pas. Un morceau de glaise était placé dans le moule, puis aplani. La surface était égalisée et arasée de son excédent à l'aide d'un archet ou d'une plane humide. Le tout était démoulé et déposé sur le sol, ou sur une grille pour une première phase de séchage. Une fois durcies, les briques étaient empilées en quinconces pour faciliter la circulation de l'air entre elles. et étaient stockés sous un auvent entourant le four de la briqueterie. La cuisson s'opérait quand le nombre de briques sèches était suffisant. Elles étaient alors empilées selon le même principe à l'intérieur du four, par une étroite ouverture verticale aménagée dans un des côtés. Des rainures horizontales recevaient une planche servant de support à l'ouvrier chargé de placer les briques jusqu'en haut du four. L'ouverture était ensuite obturée avec de la terre. Le feu était allumé dans le foyer situé en sous-sol du four, et entretenu pendant plusieurs jours, avec une surveillance constante.

Ce travail manuel a donné aux briques leur forme caractéristique. Aujourd'hui, ce travail est industrialisé et permet d'obtenir différents tailles de briques, parfaitement identiques. Un système de découpage automatique façonne des briques à partir de boudins de glaise. La brique subit ensuite une série de séchages qui éviteront les fissures et les éclats lors de la cuisson: [12]

- ❖ **Méthode moderne**

La fabrication d'une brique moderne passe par les grandes étapes suivantes :

- L'extraction des matières premières.
- La préparation de l'argile.
- Le façonnage.
- Le séchage.
- La cuisson.

- **Extraction**

La matière première naturelle de la brique de terre cuite est l'argile. Il faut entendre 'argile' au sens large et considérer également les terres limoneuses et schisteuses, matières premières de même composition minéralogique que l'argile.

L'argile est extraite dans des argilières situées en zone d'extraction. il est omniprésente dans le sous-sol et ses propriétés différent en fonction de l'origine géologique. [13]

L'extraction de l'argile de gisement (Figure I.8) peut se faire par des engins mécaniques: décapeuses, pelles, chargeuse...etc. La matière extraite, acheminée à l'usine par camions, voies ferrée bandes transporteuse [14].



Figure I.8 gisement d'argile [13]

- **Préparation de l'argile**

La préparation comprend deux opérations principales : le broyage et le malaxage d'une part, le dosage et le mélange des matières premières d'autre part. Le but est d'obtenir une masse argileuse bien homogène et plastique qui sera facilement transformée en produit fini.

- **Broyage et malaxage**

Ces opérations ont pour but de rendre la masse d'argile homogène et de lui conférer la plasticité nécessaire au moulage des briques. et pour réduire les inclusions solides éventuellement présentes dans l'argile (ex : nodules de pyrite et inclusions de chaux) pouvant influencer négativement la structure du produit en terre cuite. Cette étape très importante s'effectue dans des broyeurs mécaniques à meules verticales ou à cylindres horizontaux. Gâchée à l'eau pour obtenir une pâte (argileuse) présentant la plasticité souhaitée. Enfin, l'argile contient également des débris organiques nuisibles à la qualité du produit fini, et qui ne peuvent être éliminés que par l'action bactériologique. A cette fin, l'argile est stockée quelque temps dans un lieu humide et sombre propice au développement de ces bactéries.

- **Dosage et mélange:**

Les adjuvants peuvent influencer les propriétés des produits finis. Ainsi, l'ajout de pigments peut en modifier la couleur, l'ajout de sciure de bois a une influence sur la porosité.

La préparation de la matière première s'accompagne également d'ajout d'eau ou de vapeur. L'ajout d'eau permet de garantir une mise en forme facile de l'argile, tandis que la vapeur augmente la plasticité de l'argile.

Les machines à doser sont constituées de réservoirs contenant les différentes matières premières dont des «nourrices» alimentent régulièrement, et dans les proportions requises.

- **Façonnage**

Dans l'industrie briqueterie moderne, hautement mécanisée, les briques « moulées main» ne le sont toutefois plus par la main de l'homme. Toutes les opérations sont restées identiques, mais ce sont des machines qui ont pris la relève. Après avoir servi au façonnage, les moules sont nettoyés à l'eau et réutilisés. L'excès d'argile arasé lors du moulage est quant à lui, réintroduit dans la matière première.

Le sablage des moules avec du sable ou de la sciure est aujourd'hui aussi entièrement mécanisé. Si l'on remplace ce sablage des moules par un rinçage à l'eau, on obtient une brique non sablée qui a la couleur pure de la terre cuite.

- **Séchage**

Avant d'être cuites, les briques crues doivent encore perdre une grande partie de leur teneur en eau – du moins en est-il ainsi pour la plupart des argiles. Le séchage se poursuit jusqu'à ce que les briques ne contiennent plus qu'environ 2% d'eau. Le risque serait effet de les voir se fendre ou éclater sous la dilatation de la vapeur dans la masse. D'autre part, la stabilité dimensionnelle du produit n'est obtenue qu'au terme du retrait consécutif à la dessiccation. Le séchage s'opère dans des chambres ou des tunnels où il se poursuit de manière régulière et rapide (généralement de 2 à 4 jours). On utilise l'air chaud de la zone de refroidissement du four pour le séchage des briques. La température et le taux d'humidité sont contrôlés tout au long du processus de séchage, au moyen d'un système informatique réglé de façon très précise.

- **Cuisson**

C'est la dernière étape que doit subir la brique d'argile façonnée et séchée, avant de pouvoir devenir une brique de terre cuite à proprement parler. C'est la une phase d'une grande

importance qui doit se dérouler très progressivement. On augmente graduellement la température jusqu'à l'obtention de la température de cuisson (comprise entre 850 et 1200°C, en fonction du type d'argile) ; on diminue ensuite progressivement la température jusqu'au refroidissement complet. Chaque mélange d'argile se caractérise par sa propre «courbe de cuisson». [13]

I.3.3 Brique Silico-calcaire

Les briques silico-calcaires sont fabriquées à partir de sable siliceux et de chaux vive broyée. Lorsqu'on mélange ces matériaux avec de l'eau, la chaux vive se transforme en chaux éteinte. Le mélange obtenu, à la consistance de terre humide, est comprimé sous forme de briques dans des presses. Les briques sont ensuite durcies en autoclave à la vapeur et à température élevée. Au cours de l'étuvage, la chaux réagit avec la silice et l'humidité résiduelle du sable. Les cristaux qui se forment ainsi assurent la liaison entre les grains de sable. [15]

a) 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'est pas de même en présence de vapeur d'eau sous pression.

la fabrication de briques silico-calcaire obtenues par un mélange soigneusement dosé de chaux et silice broyé puis moule par pression et traite par vapeur , la première application industrielle a été faite en Allemagne vers 1894 les pays qui ont les plus fortes production des briques silico-calcaire dense sont : la Russie , L'Allemagne ,les pays bas , la France [16].

Le mélange (5-12%) chaux vive (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 vibrée suivant les modèles de presses , sous des pression 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) [16].

b) Silico-calcaire léger :

Les briques silico-calcaire léger sont fabriquées à partir des mêmes matériaux que les silico-calcaire denses, mais avec ajout d'un constituant produisant des vides artificiels fermes,

sous forme des bulles gazeuses obtenues par réaction chimique, ils appartiennent à la classe des matériaux appelés improprement béton cellulaire ou béton gaz. [16].

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 petite cellules étant créés dans une mélange par dégagement gazeux résultant de l'addition , au moment du gâchage , de poudre d'aluminium.[16]

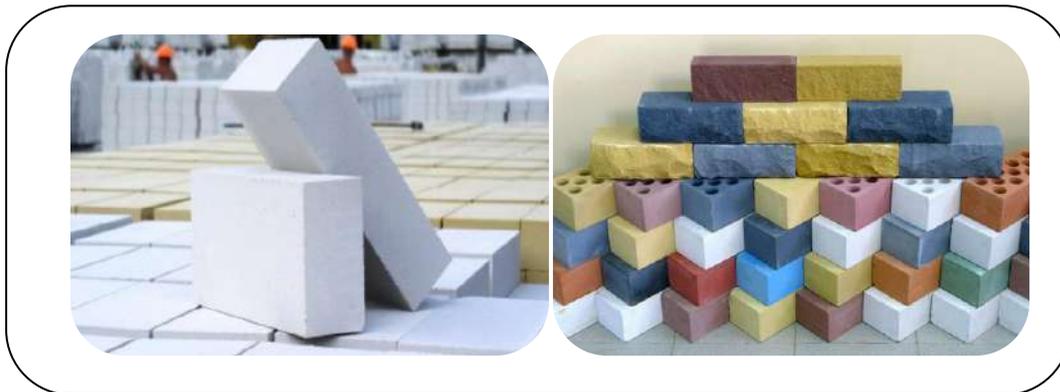


Figure I.9. : Produit en briques silico-calcaire [16]

Les briques silico-calcaires en général ont un très bon comportement au gel, leur non gélivité leur permet de bien résister à des températures pouvant atteindre 550°C.

Les briques silico-calcaires ainsi que les briques cuites sont des matériaux de construction non inflammable [16].

Les briques silico-calcaires sont en générale de même usage que les briques de terre cuite, mais avec certaine restriction, Il est interdit d'utiliser les briques silico- calcaires pour la pose des fondations et des socles parce qu'elles sont moins résistantes à l'eau que les briques de terre cuite [16].

I.4 LE PLÂTRE TRADITIONNEL (TEMCHEMT)

Le plâtre traditionnel appartient à la famille des évaporites qui sont les roches sédimentaires les plus solubles dans l'eau. On considère généralement que le gypse résulte de l'évaporation de l'eau des lagunes marines sursaturées. Plusieurs théories s'affrontent cependant à propos des conditions qui ont permis le dépôt de bancs de gypse très pur d'épaisseur (e) importante (pouvant atteindre 18 à 20 m). Le gypse est présent en quantités relativement importantes dans la nature, mais inégalement réparties à la surface du globe. [17]



Figure I.10 gisement de gypse [17]

I.4.1 Définition de plâtre :

Le gypse constitue la matière première du plâtre. Ce di-hydrate de sulfate de calcium ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), déshydraté par une cuisson au four, se transforme en plâtre ou héli-hydrate de sulfate de calcium. La structure et les caractéristiques physiques de l'héli-hydrate obtenu (α ou β) vont dépendre des conditions de cuisson : température, pression, environnement etc...[17]

I.4.2 Les étapes de fabrication du plâtre :

- L'extraction
- Concassage-calibrage (à mâchoire, à cylindre dentés, à cylindre unique et mâchoire, à percussion à marteaux).
- .La cuisson
- Le broyage.

I.4.3 Préparation de plâtre traditionnel

Le plâtre traditionnel est brûlé dans des fours traditionnels. ces fours sont des constructions rudimentaires, construits en timent épais, four verticale ayant 1.5 m de haut et 1 m de diamètre, et le deuxième four horizontal de 1m de haut et 4 m de diamètre dans une cour.

Pour ceci un ouvrier descend dans le trou et place , au bas, tout autour (sauf devant l'ouverture) un rang de gros blocs de timent .Puis il pose une deuxième rangée, un peu en retrait vers le centre, il bourre les cotés avec des morceaux plus petits, et monte sur cette seconde assise ; une troisième est placée de même et alors, avec un gros bloc on bouche le milieu : il a été en somme construit une voute; l'ouvrier continue à remplir le four et ceci

jusqu' au dessus du sol ; où on termine en dôme, dôme de près d'un mètre de hauteur au centre, au des sus du niveau du sol.

On procède alors à la mise à feu : par l'ouverture qui fait communiquer le bas du four avec la tranchée, on introduit du bois sec, on met le feu, quand le feu est bien pris on l'alimente avec des branches de bois avec les fibres de palmiers. Ce feu est entretenu 6 à 8 heures après on défourne, et on broyé au pilon c'est le plâtre traditionnel (temchent).



Figure I.11 four traditionnel utilisé pour la cuisson de temchent

I.5 CIMENT

I.5.1 Le mode de stabilisation (Ajout de ciment)

La stabilisation au ciment a été développée dès le début du XX^e siècle dans les travaux publics pour la construction de routes et de pistes d'aérodromes. Ce n'est que plus récemment, soit après la Seconde Guerre Mondiale, qu'elle a été appliquée aux travaux de bâtiment. Les techniques sont aujourd'hui totalement maîtrisées [18].

I.5.2 Définition

Le ciment est un liant hydrologique, 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 pate faisant prise et durcissant progressivement dans le temps. Ce durcissement est du à l'hydratation de certains composé minéraux, notamment des silicates et des aluminates de calcium. [18]

I.5.3 Procédé de fabrication :

Les matières premières nécessaires à la production de ciment sont le carbonate de calcium, la silice, l'alumine et le minerai de fer. Elles sont, pour l'essentiel, tirées de la roche

calcaire, de la craie, de la marne, du schiste argileux et de l'argile. Ces matières premières sont concassées puis broyées et mélangées dans des proportions adéquates. Le mélange est ensuite introduit dans un four rotatif et chauffé à une température d'environ 1500 °C pour obtenir du clinker. Broyé avec du gypse, celui-ci permet d'obtenir le ciment. Il est également possible de substituer à certaines matières premières - ou d'ajouter à la fin du processus de fabrication [19].

I.5.4 Les étapes de fabrication ciment

○ Étape 1 : Extraction et broyage des matières premières

Les matières premières qui entrent dans la fabrication du ciment (carbonate de calcium, silice, alumine et minerai de fer) sont généralement extraites de roche calcaire, de craie, de schiste ou d'argile. Ces matières premières sont prélevées des carrières par extraction ou dynamitage. Ces minéraux naturels sont ensuite broyés mécaniquement. À ce stade, d'autres minéraux sont ajoutés pour corriger la composition chimique du ciment. Ces minéraux sont des déchets ou des sous-produits d'autres industries, comme des cendres de papier. Le broyage permet de produire une fine poudre, appelée « cru de ciment », qui est ensuite préchauffée, puis placée dans un four où elle est soumise à d'autres procédés.[19]

○ Étape 2 : Chauffage et broyage du cru de ciment

Le four est au cœur du procédé de fabrication du ciment. Une fois dans le four, le cru de ciment est chauffé à environ 1500 degrés Celsius (°C) - ce qui correspond à peu près à la température de la lave en fusion. À cette température, des réactions chimiques se produisent et entraînent la formation du clinker, substance qui contient des silicates de calcium hydrauliques. Pour chauffer des matières à une température aussi élevée, il faut produire une flamme de 2 000 °C à l'aide de carburants fossiles et de déchets. Le four est incliné de trois degrés par rapport à l'horizontale, ce qui permet à la matière de le traverser en 20 à 30 minutes. À sa sortie du four, le clinker est refroidi, puis entreposé, avant d'être broyé afin de produire le ciment. [19]

○ Étape 3 : Broyage et expédition du ciment

Une petite quantité de plâtre (de trois à cinq pour cent) est ajoutée au clinker pour réguler le durcissement du ciment. Ce mélange est ensuite moulu très finement pour obtenir du « ciment pur ». Pendant cette phase, d'autres minéraux, appelés « adjuvants », pourraient être ajoutés en plus du plâtre. Ces adjuvants d'origine naturelle ou industrielle sont dosés pour conférer au ciment des propriétés précises : perméabilité réduite, résistance accrue aux

sulfates et aux environnements agressifs, maniabilité améliorée, meilleure qualité des finis, etc. Enfin, le ciment est entreposé dans des silos avant d'être expédié en vrac ou en sacs aux chantiers où il sera utilisé. [19]

I.6 CONCLUSION

Cette étude bibliographique, nous à permis d'étudier: les différents types de briques existants dans le domaine de construction (les briques crues, les briques cuites, les briques silico-calcaire).

- Les différents modes des fabrications de brique
- les matériaux utilisé dans Notre travail de recherche c'est le plâtre traditionnel de la région d'Ouargla comme matériau de base et l'ajout de ciment blanc comme une mode de stabilisation.

CHAPITRE II

CHAPITRE II : CARACTERISATION DES MATERIAUX UTILISES

II.1 INTRODUCTION

Les propriétés et les caractéristiques des matériaux de construction déterminent le domaine de leur application. Ce n'est qu'en évaluant ou en mesurant exactement les qualités et les caractéristiques les plus importantes, que nous pourrions confectionner des briques qui nous permettent de construire des édifices d'efficacité économique et technique. Toutes les caractéristiques des matériaux de construction, d'après l'ensemble de leurs indices, sont divisées en caractéristiques physiques, chimiques puis mécaniques.

Les caractéristiques de chaque composant de ces constituants, la démarche adoptée ainsi que la méthodologie d'essais et le mode opératoire sont présentés.

II.2 MATERIAUX UTILISES

Nous allons étudier les caractéristiques des différents matériaux utilisés dans la Composition des briques, ces essais sont réalisés au niveau de laboratoire de génie civil de l'UKMO et laboratoire de travaux publics de sud LTPS Ouargla.

II.2.1 plâtre traditionnelle (temchent)

Comme dans la plupart des roches sédimentaires, les principales phases cristallines Du gypse sont la calcite ($\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$), possède une plasticité. Pour notre étude le gypse traditionnelle utilisée est le gypse de la région d'OUARGLA

II.2.1.1 Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage (NFP94-056)

L'analyse granulométrique est un essai qui consiste à étudier la granulométrie du granulat, c'est-à-dire la distribution des grains suivant leur dimension en déterminant par pesée l'importance relative des classes de grains de dimension bien définies par pourcentages. Elle se fait par tamisages ; en passant dans une série de tamis de maille carrée de plus en plus petit pour la fraction de granulat.

➤ Principe de la méthode

L'opération consiste à éliminer par lavage à l'eau des fillers puis à procéder un tamisage après séchage à l'étuve. A partir de la masse on détermine les différents pourcentages des refus. Les résultats sont exprimés sous forme d'un graphique appelé courbes

granulométrique. Cette courbe est l'un des indicateurs permettant de caractériser la distribution granulométrique du matériau.

➤ **Mode opératoires**

- Les préparations avant l'essai

Après l'échantillonnage (c'est à dire bien homogénéiser le matériau), le tas Reserve pour l'essai granulométrique par tamisage est recueilli dans un plat et puis en pèse l'échantillon. et on lave et élimine les éléments de diamètres inférieur à 0,063 mm a l'aide d'un tamis. Le lavage est terminé si l'eau qui s'écoule du tamis prend l'aspect claire (c'est-a- dire incolore). Après le lavage, les refus sont mis à l'étuve à 50°C-105°C pendant 24h (pour les sols fins). A sa sortie de l'étuve, on pèse les matériaux secs et on commence le tamisage.

-L'exécution de l'essai :

Après observation de granulat, faire choix du tamis le plus fin et le tamis le plus gros. Empiler les tamis dans l'ordre croissant (bas vers le haut) , c'est-a-dire le tamis des petites diamètre en bas et le plus grand en haut, puis agiter doucement horizontalement le tout manuellement jusqu'a ce qu'il ne passe pratiquement plus de matière susceptible d'influencer les résultats de façon significative . Puis agiter individuellement chaque tamis, supérieure jusqu'au dernier (tamisage). Ensuite on pèse le refus cumule c'est a dire peser le contenu de premier tamis puis y ajouter le contenu immédiatement inférieure pour avoir le refus cumule puis en porte les résultats des refus cumules en g dans le tableau. Enfin, a la fin de l'essai on exécute l'expression des résultats dont on calcule les refus cumule et les passant (tamisât) en %. Cette pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.



Figure II.1 Essai d'analyse granulométrique par tamisage.

On obtient les résultats de l'analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage dans le tableau suivante :

Tableau II.1 Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage du plâtre traditionnel

| Poids de l'Echantillon (g) | Tamis (mm) | Poids refus partiels (g) | Poids refus cumulés (g) | Poids refus cumulés (%) | complément à 100 | Tamisât % |
|----------------------------|------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-----------|
| 200 (g) | 5 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| | 2 | 37.13 | 37.13 | 18.56 | 81.44 | 81 |
| | 1 | 19.36 | 56.49 | 28.24 | 71.76 | 72 |
| | 0.4 | 21.48 | 77.97 | 38.98 | 61.02 | 61 |
| | 0.2 | 22.70 | 100.67 | 50.33 | 49.67 | 50 |
| | 0.1 | 14.83 | 115.5 | 57.75 | 42.25 | 42 |
| | 0.08 | 2.50 | 118 | 59 | 41 | 41 |

II.2.1.2 Analyse granulométrique par sédimentation (NF P94-057)

La sédimentométrie a pour but l'analyse granulométrique des sols cohérents dont le diamètre des grains est inférieur à 0.08mm ou (0.1mm).

➤ Le principe de l'essai

La sédimentométrie complète l'analyse granulométrique par tamisage; elle donne la répartition des grains inférieurs à 0,1 mm. Cette méthode est basée sur la loi de STOKES qui donne une relation entre la vitesse de décantation d'une particule sphérique dans un liquide et le diamètre de cette particule.

➤ Mode opératoires :

La sédimentométrie faisant suite à l'analyse granulométrique par voie humide, on recueille l'eau et les fines ayant passé au tamis de 0.1 mm. Après décantation et passage à l'étuve jusqu'à dessiccation complète, le matériau est désagrégé. On prélève ensuite 40 g de sol qui est mis à inhibition pendant 12 à 15 heures dans une solution constituée par environ 500 cm³ d'eau distillée additionnée d'une solution défloculante d'hexamétaphosphate de sodium (60 cm³ d'une solution à 5 %). L'ensemble est alors soumis à une agitation mécanique pendant 3 minutes afin de séparer convenablement les grains les uns des autres.

On verse alors la suspension ainsi préparée dans une éprouvette de 2 litres. Le remplissage étant complété par de l'eau distillée. A l'aide d'un agitateur manuel on agite vigoureusement la suspension pour obtenir une concentration uniforme sur toute la hauteur de l'éprouvette. L'agitation terminée on déclenche le chronomètre, c'est le début de la sédimentation. On effectue ensuite à l'aide d'un densimètre les mesures à :

30 s - 1 min - 2 min - 5 min - 10 min – 20 min - 40 min - 80 min - 4 h et 24 h

Il est nécessaire de connaître les constantes du densimètre utilisé (étalonnage préalable) et d'apporter les corrections dues à la température, au défloculante, à l'effet de ménisque lorsqu'on plonge le densimètre dans la suspension.

Tableau II.2 Analyse granulométrique par sédimentométrie du plâtre traditionnel

| T (C°) | Temps | Durée de chute | R : lecture en densimètre | Correction n (C) | R ₁ Lecture corrigé | Diamètre (D) | % des éléments (D) sur l'ensemble de l'échantillon |
|--------|--------|----------------|---------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------|--|
| 20.6 | 9 :10 | 30 '' | 20.2 | 2.04 | 22.24 | 0.075 | 41% |
| 20.6 | 9 :11 | 1' | 19 | 2.04 | 21.04 | 0.055 | 39% |
| 20.6 | 9 :12 | 2' | 18 | 2.04 | 20.04 | 0.038 | 37% |
| 20.6 | 9 :15 | 5' | 16 | 2.04 | 18.04 | 0.025 | 27% |
| 20.6 | 9 :20 | 10' | 12 | 2.04 | 14.04 | 0.017 | 19% |
| 20.6 | 9 :30 | 10 | 9 | 2.04 | 11.04 | 0.012 | 11% |
| 20.6 | 9 :50 | 40' | 6 | 2.04 | 8.04 | 0.008 | 3% |
| 20.6 | 10 :30 | 80' | 0 | 2.04 | 2.04 | 0.006 | 2% |
| 20.6 | 11 :50 | 160' | 0 | 2.04 | 2.04 | 0.004 | 2% |
| 20.6 | 14 :30 | 320' | 0 | 2.04 | 2.04 | 0.003 | 2% |

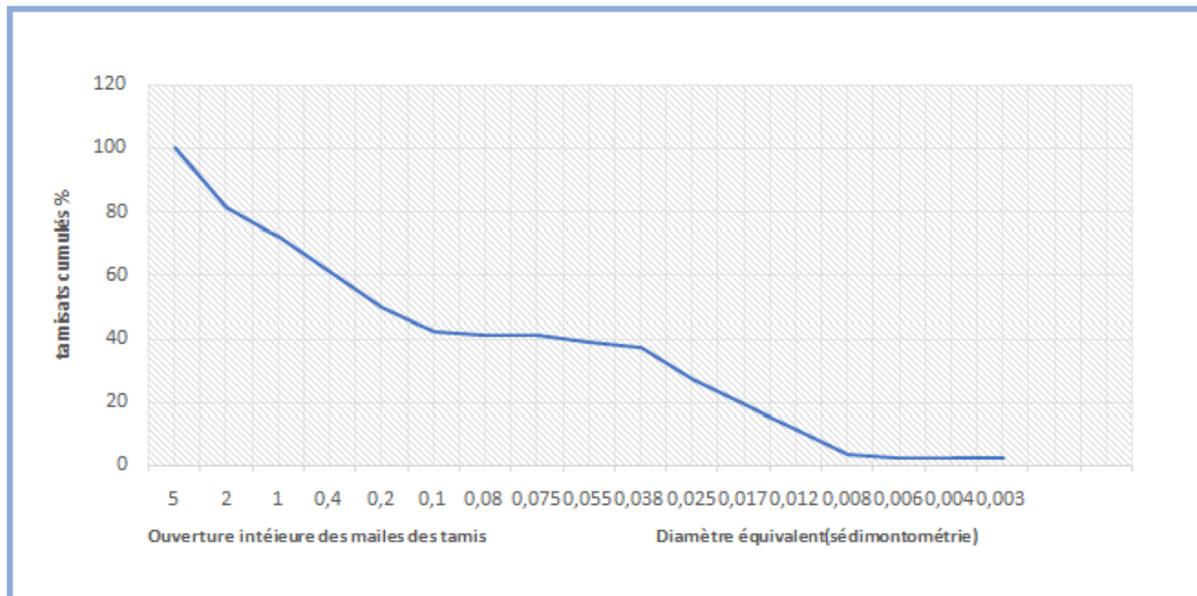


Figure II .2 Courbe granulométrique du gypse traditionnel

Les résultats de l'analyse granulométrique par sédimentation montre que notre sol est consisté environ de :

❖ 19% graviers, 31% gros sable, 23% Sable fin, 27% Limon.

- **Module de finesse (NF P 18-304)**

Le module de finesse 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 cumulés exprimée en pourcentages sur les tamis de 0.16 à 5mm .pour notre échantillon module de finesse est égale :

$$MF = 1.94$$

- selon la norme on distingue les valeurs de classification suivantes :

$$1.8 < MF < 2.2$$

$$2.2 < MF < 2.8$$

$$2.8 < MF < 3.2$$

$$MF > 3.2$$

- Notre échantillon est entre $1.8 < MF < 2.2$ donc d'après le résultat obtenu, nous concluons que le l'échantillon est du : majorité de grains fins.

II.2.1.3 Masse volumique (NF EN 1097) :

La masse volumique est une grandeur physique qui caractérise la masse d'un matériau par unité de volume, On distinguera :

A. La masse volumique apparente :

C'est le rapport entre la masse d'un corps est l'unité de volume apparent (y' compris les vides), Elle est exprimée en (g/cm^3 , Kg/m^3 , t/m^3). Le principe de cette mesure consiste à remplir un récipient avec un volume intérieur connu et de peser la quantité de matériau correspondant.

➤ Mode opératoire :

- Peser le récipient vide et taré.
- A l'aide de l'entonnoir verser le matériau au centre de récipient jusque qu'il soit rempli et débord au tour.
- Araser avec la règle sans compacter le matériau.
- Peser le contenu et noter la masse M.
- Répéter l'opération 3 fois afin de valider l'essai.
- La masse volumique apparente est déterminée par la formule suivante :

$$\rho_{\text{app}} = \frac{M}{V}$$

B. La masse volumique absolue

C'est le rapport entre la masse et l'unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre des grains.

Consiste à mesurer le volume réel occupé par les granulats, sans tenir compte des vides. Dans notre étude on va utiliser la méthode de l'éprouvette graduée, car cette méthode est très simple et très rapide.

➤ Mode opératoire

- Remplir l'erenmeyer graduée en verre par un volume d'eau (V_1).
- Peser une masse du matériau (plâtre traditionnel).
- Introduire cette masse (s'assuré de bien éliminer les bulles d'air).
- Noter le nouveau volume (V_2)
- Cette opération est répétée 3 fois.

- La masse volumique absolue est déterminée par la formule suivante :

$$\rho_{\text{abs}} = \frac{M}{V_2 - V_1}$$



Figure II.3 Essai de la masse volumique apparente et absolue

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau (II.2) :

Tableau II.3 Masse volumique apparente et absolue du plâtre traditionnel.

| Essais | Résultats |
|---------------------------|-------------------------|
| Masse volumique apparente | 1.006 g/cm ³ |
| Masse volumique absolue | 2.053 g/cm ³ |

II.2.1.4 Essai d'équivalent de sable (NFP 18-598) :

L'essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propriété d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5 mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui floclent.

La valeur de l'équivalent de sable (ES) est le rapport, multiplié par 100, de la hauteur de la partie sableuse sédimentée, à la hauteur totale du flocculat et de la partie sableuse sédimentée.

➤ **Mode opératoire :**

- Tamiser une quantité de sable (masse supérieure à 500 g), Prendre une pesée de 120g.
- Remplir l'éprouvette de solution lavant jusqu'au premier repère (10 cm).
- A l'aide de l'entonnoir verser la prise d'essai (120g) dans l'éprouvette et taper fortement à plusieurs reprises avec la paume de la main afin d'éliminer toutes les bulles d'air et favoriser le mouillage de l'échantillon.
- Laisser reposer pendant 10 minutes.
- Fermer l'éprouvette à l'aide du bouchon en caoutchouc.
- Placer l'éprouvette dans un agitateur mécanique pendant 3 minutes.
- Retirer ensuite le bouchon, le rincer avec la solution lavande au-dessus de l'éprouvette, rincée ensuite les parois de celle-ci.
- Faire descendre le tube laveur dans l'éprouvette, le rouler entre le pouce et l'index en faisant tourner lentement le tube et l'éprouvette et en imprimant en même temps au tube un léger piquage. Cette opération a pour but de laver le sable et de faire monter.

A. Equivalent de sable visuel (E.S.V) :

- Après 20 min de dépôt, lire la hauteur h_1 , de niveau supérieure de flocculat jusqu'au fond de l'éprouvette à l'aide d'une règle.
- Mesurer également avec la règle la hauteur h_2 compris entre le niveau supérieur de la partie sédimentaire du fond de l'éprouvette.

$$E_{sv} = \frac{h_2}{h_1} \times 100$$

Avec :

h_1 : Hauteur du sable plus flocculat.

h_2 : Hauteur du sable

B. Equivalent de sable piston (E.S.P) :

- Introduire le piston dans l'éprouvette et la laisser descendre doucement jusqu'à ce qu'il repose sur le sédiment, à cet instant bloquer le manchon du piston et sortir celui-ci de l'éprouvette.

$$E_{sp} = \frac{h'_2}{h_1} \times 100$$

Avec :

h_1 : Hauteur du sable plus flocculat.

h'_2 : Hauteur du sable.

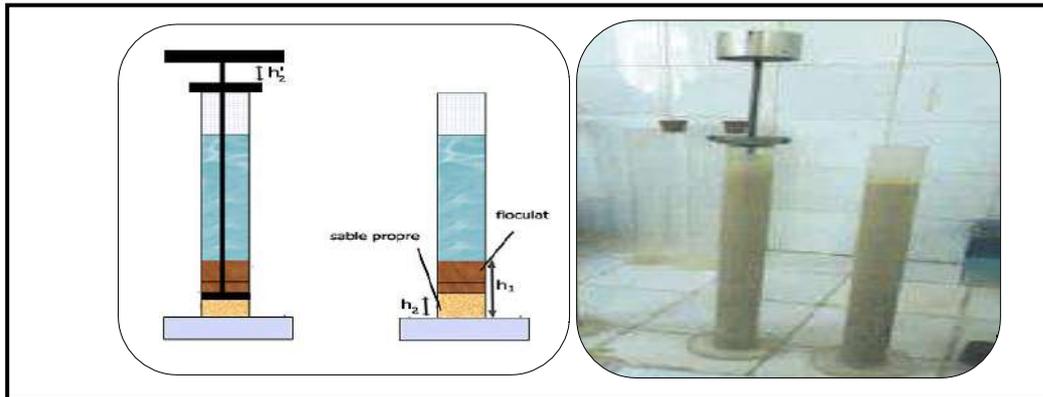


Figure II.4 Essai d'équivalent de sable visuel et par piston.

Tableau II.4 Qualité du sable en fonction des valeurs d'équivalent de sable E_{SV} et E_{SP}

| ES à vue | ES au Piston | Nature et qualité du sable |
|----------------|----------------|---|
| ES < 65% | ES < 60% | Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement. Sable rejeté pour les bétons de qualité. |
| 65% ≤ ES < 75% | 60% ≤ ES < 70% | Sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité que le retrait n'a pas de conséquence notable sur la qualité du béton. |
| 75% ≤ ES < 85% | 70% ≤ ES < 80% | Sable propre à faible proportion de fine argileuse convenant parfaitement pour les bétons de hautes qualités |
| ES ≥ 85% | ES ≥ 80% | Sable très propre : l'absence presque totale des fines argileuse risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra compenser par une augmentation du dosage en eau |

Les résultats obtenus sont les suivants :

Equivalente de sable visuel : $E_{sv} = 35.3$

Equivalente de sable au piston : $E_{sp} = 33.7$

- Selon la norme le plâtre traditionnel est un Sable argileux : risque de retrait ou gonflement. Sable rejeté pour les bétons de qualité.

II.2.1.5 Limites d'Atterberg (NFP 94-051) :

Les limites d'Atterberg (la limite de plasticité et la limite de liquidité) sont des éléments géotechniques destinés à identifier un sol et à caractériser son état au moyen de son indice de consistance.

Les deux limites d'Atterberg sont des teneurs en eau définies sur la fraction des grains de sols fins (diamètre inférieurs à 0.4 mm).

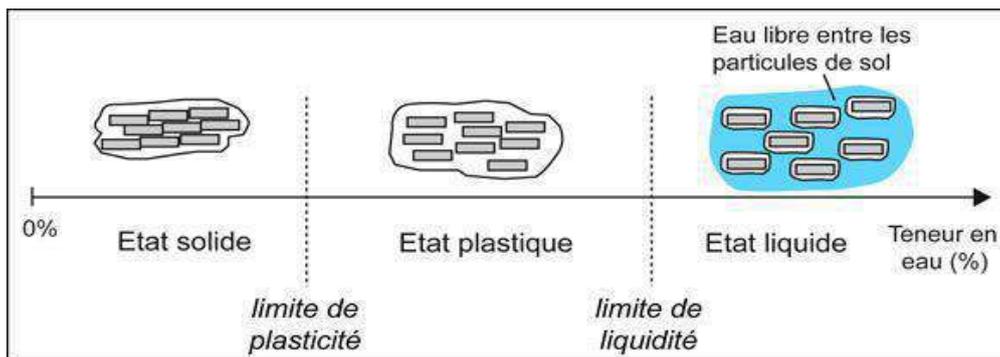


Figure II.5 les limites d'Atterberg

➤ Mode opératoire :

Cet essai est réalisé sur la partie granulométrique appelée mortier inférieur à 0,4mm.

- On malaxe rigoureusement la totalité de l'échantillon afin de bien homogénéiser On remplit la coupelle au tiers.
- On trace le milieu de l'échantillon à l'aide d'un outil à rainurer et l'essai comme immédiatement.
- La coupelle fixée à l'appareil est soumise à une série de chocs réguliers jusqu'à ce que les deux lèvres se ferment (le nombre de coups de fermeture doit être compris entre 15 et 35).
- Pour confirmer le nombre de chocs, il faut recommencer immédiatement l'essai, si les deux essais successif ne diffèrent pas plus d'un choc, on prélève à l'aide d'une spatule deux échantillon de chaque côté des lèvres et on détermine la teneur en eau.

- W_L : la limite de liquidité est la teneur en eau correspondant à la fermeture à 25 coups.
- Détermination de la limite de plasticité W_p .
- Pour déterminer W_p , on prend une partie du mélange et on essaye de faire des petits rouleaux sur une plaquette jusqu'à obtenir un diamètre de 3mm.
- Après on soulève le rouleau à 1 ou 2cm au dessus du plancher, quand il se fissure et rompt. On prélève sur chaque morceau des échantillons pour déterminer la teneur en eau qui sera la valeur de W_p .
- Et il en vient l'indice de plasticité.

$$= W_L - W_p I_P$$



Figure II.6 Essai de limites d'Atterberg.

Tableau II.5 classification selon Atterberg .

| $I_p\%$ | <7 | 7 à 17 | > 17 |
|------------|--------|---------|-------|
| Plasticité | Faible | Moyenne | Elvée |

Les résultats obtenus sont les suivants :

- $W_L=42.03$
- $W_p= 35.23$
- $I_p = 6.80$
- ❖ Après les résultats, on peut classer notre plâtre traditionnel par leur indice de plasticité ($I_p = 6.80$) est un limon peu plastique (argileux).

II.2.1.6 La densité (NFP 94-064) :

La masse volumique sèche (ρ_d) d'un échantillon de roche est le quotient de sa masse (M_s) sèche par le volume (V) qu'il occupe (y compris l'air qu'il contient) :

$$\rho_d = \frac{M_s}{V}$$

L'essai consiste à sécher puis à mesurer la masse et le volume d'un échantillon de roche.

La masse de l'échantillon est obtenue par pesage, après séchage dans une étuve portée à 105C° jusqu'à masse constante, et son volume est déduit de pesées dont une est hydrostatique.

➤ **Mode opératoire :**

Préparation de l'échantillon :

- L'échantillon doit être brossé avant d'être soumis à l'essai pour éliminer les particules facilement détachables.
- L'échantillon est ensuite séché à l'étuve à 105C° jusqu'à masse constante.

Mesure :

- L'échantillon de roche déshydraté est pesé (m_s) puis paraffiné aussitôt après sur la totalité de sa surface extérieure.
- Une fois revenu à la température de la salle d'essai, l'échantillon paraffiné est pesé à nouveau à l'air libre (m_p).

On procède alors à la pesée hydrostatique

➤ **Expression des résultats :**

- L'échantillon paraffiné est plongé dans un volume V_1 d'eau pour déduire son
- **Propre volume** ($V_2 - V_1$)
- Le volume de l'échantillon de sol est déduit par soustraction du volume total de l'échantillon paraffiné :

$$\bullet \quad V_{ech} = (V_2 - V_1) - V_p$$

- La masse volumique de l'échantillon est donc :

$$\bullet \quad \rho_n = \frac{M_1}{V_{ech}}$$

- Et enfin la densité naturelle :

$$\bullet \quad d_n = \frac{\rho_n}{\rho_w}$$

- La densité naturelle égale à: $d_n = 1.4\text{g/cm}^3$



Figure II.7 Essai de la densité naturel.

II.2.1.7 Essai au bleu de méthylène (NFP 94-068) :

L'essai au bleu de méthylène, est utilisé pour déterminer l'argilosité d'un sable, d'un granulat et plus généralement d'un sol. L'essai consiste à déterminer la quantité de particules argileuses présentes dans l'échantillon. Pour cela on utilise du bleu de méthylène, substance adsorbée de préférence par les argiles.

- **Principe de l'essai :**

L'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant être adsorbée par le matériau mis en suspension dans l'eau. Cette quantité est rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol. La valeur de bleu du sol est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol.

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités de bleu de méthylène et en contrôlant l'adsorption après chaque ajout. Pour ce faire, on prélève une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tache.

L'adsorption maximale est atteinte lorsqu'une auréole bleu clair persistante apparaît à la périphérie de la tache.

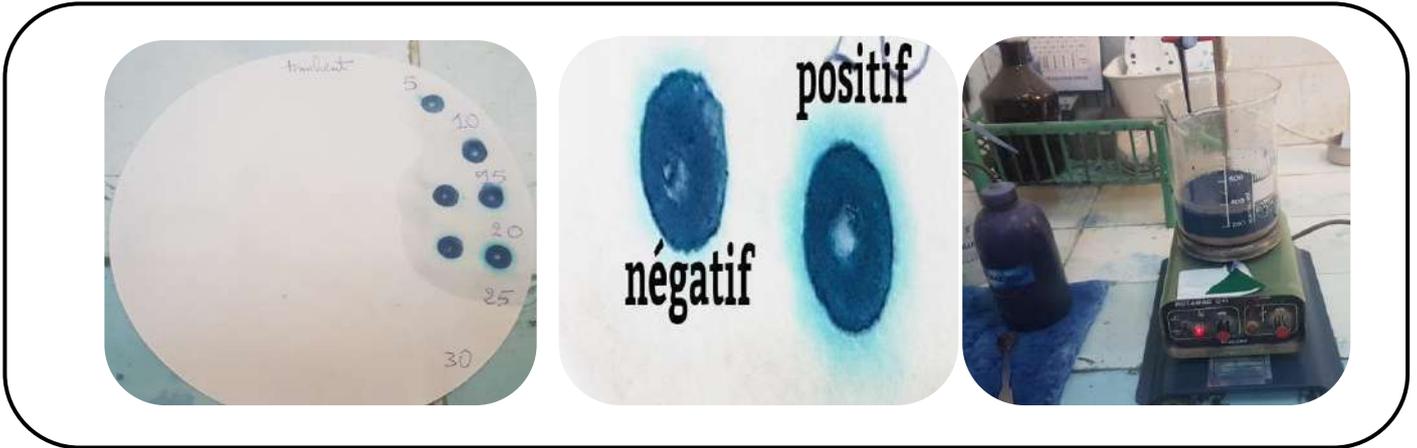


Figure II.8 Essai de bleu de méthylène

- **Expression des résultats :**

La valeur de bleu du gypse est donnée par :

$$\text{VBS} = \frac{V \cdot 0.01}{M_s} * C * 100$$

V : volume de bleu ajouté.

M_s : masse sèche de la prise d'essai.

C : proportion du 0/5 mm dans la fraction 0/50 du matériau sec .

La valeur du bleu du sol est : VBS = 0.22

- On distingue les valeurs de classification suivantes :

- VBS ≤ 0.2 : sols sableux (sol insensible à l'eau)
- 0.2 < VBS ≤ 2.5 : sols limoneux (sol peu plastique et sensible à l'eau)
- 2.5 < VBS ≤ 6 : sols limono-argileux , (sol de plasticité moyenne)
- 6 < VBS ≤ 8 : sol argileux
- VBS > 8 : sol très argileux

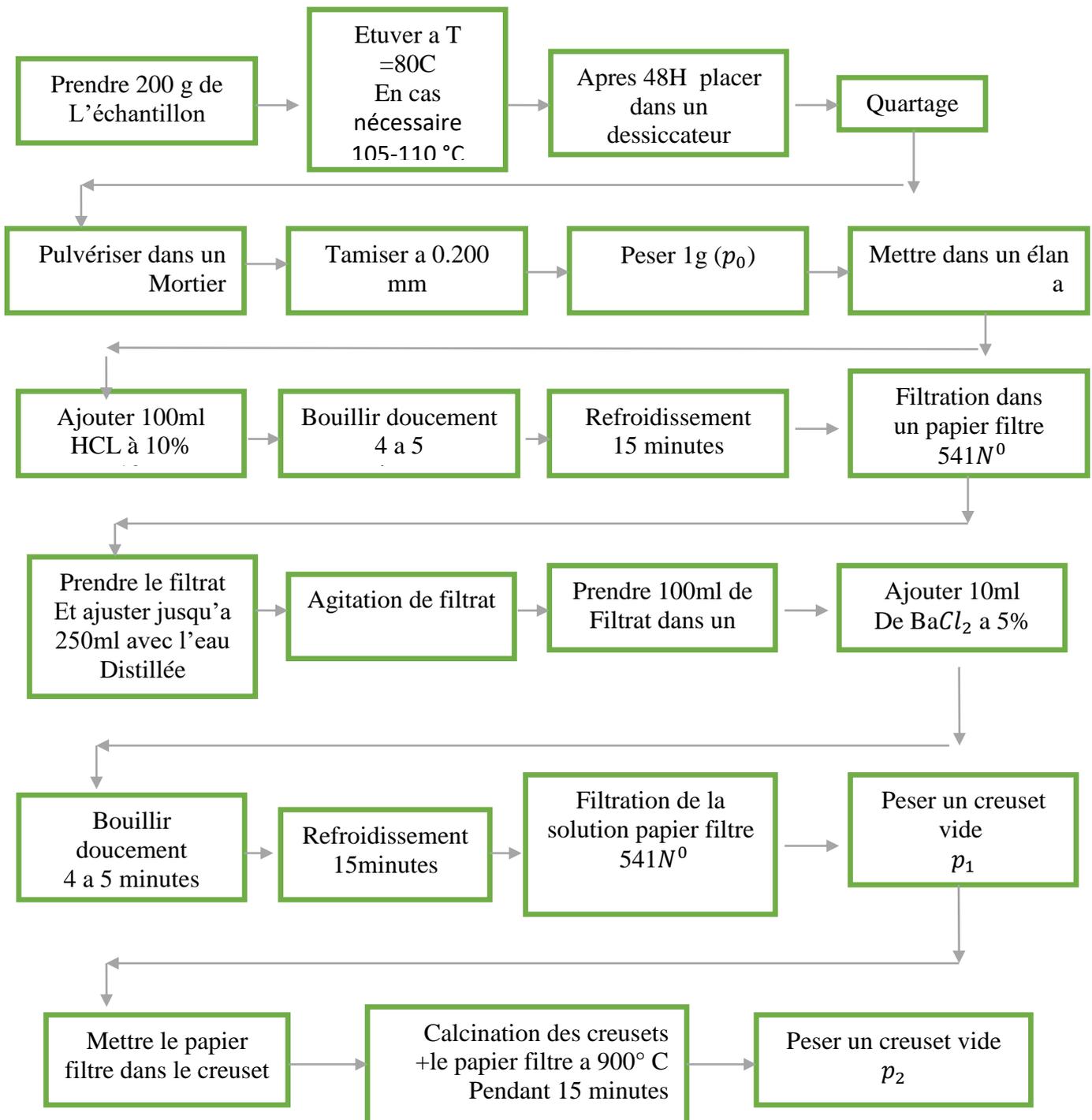
❖ Notre échantillon est entre 0.2 < VBS ≤ 2.5 donc d'après le résultat obtenu, nous concluons que le sol est du : sol limoneux (sol peu plastique et sensible à l'eau).

II.2.1.8 analyse chimique

➤ But de l'essai

- Identifier les éléments constitutifs de plâtre traditionnel (sulfates, carbonates, chlorures).
- Déterminer le pourcentage des éléments

➤ Principe de détermination de la teneur en sulfates (BS 1377)



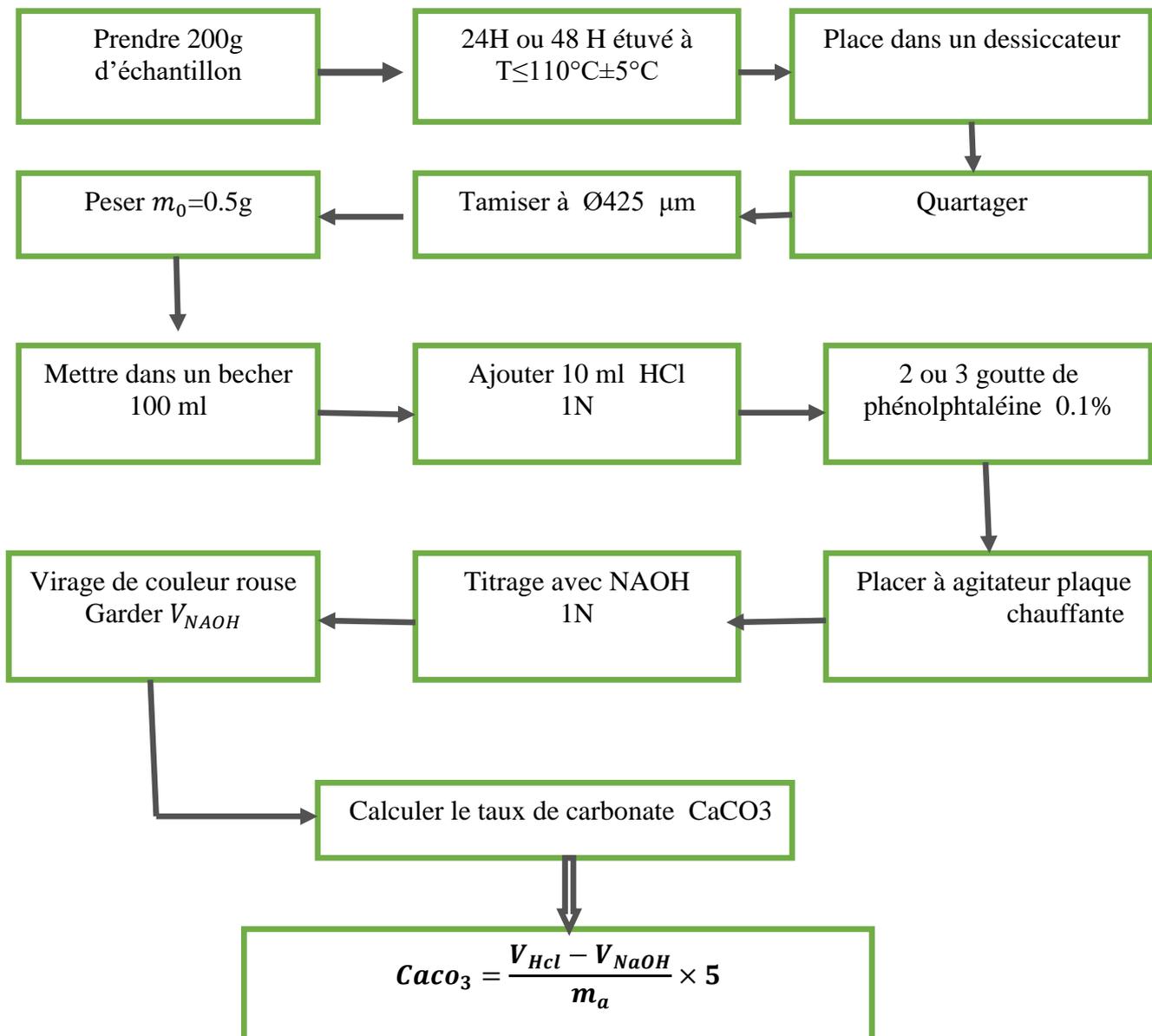
Les formules des calculs :

$$SO_3^{-2} = 34.3 \times (P_2 - P_1) / p_0$$

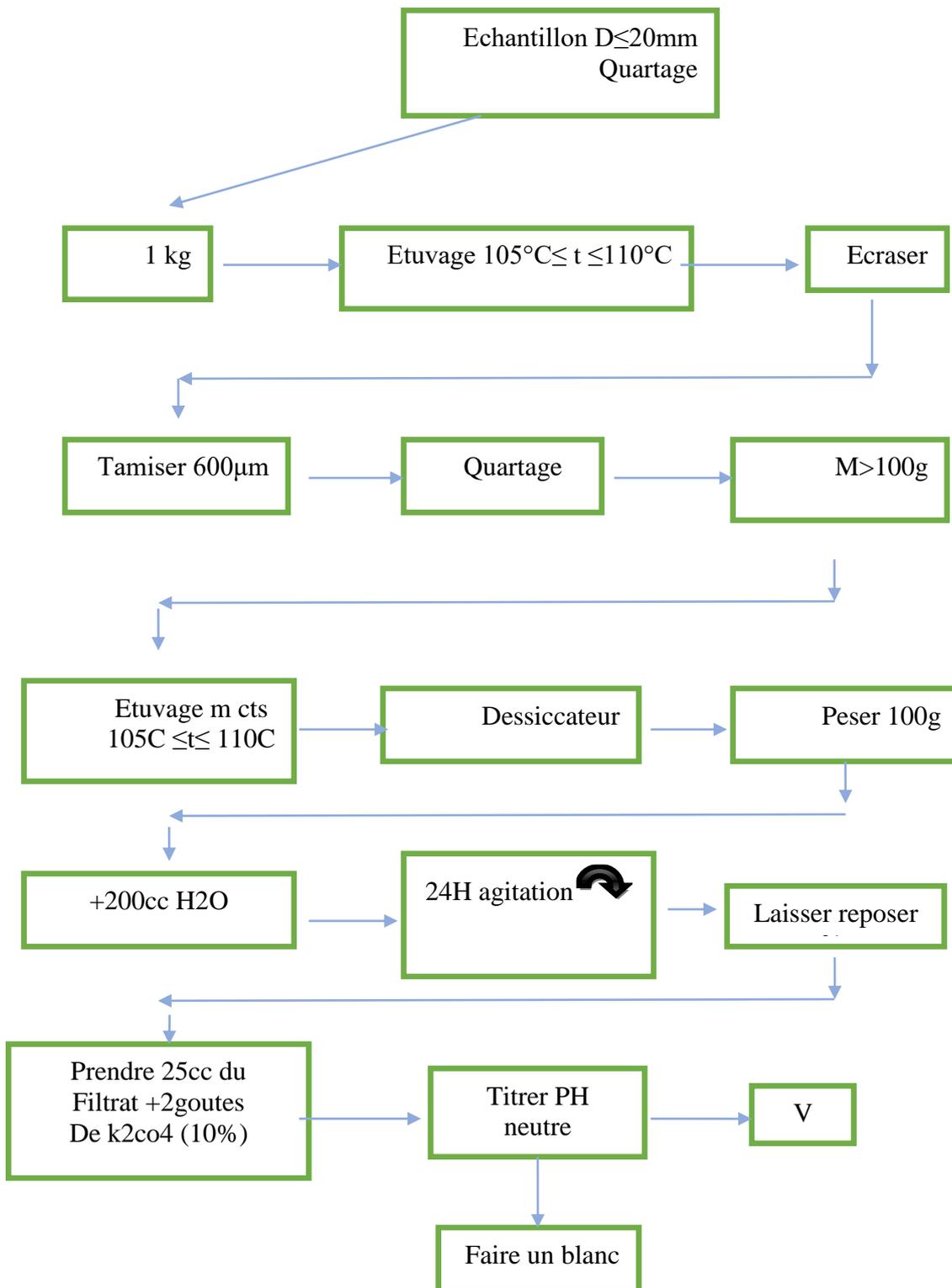
$$CaSO_4 = 184.23 \times (P_2 - P_1) // p_0$$

$$SO_4^{-2} = 41.20 \times (P_2 - P_1) / p_0$$

➤ **Principe de détermination dosage en retour des carbonates (NFP15-461)**



➤ Principe de détermination dosage des chlorures (méthode de MOHR)



Si : $V=25\text{cc}$

$$\text{AgNO}_3 : 0,02 \text{ N} \quad \Longrightarrow \quad T \text{ Ag NO}_3 / \text{Cl}^- = 7,09 \cdot 10^{-4}$$

$$\% \text{Cl}^- = 56,72 \times 10^{-4} \times V$$



(01)

(02)

(03)

(04)

Figure II.9 Analyse chimique : (01) essai de dosages des sulfates, (02) essai de carbonates, (03) essai de chlorures, (04) mesure de PH

Le pH mesuré est : pH=8.54

- A la suite du résultat, on perçoit que le pH correspond au milieu basique.

Tableau II.6 Analyses chimiques de plâtre traditionnel (temchent)

| | Composants | Valeurs |
|----------------------------------|--|---------|
| Insolubles NF P 15 – 461 | Insolubles | 27 % |
| Sulfates BS 1377 | SO_3^{-2} | 14.09 % |
| | $\text{Ca SO}_4 / 2\text{H}_2\text{O}$ | 75.71 % |
| | SO_4^{-2} | 16.93 % |
| Carbonates NF P 15 - 461 | CaCO_3 | 2 % |
| Chlorures méthode de MOHR | Cl^- | 0.845 % |
| | NaCl | 1.385 % |

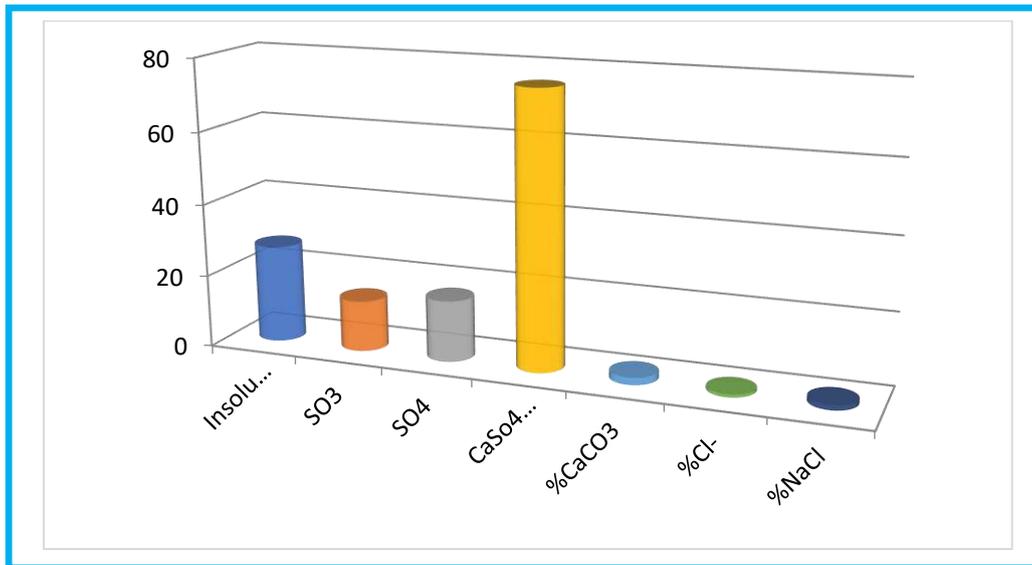


Figure II.10 résultat d'analyse chimique de plâtre traditionnel

La figure (II.10) montre que les éléments dans l'échantillon est le gypse en pourcentage environ de 75.71% avec les insolubles de 27%, les teneurs en sulfates et en chlorures sont très faible.

II.2.1.9 analyse minéralogique par Diffractométrie aux rayons X

La diffractométrie aux rayons X, appelée aussi la cristallographie, est une technique d'analyse de la microstructure de la matière par diffraction de rayons X. Elle permet d'identifier le réseau cristallin d'une matière et de quantifier sa partie amorphe. En effet, les rayons X incidents, découverts par Röntgen en 1845, se diffractent au contact d'une matière cristalline et diffusent si celle-ci n'est pas bien cristallisée.

Les rayons X sont des ondes électromagnétiques ayant pour longueur d'ondes λ comprise entre 0.01 nm et 10 nm. Ils sont généralement émis lors de la décélération soudaine de particules en mouvement rapide. En diffractométrie, l'émission X est générée dans un tube à rayons X lorsque des électrons émis par un filament de tungstène incandescent (cathode) et accélérés dans le vide du tube sous des voltages généralement compris entre 15 et 60 kV percutent une cible métallique (anode). Lors de leur impact avec la cible les électrons rencontrent un grand nombre d'autres électrons, ce qui cause leur brusque décélération. L'énergie libérée par le retour des atomes à leur état fondamental est dégagée sous forme de rayonnements secondaires caractéristiques des éléments suivant deux modes, radiatifs (rayons X) ou non radiatifs (électrons Auger) [19]

On nomme diffractomètre, l'appareil permettant d'une part de générer un faisceau de rayons X qui va traverser une matière et se diffracter, et d'autre part de mesurer l'intensité de la diffraction de ce faisceau pour un angle d'incidence θ donné. Le diffractomètre utilisé dans notre étude est le modèle « SEIFERT XRD 3003 TT ». L'échantillon à analyser est broyé avec un mortier afin d'obtenir une poudre fine.



Figure II.11 analyse minéralogique par Diffraction aux rayons X

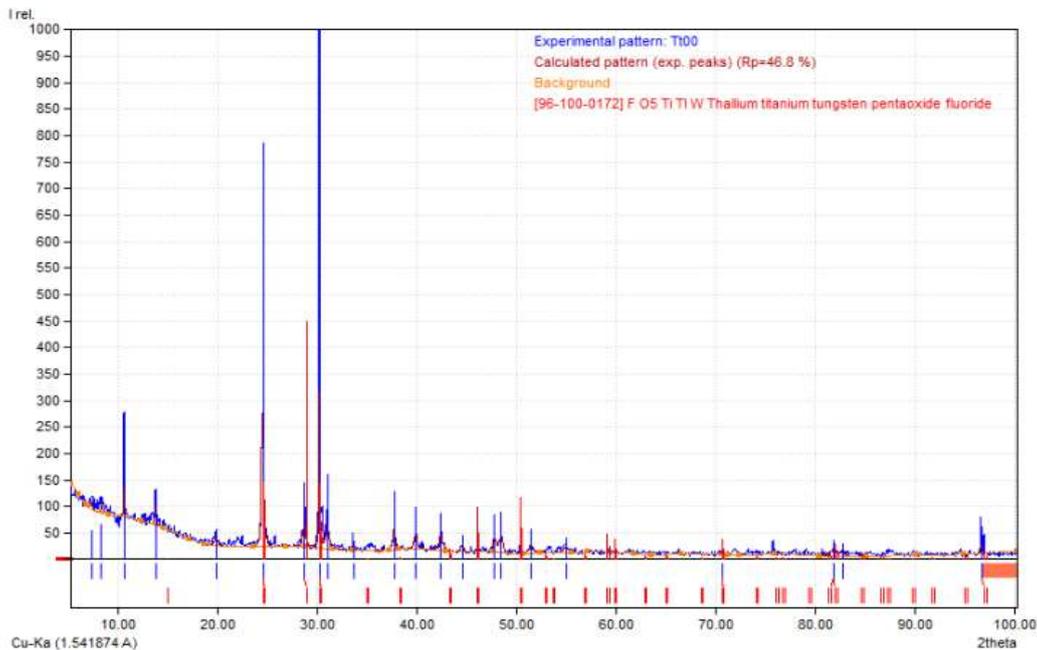


Figure II.12 analyses minéralogiques par Diffraction aux rayons X de pâte traditionnelle

Les pics de diffraction concernant le tout venant révèlent la présence de gypse par des pics intenses et l'existence du sulfate Ca_2SO_4 avec des pics d'une intensité faible de NaOH, ce qui explique que le gypse est le minéral dominant dans notre échantillon.

II.2.2 Ciment

Le ciment utilisé est un ciment portland NA 442-CEM I 52.5R (MALAKI).

L'essai d'analyse chimique de ciment blanc est effectué au laboratoire de travaux publics LTTPS dans le tableau suivant :

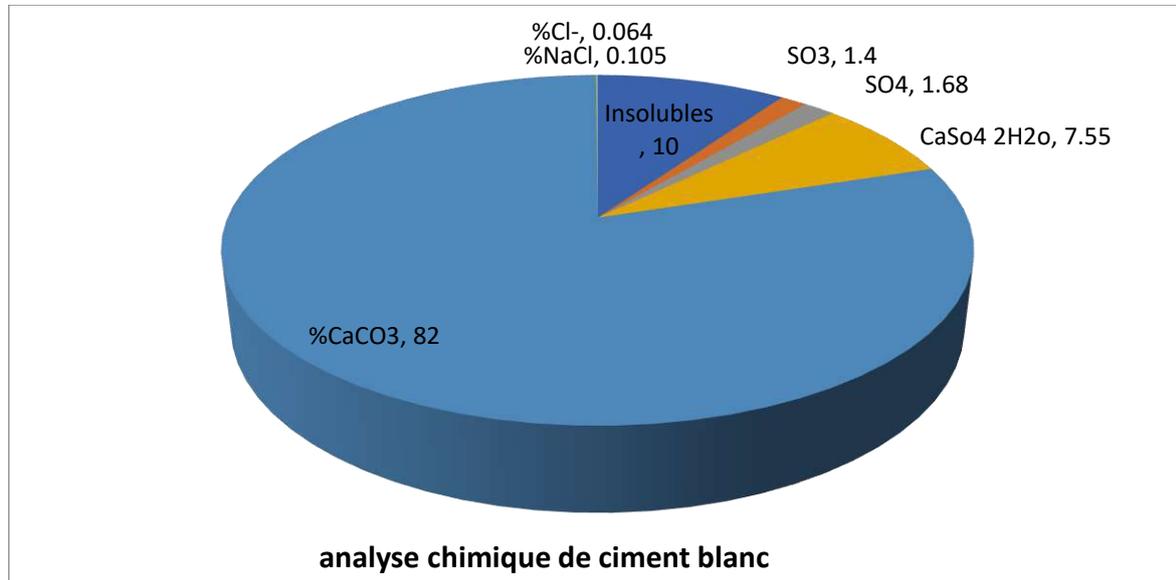


Figure II.13 Analyses chimiques de Ciment blanc

II.2.2.1 Caractéristiques technique

Tableau II.7 L'analyse chimique du ciment [Annexe]

| Analyses chimiques | Valeurs |
|---------------------------------------|-----------|
| Pert au feu (%) | 3 ± 2.5 |
| Teneur en sulfates (SO ₃) | 2.8 ± 0.8 |
| Teneur en oxyde magnésium MgO (%) | 1.8 ± 0.8 |
| Teneur en chlorure (%) | < 0.1 |

Tableau II.8 Résistances à la compression du ciment [Annexe]

| Résistances à la compression | Valeurs |
|------------------------------|---------|
| 2 jours (Mpa) | ≥ 30 |
| 28 jours (Mpa) | ≥ 55 |

Tableau II.9 temps de prise du ciment [Annexe]

| Temps de prise à 20° | Valeurs |
|----------------------|----------|
| Début de prise (min) | 140 ± 40 |
| Fin de prise (min) | 210 ± 40 |

II.2.3 Eau de gâchage

L'eau utilisée est celle du robinet de laboratoire de génie civil de l'université d'Ouargla. L'eau permet à la fluidification de la pâte.

L'analyse chimique de l'eau a été effectuée au laboratoire de Algérienne des Eaux, les résultats sont présentés dans le tableau (II.10).

Tableau II .10 composition chimique de l'eau [20]

| Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Cl ⁻ | NH ₃ | SO ₄ ⁻ | HCO ₃ ⁻ | PH |
|------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|------|
| 292,58 | 26,4 | 30 | 200 | 585,59 | / | 1156 | 159,24 | 6.66 |

Les concentrations sont données en mg/l.

II.3 CONCLUSION

Dans ce chapitre on a caractérisé les différents matériaux utilisés conformément aux normes préconisées dans le domaine de génie civil, On utilise le plâtre traditionnel de OUARGLA et Le liant hydraulique utilisé est : le ciment blanc existant dans le marché. Ils sont normalisés et approuvés par les normes Algériennes de constructions. Ainsi que l'eau de gâchage provenir du robinet de laboratoire et qui est bien conformé aux normes.

CHAPITRE III

CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATION

III.1 INTRODUCTION

Le but du présent chapitre est de valoriser le matériau locaux (plâtre traditionnel) par l'ajout de ciment blanc, dans la construction en vue d'une amélioration mécanique des matériaux de construction dans les régions sahariennes (Ouargla).

L'étude expérimentale de notre travail consiste à déterminer les caractéristiques thermiques, et les caractéristiques mécaniques des briques, Pour cela nous avons effectué de différents essais sur les briques à savoir :

- Essai mécaniques.
 - traction par flexion.
 - Compression.
 - Vitesse de propagation de son
- Essai thermiques.
 - conductivité thermique.
 - la résistance thermique.

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

- Laboratoire de l'université KASDI MERBAH - Ouargla
- Laboratoire études géosciences LEC Ouargla.
- Laboratoire des travaux publics sud LTPS Ghardaïa.

III.2 PREPARATION ET CONFECTION DES EPROUVETTES

III.2.1 Etapes de préparations

Pour la préparation des éprouvettes, nous avons suivi les étapes suivantes:

a) La préparation des matériaux :

- On pèse les quantités nécessaires des différents matériaux : plâtre traditionnel, ciment, et eau.



Figure III.1 les différents matériaux utilisés

b) La Préparation des moules :

-Pour que les moules soit prêt à utilisés il doit les bien nettoyer et graisser à l'aide d'huile.



Figure III.2 huilage des moules

c) Le malaxage :

-On pose le plâtre traditionnel sec avec une quantité d'eau et on malaxe le mélange durant 30 à 40 secondes jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène et bien mouillé.

-On ajoute le ciment blanc et le reste d'eau, puis on malaxe pendant 120 à 180 secondes.



Figure III.3 malaxage manuelle

d) Coulage des éprouvettes

- Mélanger les ingrédients manuellement .Remplir les moules métallique avec le compactage.
- Réaliser les éprouvettes sur une table à chocs normalisé (60 coups).



Figure III.4 compactage des éprouvettes à l'aide d'une table à chocs

e) Finissions des éprouvettes

- Une opération de finissions est exécutée sur le parement supérieur des éprouvettes pour obtenir des surfaces lisses.



Figure III.5 finissions des éprouvettes

f) Démoulage des éprouvettes

-Après le coulage nous laissons les moules pendant 24 heures afin de rendre les éprouvettes prêtes à démouler de leur moule.



Figure III.6 démoulage des éprouvettes

g) Conservation des éprouvettes

-Après le démoulage les éprouvettes seront mises en conservation, pour notre étude on a conservé les éprouvettes à l'extérieur dans l'air libre.

III.2.2 Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes utilisées sont des éprouvettes prismatiques qui doivent être conformes à la norme NF P 18-400. Pour la confection et la conservation des éprouvettes, se reporter, suivant la catégorie de l'essai à celle des normes NF P 18-404.

Nous avons préparé six échantillons sur des briques de dimensions $(4 \times 4 \times 16) \text{ cm}^3$ pour la détermination des propriétés mécaniques, ils sont composés de (plâtre traditionnel et ciment blanc), puis nous calculons les poids des compositions comme suite :

- $C_0 = 100\% \text{ T} + 0\% \text{ CB}$ (échantillon témoin)
- $C_1 = 99\% \text{ T} + 1\% \text{ CB}$
- $C_2 = 98\% \text{ T} + 2\% \text{ CB}$
- $C_3 = 97\% \text{ T} + 3\% \text{ CB}$
- $C_4 = 96\% \text{ T} + 4\% \text{ CB}$
- $C_5 = 95\% \text{ T} + 5\% \text{ CB}$

Chaque essai réalisé sur trois éprouvettes de la même composition, et la valeur moyenne des trois essais a été prise comme valeur caractéristique.

Tableau III.1 les compositions utilisées (% de plâtre traditionnel et % ciment blanc)

| Echantillons | C ₀ | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Plâtre T (%) | 100 | 99 | 98 | 97 | 96 | 95 |
| Ciment B (%) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

III.3 essais mécaniques (NF P18-554)

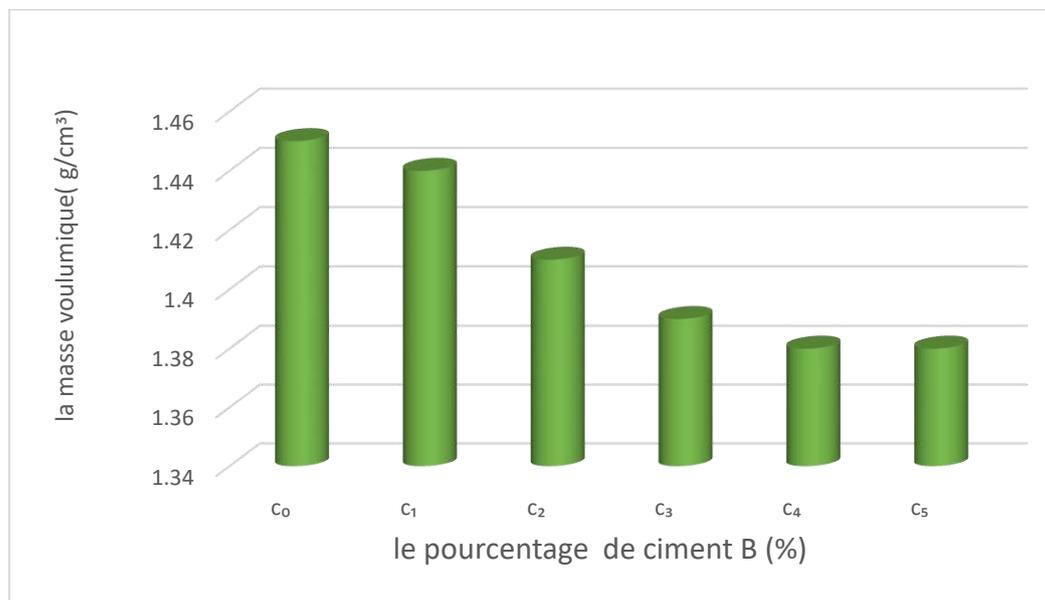
Ces essais sont réalisés au niveau de laboratoire de Université OUARGLA

III.3.1 La masse volumique

Le tableau (III.2) montre la variation de la masse volumique des briques en fonction du pourcentage de ciment blanc dans la confection de brique.

Tableau III.2 Résultats de la masse volumique des briques

| Les compositions | C ₀ | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ρ (g/cm ³) | 1.45 | 1.44 | 1.41 | 1.39 | 1.38 | 1.38 |

**Figure III.7** Variation de la masse volumique en fonction du pourcentage de ciment

D'après la figure (III.7) nous montre que :

- La masse volumique diminue en fonction du pourcentage de ciment pour toutes les compositions à cause de la perte de l'eau, et à cause au faible poids de ciment qui augment chaque fois.
- La masse volumique de l'échantillon de référence (C_0) est élevée que les autres compositions et ça dû à l'absence de ciment.

III.3.2 Résistance à la traction par flexion (NFP 18-407)

C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à briser en flexion une éprouvette prismatique de côté (a) et de longueur ($4a$). Avec une charge applicable sur cette éprouvette est P .

La formule qui nous permet de calculer la résistance à la flexion est comme suit :

$$R_f = \frac{1.5PL}{a^3}$$

Où :

R_f : est la résistance en flexion, en newtons par millimètre carré ou en MPa.

a : est le côté de la section carrée du prisme, en millimètres.

P : est la charge appliquée au milieu du prisme à la rupture, en newtons.

L : est la distance entre les appuis, en millimètres.

Les figures suivantes montre le dispositif expérimental de l'essai de traction par flexion.

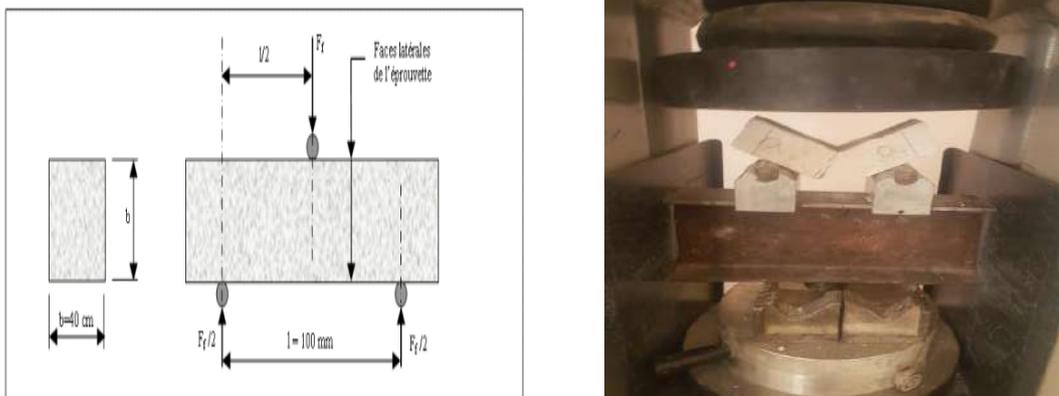


Figure III.8 Dispositif pour l'essai de résistance à la traction par flexion

La variation de la résistance à la flexion des briques selon les compositions proposées est représentée dans le tableau suivant :

Tableau III.3 résultats de la résistance de traction par flexion des briques en fonction des pourcentages de ciment

| les compositions | C ₀ | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| R _f (Mpa) | 1.87 | 2.02 | 2.48 | 2.08 | 2 | 1.8 |

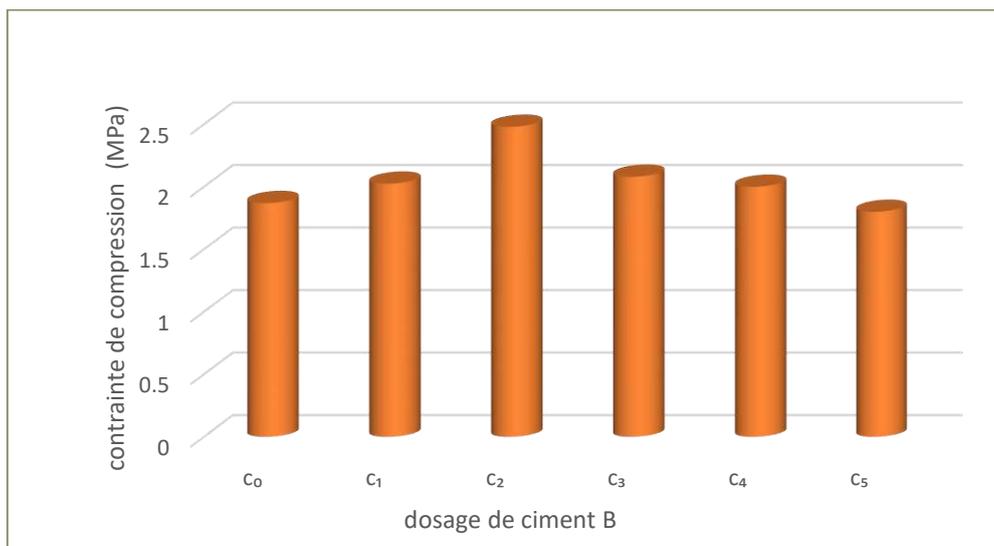


Figure III.9 résistance à la traction par flexion en fonction du dosage en ciment

D'après la figure (III.9) on remarque :

Les résultats représentés sur la figure (III.11) montrent que la résistance à la compression est augmenté en fonction de l'augmentation de la teneur en ciment jusqu'à 2% à la valeur maximale égale 2.48 MPa et au-delà de ce seuil on observe une diminution jusqu'à 5 % à la valeur minimale égale 1.8 MPa, La Croissance est d'autant importante en allant du teneur de ciment blanc de 0 à 2% et la décroissance est d'autant importante en allant du teneur de 2 à 5%..

III.3.3 Résistance à la compression (NF P 18-406)

L'essai de la compression s'effectuée après avoir l'essai de traction par flexion, cette dernière rend l'éprouvette en deux parties égales. Cet essai est réalisé sur un appareil de compression universel, fonctionnant avec un système de pression hydraulique. L'unité de mise en charge est composée d'un bâti rigide supportant deux plateaux. La mise en charge est réalisée par pression hydraulique qui fait déplacer la partie supérieure vers le bas jusqu'à la rupture. Les éprouvettes de compression sont des parallélépipèdes de dimensions (4×4×16)

cm³, qui sont préparées à partir des éprouvettes de flexion. L'éprouvette est centrée entre deux plateaux métalliques de façon que l'axe vertical de l'éprouvette coïncide avec l'axe des blocs de chargement.

La formule qui nous permet de calculer la résistance à la flexion est comme suit :

$$R_c = \frac{P_c}{S}$$

Où :

R_c : Résistance à la compression en MPa ;

P_c : la charge de rupture à la compression en N

S : section transversale de l'éprouvette (S = a x a) en mm

Les figures suivantes montrent le dispositif expérimental de l'essai de compression.

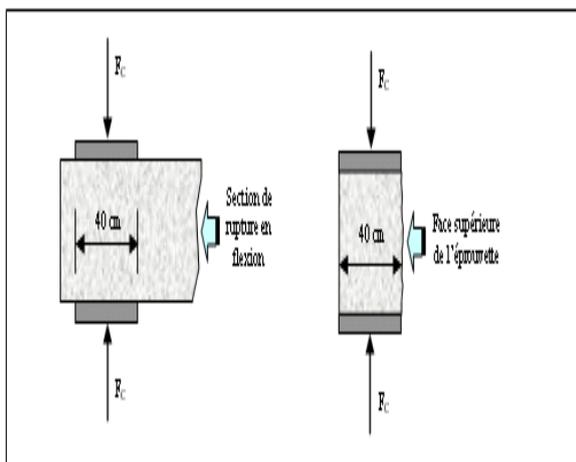


Figure III.10 Dispositif pour l'essai de compression

La variation de la résistance à la compression des briques selon les compositions proposées est représentée dans le tableau suivant :

Tableau III.4 résultats de la résistance à la compression des briques en fonction des pourcentages de ciment.

| les compositions | C ₀ | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| R_c (Mpa) | 2.45 | 2.73 | 4.35 | 3.6 | 3.11 | 2.62 |

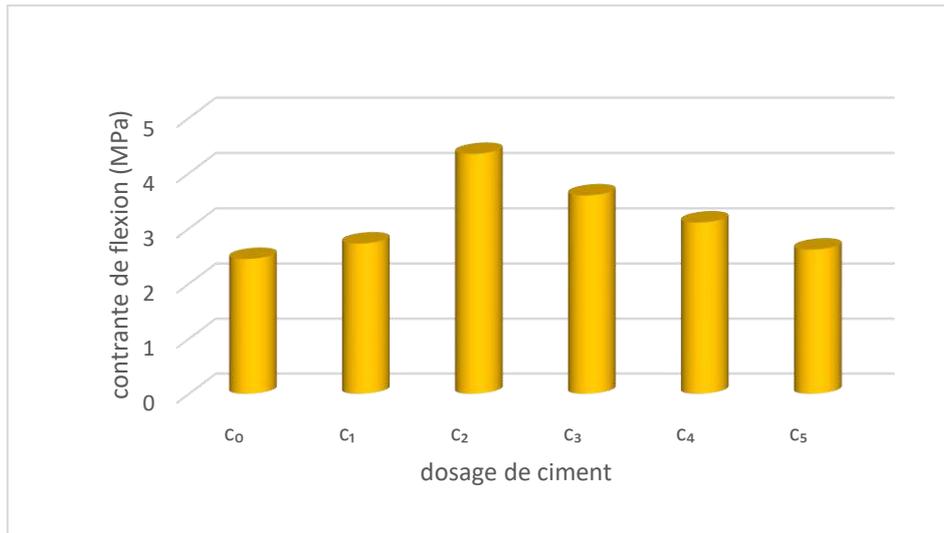


Figure III.11 résistance à la compression en fonction du dosage en ciment

D'après la figure (III.11) on remarque :

Les résultats représentés sur la figure (III.11) montrent que la résistance à la compression est augmentée en fonction de l'augmentation de la teneur en ciment jusqu'à 2% à la valeur maximale égale 4.35 MPa et au-delà de ce seuil on observe une diminution jusqu'à 5% à la valeur minimale égale 2.62 MPa, La Croissance est d'autant importante en allant du teneur de ciment blanc de 0 à 2% et la décroissance est d'autant importante en allant du teneur de 2 à 5%.

III.3.4.Essai de vitesse de la propagation du son (NF EN 12504-4)

Un train d'ondes longitudinales est produit par un transducteur électro-acoustique maintenu au contact d'une surface de l'éprouvette soumis à l'essai. Après avoir parcouru une longueur connue dans l'éprouvette, le train de vibration est converti en signal électrique par un deuxième transducteur, et des compteurs électroniques de mesure du temps permettent de mesurer le temps de parcours de l'impulsion.

Les mesurages de la vitesse du son peuvent être utilisés pour la détermination de l'homogénéité de l'échantillon, de la présence de fissures ou de vides, les changements de propriétés dans le temps et pour la détermination des caractéristiques physiques et dynamiques.

La vitesse conventionnelle de propagation est calculée par la formule :

$$V = \frac{L}{T}$$

L : est la distance entre le transducteur en mètres

T : est le temps de propagation en secondes.

La figure suivante montre le dispositif expérimental de l'essai de vitesse de son



Figure III.12 Dispositif pour l'essai ultrasonique

Cet essai est réalisé au niveau de laboratoire études géosciences LEC OUARGLA.

La variation de la vitesse de propagation du son des briques selon les compositions proposées est représentée dans le tableau suivant :

Tableau III.5 résultats de la vitesse de propagation du son des briques en fonction des pourcentages de ciment

| Les compositions | C ₀ | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| V (m/s) | 903.21 | 952.66 | 988.33 | 942.66 | 936 | 907.33 |

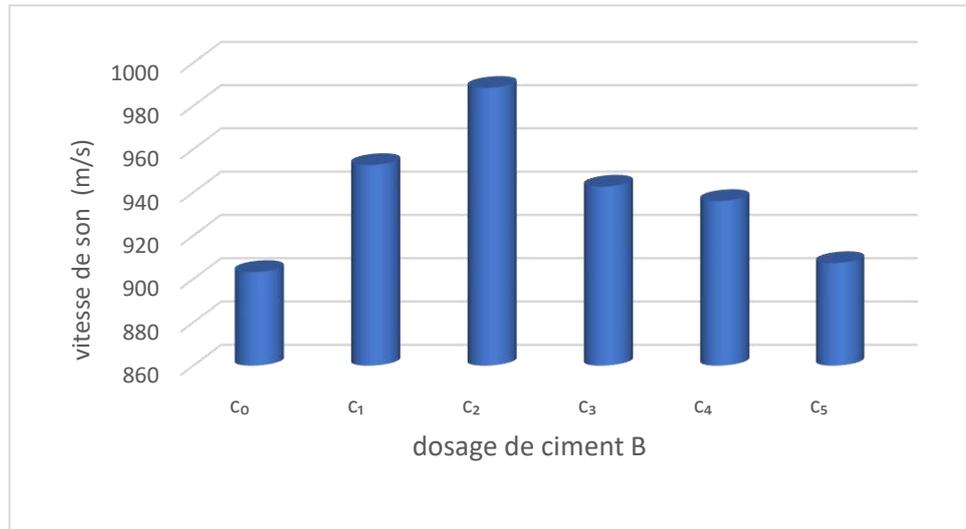


Figure III.13 vitesse de propagation du son en fonction du dosage en ciment

D'après la figure (III.13) on remarque :

- Une nette augmentation de la vitesse de propagation du son qui dépasse la vitesse du composition témoin à la valeur maximale égale a 988.33 (m/s) au C₂, puis diminue à 907.33 (m/s) en C₅.
- Nous avons conclu que la composition de C₂ était homogène.

III.3.5.Essais thermiques (ASTM D 5334-14)

Cet essai est réalisé au laboratoire des travaux publics sud LTPS Ghardaïa.

Les essais ont été réalisés sur des éprouvettes prismatiques de dimension (7 x7 x 28) cm³ pour la détermination des propriétés thermiques.

✓ Conductivité thermique :

La méthode d'investigation mise en évidence ; c'est des tests de conductivité ou résistivité thermique (TCT ou TRT) ; qui consiste à apporter des informations physiques caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert thermique par conduction (conductivité thermique) sur la base fondamentale de la loi de Fourier ; qui représente la quantité de chaleur transférée par unité de surface et par une unité de temps sous un gradient de température le kelvin (K) ; suivant le système international d'unités (SI).

La conductivité thermique (λ) est exprimée en watts par mètre par kelvin, (W/m*K) où :

- Le watt est l'unité de puissance
- Le mètre est l'unité de longueur
- Le kelvin est l'unité de température

La formule de la conductivité thermique est la suivante :

$$\lambda = \frac{Q \ln(t_2/t_1)}{4\pi(T_2 - T_1)}$$

Q = apport de chaleur (W)

λ = conductivité thermique [W / (m • K)]

T1 = température initiale (K)

T2 = température finale (K)

t1 = instant de mesure 1 (s)

t2 = instant de mesure 2 (s)

La méthode de mesure de la conductivité thermique, est procédée par une sonde à choc thermique, elle est constituée de 2 parties :

- un élément cylindrique résistif dans lequel est dissipée, par effet Joule, une quantité de chaleur constante pendant la durée de la mesure.
- une sonde de calcul de la température placée à l'interface.

Le courant et la tension sont appliqués à la sonde et l'élévation de la température avec le temps sont mesurés pour une durée moyenne de 20 minutes conformément à la norme ASTM D 5334-14.



Figure III.14 Dispositif pour l'essai thermique

La variation de la conductivité thermique (λ) des briques selon les compositions proposées est représentée dans le tableau suivant :

Tableau III.6 résultats de la conductivité thermique (λ) des briques en fonction des pourcentages de ciment

| Les compositions | C ₀ | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| λ (w/m.k) | 0.22 | 0.23 | 0.32 | 0.46 | 0.56 | 0.94 |

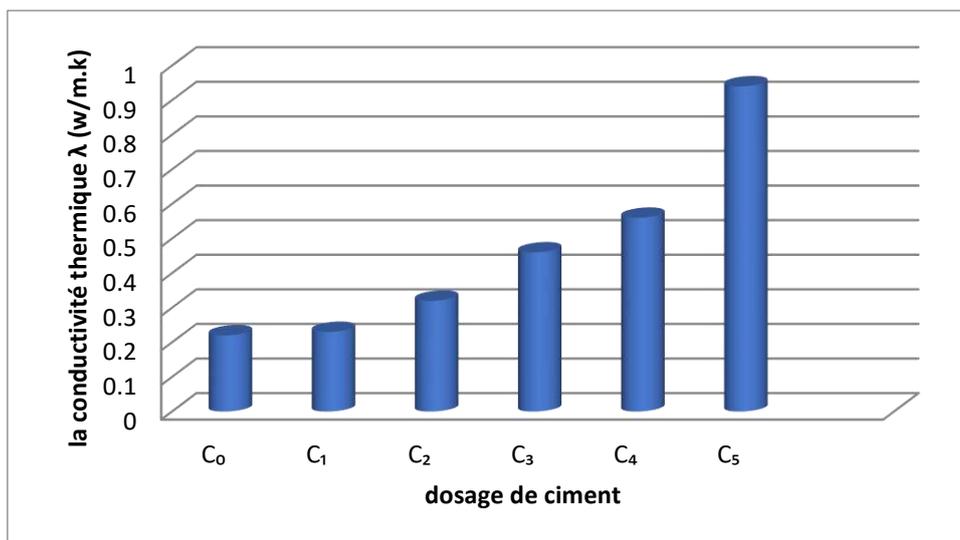


Figure III.15 résultats de la conductivité thermique (λ) des briques en fonction des pourcentages de ciment

D'après la figure (III.15), on observe une augmentation de la conductivité thermique en fonction de l'augmentation de ciment blanc.

Cette augmentation est due à la haute conductivité du ciment.

Les propriétés des matériaux sont fortement liées aux types de liaisons entre atomes et l'augmentation de la conductivité thermique observée dans notre cas est due aux fortes liaisons atomiques entre les atomes de la matrice.

✓ **Résistance thermique (R_{th}) :**

La résistance thermique représente la résistance de l'élément à la transmission de chaleur à travers son épaisseur, elle est généralement connue sous le terme de « isolation thermique ». L'augmentation de la résistance thermique implique que l'élément est isolant. Elle s'exprime en ($m^2.k/w$).

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda}$$

Tableau III.7 Les valeurs de la résistance thermique (R_{th}) de brique stabilisé par ciment

| Les compositions | C ₀ | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| R_{th} ($m^2.k/w$) | 0.72 | 0.69 | 0.5 | 0.34 | 0.28 | 0.17 |

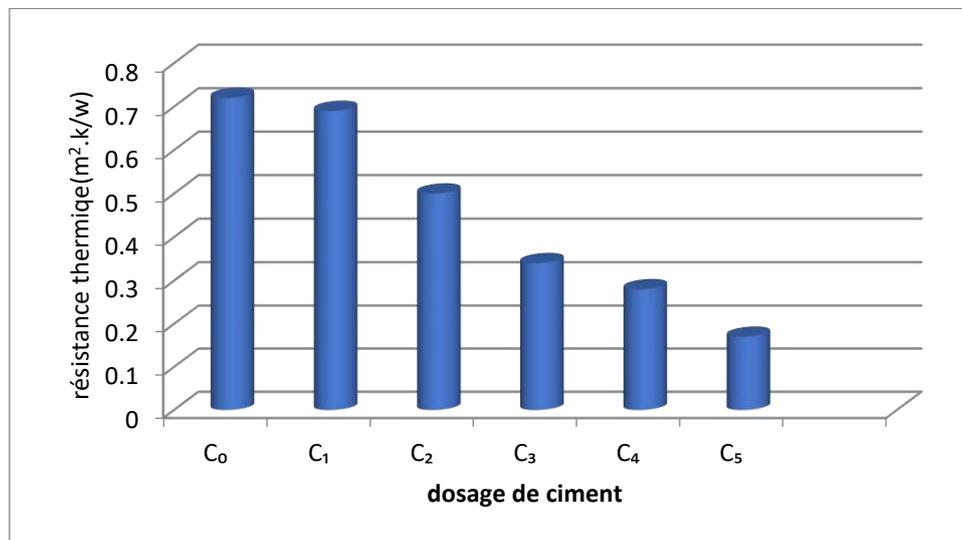


Figure III.16 résultats de la résistance thermique (R_{th}) des briques en fonction des pourcentages de ciment

- d'après de la figure (III.16) indique que la résistance thermique est diminué car elle est inversement proportionnelle à la conductivité thermique

- Les résultats obtenus montrent que le plâtre traditionnel (C_0), possède un pouvoir isolant thermique meilleur à celui des autres composants.

-l'ajout de ciment blanc améliore la résistance mécanique mais réduit sa résistance thermique.

- ❖ A partir des essais précédents nous concluons que les briques de plâtre traditionnel stabilisé par 2% de ciment blanc sont marquées comme la meilleure qui donne bonnes résultats de résistance à la compression et à la flexion par rapport à celle du différent pourcentage

Donc nous avons étudié la durabilité de ces éprouvettes à l'air libre et sous l'effet de l'eau potable et de l'eau agressive sur celle.

- ❖ On a trois modes de conservations des éprouvettes :
 - ✓ 1^{er} mode : conservation des éprouvettes à l'aire libre pendant 7, 14, 21, 28, 60, 90 jours.
 - ✓ 2^{eme} mode : conservation des éprouvettes dans l'eau potable pendant 7, 14, 21, 28, 60, 90 jours.
 - ✓ 3^{eme} mode : conservation des éprouvettes dans l'eau agressive pendant 7, 14, 21, 28, 60, 90 jours.



Figure III.17 conservation des éprouvettes dans l'eau potable et l'eau agressive

III.4 LA DURABILITE

III.4.1 la masse volumique (g/cm^3)

La variation de la masse volumique des briques selon les milieux de conservation en fonction de temps est représentée dans le tableau suivant :

Tableau III.8 Les valeurs de la masse volumique de la brique en fonction de temps

| Le temps (jours) | 7 | 14 | 21 | 28 | 60 | 90 |
|-------------------------|------|------|------|-------|------|------|
| l'air libre | 1.48 | 1.43 | 1.45 | 1.48 | 1.45 | 1.38 |
| l'eau potable | 1.68 | 1.66 | 1.7 | 1.698 | 1.7 | 1.66 |
| milieu agressive | 1.74 | 1.68 | 1.74 | 1.78 | 1.74 | 1.72 |

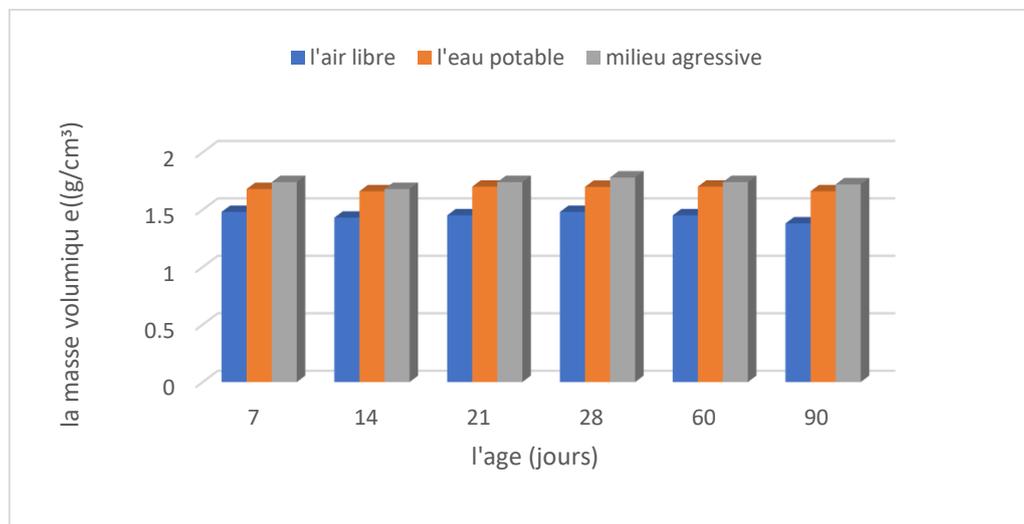


Figure III.18 variation de la masse volumique de la brique en fonction de temps

D'après Figure (III.18) on remarque que la masse volumique des compositions conservées dans l'eau potable sont supérieure à celle des autres compositions conservées dans l'air libre ; et pour les compositions conservées dans l'eau agressive supérieure à celle des autres compositions conservé dans l'eau potable.

Puisque à l'air libre l'eau de gâchage évaporé et par suite provoque des vides et des pores ce qui diminue la masse volumique des éprouvettes. par contre à l'eau potable et l'eau agressive occupent les pores qui augmentent la masse.

III.4.2 Résistance à la traction par flexion (NFP 18-407)

La variation de la résistance à la par flexion des briques selon les milieux de conservation en fonction de temps est représentée dans le tableau suivant :

Tableau III.9 résultats de la résistance à traction par flexion des briques en fonction de temps

| Le temps (jours) | 7 | 14 | 21 | 28 | 60 | 90 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|
| l'air libre | 3,53 | 3,62 | 4 | 4,56 | 6 | 7,08 |
| l'eau potable | 2,26 | 2,28 | 3,06 | 3,5 | 3,93 | 5,72 |
| milieu agressive | 1,58 | 2,25 | 2,70 | 3,72 | 4,16 | 4,26 |

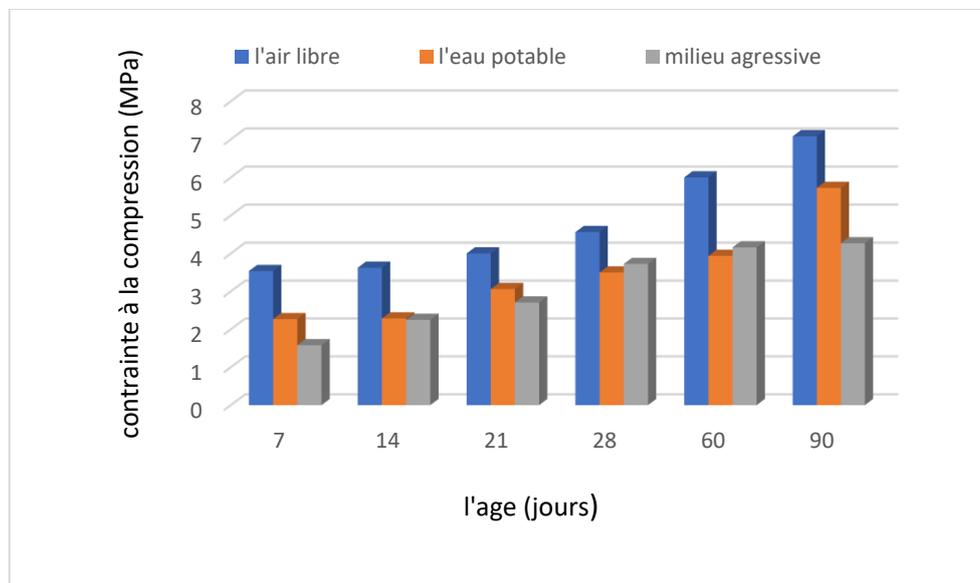


Figure III.19 résistance à la traction par flexion en fonction de temps

D'après Figure (III.19) on remarque que la contrainte de la traction par flexion des compositions conservées à l'air libre sont supérieures à celle des autres compositions conservées dans l'eau potable; et les compositions conservées dans l'eau potable est supérieure à celle des autres compositions conservées dans l'eau agressive.

Pour la résistance à la traction par flexion de toutes les éprouvettes en fonction de temps, une nette augmentation est remarquée. Ceci montre que le ciment blanc présente une amélioration sur la résistance.

III.4.3 Résistance à la compression (NFP 18-406)

Tableau III.10 résultats de la résistance à la compression des briques en fonction de temps

| Le temps (jours) | 7 | 14 | 21 | 28 | 60 | 90 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| l'air libre | 4,35 | 5,36 | 5,7 | 6,37 | 6,97 | 8,85 |
| l'eau potable | 3,86 | 4,36 | 5 | 6 | 6,5 | 6,75 |
| milieu agressive | 3,22 | 3,9 | 4,31 | 5,85 | 6,22 | 6,37 |

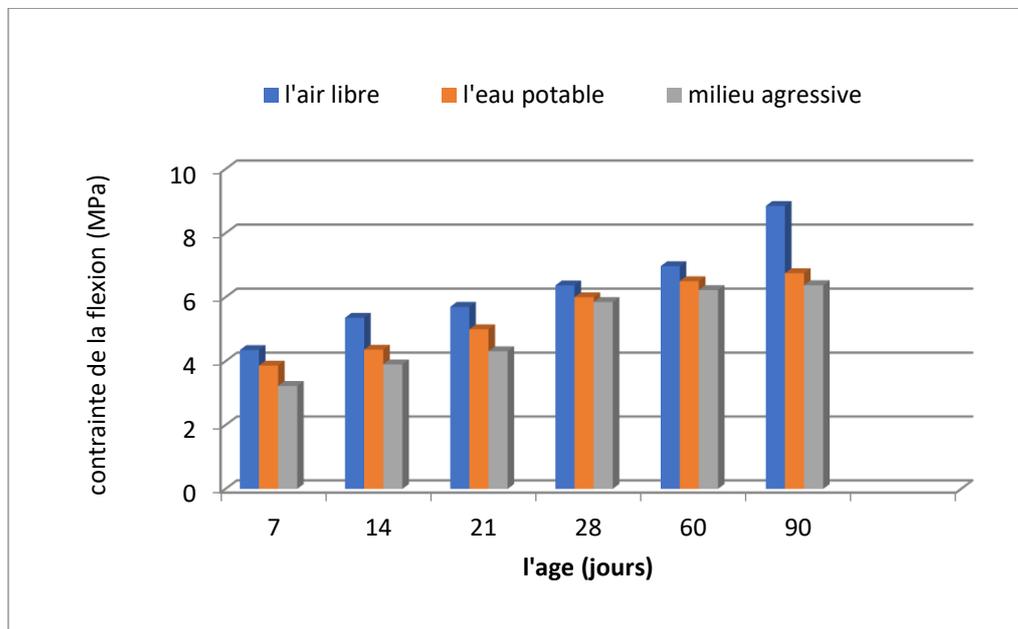


Figure III.20 variation de la résistance à la compression des briques en fonction de temps

D'après Figure (III.20) on remarque que la contrainte de compression des compositions conservées à l'air libre sont supérieures à celle des autres compositions conservées dans l'eau potable; et les compositions conservées dans l'eau potable est supérieure à celle des autres compositions conservées dans l'eau agressive.

La résistance à la compression de toutes les éprouvettes, est augmentée en fonction de temps. Ceci montre que le ciment blanc améliore la résistance mécanique.

III.4.4. Essai de vitesse de la propagation du son (NF EN 12504-4)

La variation de la vitesse de propagation du son des briques selon les milieux de conservation en fonction de temps est représentée dans le tableau suivant :

Tableau III.11 résultats de la vitesse de propagation du son des briques en fonction de temps

| Temps (jours) | 7 | 14 | 21 | 28 | 60 | 90 |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| l'air libre | 1195,33 | 1164,66 | 1142 | 1128,66 | 1113,76 | 1108,9 |
| l'eau potable | 1148 | 1126,33 | 1103,33 | 1080,66 | 1064 | 1041,47 |
| milieu agressive | 1100,33 | 1077,33 | 1045,16 | 1039,8 | 1021,3 | 1003,9 |

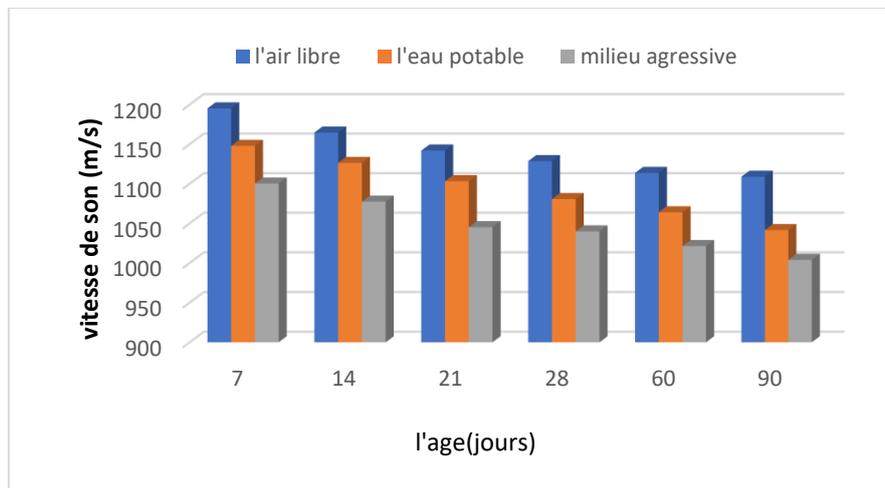


Figure III.21 variation de la vitesse de son en fonction de temps

D'après la figure (III.21) nous constatons que les valeurs de vitesse de propagation de son sont diminuées en fonction de temps.

Les valeurs de vitesse de propagation de son sont maximale à l'air libre par exemple à 7 jours égale à 1195,33 m/s et minimale au milieu agressive égale à 1100,33m/s à cause de milieu de conservation.

III.5 CONCLUSION

D'après les essais appliqués sur des différents échantillons qui composent de plâtre traditionnel et ciment blanc, nous pouvons dire que :

- ✓ La composition C_2 stabilisée par 2% de ciment blanc est marquée comme la meilleure qui donne bons résultats de résistance à la compression et à la flexion et l'essai de vitesse du son confirme les résultats mécaniques.
- ✓ L'ajout de ciment améliore la résistance mécanique mais réduit sa résistance thermique.
- ✓ le ciment blanc conserve son effet positif sur la résistance mécanique du brique à base de plâtre traditionnel en fonction de temps à l'air libre et a l'eau potable et au milieu agressive.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Cette étude a été réalisée afin d'évaluer la possibilité d'utiliser le ciment blanc pour améliorer les caractéristiques mécanique des briques à base de plâtre traditionnel de la région d'Ouargla, et valoriser dans le secteur du bâtiment. Sur la base des résultats de l'étude expérimentale réalisée. Aussi l'étude expérimentale de l'influence de l'eau (l'eau potable, l'eau agressive) sur des différentes compositions des briques.

Au début, nous avons étudié le matériau de base en définissant ses propriétés physiques et chimiques ces essais sont élaborés au laboratoire de travaux publics de la sud unité d'OUARGLA. Par l'application de (analyse granulométrique par tamisage après lavage, analyse granulométrique par sédimentation, les masses volumiques apparente, absolue, bleu de méthylène, équivalent de sable, les limites d'atterberg, essai de détermination de la teneur carbonatation, essai de détermination de la teneur de insolubles, essai de détermination de la teneur de chlorure, essai de détermination de la teneur en sulfate), après le calcul des paramètres nécessaires nous concluons que notre matériau de base est du :

- selon le module de finesse le plâtre est de majorité de grains fins.
- Selon leur indice de plasticité ($I_p = 6.80$) est un limon peu plastique (argileux).
- selon l'essai de bleu de méthylène est un limoneux (peu plastique et sensible à l'eau).

Dans l'étape suivante, nous avons préparés les échantillons des dimensions (4×4×16) cm³ au laboratoire de l'université KASDI MERBAH OUARGLA, et nous effectuons les essais mécaniques suivants: (la masse volumique, traction par flexion, compression simple, et vitesse de propagation de son), après l'organisation des résultats nous avons localisé la composition C₂, contenant 2% de ciment blanc et 98% de plâtre traditionnel comme la meilleure composition, puisque elle donne la valeur maximale de la résistance à la compression de 4.35 MPa et 2.48 MPa à la flexion.

Après avoir mené les essais mécaniques, nous appliquons les essais thermiques sur des éprouvettes des dimensions (7×7×28) cm³ pour connaître la résistance thermique des briques. Nous avons obtenus les valeurs de la conductivité thermique qui montrant que C₀ présentait la meilleure résultat avec une valeur égale à 0.22 (w/m.k) cette essais a été effectués au laboratoire de LTPS GHARDAIA.

La suivante étape de l'étude visait à déterminer l'effet de l'eau sur les briques de plâtre traditionnelles et le ciment blanc. Après avoir sélectionné le meilleur échantillon mécanique (C₂), nous avons placé ces échantillons dans des bains d'eau potable et les autres dans des bains d'eau agressive à 7 jours, 14 jours, 21 jours, 28 jours, 60 jours et 90 jours,. Après avoir

appliqué les essais mécaniques pour tous les échantillons aux dates spécifiées, nous avons constaté que les résultats mécaniques augmentent en fonction de temps.

. L'analyse et l'interprétation des résultats obtenus après avoir réalisé les essais pour la détermination des propriétés mécanique et thermique des briques confectionnées nous a permis d'en tirer comme conclusion :

- La composition C₂ avec 2% de ciment est la composition optimale pour une bonne résistance à la flexion et à la compression. nous avons obtenu un gain résistance de :
 $R_f 2\% \text{ ciment} = 1.37 \times R_f 0\%$
 $R_c 2\% \text{ ciment} = 1.77 \times R_c 0\%$
- l'ajout du ciment dans la composition de la brique a amélioré ces propriétés mécaniques, mais n'a joué aucun rôle dans l'aspect thermique.
- L'ajout de ciment améliore la résistance mécanique mais réduit sa résistance thermique.
- La vitesse de propagation des ondes ultrasoniques est augmenté en fonction de l'augmentation du pourcentage de ciment cela confirme notre hypothèse : que l'incorporation du ciment fait diminuer le % de vide ce qui augmente la conductivité thermique.
- Si nous comparons nos résultats de résistance par rapport aux résultats des références nous pouvons dire que nos briques sont moyennes à acceptable de point vue résistance.

Après les essais de la durabilité nous constatons que :

- la contrainte de la traction par flexion et de compression des compositions conservées à l'air libre sont supérieure à celle des autres compositions conservées dans l'eau potable; et les compositions conservées dans l'eau potable est supérieure à celle des autres compositions conservé dans l'eau agressive.
- Pour la résistance à la traction par flexion et de compression de tous les éprouvettes en fonction de temps, une nette augmentation est remarquée .ceci montre que le ciment blanc présente une amélioration sur la résistance.

Recommandation

D'après les résultats obtenus par cette recherche, nous recommandons:

- D'utiliser des briques fabriqués par plâtre traditionnel stabilises par le ciment, pour la

Réalisation des murs extérieurs dans les bâtiments ou bien réhabilitations, a cause de Leur résistance mécanique améliorée par rapport à celle des briques fabriquée en ciment.

- pour mieux caractériser et améliorer ce type de brique de plâtre traditionnel nous conseillons de réaliser d'autres essais à savoir:

-le retrait,

- la résistance au choc

- l'étude de l'influence de l'eau sur les brique au long temps (plus de 3 mois).

Référence Bibliographique

- [1] OFFPT, connaissance des différents matériaux de construction, résumé théorique et guide de travaux pratiques, office de la formation professionnelle et de la promotion du travail direction recherche et ingénierie de formation, royaume du maroc, / [http://www.ciment.wikibis.com/brique_\(matériau\).php](http://www.ciment.wikibis.com/brique_(matériau).php), 21 :10,10/01/2019
- [2] OFFPT, CONNAISSANCE DES DIFFÉRENTS MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION, Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION, ROYAUME DU MAROC, <http://www.4geniecivil.com/2016/08/materiaux-de-construction-cours-pdf.html>, 21 :30,28/01/2019
- [3] Fiche technique Qualiremo, « La terre crue », « [www. tkTerreCrue.html](http://www.tkTerreCrue.html) ». », Avril 2008, 08 :45,10/02/2019
- [4] OLIVIER M (CEREMA), MESBAH A (ENTPE), « Construire en terre crue de Guyane », Document préparatoire au séminaire-formation, Organisé par la DEAL Guyane - Ministère de l'Environnement, 11-15 avril 2016, http://www.guyane.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guyane_-Le_materiau_terre.pdf, 10 :30,16/02/2019
- [5] MEKHERMECHE A, « Contribution à l'étude des propriétés mécaniques et thermiques des briques en terre en vue de leur utilisation dans la restauration des Ksours sahariennes », mémoire de magister, Université de Ouargla, 2012.
- [6] OLIVIER M, MESBAH A, « Construire en terre crue de Guyane », préparation au séminaire formation, 15 avril 2016, <https://www.aquaa.fr/portfolio/brique-de-terrecompressée/>, 11 :20,26/3/2019
- [7] VOLHARD F, La Construction en Terre-Paille, Ancien Matériau Nouvelle Technique, Edition CRA Terre, 1991, 9 :30,31/03/2019
- [8] ALP, architecture & maîtrise d'œuvre, construire des murs en terre : la technique de la bauge coffrée, 5 juin 2013, <http://www.atelier-alp.bzh/actualites/construire-des-murs-en-terre-la-technique-de-la-bauge-coffree/>, 11 :10,1/04/2019
- [9] CRA Terre, « Blocs de terre comprimée normes », Série Technologies, 8 :30,01/04/2019
- [10] CRA Terre EAG, « Bloc de terre comprimée volume I », Manuel de production, <https://www.techniques-ingenieur.usthb.dz/base-documentaire/archives-th12/archives-les-superstructures-du-batiment-tiacd/archive-1/materiaux-de-terre-cuite-c905/>, 11 :20,16/04/2019
- [11] « Matériaux de terre cuite », Techniques de l'ingénieur, <https://www.techniques-ingenieur.usthb.dz/base-documentaire/archives-th12/archives-les-superstructures-du-batiment-tiacd/archive-1/materiaux-de-terre-cuite-905/>, 21 :15,25/04/2019

-
- [12][http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Brique%20\(mat%C3%A9riau\)/fr](http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Brique%20(mat%C3%A9riau)/fr)
- [13] Fabrication de la brique, pdf,<https://www.brique.be/media/1263/fabrication-brique.pdf>,
22 :10,26/04/2019
- [14] AVLISET I., « Matériaux de terre cuite » Technique de l'ingénieur, 1994
- [15] VENUAT M., « Produits silico-calcaires », Technique de l'Ingénieur, 1994
- [16] AMITOUCHE N, FOUGHALIY, contribution à l'étude des propriétés physico-mécanique des plâtre α et β avec l'ajout des fibres et de super plastifiant. CETIM-Boumerdassi, mémoire de fin d'étude master ,université Abderrahmane mira Bejaia,2015
- [17] CRA Terre, HOUBEN H, GUILLAUD H, traité de construction en terre, marseille, 1989
- [18] LAFARGE construire des villes meilleures, fabrication du ciment,https://www.lafarge.dz/2_2_1-fabrication-du-ciment,11 :20,28/04/2018.
- [19] EID J,élaboration d'un éco-géo-matériau à base de terre crue ,génie civil, université du havre,2016
- [20] الضاوي م، مسعودي ل، "الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية للطين و التيمشمت بقصور نقرت"،مذكرة تخرج ماستر، جامعة قطب 3، 2018 قاصدي مرباح ورقلة .

ANNEXE



50kg

ملكي
Malaki

ALGÉRIE

LAFARGE
لافارج



Ciment Portland

NA 442 - CEM I 52,5 R

Malaki Ciment blanc pour béton de haute-performance; destiné à la construction des Ouvrages d'Art esthétiques, éléments décoratifs, mortiers et fabrication de carreaux.

Malaki

NA 442 - CEM I 52,5 R

Malaki est certifié, conforme à la norme Algérienne (NA442 - 2013), Européenne (EN197-1) et CE (0099/CPR/A33/001025) par un organisme de certification.

AVANTAGES PRODUIT



- Ciment développant des performances initiales et finales très élevées.
- Le mieux adapté pour votre ligne de production de bicouche et monocouche.
- Permet de réaliser des éléments en béton avec un niveau de finition inégalé.
- Favorise l'obtention d'une gamme importante de couleurs.
- Idéal pour les structures en béton apparent.
- Idéal pour les mortiers et colles à base de ciment.

APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- Construction des Ouvrages d'Art esthétiques et éléments décoratifs.
- Carreaux de dalle: monocouche et bicouche.
- Mortiers et colles à base de ciment.



FORMULATION CONSEILLÉE

| | Ciment  | Sable Moyen (sec) 0/4  | Gravillons (sec) 8/15mm 15/25mm  | Eau (litres)  |
|---|--|---|--|--|
| Dosage pour béton <small>c30/37</small> | X 1  | X7  | X5  + X4  | 25 L |

Remarque: un bidon = 10 Litres

Cette formule est proposée en l'absence d'une formulation étudiée et délivrée par un laboratoire spécialisé.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

• Analyses chimiques

| | Valeur |
|--------------------------------------|-----------|
| Perte au feu (%) (NA5042) | 3 ± 2,5 |
| Teneur en sulfates (SO3) (%) | 2,8 ± 0,8 |
| Teneur en oxyde de magnésium MgO (%) | 1,8 ± 0,8 |
| Teneur en Chlorures(NA5042) (%) | < 0,1 |

• Composition minéralogique du Clinker (Bogue)

| | Valeur |
|---------|--------|
| C3S (%) | 55±3 |
| C3A (%) | 9.0±1 |

• Propriétés physiques

| | Valeur |
|---|-------------|
| Consistance Normale (%) | 28 ± 3 |
| Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA231) | 4000 - 5400 |
| Retrait à 28 jours (µm/m) | < 1 000 |
| Blancheur (Y) | 84 ± 4 |

• Temps de prise à 20° (NA 230)

| | Valeur |
|----------------------|----------|
| Début de prise (min) | 140 ± 40 |
| Fin de prise (min) | 210 ± 40 |

• Résistance à la compression

| | Valeur |
|----------------|--------|
| 2 jours (MPa) | ≥ 30 |
| 28 jours (MPa) | ≥ 55 |

Ces données sont communiquées à titre informatif et sont susceptibles d'être modifiées en fonction des paramètres de production.

Conditionnement: Sac, Vrac et Big bag

CONSIGNES DE SÉCURITÉ

1- PROTÉGEZ VOTRE PEAU : Portez les équipements adaptés dans vos chantiers: casques, lunettes, gants, genouillères, chaussures et vêtements de sécurité.

2- MANUTENTION : levez le sac en pliant les genoux et en gardant le dos droit.



 A member of
LafargeHolcim

CONSEILS DE STOCKAGE

- Dans un endroit couvert.
- Ne pas entreposer directement à même le sol.

LAFARGE ALGÉRIE

Centre commercial Bab Ezzouar, Tour n°02,
Etages 05 & 06, Bab Ezzouar Alger, Algérie

Tél: + 213 (0) 21 98 54 54

Fax: + 213 (0) 23 92 42 94

www.lafargealgerie.com

dz.satisfaction-clients@lafargeholcim.com

Tél: 021 55 55 98

 **LAFARGE**
لافارج

ملخص:

العمل المقدم يهدف إلى دراسة إمكانية استخدام الجبس التقليدي الموجود بكميات معتبرة في الجزائر، لإعداد الأجر ذا مواصفات وخصائص ميكانيكية كافية تؤهله لمختلف تطبيقات واستخدامات مجال البناء. تحسين الخصائص الميكانيكية للجبس التقليدي تم عن طريق مرحلتين: المرحلة الأولى بإضافة مسحوق الإسمنت الأبيض بنسب كتلية مختلفة 0، 1، 2، 3، 4، و 5%. أظهرت النتائج المتحصل عليها أن إضافة 2% من مسحوق الإسمنت تعطي أحسن قيمة تجعل الأجر أكثر قدرة على مقاومة قوى الشد والضغط.

المرحلة الثانية من الدراسة تهدف إلى دراسة المتانة و معرفة تأثير الماء على أجر الجبس التقليدي و الإسمنت الأبيض، قمنا بوضع عدد من هذه العينات في حمامات ماء الصالح للشرب و عدد C_2 بعد تحديد أحسن عينة ميكانيكية التي كانت 21 يوم، 28 يوم، 60 يوم و 90 يوم. بعد تطبيق التجارب آخر في حمامات الماء العدوانى و تركناها لمدة 7 أيام، 14 يوم، الميكانيكية لكل العينات في التواريخ المحددة، لاحظنا أن النتائج الميكانيكية تتزايد مع مرور الزمن. .
الكلمات المفتاحية: الأجر، جبس تقليدي، الإسمنت الأبيض، المتانة، الخصائص الميكانيكية.

Résumé :

Le travail présenté a pour objectif d'étudier la possibilité d'utiliser le plâtre traditionnel, qui se trouve en quantité considérable en Algérie, pour préparer des briques ayant des caractéristiques mécaniques suffisantes et qui le qualifient pour les diverses applications et utilisations de la construction. L'amélioration des propriétés mécaniques du plâtre traditionnel a été réalisée en deux phases: la première phase en ajoutant le ciment blanc avec différents rapports de masse de 0, 1, 2, 3, 4 et 5%. Les résultats ont montré que l'addition de 2% de la de ciment blanc donne la meilleure valeur pour rendre les briques plus résistantes à la traction et à la compression.

La deuxième phase de l'étude vise à étudier la durabilité et la connaissance de l'effet de l'eau sur les briques de plâtre traditionnelles et le ciment blanc. Après avoir déterminé le meilleur échantillon C_2 de 98% plâtre traditionnel et 2% ciment, nous avons placé ces échantillons dans des bains d'eau potable et les autres dans des bains d'eau agressives à 7 jours, 14 jours, 21 jours, 28 jours, 60 jours et 90 jours. Après avoir appliqué les essais mécaniques de tous les échantillons aux dates spécifiées, nous avons constaté que les résultats mécaniques augmentaient avec le temps.

Mots-clés: brique, gypse traditionnel, ciment blanc, durabilité, propriétés mécaniques.

Abstract:

This present study aims to examine the ability to use the traditional plaster, which is found in considerable quantities in Algeria, to prepare bricks with sufficient mechanical characteristics and which qualify it for the various applications and uses of construction. The improvement of the mechanical properties of traditional plaster was carried out in two phases: the first phase by adding the white cement with different mass ratios of 0, 1, 2, 3, 4 and 5%. The results showed that the addition of 2% of the white cement gives the best value for making the bricks more resistant to traction and compression.

The second phase of the study aims to study the durability and knowledge of the effect of water on traditional plaster bricks and white cement. After having determined the best brick C_2 of 98% traditional plaster and 2% cement, we placed these samples in drinking water baths and the others in aggressive water baths at 7 days, 14 days, 21 days, 28 days, 60 days and 90 days. After applying the mechanical tests of all bricks at the specified dates, we found that mechanical results increased over time.

Keywords: brick : traditional gypsum, white cement, durability, mechanical properties.