

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de : Génie Civil et Hydraulique

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

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

Master, Filière: Génie civil

Spécialité : Etude et Contrôle Batiment et Route

Thème

**ETUDE DE L'INFLUENCE DE L'AJOUTE DE
POUDRE DE VERRE SUR LE COMPORTEMENT
THERMO-MECANIQUE DES TIMCHEMT**

Présenté par :

❖ **CHEREFEDDINE Nadia**

❖ **MELOUAH Safa**

Soumis au jury composé de :

Dr. MEKHERMECHE.A MCB

UKMO

Président

Dr. ABANLS MCA

UKMO

Examineur

Dr. CHAIB.H MCB

UKMO

Encadreur

Année Universitaire: 2019 / 2020

Remerciements

Nous exprimons toute notre reconnaissance et gratitude à l'administration et à l'ensemble du corps enseignant de l'Université Kasdi Merbah-Ouargla pour leurs efforts à nous garantir la continuité et l'aboutissement de ce programme de Master.

*Nous remercions l'encadreur **Dr. CHAIB HACHEM** pour ces conseils illuminés et son aide précieuse pour achever notre mémoire .*

*L'adresse mes remerciements les plus respectueux à Mr. **KCHIRED Ali** responsable de laboratoire de génie civil, université **KASDI Merbah**.*

Nous tenons remercier aussi vivement les membres du jury :

***Dr. MEKHERMECHE.A** président jury ; et **Dr. ABANI.S** examinateur qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce travail.*

Nous remercions enfin tous ceux qui d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réussite de ce travail.

Dédicace

*Je tiens à dédie ce modeste travail à
Ma très cher mère merci pour avoir veillé sur moi , Mon très cher père
rien qu'en regardant dans tes yeux je devine l'amour sans limite que tu
me réserves merci aussi. j'espère que leur rêve est réalisé.*

A mes frères : Bahaa , Ali , Abo oubaida

et mes sœurs : Lina , Saja , Rafif

A toutes la famille Melouah .

*La mémoire de Mon prof. BABA HAMOU Mohamed Nasser
A tous ceux qui m'ont enseigné et aider pour obtenir ce diplôme depuis
le primaire jusqu'à l'université.*

*A tous mes ami(e)s chacun avec son nom et mes collègues , surtout le
plus proche et le plus chère CHEREFEDDINE Nadia ma partenaire
dans cette travail.*

*A tous les enseignants du département Génie Civil et Hydraulique de
l'université d'Ouargla.*

Enfinement je dédie à tous qui sont loin mais pour moi sont proche.

safa

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A Mes très cher parents et cher épouse pour son encouragement et son soutien moral tout le long de ce travail

A Mes chers frères: Mounir , Abdou , Yakoub , Elwardi , Samir

A Mes chères sœurs : Soumaya , Oulaya , soufia

A toute la famille CHEREFEDDINE .

A Toutes mes amies surtout Nadjat et mes collègues

A toutes ces étonnantes personnes qui font autre part de ce travail par leurs soutiens.

Mon Binôme le plus proche et le plus chère

MELOUAH Safa

Nadia

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Dédicace	
Sommaire	
Liste Des Figures	
Liste Des Tableaux	
Résumé	1
Introduction General	2

CHAPITRE I : Etude Bibliographies

I.1 Introduction	3
I.2 Plâtre	3
I.2.1 Historique d'usage du plâtre	3
I.2.2 matières première pour la fabrication du plâtre	4
I.2.2.1 Le Gypse	4
I.2.2.2 Différent variétés de gypse	5
I.2.3. Processus De Fabrication Du Platre	5
I.3 Le Plâtre Traditionnel (TIMCHEMT)	6
I.3.1 Compositions chimiques de plâtre traditionnel	6
I.3.2 Méthode de Fabrication de plâtre traditionnel	6
I.3.3 Les avantages et les inconvénients de Timchemt	7
I.4 Les Déchets solides	8
I.4.1 Introduction	8
I.4.2 Définition des déchets	8
I.4.3 Les Types des déchets	9
I.4.4 Valorisations des déchets dans le génie civil	9
I.4.5 Exemple des déchets utilisés	10
I.5 Utilisation de verre dans le domaine de génie civil	10
I.5.1 Définition de verre	10
I.5.2 Propriété du verre	10
I.5.3 Poudre de verre	11
I.5.4 Valorisations de poudre de verre	12
I.6 Les briques	12
I.6.1 Introduction	12
I.6.2 Brique de terre cuite	12
I.6.3 Mode de fabrication	12
I.6.4 Les produits	14
I.6.5 Brique silico-calcaire	15
I.6.6 L'adobe	15
I.6.7 Le pisé	16
I.6.8 Les blocs de terre comprimée	17
I.6.9 Les avantages et les inconvénients d'utilisation des briques en terre	18
I.7 Conclusion	19

CHAPITRE II Caractérisation Des Matériaux Utilises

II.1 Introduction	21
II.2 Matériaux utilisés	21
II.2.1 Plâtre traditionnelle (timchemt)	21
II.2.1.1 Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage (NFP94-056)	21
II.2.1.2 Analyse granulométrique par sédimentation (NFP94-057)	23
II.2.1.3 Masse volumique (NF EN1097)	25
II.2.1.4 Essai d'équivalent de sable (NFP18-598)	27
II.2.1.5 Limite d'Atterberg (NFP94-051)	29
II.2.1.6 La densité (NFP94-064)	31
II.2.1.7 Essai au bleu de méthylène (NFP94-068)	32
II.2.1.8 Analyse chimique	34
II.2.1.9 Analyse minéralogique par diffractométrie aux RX	36
II.2.2 Poudre de verre	37
II.2.3 Eau de gâchage	38
II.3 Conclusion	39

CHAPITRE III Résultats Et Interprétation

III.1 Introduction	40
III.2 Préparation et confection des éprouvettes	41
III.2.1 Les étapes de préparation	41
III.2.2 préparation des éprouvettes	42
III.3 les essais mécaniques	43
III.3.1 La masse volumique	43
III.3.2 résistance à la traction par flexion (NFP18-407)	44
III.3.3 résistance à la compression (NFP18-406)	45
III.3.4 Essai d'ultrason (NF EN12504-4)	47
III.4 Essai thermiques (ASTM D5334-14)	48
III.4.1 Conductivité thermique	48
III.4.2 résistance thermique	50
III.5 conclusion	52
Conclusion Générale	53
Reference Bibliographies	55

Liste Des Figures

CHAPITRE I : Etude Bibliographiques

I.1 chaine de fabrication de plâtre	5
I.2 Timchemt blanche	7
I.3 Les pierres de timchemt	7
I.4 le bois utilisé à la fabrication	7
I.5 Le four traditionnel de Timchemt	7
I.6 Les types des déchets solides	9
I.7 Déchets banal	10
I.8 Déchets inters	10
I.9 Déchets dangereux	10
I.10 verre	10
I.11 poudre de verre	11
I.12 Gisement d'argile	13
I.13 Coupage de brique	14
I.14 Brique pleine et perforée et brique creuse	15
I.15 Mur en pisé	17
I.16 Les différents blocs de terre comprimée	18

CHAPITRE II : Caractérisation Des Matériaux Utilises

II.1 Essai d'analyse granulométrique par tamisage	22
II.2 Courbe granulométrique du gypse traditionnel	23
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 limits 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	34
II.10 résultat d'analyse chimique de plâtre traditionnel	35
II.11 analyse minéralogique par Diffractométrie aux rayons X	36
II.12 analyses minéralogiques par Diffractométrie aux rayons X de pâtre traditionnel	37
II.13 Les étapes pour obtenir la poudre de verre	38

CHAPITRE III: Résultats Et Interprétations

III.1 les étapes de préparations des éprouvettes	42
III.2 Variation de la masse volumique en fonction du pourcentage de poudre de verre	43
III.3 Dispositif pour l'essai de résistance à la traction par flexion	44
III.4 résistance à la traction par flexion en fonction du dosage en poudre de verre	45
III.5 Dispositif pour l'essai de compression	46
III.6 résistance à la compression en fonction du dosage en poudre de verre	46
III.7 Dispositif pour l'essai ultrasonique	47
III.8 Essai de vitesse du son en fonction du dosage en poudre de verre	48
III.9 Dispositif pour l'essai thermique	49
III.10 résultats de la conductivité thermique (λ) des briques en fonction des pourcentages de poudre de verre	50
III.11 résultats de la résistance thermique (R_{th}) des briques en fonction des pourcentages de poudre de verre	51

Liste Des Tableaux

CHAPITRE II : Etude Bibliographique

I.1 Les compositions chimiques de verre	11
--	----

CHAPITRE II : Les Caractérisation Des Matériaux Utilises

II.1 Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage du plâtre traditionnel	23
II.2 Analyse granulométrique par sédimentométrie du plâtre traditionnel	24
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	31
II.6 Analyses chimiques de plâtre traditionnel (timchemt)	35
II.7 composition chimique de l'eau	38

CHAPITRE III: Résultats Et Interprétations

III.1 les compositions utilisées (% de plâtre traditionnel et % de poudre de verre)	43
---	----

ملخص:

العمل المقدم يهدف إلى دراسة إمكانية استخدام الجبس التقليدي الموجود بكميات معتبرة في الجزائر، لإعداد الطوب ذا مواصفات وخصائص ميكانيكية كافية تؤهله لمختلف تطبيقات واستخدامات مجال البناء. تحسين الخصائص الميكانيكية للجبس التقليدي تم بإضافة مسحوق الزجاج بنسب كتلية مختلفة 0، 1، 2، 3، 4، و 5%. أظهرت النتائج المتحصل عليها أن إضافة 4% من مسحوق الزجاج تعطي أحسن قيمة تجعل الأجر أكثر قدرة على مقاومة قوى الانحناء والضغط. من خلال الدراسة الحرارية وجدنا بأن العينة C4 كان لها أحسن سلوك حراري لأنها أعطت أحسن قيم للناقلية الحرارية، المقاومة الحرارية.

الكلمات المفتاحية: الأجر، جبس تقليدي، مسحوق الزجاج، الخصائص الميكانيكية، الخصائص حرارية.

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 ajoutant la poudre de verre avec des différents pourcentages massiques de 0, 1, 2, 3, 4 et 5%. Les résultats ont montré que l'addition de 4 % de la poudre de verre donne la meilleure valeur pour rendre les briques plus résistantes à la flexion et à la compression.

Nous avons constaté que C4 avait le meilleur comportement thermique car il donnait les meilleures valeurs de conductivité thermique, de résistance thermique.

Mots-clés: brique, plâtre traditionnel, poudre de verre, propriétés mécaniques, propriétés thermiques.

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 by adding the glass powder with different mass ratios of 0, 1, 2, 3, 4 and 5%. The results showed that the addition of 4% of the glass powder gives the best value for making the bricks more resistant to traction and compression.

We found that C4 had the best thermal behavior because it gave the best values for heat conductivity, heat resistance.

Keywords: brick: traditional plaster, glass powder, mechanical properties, thermal properties.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale

Le **Timchemt** désigne principalement un matériau de construction à propriétés spécifiques, fabriqué par méthode traditionnelle, à partir de la matière première rocheuse qui est le gypse. C'est le matériau naturel le plus simple que nous ayons à notre disposition. Il est utilisé à Ouargla depuis des années dans la construction des différents édifices avec des techniques artisanales, véritables témoignages vivant de l'histoire, marquant ainsi les cultures des peuples et l'identité des lieux.

Ce matériau a été très dévalorisé pendant de nombreuses années et l'on se rend compte aujourd'hui que les anciens avaient bien compris les qualités de timchemt dans la construction et son caractère naturel qui préserve l'environnement.

C'est bien l'aridité qui caractérise le climat saharien, le déficit hydrique à tous les niveaux, est dû à la faiblesse des précipitations, à l'évaporation intense, aux fortes températures et à la grande luminosité. C'est dans ces conditions qu'on trouve la région d'Ouargla à environ 820 km d'Alger. Elle est caractérisée par sa géomorphologie désertique. Dans ces zones l'homme a développé des techniques de construction à partir de gypse locale qui font les transactions entre les exigences de la vie humaine et l'environnement climatique aride.

Aujourd'hui, en tant que chercheur et spécialiste, nous étudions ce matériau en définissant ses caractéristiques. Afin de valoriser et d'améliorer

Ce travail vise à examiner l'effet de poudre de verre sur les propriétés thermomécaniques des briques à base de gypse traditionnel, nous essayerons de répondre aux certains problèmes dont les plus importants sont pour :

- connaître la résistance mécanique et thermique .
- Connaître l'effet d'ajout de poudre de verre à la composition des briques de plâtre traditionnel.

Cette recherche a pour but d'étude est de connaître les caractéristiques thermiques de ces derniers pour obtenir un produit contribue à la consommation de l'énergie électrique surtout dans les régions sahariennes qui caractérisées par des températures plus élevées dépasse 47 C° en été, sachant que ces briques seront utilisées pour l'isolation et non pour construire les éléments porteurs.

Nous avons préparé six (6) éprouvettes de $(4 \times 4 \times 16)\text{cm}^3$ et (6) éprouvettes de $(7 \times 7 \times 28)\text{cm}^3$ avec des dosages massiques de poudre de verre égales à 0%, 1%, 2% 3% ,4% et 5% pour le renforcement,. Les essais qui sont appliqués sur ces briques sont : l'ultrason, traction par flexion, la compressionext.

Méthodologies Du Travail

Le manuscrit s'articule autour des points suivants :

- ❖ Le premier chapitre est consacré à la recherche bibliographique.
- ❖ Le deuxième chapitre « Les caractéristiques physiques et chimiques de matériau utilisé »
- ❖ Chapitre 3 « résultats et interprétations »

CHAPITRE I

CHAPITRE I: Etude Bibliographique**I.1. Introduction**

Le plâtre est un mélange pulvérulent préparé, depuis les temps antiques, à partir de la calcination du gypse, roche sédimentaire rassemblée en masses énormes d'évaporites, appelée autrefois pierre à plâtre ou pierre des plâtrières que l'on retrouve parfois sous forme d'albâtre ou de cristaux de sélénite.

La pierre est généralement extraite de mines ou de carrières souterraines puis cuite et ensuite cassée, broyée et moulue pour donner la poudre blanche du plâtre

De nos jours, le plâtre est aussi utilisé directement en tant qu'enduits, ou en tant qu'éléments préfabriqués sous formes de carreaux ou de plaques. C'est un matériau particulièrement adapté à une utilisation en intérieur, grâce à ses propriétés d'isolation thermique, acoustique et sa très grande résistance au feu (incombustible, mauvais conducteur de chaleur), ne libère aucun produit toxique en cas d'incendie [1].

I.2. Le plâtre**I.2.1. Historique D'usage Du Plâtre**

Au IX^{ème} siècle av JC : des murs étaient réalisés en plâtre en Turquie; en Egypte, le plâtre était utilisé pour assembler les pierres et réaliser des enduits.

L'emploi du plâtre s'étendra à la décoration au cours des XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles. Depuis la première guerre mondiale, l'usage du plâtre s'est généralisé grâce à l'amélioration des procédés de fabrication.

L'autre grande première utilisation du plâtre remonte à l'Egypte ancienne avec son utilisation à la construction des pyramides, environ 2800 ans avant JC.

Les archéologues ont découvert, quant à eux, l'utilisation de plâtre en tant que liant des pierres de la grande pyramide de Khéops et support des peintures funéraires à l'intérieur des tombes.

L'usage du plâtre est très répandu à l'époque gréco-romaine : les masques funéraires égyptiens (entre le 1^{er} et IV^o siècle après JC) destinés à vêtir les momies étaient en effet en plâtre et en stuc.

Au moyen-âge, le plâtre remplace le torchis et devient un véritable matériau de construction. Les murs des habitations sont enduits de plâtres et de chaux, les plafonds sont réalisés en bois et en plâtre.

En 1292, une charte royale mentionne l'exploitation de 18 carrières en région parisienne et l'inscription de 18 plâtriers assurant l'extraction, la fabrication, le transport et le commerce du plâtre. La porte Blanche ainsi que la rue Blanche doivent d'ailleurs leur nom à la pierre blanche.

En 1667, suite à l'incendie de Paris, un édit de Louis XIV va même entraîner la généralisation du revêtement plâtre pour renforcer la protection incendie des maisons en pan de bois hourdis de Paris.

Quel que soit l'époque, le plâtre demeure aussi la matière première naturelle des Sculpteurs par ses capacités à prendre docilement toutes les formes de leur création. Les témoignages sont nombreux et particulièrement au XIX^o siècle.

Les procédés d'estampage et de moulage en plâtre sont très utilisés pour reproduire les œuvres d'art ou en restauration pour reconstituer les parties altérées d'un édifice. Enfin, le plâtre constitue un matériau pédagogique aux multiples possibilités pour découvrir à tout âge les arts plastiques à travers des prises d'empreintes, des moulages, des assemblages, durant tous ces siècles, l'extraction du gypse se fait principalement de façon artisanale directement à flanc de colline, puis en galerie, avec une cuisson au feu de bois et un concassage manuel, c'est à partir du XIX^{ème} siècle que l'exploitation se déplace hors des villes.

En 1822, Pierre-Etienne Lambert ouvre la première carrière de Cormeilles-en-Parisis en région parisienne.

Les fours artisanaux laissent alors la place à des fours à plâtre beaucoup plus performant

et, à partir de 1878, son descendant Jules-Hilaire Lambert industrialise la production des plâtres de construction et de moulage.

Autre grande étape clé dans la saga de ce matériau : l'invention du "plaster board" en 1890 à New-York, qui gagnera la France en 1946 avec la production des premières plaques de plâtre. La montée en puissance croissante de l'utilisation de la plaque de plâtre qui dépasse aujourd'hui les 300 millions de m² annuel, Bénéficiant d'un rapport qualité-prix toujours aussi remarquable, les produits et systèmes constructifs à base de plâtre continue d'innover sur le plan de leurs performances thermiques et acoustiques tout en se dotant de nouvelles fonctions telles l'amélioration de la qualité de l'air intérieur. Et, en ce début de 21^o siècle, le plâtre est plus que jamais le matériau irremplaçable pour répondre aux défis de demain [1].

I.2.2. Matière Premières Pour Fabrication de Plâtre

I.2.2.1. Le gypse

Le gypse est le matériau de base de la fabrication industrielle des plâtres.

Il existe deux grandes catégories de gypses :

Le gypse qui se trouve dans la nature sous forme d'une roche compacte, C'est une roche sédimentaire provenant de l'évaporation intense d'eau riche en sulfate de calcium dissout. Il est extrait dans des carrières à ciel ouvert. Les gypses naturels de grande pureté permettent d'obtenir des plâtres de qualité. Les principales impuretés des gypses sont la calcite, la silice et la dolomie.

b- Les Gypses De Synthèse

Diverses industries (chimiques, centrales thermiques, traitement des fumées...) produisent du gypse comme sous-produit.

Ce gypse (desulfo gypse, phospho gypse...), qui concentre les impuretés du minerai de base, pose souvent des problèmes de stockage et de préservation de l'environnement.

La pierre de plâtre est un sulfate de calcium qui se trouve dans la nature sous deux formes :

L'anhydrite ou sulfate de calcium anhydre, assez rare qui répond à la formule chimique CaSO₄.

Le gypse ou sulfate de calcium

à deux molécules d'eau di hydraté, très abondant, qui répond à la formule chimique $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Gypse pur est composé par : 92 à 94% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 2 à 4 % CaCO_3 , 2 à 4 % d'autres Éléments tels que SiO_2 , MgO .

I.2.2. Différents Variétés De Gypse

- Le gypse cristallin.
- Le gypse fibreux.
- Le gypse saccharoïde.
- Le gypse microcristallin ou alabastrite .
- Le gypse lamellaire.
- Le gypse "fer de lance".
- La rose de sable.

I.2.3. Processus De Fabrication Du Plâtre

Le plâtre désigne principalement un matériau de construction à propriétés isolantes ou ignifuges, fabriqué industriellement à partir de la matière première rocheuse qu'est le gypse. Le terme désigne, dans la pratique, soit la poudre ou matière poudreuse industrielle de départ (le plâtre sec), soit la pâte constituée d'un mélange de poudre et d'eau.

Le plâtre est un matériau de construction ignifuge obtenu au départ de gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) auquel on ajoute divers adjuvants suivant l'utilisation que l'on veut en faire. Parmi ceux-ci l'amidon qui augmente l'adhésion du plâtre et un retardateur pour augmenter le temps de prise du plâtre.

Le gypse peut être extrait de gisements souterrains ou alors être fabriqué artificiellement. Le plâtre artificiel provient de centrales thermiques dans lesquelles on pratique la désulfuration afin d'éliminer le SO_2 présent dans les rejets gazeux. Pour ce faire, on utilise de la chaux (CaO) humide, ce qui entraîne la formation de cristaux de gypse qu'on utilisera pour la fabrication du plâtre synthétique. Notons donc que ce mode de fabrication contribue à la sauvegarde de l'environnement car le SO_2 est un gaz polluant responsable de pluies acides

Notamment. (Figure I.1).

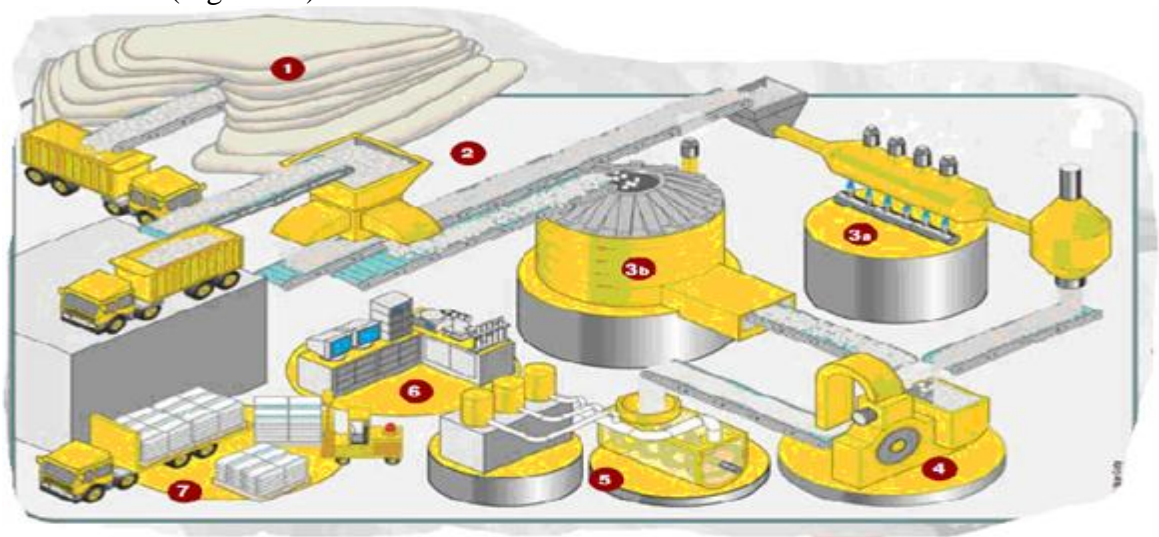


Figure I.1. Chaîne de fabrication du plâtre.

1. Extraction du gypse.
2. Réception du gypse et calibrage : on présélectionne les pierres qui serviront à la fabrication du plâtre α ou à la fabrication du plâtre β . Les pierres sont alors concassées et réorientées.
3. La cuisson : en 3a, celle du plâtre β et en 3b, celle du plâtre α .
4. Le broyage : après cuisson, les pierres sont broyées en particules de l'ordre du dixième de millimètre.
5. Mélange et adjuvantation : Les plâtres α et β sont mélangés en proportions désirées et on ajoute les adjuvants. Beaucoup de contrôles sont effectués afin de pouvoir rectifier le tir en cas de soucis.
6. Contrôle et validation des produits.
7. Conditionnement et logistique.

I.3.Le Plâtre Traditionnel (Timchemt)

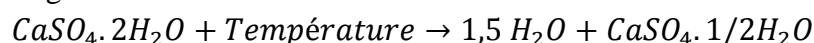
Timchemt est un plâtre traditionnel a été utiliser depuis longtemps et jusqu'à aujourd'hui à la construction des maisons de ksar de Ouargla grâce à leur facilité d'obtenir et de réalisation.

Le Timchemt est une substance calcaire employée dans les constructions et dont l'usage parait circonscrit aux oasis les plus méridionales du Sahara Algérienne, et à quelques localités du Désert. Toutes les villes de la dépendance d'Ouargla et d'Ouad-Mزاب sont bâties en Timchemt. Il en est de même de plusieurs villes de l'oasis. On l'emploie aussi dans quelque villages de la dépendance de Temacine, à Dziona, à El-Hadjira et dans la T'aibat. Mais c'est dans l'ouad-mزاب que l'usage est le plus répandu. On le trouve en grande quantité dans les montagnes dont le territoire de cette oasis est hérissé. Ainsi, il en existe une carrière assez considérable dans la montagne voisine de village de Bou-Noura.

A Ouargla, le Timchemt est fourni par deux carrières situées l'une à la ville et l'autre existe dans la colline rocheuse de Ba-Mendil. A Ngousça. [2]

I.3.1. Compositions Chimiques De Plâtre Traditionnel

Le gypse traditionnel est un matériau solide compose de Di-hydrate de sulfate de calcium ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ce plâtre est le plus minéral largement disponible dans la terre, il appartient aux roches sédimentaires, il chevauche avec l'Anhydrite (sulfate de calcium anhydre CaSO_4). Il peut trouver avec (l'argile, la dolomite et aussi le calcaire), ça couleur est gris ou blanc à rouge.



I.3.2. Méthode de Fabrication de Plâtre Traditionnel

La fabrication de Timchemt passe par 5 étapes :

a) L'extraction : les roches de Timchemt sont extrait des carrières à l'aide des moyens manuel, sachant qu'il y'a deux types des pierres ; pierres blanches et pierres rouges cette méthode est traditionnelle, elle se faisait avec les pioches, les pics,... ces roches sont déposées dans les camions chargeurs pour les acheminés vers les soutes de stockage.

b) Concassage : les roches sont réduites en petits dimensions pour la facilité de criblage et confection.

c) Criblage : cette opération est faite par lavage des pierres pour éliminer les impuretés.

d) Confection : dans un four traditionnel qui a le forme cylindrique gravé sous le sol, on forme des couches compose de bois de palmier et de pierres, puis on y met le feu qui va dépasser 180 C°, après vingt- quatre heures, la pierre sera cuite et le bois sera consommé.

e) Broyage : il est envoyé aux pour broyage, afin d'être configuré pour être utilisé.

Généralement le Timchemt est utilisé comme un mortier, mais il y'a des gens l'exploité comme des briques par coulage dans les moules et utilisé à la construction



Figure (I.2) : Timchemt blanche



Figure (I.3): Les pierres de Timchemt



Figure (I.4): le bois utilisé à la fabrication



Figure (I.5) : Le four traditionnel de Timchemt

I.3.3 Les Avantages Et Les Inconvénients De Timchemt

a) Avantage

- 1) Isolation thermique : les maisons Ouargla de Ksar de Ouargla sont construites avant plusieurs années, les habitats toujours remarquent que ce matériau travail bien à l'isolation de chaleur à l'été et le froid à l'hiver.
- 2) La rigidité des éléments construits : malgré que les maisons de la kasbah ne comportent pas des éléments porteurs (poteaux et poutres), mais elles restent rigides et stables plusieurs années à cause de la durabilité des roches utilisées comme des maçonneries.

- 3) Pas de fissuration : par contre de béton, les fissures n'apparaissent pas rapidement à Timchemt, sauf qu'elle ne soit très exposées aux facteurs d'humidité, les éléments attendront à l'état plastique puis elles ruinent, même les dimensions des murs ont été très grands par exemple largeur varie entre 50 et 60 cm par contre des cloisons des briques qui ne dépassent pas 30 cm de largeur.
- 4) Ce matériau est facile à obtenir et son prix convient à tous ;
- 5) Ce matériau est écologique car il ne contient pas de adjuvants chimiques.

b) Inconvénients

- 1) Les murs qui sont construits avec ce matériau, lorsqu'ils absorbent beaucoup d'humidité, ils gonflent comme le bois ce qui corrode ;
- 2) Ce matériau ne peut pas être utilisé pour la construction des éléments porteurs à cause de sa faible résistance par rapport au béton armé, raison pour laquelle de nombreuses personnes n'utilisent pas aujourd'hui dans la construction.

I.4. Les Déchets Solides

I.4.1.Introduction

Les déchets solides est l'accumulation de matériaux à l'état solide résultant de diverses activités humaines dans différents domaines de la même taille et occupant l'espace, pour cela devrait toujours travailler sur la recherche d'endroits pour se débarrasser de ces déchets.

Auparavant, les déchets solides ne causaient pas de tout problème environnemental et qu'elle a été exploitée par certaines créatures vivantes et des objets qui sont exploités dans leur vie et dans cette forme, ils sont la récupération et le recyclage de ces matériaux dans la nature du processus.

Pour augmenter la quantité de déchets solides plusieurs raisons, y compris:

- ❖ Augmenter le clan humain dans le monde (augmentation de la population).
- ❖ Augmenter le ratio de consommation.
- ❖ Le développement industriel et l'augmentation ratio de production.
- ❖ Le développement agricole.
- ❖ Le développement technologique.
- ❖ Le manque de sensibilisation à l'environnement au sein de la population.
- ❖ Le non-respect des moyens appropriés pour faire face aux déchets solides.

Ces facteurs ont conduit à une augmentation substantielle de la quantité croissante de déchets solides et ainsi accumulée problème des déchets solides est devenue l'un des problèmes environnementaux difficiles face au monde moderne et civilisé [3].

I.4.2.Définition De Déchets

Un déchet est un matériau qui est rejetée après qu'il ait accompli un travail ou qu'il ait rempli sa mission. C'est donc quelque chose devenue inutile, désormais de la poubelle, et qui n'a aucune valeur économique pour la plupart des personnes. Les résidus peuvent être

éliminés (lorsqu'ils sont destinés à l'enfouissement dans les décharges ou à être enterrés) ou recyclés (obtenant ainsi un nouvel usage).

I.4.3. Les Types Des Déchets

L'adjectif solide, d'autre part, mentionne ce qui est massif ou ferme. Un corps solide conserve son volume (ou sa taille) et sa forme constants grâce à la grande cohésion des molécules. De cette façon, il se distingue des autres états d'agrégation de la matière, tels que l'état liquide ou l'état gazeux.

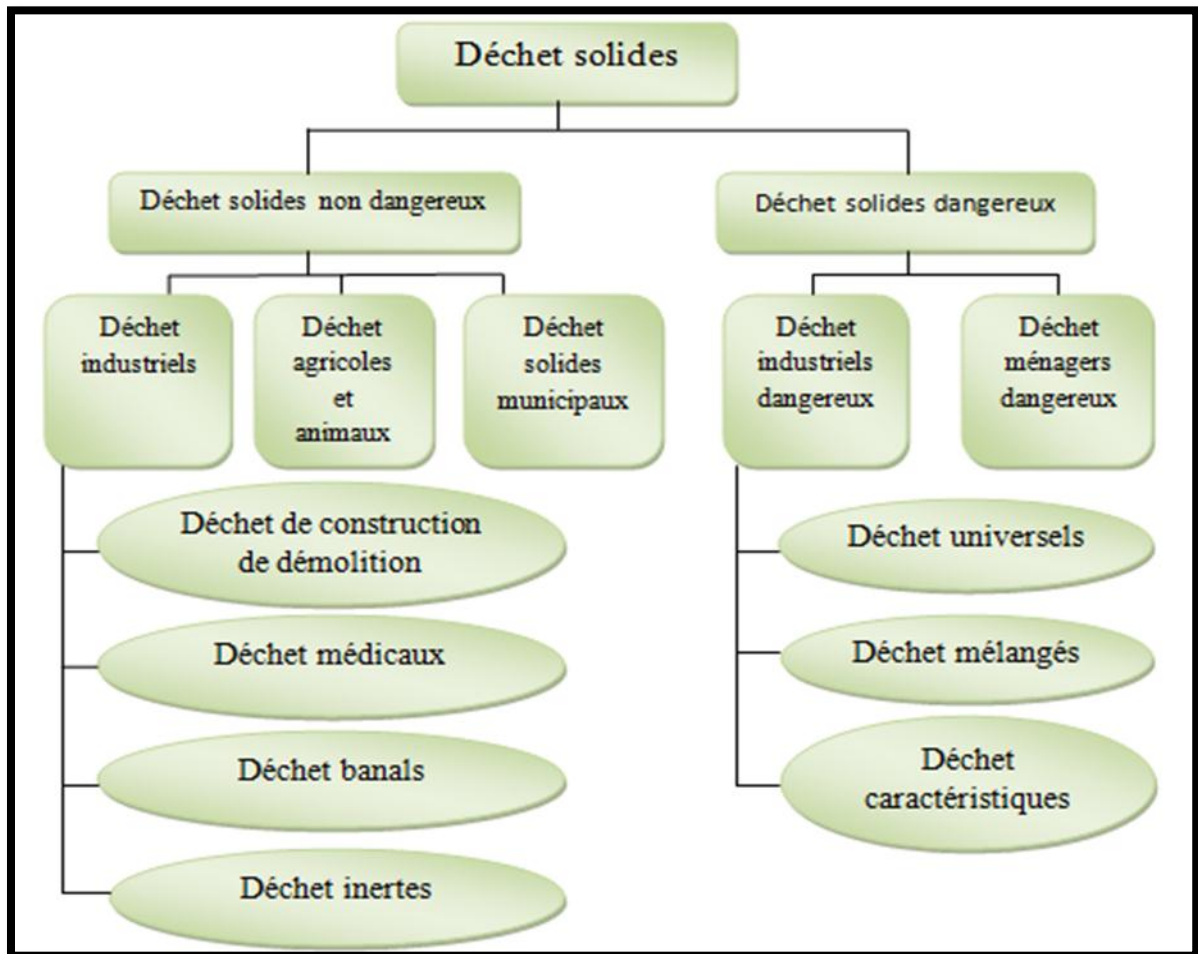


Figure (I.6): les types des déchets solides.

I .4.4. Valorisations Des Déchets Dans Le Génie Civil

Dans le cadre de travaux de génie civil, on distingue trois catégories principales de déchets : les déchets inertes, les déchets banals et les déchets dangereux.



Figure (I.7) : Déchets Banals **Figure (I.8): Déchets inertes.** **Figure(I.9) :déchet dangereux.**

I.4.5.Exemples Des Déchets Utilisés

Lors de travaux de démolition, les briques récupérées peuvent être nettoyées et réutilisées sur le même chantier ou ailleurs. Par ailleurs, certaines briques anciennes ont une grande valeur architecturale et sont recherchées pour les rénovations historiques. Lors de travaux de construction, le béton pré-mélangé en excès peut être utilisé dans la fabrication de bordures de terrains de stationnement, de jardinières ou dans l'aménagement paysage [4].

I.5.Utilisation De verre Dans Le Domaine Génie Civil

I.5.1.Définition De Verre

Matériau transparent, brillant, solide, tel que ceux utilisés dans les fenêtres, flacon, ou des lunettes. Verre scientifique sur toute structure de matière solide ne possède pas un cristal montre un décalage de verre lorsqu'il est chauffé vers la composition liquide.



Figure (I .10) : Verre.

I .5.2.Propriete Du Verre

a. Propriété Physique

Les particules de verre écrasées sont généralement de forme angulaire et peuvent contenir des particules allongées et plates. Le verre a en générale une densité d'un verre concassé d'environ 2.5 présentant des coefficients de perméabilité allant de 10^{-1} à 10^{-2} cm/sec, est une matériau hautement perméable, similaire au sable grossier. Le coefficient de perméabilité dépend de la gradation de verre [5].

b-Composition Chimique

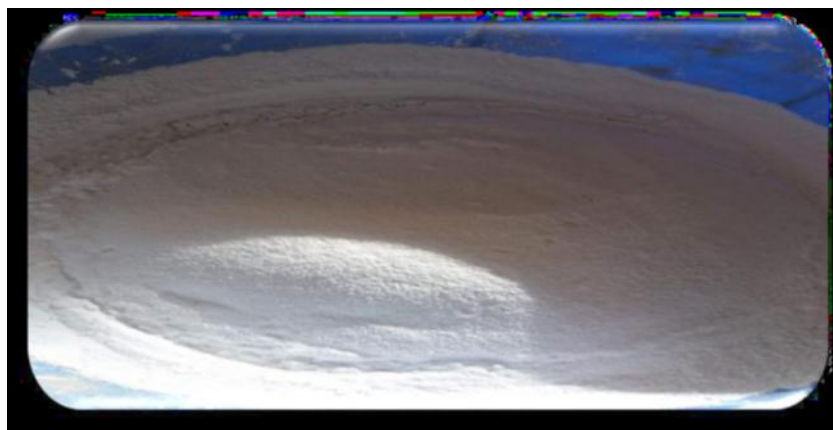
Les formateurs de verre sont les éléments qui peuvent être convertis en verre lorsque ils sont combinés avec de l'oxygène. le dioxyde de silicium (SiO_2), utilisé sous forme de sable, est le formateur de verre le plus courant. Le verre ordinaire contient environ 70% de SiO_2 . le carbonate de sodium (carbonate de sodium anhydre, Na_2CO_3) agit comme un agent fondant dans la fonte. il abaisse le point de fusion et la viscosité du verre formé, libère du dioxyde de carbone et aide à remuer la fonte. [5]

Tableau (I.1): les compositions chimiques de verre

	Particulaires	Proportion
1	Dioxyde de silicium (SiO_2)	66.56%
2	Oxyde d'aluminium (Al_2O_3)	01.02%
3	Oxyde de potassium (K_2O)	01.06%
4	Oxyde de calcium (CaO)	11.50%
5	L'oxyde de magnésium (MgO)	03.02%
6	Oxyde de sodium (Na_2O)	12.32%
7	Trioxyde de bore (B_2O_3)	02.45%

I .5.3.Poudre de verre

La poudre de verre est un ajout cimentaire alternatif de couleur blanche. Elle est obtenue après la collecte et le broyage des fragments de verre coloré. Sa haute teneur en silice amorphe SiO_2 lui confère des propriétés pouzzolaniques en se combinant avec la chaux pour produire d'autres hydrates.

**Figure (I -11) :** poudre de verre.

I.5.4. Valorisations de poudre de verre

Les méthodes par lesquelles il peut être supprimé et de grandes recherches récentes aux États Unis et le Royaume-Uni a permis de considérer le verre recyclé comme une construction en béton potentiellement "adapté à l'usage" matériel. Les premières recherches effectuées dans les années 1960, 1970 et 1980 sur l'étude de la réaction de silice alcaline de l'agrégat de verre ont conclusions définitive.

Parallèlement à ces progrès scientifiques, les modifications apportées à la législation environnementale encouragent positivement les granulats secondaires dans le béton et les déchets de verre sont disponibles en plus grandes quantités en tant que conteneur, en fin de vie [6].

I.6. Les Briques

I.6.1. Introduction

Les briques, depuis longtemps, sont considérées parmi les éléments les plus importants dans le domaine de la construction. La fabrication des briques est passée par plusieurs étapes de développement dont la première est la brique crue, puis la brique cuite, enfin la brique industrielle stabilisée. La technologie actuelle permet de réaliser plusieurs types de briques avec des performances supplémentaires pour différentes destinations (Brique de verre, brique cellulaire, brique monobloc ...etc.

I.6.2. Brique De Terre Cuite

Les matériaux de terre cuite ont été utilisés depuis plusieurs siècles, ils se sont adaptés à l'évolution de la construction et à ses impératifs, dans le domaine traditionnel industriel. Ils sont fabriqués à partir d'argile devenant souvent rouge à la cuisson (sauf les argiles calcaires dont la couleur de cuisson varie du rose à jaune et blanc [7-8].

I.6.3. Mode De Fabrication

a. 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. 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 de faisant 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. 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. 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.[9-10] Ce travail manuel a donné aux briques leur forme caractéristique. Aujourd'hui, ce travail est industrialisé et permet d'obtenir différentes 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.

b-Méthode Moderne

Extrusion des briques à travers une filière. La fabrication d'une brique moderne passe par les grandes étapes suivantes:[10]

- Extraction de l'argile rouge et de l'argile verte. On mélange environ 10 % d'argile verte avec 90 % d'argile rouge. La terre argileuse, généralement extraite à proximité de la briqueterie, ne peut pas inclure trop de sable. (Voir figure I -12)



Figure (I -12) : Gisement d'argile

- Broyage de la terre pour obtenir la granulométrie désirée
- Humidification et mélange des divers types de terres ; ajout d'une faible quantité de lignosulfite, résidu de l'industrie du papier, dérivé de la lignine contenue dans les arbres ; le lignosulfite facilite
- l'extrusion. · Extrusion au travers de filières correspondant à une forme donnée de brique · Coupage (voir figure I -13) · Séchage dans un séchoir à gaz (durée entre vingt et cinquante heures) · Cuisson à environ 900 °C, pendant trente heures · Éventuellement rectification (fraisage des bords jointifs pour faciliter le montage).



Figure (I -13):coupage de brique

I.6.4.Les Produits

Sont des briques pleines ou perforées en terre cuite selon la norme (XP P 13-305) sont composants en trois catégories des produits

a. Brique Pleine

Brique ne comportant aucune perforation et dont le format d'appellation le plus courant est 6x11x22 cm.

b. Brique perforée

Brique comportant des perforations perpendiculaires à la face de pose, la somme des sections des perforations étant inférieure ou égale à 50% de la section totale, et de largeur inférieure à 14 cm.

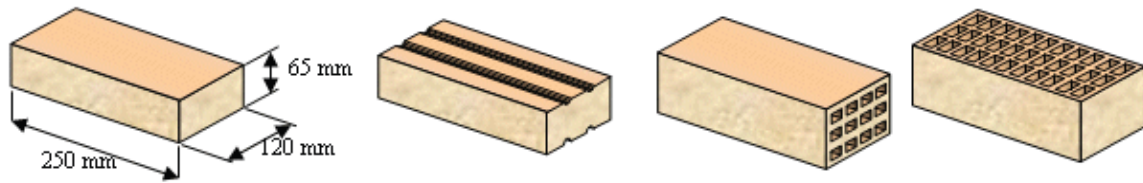
c. Bloc Perfore

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

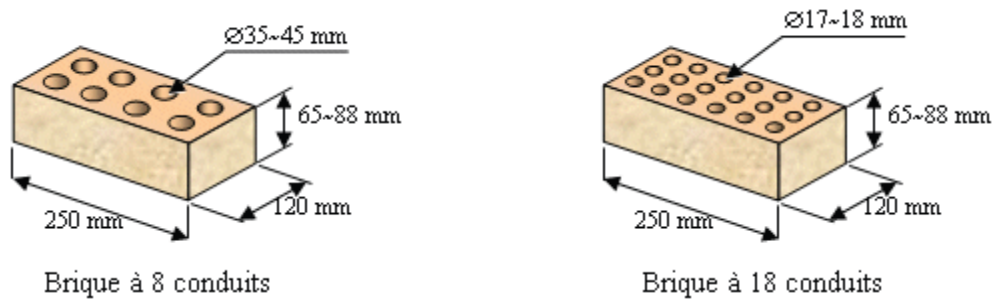
d-Brique Creuse De Terre Cuite (Norme NF P 13-301)

On distingue deux types de briques creuses :

- Type C : Briques à faces de pose continues, destinées à être montées a joints de mortiers horizontaux continus.
- Type R.J : Briques dites “ à Rupture de Joint ”, destinées à être montées a joints de mortiers horizontaux discontinus.



Briques pleines et perforées



Briques perforées

Figure (I -14): Brique pleine et perforée et Brique creuse.

I.6.5. Brique Silico-Calcaire

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

- Silico- calcaire denses
- Silico-calcaire léger

I.6.6. L'adobe

a. Définition

L'adobe (appellation locale toube) est de l'argile qui, mélangée à de l'eau et à une faible quantité de paille hachée ou d'une autre fibre, peut être façonnée en briques séchées au soleil. Par extension, l'adobe (ou banco) est la brique de terre crue, séchée au soleil, et utilisée comme matériau de construction. Ces briques sont obtenues à partir d'un mélange d'argile, d'eau et éventuellement d'une charge utilisée en petite quantité : de la paille hachée par exemple. Il s'agit d'un des premiers matériaux de construction : les premières villes connues étaient construites en briques de terre crue. Ce matériau est encore l'un des plus utilisés au monde. Les briques d'adobe sont coulées dans un cadre ouvert, un rectangle dont les dimensions est en général de 10x25x36 cm bien que l'on rencontre d'autres tailles. Le moule est retiré, et la brique est mise à sécher quelques heures, puis elles sont tournées sur leur tranche pour terminer le séchage. Lors du séchage, les briques peuvent être placées à l'ombre pour éviter l'apparition de fissures.

b .Les Produits

Les produits de la fabrication des adobes, manuelle ou mécanisée, sont extrêmement variés. Ils sont le plus souvent directement tributaires des savoir-faire traditionnels et varient quant au type de terre utilisée, au mode de moulage, aux dimensions des blocs (très changeantes) et aux destinations d'emploi plus ou moins spécifiques (blocs spéciaux). Les moules utilisés sont généralement en acier ou en bois (le plus souvent) et de forme très variée. Les dimensions les plus fréquentes de 40 x 40 x 15 cm ou 40 x 30 x 15 cm, ou 40 x 20 x 10 cm ...) On distingue globalement trois principaux types de produits : produits classiques , Produits spéciaux Produits antisismiques [7,14 ,15].

I .6.7.Le Pisé

a. Définition

Le pisé est une technique ancienne, qui a connu un regain d'intérêt dans le monde occidental suite aux travaux de François Cointeraux (XVIIe siècle) sur le sujet. Ses ouvrages ont été traduits et diffusés dans le monde entier. En France, on trouve une grande quantité de bâtiments ruraux en pisé datant des XVIIIe, XIXe et début du XXe siècle dans la région Rhône-Alpes : Isère, vallées de la Saône et du Rhône, Bresse, la Loire, etc. Les savoir-faire ont maintenant presque entièrement disparu, malgré un regain d'intérêt pour le matériau terre au bilan écologique exceptionnel. Des architectes et plasticiens contemporains utilisent également le pisé : Rick Joy, David Easton, Martin Rauch, Kengo Kuma [11,16 ,17] De nature très sableuse et riche en graviers et cailloux, à peine argileuse (10 à 20 %), la terre est le plus souvent conservée à son état d'humidité naturelle (teneur en eau modifiée si elle est trop sèche ou trop humide) puis déversée dans un coffrage et compactée (à l'aide d'un pilon manuel) jusqu'à constituer un béton maigre de terre qui durcit en séchant. Les coffrages traditionnels sont en bois. Les plus beaux exemples d'architecture en pisé peuvent être observés dans le Maghreb et en Espagne, au Portugal, Mexique, Pérou, Brésil). De nos jours, le pisé reste soit très traditionnel (Maroc, Amérique latine, Chine) soit résolument moderne (Etats Unis d'Amérique, Australie, France) où les coffrages ont considérablement évolués ainsi que le compactage réalisé à l'aide de compresseurs et fouloirs pneumatiques [14,13 ,18].

b. Les produits (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) [14,13,18].



(I -15): Mur en pisé [18].

I.6.8. Les Blocs De Terre Comprimées

a. Définition

Cette version moderne du bloc de terre crue moulée, ou adobe, emploie des terres aux caractéristiques assez proches de celles du pisé mais pouvant être plus argileuses (jusqu'à 25%) et écrêtées de leurs plus gros éléments (diamètre > 20 mm). La fraction sableuse (gros sables) doit être dominante et la fraction graveleuse (petits graviers) peut être moindre. Le matériau ainsi composé, d'une granulométrie assez uniforme est compacté à un état hydrique peu humide au moyen de presses de type et de registre de performance très divers. La fameuse presse manuelle "Cinva-Ram" mise au point en 1956 en Colombie par l'ingénieur Raul Ramirez fut la première à être fabriquée industriellement et largement diffusée dans le Monde entier.

En France, les établissements "Japy" en assuraient la diffusion vers les pays européens et d'Afrique de l'Ouest. Elle fut rapidement et très largement adoptée et contribua au Développement de cette technique de construction en blocs de terre comprimée. Cette petite presse manuelle est aujourd'hui dépassée par une nouvelle génération de matériel plus performant, presses manuelles ou semi-mécaniques, mécaniques motorisées, hydrauliques, à compression statique, dynamique ou à vibration, unités foraines mobiles et unités industrielles lourdes, fixes. Les blocs de terre comprimée non stabilisés (ou stabilisés par l'ajout d'un faible pourcentage de liant hydraulique du type ciment ou chaux) sont des matériaux dotés d'excellentes performances et d'une grande souplesse d'emploi qui caractérise par nature la maçonnerie en petits éléments [18].

b. Les Produits

Les modes de production et types de presses actuellement Disponibles sur le marché s'ouvrent sur la réalisation de quatre grandes catégories de Produits, les blocs pleins, Les blocs creux Les blocs spéciaux [18]

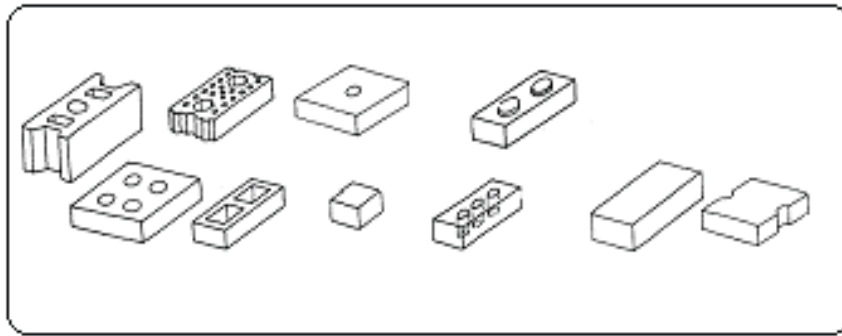


Figure N (I-16): les différents blocs de terre comprimée[18]

I.6.9. Les Avantages Et Les Inconvénients D'utilisation Des Briques En Terre

a- Les Avantages

Les avantages du point de vue environnement sont :

- La terre absorbe et restitue l'humidité.
- La terre régule la température par inertie thermique.
- La terre est un très bon isolant phonique.

Les Avantages écologiques sont :

- La terre utilise peu d'eau en phase de transformation
- La terre est une ressource locale abondante et renouvelable.
- La terre à des vertus thérapeutiques, soigne les affections de la peau, détruit
- Les bactéries et les acariens.
- La construction en terre crue n'utilise que 3% de l'énergie employée dans une construction en béton. [11] [16] [17] .

b. Les Inconvénients D'utilisation Des Briques En Terre

La main d'œuvre nécessaire à toute construction en terre est souvent importante même une petite structure représente 15 tonnes de terre à travailler.

Il faut aussi bien avoir conscience que le financement de ce type de maison n'est pas conventionnel, en effet il vous sera difficile d'obtenir un prêt hypothécaire pour ce genre d'habitation [11].

I.7.Conclusion

Cette étude bibliographique, nous a permis d'étudier:

-les matériaux utilisés dans Notre travail de recherche c'est le plâtre traditionnel de la région d'Ouargla comme matériau de base.

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

Nous avons indiqués du recyclage des déchets et leur réutilisation dans la composition, (les déchets solides exploités dans notre recherche c'est la poudre de verre).

CHAPITRE II

CHAPITRE II : Caractérisations Des Matériaux 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 Matériaux Utilise

Nous allons étudiés 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 (Timchemt)

Comme dans la plupart des roches sédimentaires, les principales phases cristallines Du gypse sont la calcite ($\text{CaSO}_4, 2(\text{H}_2\text{O})$), 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 A Sec Apres 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 a l'eau des fillers puis à procéder un tamisage après séchage a 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 homogénéise 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 défoulant, 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%

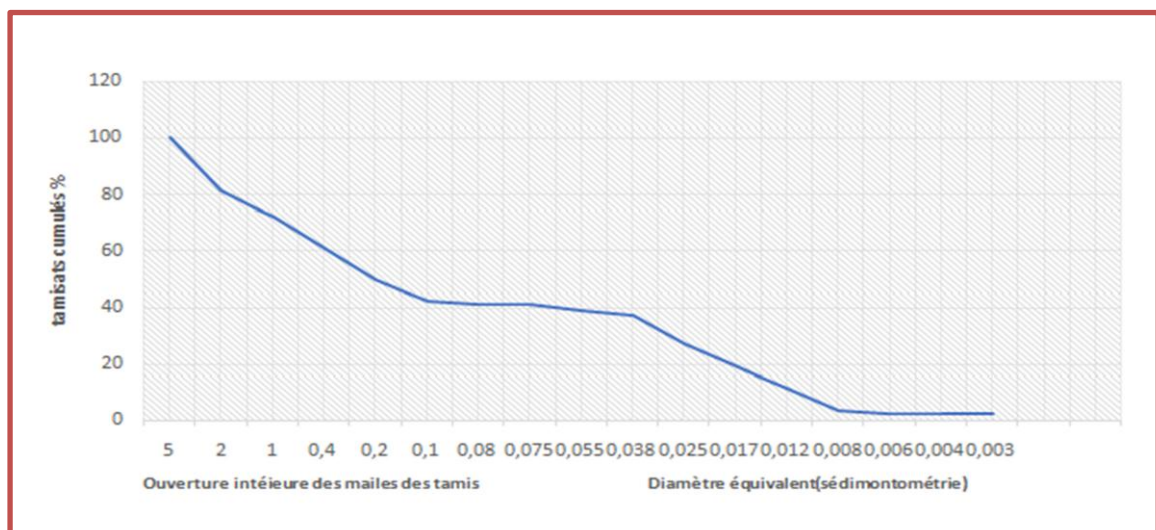


Figure II .2 Courbe granulométrique du gypse traditionnel

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 :

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

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 :

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



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

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 propreté 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 flocculent.

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 sédimenté

➤ 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.

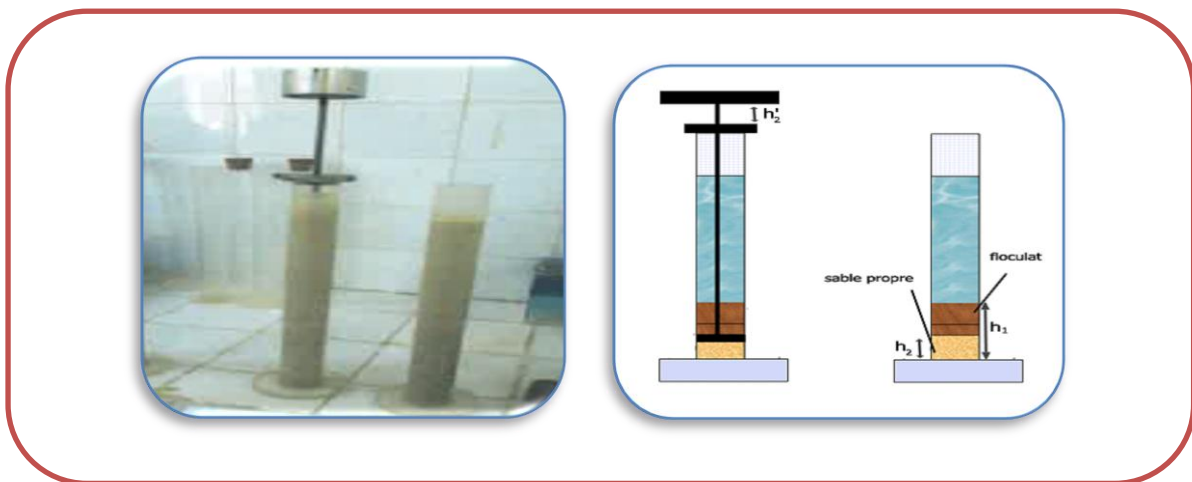


Figure II.4 Essai d'équivalent de sable visuel et par piston.

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.

$65\% \leq ES < 75\%$	$60\% \leq ES < 70\%$	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité quat le retrait n'a pas de conséquence notable sur la qualité du béton.
$75\% \leq ES < 85\%$	$70\% \leq ES < 80\%$	Sable propre à faible proportion de fine argileuse covenant parfaitement pour les bétons de hautes qualités
$ES \geq 85\%$	$ES \geq 80\%$	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'atteberg (NFP 94-051)

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

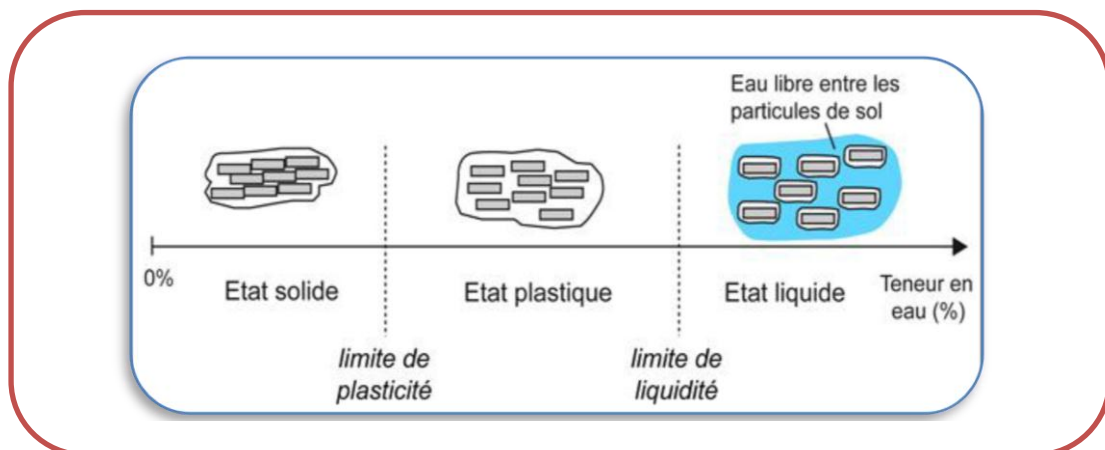


Figure II.5 les limites d'Atterberg

➤ Mode Opérateur

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).

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

- 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

$$I_p = W_L - W_p$$

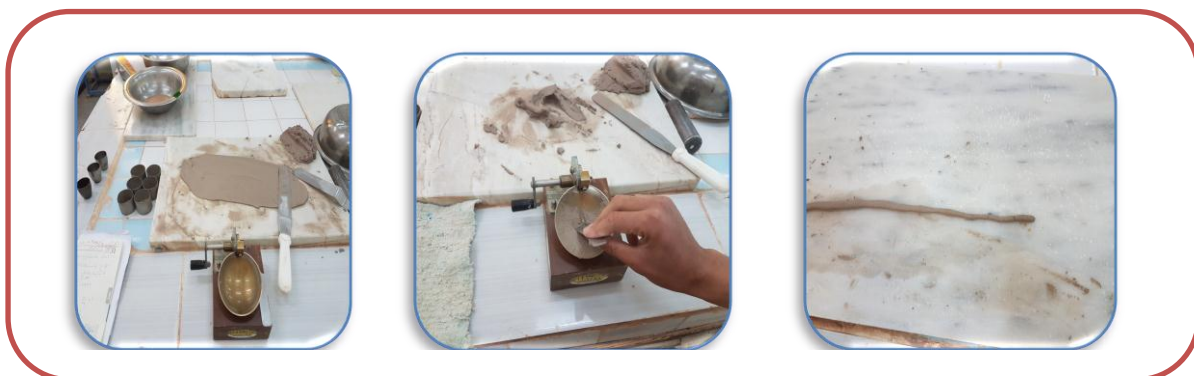


Figure II.6 Essai de limites d'Atterberg.

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 $105C^\circ$ jusqu'à masse constante, et son volume est déduit de pesées dont un est hydrostatique.

➤ Mode Opérateur

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 $105C^\circ$ 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 :

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

- deux échantillon de chaque côté des lèvres et on détermine la teneur en
- La densité naturelle égale à: $d_n = 1.4g/cm^3$



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.

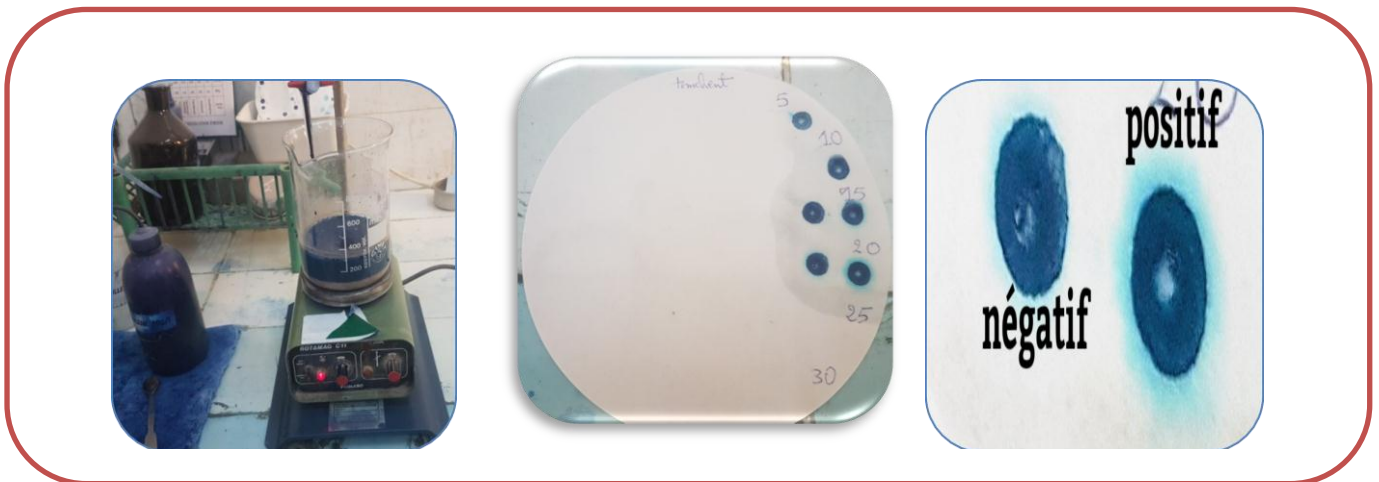


Figure II.8 Essai de bleu de méthylène

- **Expression Des Résultats**

La valeur de bleu du gypse est donnée par :

$$VBS = \frac{V \cdot 0.01}{M_S} * C *$$

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 :

$VBS \leq 0.2$: sols sableux (sol insensible à l'eau)

$0.2 < VBS \leq 2.5$: sols limoneux (sol peu plastique et sensible à l'eau)

$2.5 < VBS \leq 6$: sols limono-argileux , (sol de plasticité moyenne)

$6 < VBS \leq 8$: sol argileux

$VBS > 8$: sol très argileux

II.2.1.8 Analyse Chimique

➤ But de l'essai

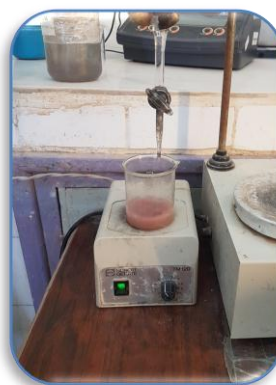
- Identifier les éléments constitutifs de plâtre traditionnel (sulfates , carbonates, chlorures).
- Déterminer le pourcentage des éléments



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 (temchemt)

	Composants	Valeurs
Insolubles NF P 15 – 461	Insolubles	12.37 %
Sulfates BS 1377	SO ₃ ⁻²	16.19 %
	Ca SO ₄ / 2H ₂ O	86.97 %
	SO ₄ ⁻²	19.45 %
Carbonates NF P 15 – 461	CaCO ₃	0 %
Chlorures méthode de MOHR	Cl ⁻	0.297 %
	NaCl	0.487 %

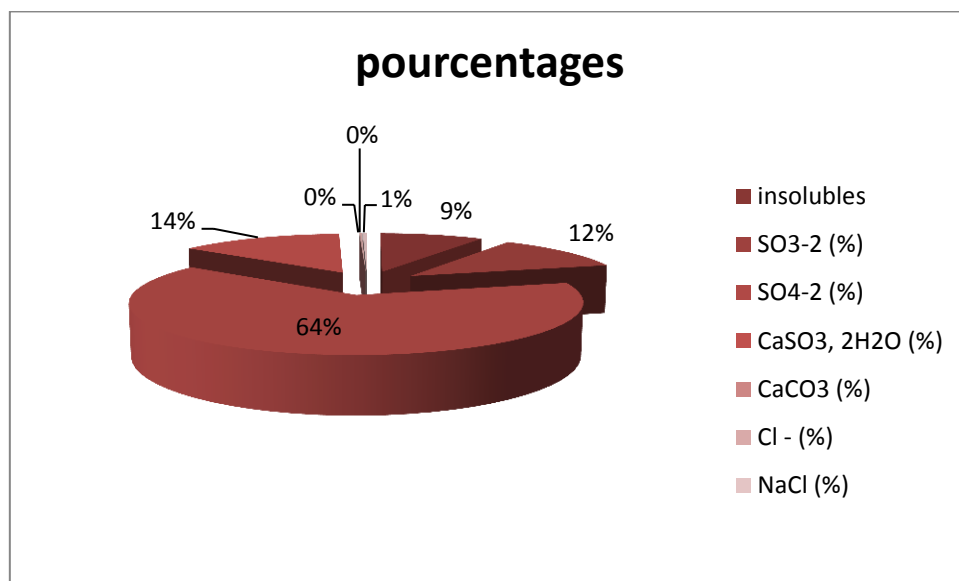


Figure II.10 résultat d’analyse chimique de plâtre traditionnel

La figure (II.10) montre que les éléments dans l’échantillon est le plâtre Traditionnelle 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.

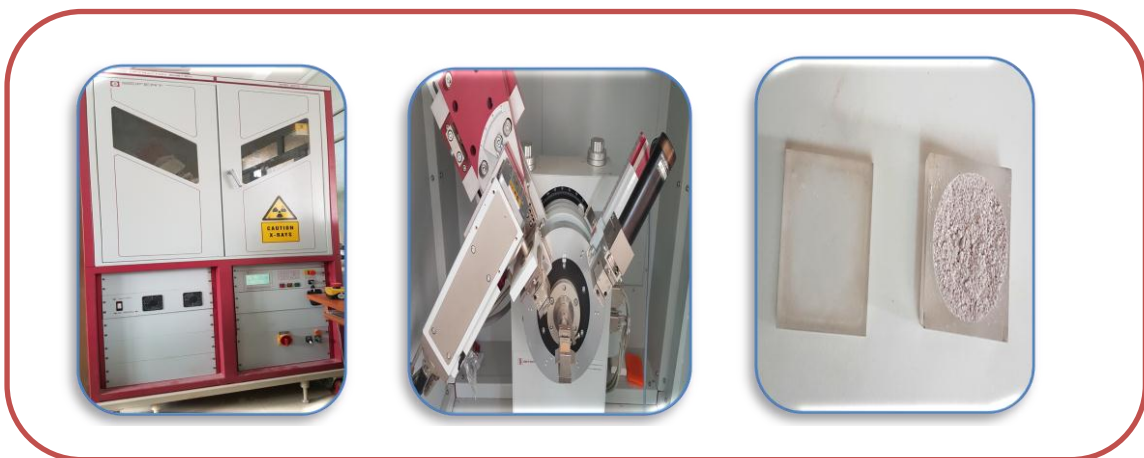


Figure II.11 analyse minéralogique par Diffractométrie aux rayons X

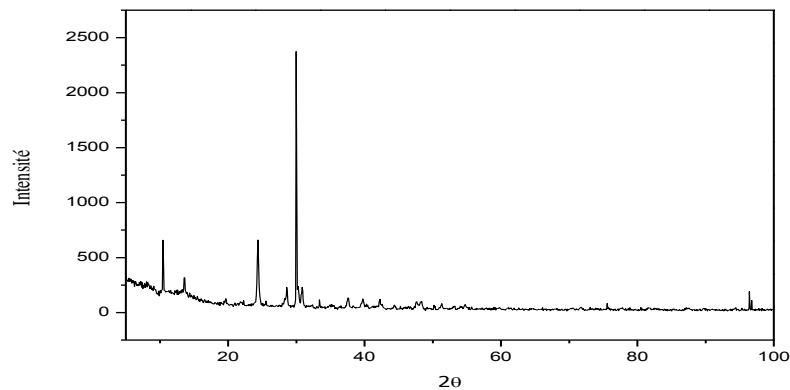


Figure II.12 analyses minéralogiques par Diffractométrie aux rayons X de pâte traditionnelle

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.

- ❖ Notre échantillon est entre $0.2 < \text{VBS} \leq 2.5$ donc d'après le résultat obtenu, nous concluons que le sol est du : sol limoneux (sol peu plastique et sensible à l'eau)

II.2.2. Poudre de verre

La poudre de verre que nous avons utilisée extraite de broyage après concassage de déchets de verre, pour obtenir poudre de verre en pose un ensemble des étapes comme suivant : apporter les déchets de verre.

1. apporter les déchets de verre.
2. Nettoyez le verre et tout ce qui existe même des propriétés de verre ne changent pas.
3. Concassage de verre en petits morceaux et les mettre dans le broyeur.
4. Mettre le verre concassé dans le broyeur quelque temps.
5. tamiser de verre à tamis 0.08 le reste est ramené au broyeur et réserve le passant.



Figure II.13 : les étapes pour obtenir la poudre de verre

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 .7 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 après les essais physique et chimique sur les matériaux étudiés.

On utilise le plâtre traditionnel de Ouargla qui contient de 19% graviers, 31% gros sable, 23% Sable fin, 27% Limon, et les résultats chimique montrent que le plâtre traditionnel constitue de 75.71% avec les insolubles de 27%, les teneurs en sulfates et en chlorures sont très faible.

Et le poudre de verre que nous avons extraite de broyage après concassage de déchets de verre, 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 : Résultats Et Interprétation

III.1 .Introduction

Le but du présent chapitre est de valoriser le matériau locaux (plâtre traditionnel) par l'ajout de poudre de verre, 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.
 - Ultrason
- 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.
- Laboratoire de LNHC – Ouargla.

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, poudre de verre, et eau.

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

c) Le Malaxage

-On pose le plâtre traditionnel sec avec le poudre de verre 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.

d) Coulage Des Eprouvettes

-Mélanger les ingrédients manuellement .Remplir les moules métallique avec le compactage.

e) Finissions Des Eprouvettes

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

f) Démoulage Des Eprouvettes

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

g) Conservation Des Eprouvettes

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



Figure III.1 Les étapes de préparations des éprouvettes.

III.2.2 Préparation Des Eprouvettes

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 $(4 \times 4 \times 16) \text{ cm}^3$ et six échantillons de dimensions $(7 \times 7 \times 28) \text{ cm}^3$ pour la détermination des propriétés mécaniques, ils sont composés de (plâtre traditionnel et poudre de verre), puis nous calculons les poids des compositions comme suite :

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

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

Tableau III.1 les compositions utilisées (% de plâtre traditionnel et % de poudre de verre)

Echantillons	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Plâtre T (%)	100	99	98	97	96	95
Poudre V (%)	0	1	2	3	4	5

III.3 Les Essais Mécaniques

Ces essais sont réalisés au niveau de laboratoire de Université OUARGLA et de laboratoire de LNHC Ouargla et Laboratoire études géosciences LEC Ouargla.

III.3.1 La Masse Volumique

La figure(III.2) montre la variation de la masse volumique des briques en fonction du pourcentage de poudre de verre dans la confection de brique.

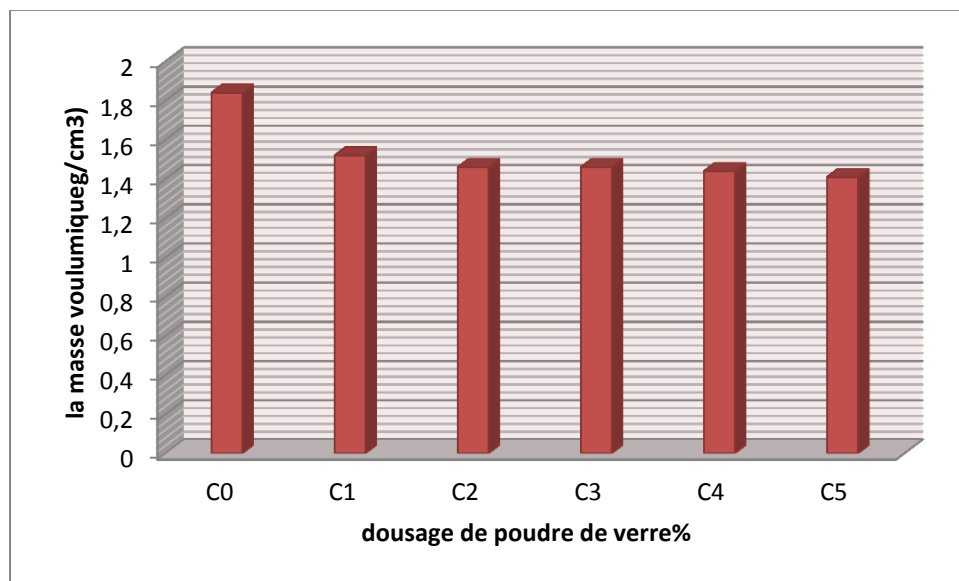


Figure III.2 Variation de la masse volumique en fonction du pourcentage de poudre de verre.

D'après la figure (III.2) nous montre que :

- La masse volumique diminue en fonction du pourcentage de poudre de verre pour toutes les compositions à cause de la perte de l'eau, et à cause au faible poids de poudre de verre qui augmente chaque fois.
- La masse volumique de l'échantillon de référence (C₀) est élevée que les autres compositions et ça dû à l'absence de poudre de verre.

III.3.2 Résistance A 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(III.3) suivantes montre le dispositif expérimental de l'essai de traction par flexion.

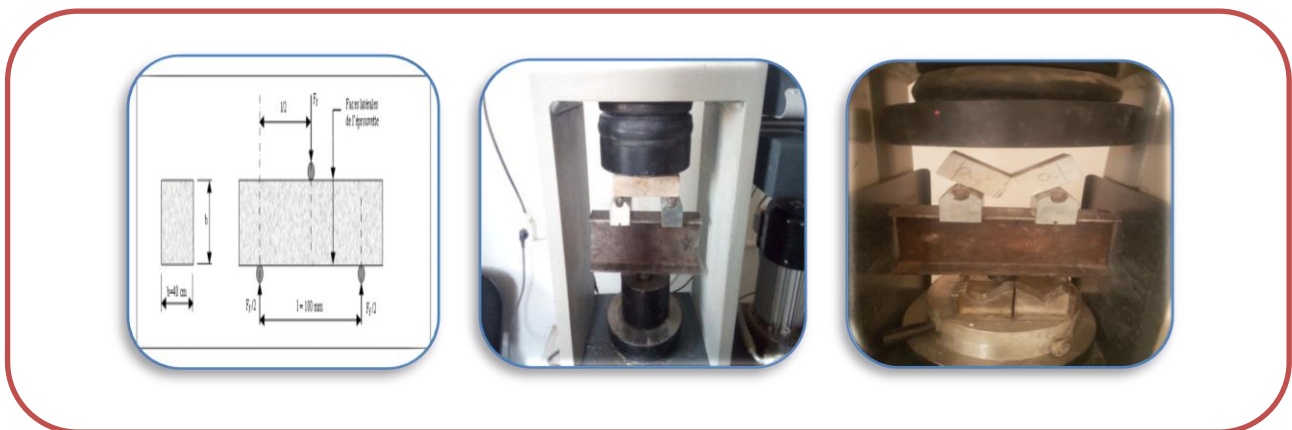


Figure III.3 Dispositif pour l'essai de résistance à la traction par flexion

La variation de la résistance à la flexion des briques selon les compositions proposées est représentée dans la figure (III.4) suivant :

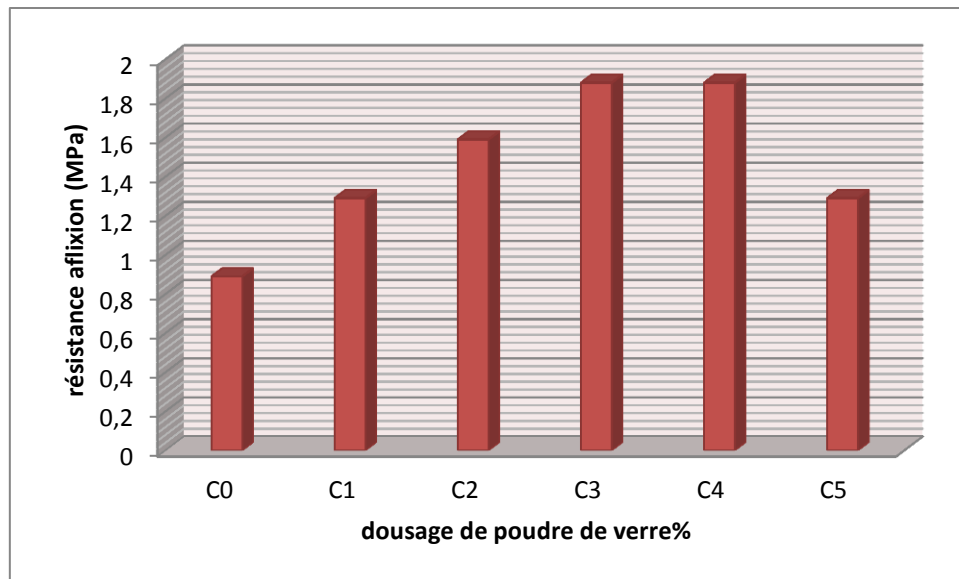


Figure III.4 résistance à la traction par flexion en fonction du dosage en poudre de verre.

- D'après la figure (III.4) on remarque :

Les résultats représentés sur la figure (III.4) donne la résistance des briques à la flexion on observe que cette résistance augmente progressivement selon l'augmentation de 0 % de poudre de verre jusqu'à 4% qui donne un comportement mécanique acceptable.

Cette augmentation à cause de l'adhérence créée par les particules des poudre de verre qui remplit des vides entre les graines de Timchemt jusqu'à 4% après cette augmentation une diminution est ça est due au la poudre de verre qui casse l'adhérence et joué un deuxième rôle après 4%

III.3.3 Résistance A La Compression (NF P 18-406)

L'essai de la compression s'effectue 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 ($S = a \times a$) en mm

Les figure suivantes montre le dispositif expérimental de l'essai de compression.

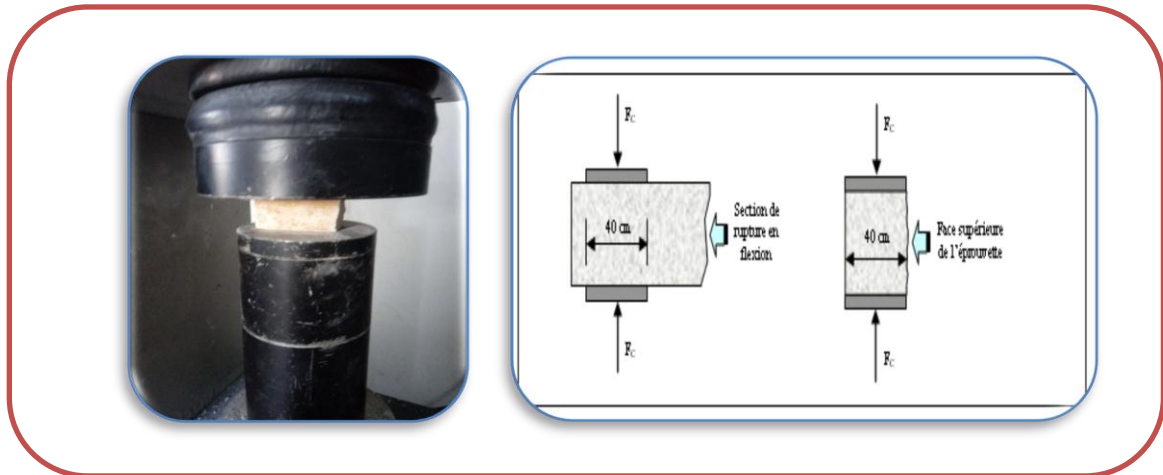


Figure III.5 Dispositif pour l'essai de compression

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

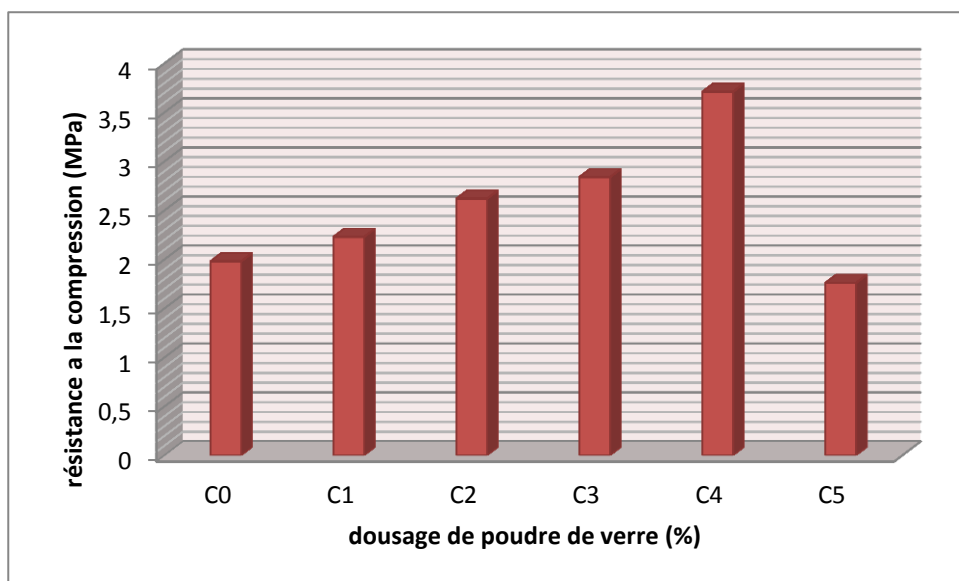


Figure III.6 résistance à la compression en fonction du dosage en poudre de verre.

D'après la figure (III.6) on remarque :

Les résultats représentés sur la figure (III.6) montrent que la résistance à la compression est augmenté en fonction de l'augmentation de la poudre de verre jusqu'à 4% à la valeur maximale égale 3.71 MPa et au-delà de ce seuil on observe une diminution jusqu'à 5 % à la

valeur minimale égale 1.76 MPa , observe que le pourcentage 4% de poudre de verre donne un comportement mécanique acceptable .

III.3.4.Essai de l'Ultrason (NF EN12504-4)

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 d'ultrason :



Figure III.7 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 la figure suivante :

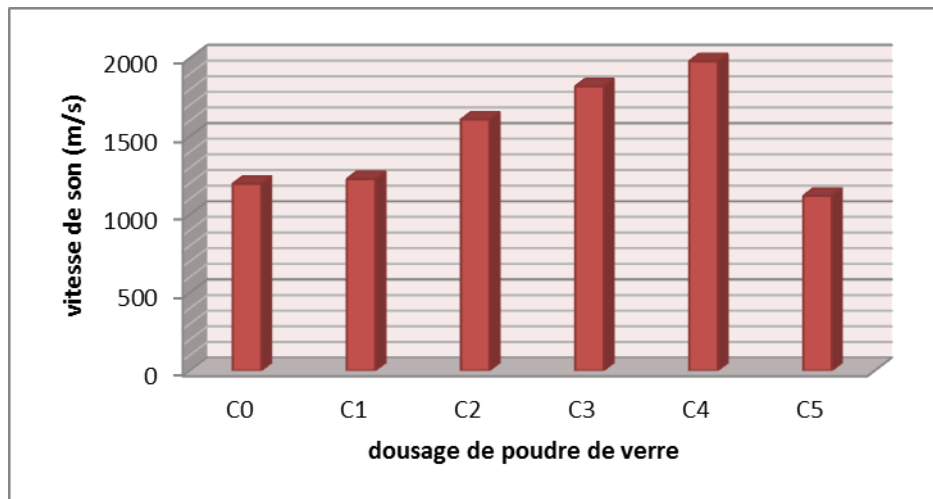


Figure III.8 essai de vitesse du son en fonction du dosage en poudre de verre.

D'après la figure (III.8) on remarque :

- Une nette augmentation de la vitesse de son en fonction du dosage en poudre de verre qui dépasse la vitesse de la composition témoin à la valeur maximale égale à 1828 (m/s) au C₄, puis diminue à 1188(m/s) en C₅.
- Nous n'avons conclu que la composition de C₄ était homogène.
- On peut dire que les résultats de vitesse du son confirmés les résultats mécaniques.

III.4. 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.

III.4.1 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

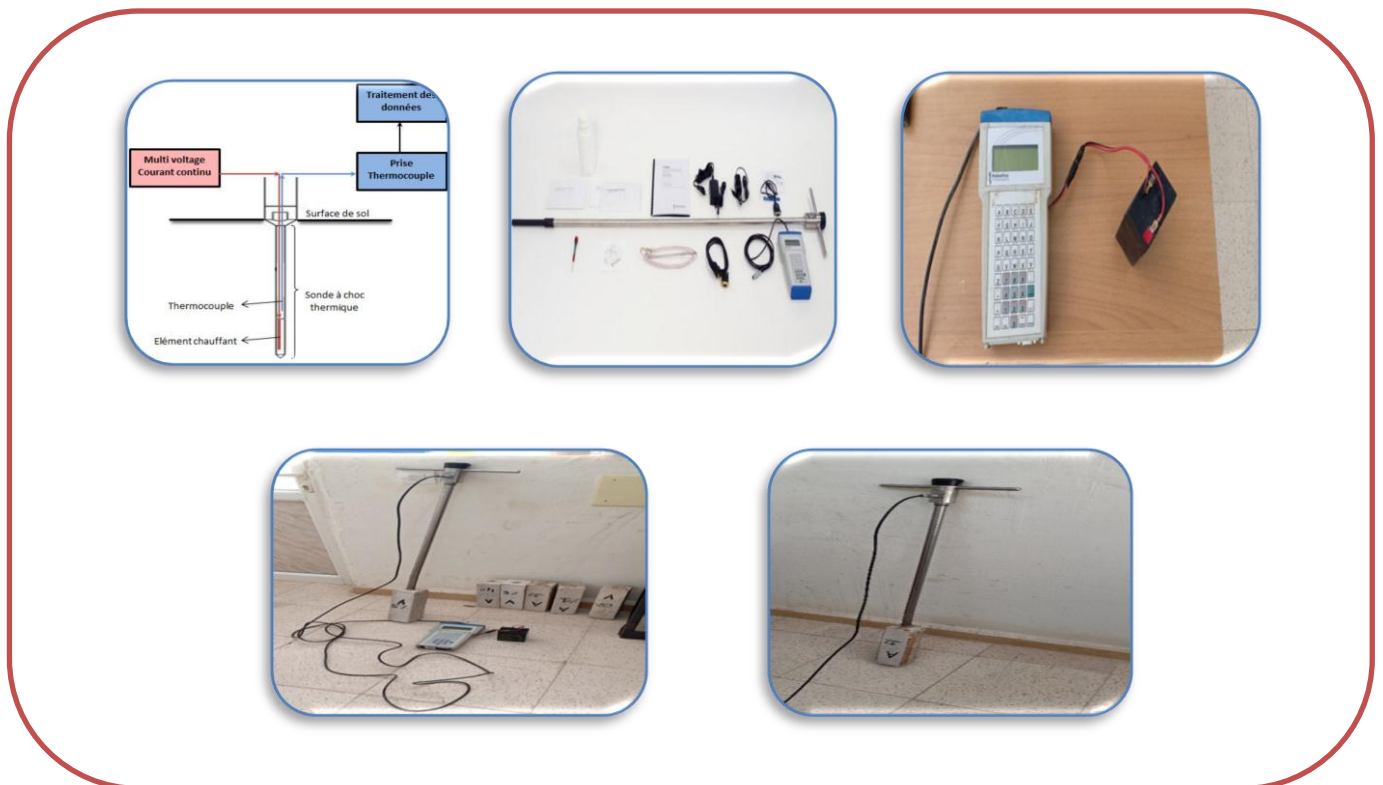


Figure III.9 Dispositif pour l'essai thermique

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

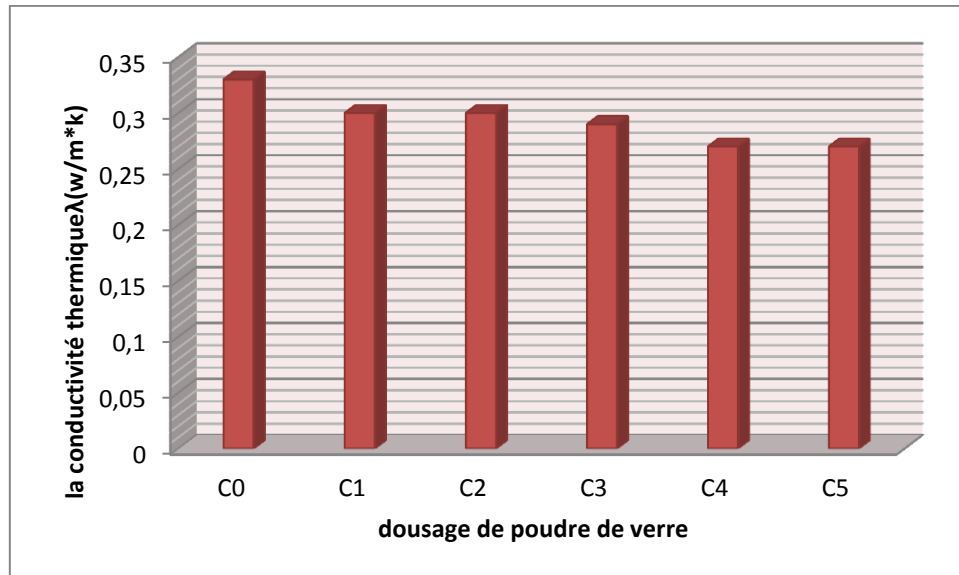


Figure III.10 résultats de la conductivité thermique (λ) des briques en fonction des pourcentages de poudre de verre.

D'après la figure (III.10), on observe une diminution de la conductivité thermique en fonction de l'augmentation de poudre de verre.

Cette diminution est due à la conductivité de la poudre de verre et de timchemt..

les résultats obtenues indiquent que les compositions des briques ont des conductivités thermiques acceptables, nous remarquons une diminution de la conductivité en fonction de l'augmentation du Pourcentage de poudre de verre dans le mélange. La meilleur valeur marquée 0,27 (W/m K⁰) de la variante C4 et C5 .

III.4.2 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 (m².k/w).

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

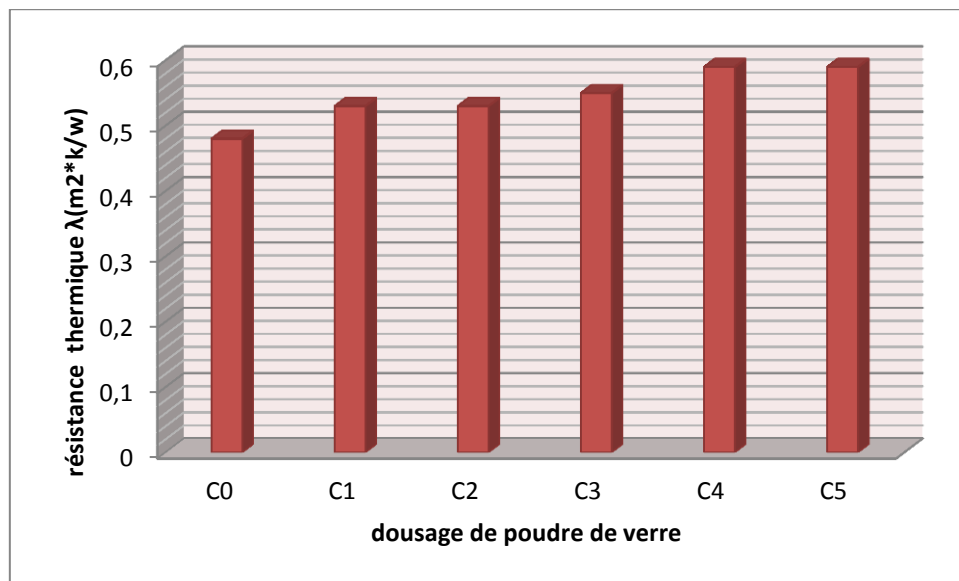


Figure III.11 résultats de la résistance thermique (R_{th}) des briques en fonction des pourcentages de poudre de verre .

- d'après de la figure (III.11) indique que la résistance thermique est augmentation car elle est inversement proportionnelle à la conductivité thermique
- Les résultats obtenus montrent que le plâtre traditionnel (C_4 et C_5), possède un pouvoir isolant thermique meilleur à celui des autres composants.
- l'ajout de poudre de verre améliore la résistance mécanique et la résistance thermique.

III.5 Conclusion

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

- ✓ La composition C₄ stabilisée par 4% de poudre de verre est marquée comme la meilleure qui donne bons résultats de résistance à la compression et à la flexion et l'essai d'ultrason confirme les résultats mécaniques.
- ✓ L'ajout de poudre de verre améliore la résistance mécanique et la résistance thermique.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale

Cette étude a été réalisée afin d'évaluer la possibilité d'utiliser le poudre de verre 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 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 essai d'ultrason), après l'organisation des résultats nous avons localisé la composition C4, contenant 4% de poudre de verre et 96% de plâtre traditionnel comme la meilleure composition, puisque elle donne la valeur maximale de la résistance à la compression de 3.71 MPa et 1.88 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 C4 présentait la meilleure résultat avec une valeur égale à 0.27 (w/m.k) cette essais a été effectués au laboratoire de LTPS GHARDAIA.

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 C4 avec 4% de poudre de verre est la composition optimale pour une bonne résistance à la compression et à la résistance thermique .
La résistance mécanique augmenté de 46.6%.
La résistance Thermique augmenté de 10%.
- l'ajout du poudre de verre dans la composition de la brique a amélioré ces propriétés mécaniques et thermique.
- L'ajout de poudre de verre améliore la résistance mécanique et résistance thermique.
- La vitesse de son augmenté en fonction de l'augmentation du pourcentage de poudre de verre cela confirme notre hypothèse : que l'incorporation de poudre de verre 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 acceptable de point vue résistance.

Références Bibliographiques :

- [1]. /PLATRE <http://gabionorg.free.fr/>
- [2] CARETTE E. Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840, 1841, 1842 .1st ed. Paris :.Imprimerie ROYALE, 1895. ISBN 106700.
- [3] متوكل ميرغني صلاح/أشرف, & عبد الباقي الكريم عوض عوضية . (5102 البيئية على الصلابة النفايات أثر .)
(Doctoral dissertation) بورتسودان مدينة في
- [4] Barkat, A. (2006). Valorisation des déchets de brique dans la réalisation des ouvrages en béton (Doctoral dissertation, Université Kasdi Merbah de Ouargla).
- [5]Siddique, R. (2008).déchets et sous –produits dans le béton . Berlin: Springer
- [6]SHEKHAWAT, B. S& AGGARWAL, D. V.2014. Utilisation of Waste Glass Powder in Concrete–A Literature Review. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, vol. 8753.
- [7] ALVISET I., " Matériaux de Terre Cuite " ; Techniques de l'Ingénieur ; 1994.
- [8] AMMAR N .,"Amélioration de la durabilité de la brique de terre séchée "mémoire de magister " Université M'SILA ; 2009
- [9] COUASNET Y., «Propriétés et caractéristiques des matériaux de construction "Edition 2007
- [10] TECHNIQUE DE L'INGENIEUR ., Doc. C3370, 1989-199
- [11] [http//. Wikipédia.org](http://. Wikipédia.org) le 20/4/2009
- [12] HOUBEN H ., et GUILLAUD H.," Traité de Construction en Terre",
- [13] DOAT P., "Construire en Terre", Edition Alternative Paris CRATerre : 1983.
- [14] GUILLAUD H.,"Centre International pour la Construction en Terre", Ecole d'Architecte de Grenoble, Encyclopédie de Bâtiment, Tome 2 Edition Wake, CRATerre ; 1997.
Edition Parenthèses, Marseille, CRATerre ; 1989.
- [15] VOLHARD F., "La Construction en Terre–Paille, Ancien Matériau Nouvelle Technique", Edition, Grenoble, CRATerre ; 1991
- [16] GIOVANNI P.,"La brique fabrication et tradition constructives " Edition EYROLLES ; 2005
- [17] COIGNET L., COIGNET Jean .,"La maison ancienne construction, diagnostique, intervention" ; 2006

[18] HOUBEN H., et VERNEY P., OLVIRER E., MESBAH M., et MICHEL PH., " Construction en Terre Crue : les matériels français", Edition Grenoble CRATerre ; 1987

[19][EID J,élabortion d'un éco-géo-matériau à base de terre crue ,génie civil, université du havre,2016.](#)

الضاوي م، مسعودي ل، "الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية للطين و التيمشمت بقصور تقرت"،مذكرة تخرج ماستر،
قطب 3، 2018، قاصدي مرباح ورقلة [20]جامعة