

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université KASDI Merbah Ouargla

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Civil et d'Hydraulique

Mémoire Présenté Pour l'Obtention Du Diplôme de Master

Filière : Génie Civil

Option : Structures

Thème :

**ETUDE DES CARACTERISTIQUES THERMO-MECANQUES DES
BRIQUES A BASE DE PLATRE TRADITIONNEL RENFORCEE PAR
DES FIBRES DE PALMIER DATTIER**

Présenté par :

- **BENAMARA Assia**

Soutenu publiquement le 29/06/2019, devant le jury composé de :

**Mr. ABANLS
Mr. MENAI.O
Mr. CHAIB. H
Mr. KRIREK. A**

**MCB
MAA
MCB
Pr**

**UKMO
UKMO
UKMO
UKMO**

**Président
Examineur
Promoteur
Co-encadreur**

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2018/2019

SOMMAIRE

N	TITRE	Page
	Remerciement	
	Dédicaces	
	Sommaire	
	Liste Des Figures	
	Liste Des Tableaux	
	Liste Des Notations	
	Introduction Générale	1
	CHAPITRE I : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE	2
I.1	Introduction	2
I.2	Le Plâtre	2
I.2.1	Composition	2
I.2.2	Origine de gypse	2
I.2.3	Propriétés	3
I.2.4	Fabrication du plâtre	3
I.2.5	Les différents types du plâtre	4
I.2.6	Usages pour la maison	4
I.2.7	Avantage	5
I.2.8	Inconvénients	5
I.2.9	Les analyses chimiques du plâtre	5
I.3	Le Plâtre Traditionnel (Timchemt)	6
I.3.1	Compositions chimiques de plâtre traditionnel	6
I.3.2	Méthode de fabrication	6
I.3.3	Les avantages et les inconvénients de Timchemt	8
I.4	Les Fibres	8
I.4.1	Les types des fibres.	8
I.4.2	Renforcement par les fibres	10
I.4.3	Les fibres du palmier dattier	10
I.4.4	Caractéristiques Générales des fibres de palmier	12
1.5	L'Eau	12
I.6	Conclusion	13
	CHAPITRE II : LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES MATÉRIAUX UTILISÉES	14
II.1	Introduction	14
II.2	Les Analyses Physiques	14
II.2.1	Analyse granulométrique	14
II.2.2	Equivalent de sable (NF P 18-598)	16
II.2.3	Les masses volumiques et la teneur en eau (W%)	17
II.2.4	Les limites d'Atterberg (NF P94-051)	19
II.2.5	Essai bleu de méthylène (NF P 94-068)	20
II.2.6	Analyse élémentaire par diffraction des rayons X	21
II.3	Les Analyses Chimiques	23

II.4	Conclusion	24
	CHAPITRE III: RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS	25
III.1	Introduction	25
III.2	Confection des Briques	25
III.3	L'eau de Gâchage	25
III.4	Préparation des Eprouvettes	26
III.5	Les Caractéristiques Mécaniques	26
III.5.1	L'essai de traction par flexion « flexion par 3 points » (NF P15-471)	26
III.5.2	L'essai de compression (NA 18-406)	27
III.5.3	L'essai de l'ultrason (NF EN12504-4)	28
III.5.4	Les résultats	29
III.5.5	Interprétation des résultats mécaniques	30
III.6	Les Caractéristiques Thermiques	31
III.6.1	Présentation de la région d'Ouargla	31
III.6.2	climat de la région d'Ouargla	31
III.6.3	L'essai thermique	32
III.6.4	Interprétation des résultats thermiques	36
III.7	Conclusion	37
	LA MODÉLISATION	39
IV.1	Introduction	39
IV.2	Présentation Générale du Logiciel ANSYS	39
IV.2.1	Choix d'un maillage	40
IV.2.2	Modélisation par éléments finis	41
IV.2.3	Elément SOLID 65	41
IV.3	Modélisation et Expérimentations	42
IV.3.1	Les étapes de travail	42
IV.4	Conclusion	47
	CONCLUSION GENERALE	48
	Référence bibliographique	
	ANNEXES	
	Résumé	

LISTE DES FIGURES

N	TITRE	Page
CHAPITRE I : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE		
I.1	Mécanisme de formation du gypse en milieu marin lagunaire	3
I.2	La poudre de plâtre	5
I.3	Le four traditionnel	7
I.4	Timchemt blanche	7
I.5	Les pierres de Timchemt	7
I.6	Le bois utilisé à la fabrication de Timchemt	7
I.7	Un mur construit avec le Timchemt	7
I.8	Fibre de palmier dattier	11
I.9	Lif enveloppe du tronc du palmier dattier	11
I.10	Observation sous MEB des fibres de palmier dattier mâle de surface : (a) coupe transversale typique ; (b) coupe longitudinale typique ; (c) vue longitudinale de la fibre	11
I.11	Photo de la fibre de palmier dattier mâle à l'état brut en utilisant le microscope optique	12
CHAPITRE II : LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES MATÉRIAUX UTILISÉES		
II.1	Analyse granulométrique par sédimentométrie	15
II.2	Équivalent de sable	17
II.3	l'échantillon de la densité réelle	18
II.4	la masse volumique apparente	18
II.5	protocole d'essai de la masse volumique absolue	19
II.6	L'appareil de Gazagrand	19
II.7	Les boutons de commande sur l'appareil	22
II.8	Placement de l'échantillon pour l'application de DRX	22
II.9	L'unité de base de DRX	22
II.10	Diffrauto-gramme de Timchemt	23
II.11	secteur graphique présente les résultats des essais chimiques de plâtre traditionnel.	24
CHAPITRE III: RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS		
III.1	Photos de C6 et C7	26
III.2	Les éprouvettes de (plâtre traditionnel + fibre de palmier dattier)	26

III.3	l'application d'essai de traction par flexion (flexion par 3 points)	27
III.4	l'application d'essai de compression	28
III.5	Appareillage de l'essai de l'ultrason.	29
III.6	Résistance à la compression des éprouvettes (Timchemt +Fibres)	29
III.7	Résultats de l'ultrason des éprouvettes (Timchemt +Fibres)	29
III.8	La masse volumique des éprouvettes (Timchemt +Fibres)	29
III.9	Résistance à la flexion des éprouvettes (Timchemt +Fibres)	29
III.10	Situation de la wilaya d'Ouargla	31
III.11	Délimitation de la région d'Ouargla	31
III.12	Schéma de dispositif de mesures	32
III.13	La conductivité thermique (λ)	35
III.14	La résistance thermique (R_{th})	35
III.15	La chaleur spécifique (C_p)	36
III.16	Coefficient de Transmission (U)	36
III.17	Capacité Thermique C	36
III.18	Effusivités Thermique E	36
III.19	Diffusivité thermique (D)	36

CHAPITRE IV: LA MODÉLISATION

IV.1	a) éléments tétraédrique b) éléments hexaédrique	40
IV.2	Eléments Volumiques	40
IV.3	Présentation de SOLID 65	41
IV.4	schéma présente les conditions réelles de l'élément	42
IV.5	interface de workbench (Ansys 19)	42
IV.6	La liste des commandes de structure statique	43
IV.7	choix des matériaux utilisés dans la fenêtre donnés des matériaux	43
IV.8	choix de l'ordre géométrie pour créer la forme géométrique de l'élément	44
IV.9	L'interface de la page Space claim	44
IV.10	Les étapes de travail dans la page Space claim avec la présentation de la forme géométrique de l'élément	45
IV.11	le choix de l'étape modèle	45
IV.12	création de modèle dans l'interface de la page Mechanical Ansys	46

IV.13	Le maillage	46
IV.14	présent les 3 étapes qui restent	46

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUES

I.1	Présent les caractéristiques chimiques de plâtre	5
I.2	L'application des divers renforcements de fibres dans les produits à base de ciment	10
I.3	les analyses chimiques de l'eau	12

CHAPITRE II : LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES MATÉRIAUX UTILISÉES

II.1	Dénomination d'un sol selon la granularité (XP P 94-011)	16
II.2	Classifications des résultats de l'essai l'équivalent de sable	17
II.3	résultats des masses volumiques (apparente, absolue et sèche) et la teneur en eau	19
II.4	classification des résultats de l'essai de bleu de méthylène	20
II.5	Les résultats des essais chimiques de Timchemt	24

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

III.1	les composantes des briques (Timchemt + fibre) en pourcentage (%)	25
III.2	les meilleurs résultats des caractéristiques thermiques des briques	35

NOTIONS UTILISÉES

ESV : Equivalent de sable (lecteur visuel)

ES : lecteur avec le piston

IP : indice de plasticité

H1 : La hauteur totale

H2 : La hauteur des particules solides avec le lecteur visuel

H'2: La hauteur des particules solides avec le lecteur par piston

P1: Poids sec de roche

P2: Poids sec +Poids de paraffine

P3: Poids de paraffine

W%: La teneur en eau

V: Le volume

v: La vitesse

m : la masse

VBS : volume de bleu de méthylène

Q : apport de chaleur (W)

λ : conductivité thermique [$W / (m \cdot K)$],

T1 : température initiale (K),

T2 : température finale (K),

t1 : instant de mesure 1 (s),

t2 : instant de mesure 2 (s).

C_p : La chaleur spécifique

R_{th} : La résistance thermique

U: Coefficient de Transmission

C : Capacité Thermique

E : Effusivité Thermique

D : Diffusivité thermique

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le plâtre traditionnel dite (Timchemt), est l'un des plus anciens matériaux locaux de construction, il a été utilisé pour la construction de vieux palais à Ouargla, oued mizeb, Touggourt, Timassin, ...etc. Aujourd'hui, en tant que chercheur et spécialiste, nous étudions ce matériau en définissant ses caractéristiques. Afin de valoriser et d'améliorer.

Cette recherche est une traduction scientifique de l'étude que nous avons réalisée afin de répondre à de nombreuses questions techniques, nous avons reposé sur l'essai pour obtenir les résultats, en appliquant les normes françaises pour les mettre en œuvre et pour classer les résultats obtenus.

A travers de ce travail intitulé l'étude des caractéristiques thermomécaniques des briques à base de gypse traditionnel renforcée par des fibres de palmier dattier, nous essayerons de répondre aux certains problèmes dont les plus importants sont pour :

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

Le premier objectif technique de cette 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.

Le deuxième but est d'encourager l'exploitation des matériaux naturelle et locaux, et préservant le plâtre traditionnel de l'oubli car il fait partie de patrimoine de la région de oasis.

Nous avons préparé cinq (5) éprouvettes de $(4 \times 4 \times 16)\text{cm}^3$ avec des dosages massiques de fibre égales à 0%, 1%, 2% 3% et 4% pour le renforcement,. Les essais qui sont appliqués sur ces briques sont : l'ultrason, traction par flexion, la compression et nous calculons la masse volumique. Modalisation par le programme ANSYS.

Ce travail est divisé aux quatre chapitres :

- Le premier chapitre « étude bibliographique » : présente les définitions des matériaux utilisés.
- Le deuxième chapitre « Les caractéristiques physiques et chimiques de matériau utilisé » : présente les essais physiques et chimiques appliqués sur le matériau pour l'identification de ce dernier, ces essais sont élaborés à LTPS Ouargla.
- Chapitre 3 « résultats et interprétations » : ce chapitre est pour localiser le comportement mécanique et thermiques des brique.
- Le dernier chapitre « la modélisation » : l'objectif de cette addition, est pour faire une comparaison entre les résultats obtenus par les essais effectués aux laboratoires, et l'analyse des éprouvettes, par l'utilisation de logiciel d'analyse « ANSYS »

CHAPITRE I: ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. INTRODUCTION

L'Algérie est un pays riche de matériaux et de ressources souterraines, L'homme l'a utilisé depuis longue temps pour construire des maisons et des palais. Certains matériaux sont utilisés à leurs états naturels et autres sont cuits, on trouve par exemple (le gypse, l'argile, sable de dune, bois des palmiers dattier, bois des arbres, les fibres naturels des plantes ou des animaux).

Dans ce chapitre on va présenter les définitions bien expliquées des matériaux utilisées dans cette recherche scientifique, pour donner une facilité aux lectures pour les savoir.

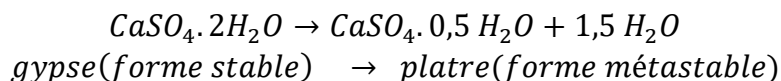
I.2. LE PLÂTRE

Jusqu'au 18^{ème} siècle, la fabrication du plâtre restait encore empirique et rudimentaire. L'étude scientifique du plâtre nous la devons à Lavoisier. Qui en 1768 présenta à l'Académie des Sciences une analyse des phénomènes qui sont à la base de la préparation du plâtre. C'est l'évolution industrielle du 20^{ème} siècle qui apporta les transformations profondes dans le domaine des processus et équipement de fabrication du plâtre [1].

La production mondiale de plâtre ne cesse d'augmenter. Aujourd'hui on peut estimer qu'elle s'élève à environ 30 millions de tonnes par année. Les plus grands producteurs mondiaux sont les Etats Unis, l'ex URSS, la France, l'Espagne et le Japon [1].

Leplâtre est un liant hydraulique connu depuis l'Antiquité. Il est fabriqué à partir d'une roche blanche et tendre à l'aspect de sucre: le gypse un Sulfate de Calcium hydraté ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

L'eau représente le 21% de cette pierre et c'est par sa déshydratation partielle lors d'une cuisson qu'on obtient le plâtre. Le gâchage consiste à réhydrater la poudre de plâtre, ce qui entraîne une prise rapide (quelques minutes). La réaction de déshydratation du gypse s'écrit :



Le plâtre est un bon isolant thermique. Poreux il absorbe et restitue très rapidement l'humidité de l'aire mais se dégrade dans les endroits humides. Il oxyde les métaux ferreux ce qui nous oblige de galvaniser (recouvrir d'une couche de zinc) les armatures d'acier qui sont en contact avec lui. C'est un bon matériau de protection contre le feu du fait qu'il est capable d'absorber une grande quantité d'énergie calorifique pour opérer des transformation chimiques internes accompagnées de dégagement de vapeur d'eau. [2]

I.2.1. Composition

Matériau céramique minéral obtenu à partir de la cuisson du gypse (roche riche en sulfate de calcium hydraté, plus ou moins blanche).[2]

I.2.2. Origine de Gypse

Le gypse est une roche saline qui s'est formée par dépôt suite à l'évaporation de lagunes salées. Si le gypse est pur il est incolore sinon, il présente une coloration blanche, jaune ou rouge, coloration due aux impuretés qu'il contient [1].

La méthode la plus couramment employée d'exploitation du gypse est la méthode dite des chambres et piliers abandonnés. Cette méthode consiste à creuser dans la couche de gypse des galeries souterraines parallèles équidistantes suivant deux directions perpendiculaires. La deuxième méthode est l'exploitation à ciel ouvert où l'extraction du minerai se fait par gradins [1].

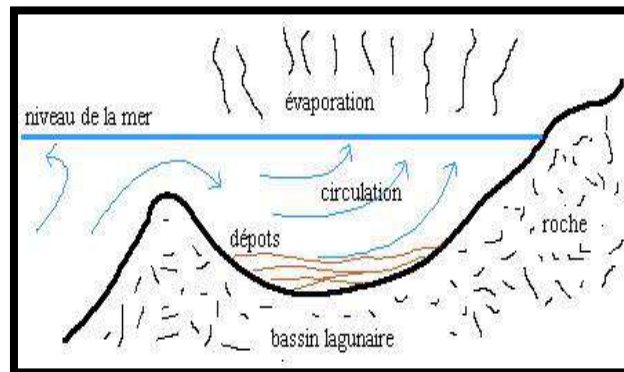


Figure I.1 Mécanisme de formation du gypse en milieu marin lagunaire [3]

I.2.3. Propriétés

- Le plâtre est un liant hydraulique c'est-à-dire un matériau qui forme une pâte capable de sceller par durcissant (la prise du plâtre), lorsqu'on le mélange avec de l'eau.
- Isolation thermique et phonique. Résistance au feu. Perméable à la vapeur d'eau, il régule le taux d'hygrométrie (par absorption et restitution de l'humidité). [2]

I.2.4. Fabrication du plâtre [1]

La fabrication du plâtre comporte plusieurs étapes dont les principales sont présentées comme suite :

1) Concassage de la pierre : Le gypse en provenance de la carrière peut comporter des blocs de grandes dimensions, atteignant facilement 50 cm, alors on le fait passer dans un circuit de concassage criblage. Ces circuits présentent une grande diversité compte tenu des différentes caractéristiques des gypses. Ils peuvent comporter par exemple un premier concasseur qui débite des pierres de 15 cm au maximum puis un second qui débite du poussier de 8 mm le produit du concassage est stocké dans grands hangars en attendant sa cuisson [1].

2) Cuisson du gypse : La cuisson a pour but la déshydratation plus ou moins complète de la pierre à plâtre, la température de cuisson et choisie selon la provenance du gypse et le produit désiré [1].

Avant de décrire les différentes méthodes de cuisson, nous présentons rapidement les différents produits de la cuisson en fonction de la température.

1. Entre 130° et 180°, on obtient le plâtre ordinaire ou semi hydraté ;
2. Entre 180° et 250°, on obtient un plâtre à prise rapide ;
3. Entre 250° et 900°, le plâtre obtenu est inutilisable, il est inerte ;
4. Entre 900° et 1450°, on obtient l'anhydrite soluble à prise très lente [1].

Le processus de cuisson peut se faire par deux procédés :

- Procédé par voie sèche : Dans cette méthode 2 dispositifs sont utilisés : L'un est dit à chauffage direct où le gypse est déshydraté par contact direct avec les gaz chauds. Dans le deuxième dispositif dit à chauffage indirect, la fourniture de la chaleur nécessaire à la déshydratation du gypse s'effectue par l'intermédiaire d'une surface chaude. Si la température est inférieure à $[180^{\circ} \div 200^{\circ}]$ c'est le semi hydrate ou plâtre β qui est produit, par contre si la température est supérieure à 350° c'est l'anhydrite II appelé aussi surcuit qui est produit [1].

- Procédé par voie humide : Ce type de procédé produit le semi-hydrate α , la cuisson se fait soit en atmosphère de vapeur saturante, soit en solution saline. La technique de la cuisson en atmosphère de vapeur d'eau saturante utilise des autoclaves verticaux ou horizontaux. Une fois l'autoclave rempli de gypse. Il est porté à une pression de vapeur de 2 à 7 bars pendant quelques heures, après détente, l'autoclave est ouvert et le semi-hydrate α est séché par un courant d'air chaud et sec [1].

3) **Refroidissement** : le refroidissement a pour but de stabiliser le pâtre et le rendre manipulable, il est obligatoire quand le traitement ultérieur du pâtre demande l'addition de produits chimiques sensible à la chaleur. Plusieurs techniques sont utilisées dont celle qui consiste à introduire le pâtre après cuisson dans un refroidisseur à circulation d'air [1].

4) **Broyage** : E pâtre refroidi subit un dernier broyage afin d'accroître son homogénéité et de réaliser la finesse désirée. Les broyeurs utilisés sont de type à marteaux ou à broche, ils sont généralement couplés avec un poste de criblage [1].

5) **Mélange** : Il est procédé à la station de mélange à des prélèvements dans des proportions bien défini des semi-hydrates et des surcuits pour réaliser des pâtres à temps de prise désirés. On peut même opérer à des ajouts de retardateurs ou d'accélérateurs de prise [1].

I.2.5. Les différents types du pâtre

- Le pâtre ordinaire : C'est une poudre blanche, douce au toucher et colle aux doigts. Sa densité varie avec la granularité (0,65 à 1,65) et son poids spécifique est de 2,75 Kg/L. Il est produit généralement en mélangeant 50 à 70% de semi-hydrate et 50 à 30% de surcuit avec incorporation de retardateur de prise [1].

- Le pâtre à haute résistance : Lorsque la cuisson du gypse se fait avec des vapeurs sous une pression de 0,3 à 3 MPa, on obtient le pâtre semi hydrate α dont les cristaux sont plus gros, ce qui nécessite moins d'eau de gâchage (40 à 45%) et en durcissant, il donne un pâtre moins poreux dont la résistance à la compression peut atteindre en 7 jours 150 à 400 bars, c'est le pâtre à haute résistance.

- Produits normalisés : Les pâtres sont commercialisés sous 3 catégories essentielles (Les pâtres de construction, les pâtres à mouler, les pâtres spéciaux). Les pâtres de construction sont classés en fonction de leur granularité en 2 classes selon la norme française B12.301 : le pâtre gros de construction et le pâtre fin de construction.

I.2.6. Usages pour la maison

- Constructions avec chapes, cloisons, doublages, faux-plafonds et faux-planchers, plafonds.

- Finitions.
- Revêtements des façades avec les enduits de plâtre à étaler ou à projeter.
- Réparations des murs avec les enduits de rebouchage en plâtre. [2]

I.2.7 Avantage :

- Permet des applications de rénovation.
- Protection contre les incendies (forme un réel coupe-feu). Relativement bon marché. [2]

I.2.8. Inconvénients :

Est sujet aux moisissures, notamment dans des conditions favorisant la condensation. Produit beaucoup de poussières lors de sa manipulation et/ou lors de travaux ultérieurs (comme lorsqu'on souhaite forer un trou dans un mur de plâtre à la perceuse électrique). S'effrite facilement. [2]



Figure I.2. La poudre du Plâtre [2]

I.2.9 Les analyses chimiques du plâtre :

Ces analyses sont faites à laboratoire de travaux publics de sud, le tableau ci-dessus les présente.

Tableau I.1 : Présent les caractéristiques chimiques de plâtre industriel

Insolubles NFP 15-461	Insolubles %	1,4
Sulfates BS 1377	SO_3^{-2} %	15,88
	SO_4^{-2} %	19,07
	$\text{CaSO}_3, 2\text{H}_2\text{O}$	85,29
Carbonates NFP15-461	CaSO_3 %	0
Chlorures (Méthode de Mohr)	Cl %	0,007
	Na Cl %	0,012

I.3. LE PLÂTRE TRADITIONNEL (TIMCHEMT)

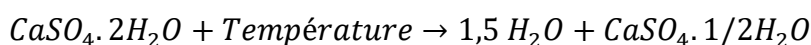
Timchemt est un plâtre traditionnel a été utiliser depuis longtemps et jusqu'à aujourd'hui à la construction des maisons de ksar de Ouargla grâce à leur facilité d'obtenir et de réalisation.

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,. [4]

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 180C° , 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.3 : Le four traditionnel



Figure I.4 : Timchemt blanche



Figure I.5 : Les pierres de Timchemt



Figure I.6 : le bois utilisé à la fabrication de Timchemt



Figure I.7 : Un mur construit avec le Timchemt

I.3.3 Les Avantages et les Inconvénients de Timchemt

a) Avantage :

- 1) Isolation thermique : les maisons Ouarglis 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 FIBRES

Les fibres sont caractérisées par une longueur au moins trois fois supérieure à leur diamètre. On peut dire que sous l'appellation " fibres" se cache une grande famille de matériau qui a été introduite dans le commerce comme de nouvelles applications. Elles sont classées selon leur origine (naturelles, synthétiques et artificielles), leur forme (droite, ondulée, aiguille, ...etc.), leur dimension (macro ou microfibre) et aussi par leurs propriétés mécaniques. Cependant, pour faire un choix de fibres à utiliser pour une application donnée, il faut tenir compte de la compatibilité de la fibre avec la matrice, et le mode de performance du composite. [5]

I.4.1. Les Types des Fibres.

A- Les fibres métalliques :

Les fibres d'acier restent parmi les fibres les plus utilisées dans le renforcement des bétons ou mortiers. En effet, ces fibres présentent une bonne résistance à la traction et un module d'élasticité très élevé [6]

B- Fibres synthétiques (Organiques)

Les fibres synthétiques sont fabriquées avec des polymères de synthèse obtenus à partir de substances ou de composés fournis par l'industrie pétrochimique. Elles ont fait leurs apparitions au début de 20^{ème} siècle, après la réussite de la fibre de Viscose, depuis lors, un grand nombre de fibres synthétiques ont été mises au point; elles possèdent chacune des propriétés qui répondent à un type particulier d'application. Ces fibres, tout comme les fibres

artificielles, sont obtenues par filage. Elles suscitent l'intérêt de beaucoup d'industriels pour leur faible coût, leur disponibilité et leur indépendance des saisons et surtout la possibilité de les adapter et modifier leurs propriétés, par contre, elles sont très critiquées quant à leur comportement vis-à-vis de l'environnement que ce soit pendant le processus de fabrication ou après leur utilisation et les difficultés de leur recyclage. Les principales catégories de fibres synthétiques commercialisées sont:

- Les polyamides (Nylons) ;
- Les polyesters ;
- Les dérivés polyvinyliques ;
- Les polyoléfines : les polyéthylènes et les polypropylènes : sont d'une importance croissante et leur production s'élève maintenant à environ 8% de toutes les fibres synthétiques (**Quinn, 2002**). [5]

C- Les fibres minérales :

Ce type de fibres est le plus utilisé dans le domaine industriel en général et dans le domaine de génie civil en particulier. Il regroupe les fibres de verre, les fibres de carbone, les fibres d'acier et d'autres. Elles sont aujourd'hui les plus répandues dans l'industrie de construction [5].

D- Les fibres végétales :

Ces fibres sont largement disponibles à faible coût et leur utilisation en construction constitue de nouveaux débouchés pour les matières agricoles.

D'autre part, la valorisation des fibres végétales permet la réduction des impacts environnementaux par rapport à des composites conventionnels puisque ce sont des matières premières renouvelables, biodégradables, neutres et demandant peu d'énergie pour être produites. vis-à-vis des émissions de CO₂ et demandant peu d'énergie pour être produites.

Les fibres végétales comprennent :

- des fibres provenant des poils séminaux de graines (coton, kapok),
- les fibres libériennes extraites de tiges de plantes (lin, chanvre, jute, ortie),
- les fibres extraites de feuilles (sisal), de troncs (palmier), d'enveloppes de fruits (noix de coco). [2]

E- Les fibres animales :

La fibre la plus importante et la plus utilisée est la fibre de laine connue pour ses qualités de bon isolant thermique, son pouvoir absorbant élevé (16-18%) et son élasticité importante (45%) (**Feughelman, 1997**). Les fibres animales sont classées selon leur provenance, on note essentiellement :

- Poils : la laine (obtenue par la tonte de moutons), alpaga, angora, chameau, cachemire,...
- Sécrétions : soie (*Bombyx Mori*), soie sauvage, fils d'araignée ;.[5]

Tableau I.2 : L'application des divers renforcements de fibres dans les produits à base de ciment [7]

Type de fibre	Application
Verre	Panneaux préfabriqués, murs, rideaux, tuyaux d'égout, toiture en voile mince, enduit
Acier	Elément de toitures en béton cellulaire, linteau, revêtement, de chaussée, tabliers de pont, produit réfractaire, tuyaux en béton, piste d'atterrissage, réservoirs sous pression, travaux de restauration bâtiments.
Polypropylène Nylon	Pieux de fondation, pieux précontraints, panneaux de revêtement, élément flottant de débarquement et amarres pour les marinas, réparation des routes, tuyaux sous-marin, travaux de bâtiments
Amiante	Voiles, tuyaux, panneaux matériaux d'isolation thermique, tuyaux d'égout, plaques de toitures plates et ondulées, revêtement des murs.
carbone	Elément ondulé pour la construction des planchers, membranes simple ou double courbure, coques, plancher d'échafaudage.
Particules de mica	Panneaux, tuyaux, travaux de restauration
végétale	Dalles, tuiles.

I.4.2 : Renforcement Par les Fibres

La stabilisation par armature à l'aide de fibres est très employée de par le monde en construction en terre. Les fibres sont principalement employées pour la confection des blocs moulés par pétrissage, avec des terres plutôt argileuses présentant souvent un important retrait. Les productions artisanales de briques d'adobe stabilisées à la paille sont très variées mais on connaît aussi l'emploi de fibres pour construire en torchis, en terre paille, en bauge ainsi qu'en blocs comprimés et en pise [5]

Pour le cas des fibres synthétiques, elles sont utilisées généralement dans le renforcement des sols pour augmenter les résistances à la compression et au cisaillement. [5]

I.4.3 : Les Fibres du Palmier Dattier

Le palmier est un arbre trouvé dans les oasis du désert, il se caractérise par sa capacité de résister à des températures plus élevées, sa hauteur peut dépasser 20 mètres et il peut vivre 100 ans, il existe 9 millions palmiers dattier d'environ en Algérie.

Les palmiers ont plus de 130 usages, par exemple :

- Fabrication des paniers et des chapeaux à partir de ces fibres.
- L'extraction des huiles thérapeutiques de ses noyaux.
- Son troc utilisé comme des poutres pour les toitures à la construction des maisons.
- Fournissent de l'ombre qui permet de créer des vergers dans les régions chaudes.
- Ses dattes utilisées à la fabrication de miel de dattes.

Les fibres qui nous avons ajoutés aux compositions des briques dans notre travail sont les fibres de palmier dattier, il est la couche qui enveloppe le troc de palme, situé entre le troc et le *Kernaf*, ces fibres ont la forme d'enchevêtrement, *Chan* est le nom de ces fibres en langue locale de la région de Ouargla, les 2 photos ci-dessus illustre la forme de ce dernier et sont situation dans le troc du palmier.



Figure I.8 : Fibre de palmier dattier



Figure I.9 : lif enveloppe du tronc du palmier dattier [5]

KRIKER A. et al. (2005) a mené une étude sur les fibres de palmier dattier de surface. Les auteurs ont justifié leur choix, en disant que ces fibres semblent les plus appropriés pour l'exploitation. Cette étude est faite sur quatre types de fibres de surface de palmiers dattiers (FSPD) à savoir : le palmier dattier mâle, Deglette-Nour, Degla-Bida et El-ghers (désignations locales). Les résultats ont révélé que les fibres de surface du palmier dattier mâle (FSPDM) ont une résistance à la traction meilleure que celle des autres types de fibres étudiées. Dans le cadre de cette étude, ils ont étudié aussi la morphologie et la structure des fibres par microscopie électronique à balayage (MEB). Les clichés MEB présentés sur les figures (a), (b) et (c), montrent une coupe transversale typique, une coupe longitudinale typique et une vue longitudinale de la fibre FSPDM. Les figures (a), (b) montrent que la section de la fibre est dense avec un petit canal et de nombreux petits pores qui permettent la circulation de la sève. Ceci confirme que la structure est poreuse et que les fibres ont un comportement hydrophile. La figure 1.40.c montre que les fibres FSPDM possèdent une certaine rugosité sur leur surface, ce qui assure une bonne adhérence fibresmatrice. [5]

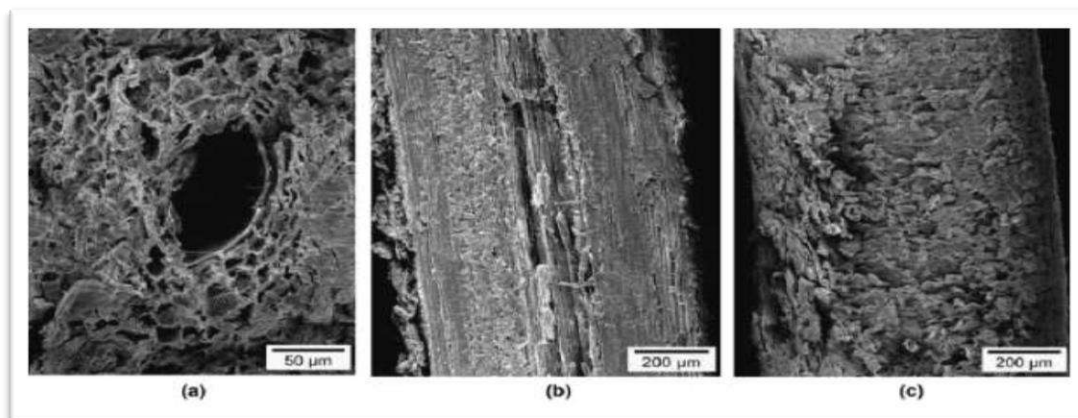


Figure I.10 : Observation sous MEB des fibres de palmier dattier mâle de surface : (a) coupe transversale typique ; (b) coupe longitudinale typique ; (c) vue longitudinale de la fibre [8].



Figure I.11 : Photo de la fibre de palmier dattier mâle à l'état brut en utilisant le microscope optique. [5]

I.4.4. Caractéristiques Générales des Fibres de Palmier Dattier

Les essais effectués ont permis de caractériser les fibres de palmier dattier d'Ouargla comme suit :

Masse volumique apparente: $\rho_a = 512,21 - 1088,81 \text{ kg/m}^3$

Masse volumique absolue : $\rho_s = 1300 - 1450 \text{ Kg/m}^3$

Charge de rupture à la traction : $F_t = 85 \text{ N}$ (fibre de diamètre 8 mm)

Déformation à la rupture := 0.232 (fibre de diamètre 8 mm)

Taux d'humidité : $w = 9.5 - 10.5 \%$

Taux d'absorption (après 24 H): $TA = 96.83 - 202.64 \%$

Diamètre (des fibres utilisées) : $d = \text{varié entre } 0.2 - 1 \text{ mm}$

Longueur (des fibres utilisées) : $L = 1 \text{ cm}$. [7]

1.5 L'EAU

Nous avons utilisé l'eau de robinet de laboratoire de l'université, Timchemt est très sensible à l'eau et aux sels comme tous les matériaux gypseux, c'est pourquoi nous demandons les analyses chimiques d'eau utilisé d'après laboratoire central d'Algérienne Des Eaux (ADE) unité de Ouargla.

TABLEAU I.3 : LES ANALYSES CHIMIQUES DE L'EAU.

Les compositions chimiques	l'eau de robinet de laboratoire de GC (UKMO)
Calcium Ca-2 mg/l	240.48
Magnesium Mg-2 mg/l	55.90
Sodium Na- mg/l	300
Potassium K- mg/l	15
Chlorures Cl- mg/l	679.84
Sulphate SO4-2 mg/l	480
Bicarbonate HCO3- mg/l	127.3

I.6 CONCLUSION

A travers des définitions présentées dans le premier chapitre, nous disons que le gypse est la matière première pour produire le plâtre traditionnel. Pour préparer le plâtre traditionnel avec la méthode traditionnelle, nous devons ajouter du bois ou du gaz de ville pour l'aide de cuire.

Le plâtre traditionnel est un liant comme le plâtre industriel et le ciment, alors il travaille bien à la compression mais ne travaille pas à la traction, d'après KRIKER (2005) la charge de rupture à la traction de fibre : $F_t = 85 \text{ N}$ (fibre de diamètre 8 mm). Notre matériau va utiliser pour fabrication des briques d'isolation, l'ajout des fibres aide d'augmenter la résistance à la traction de ces briques.

Le chapitre suivant présente la caractérisation physique et chimique de plâtre traditionnel

CHAPITRE II: LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE MATERIAU UTILISE

II.1. INTRODUCTION

Le Timchemt est un liant de source gypseux, il transforme au plâtre traditionnel après cuisson aux fours traditionnels par des températures élevées dépasse 180 C°.

Dans les années passées, ce matériau a utilisé comme un mortier relier les roches entre eux pour construire (les cloisons, les toitures...etc.).

Alors, d'après le but de notre travail, nous voulons d'exploiter ce matériau pour obtenir des briques ont une résistance thermo-mécanique acceptable.

On va présenter dans ce chapitre les résultats des essais physiques et chimiques, qui sont appliqués au niveau de laboratoire de GC de UKMO et à laboratoire de travaux publique du sud (LTPS) unité d'Ouargla, avec l'utilisation des normes Françaises.

Cette partie est très nécessaire pour savoir la base chimique et physique de Timchemt, d'après les explications des résultats obtenus qui sont responsables de leur comportement thermo-mécanique, et nous aide d'identifier le matériau, et aussi de comprendre sa fonction dans la construction.

II.2 LES ANALYSES PHYSIQUES

Nous étudions ce matériau à laboratoire de travaux publics de sud (LTPS- Ouargla), Les essais physiques appliqués pour l'identification de matériau utilisé sont :

1. Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage (NF P 94-056 mars 1996)
2. Analyse granulométrique par sédimentation (NF P94-057)
3. Equivalent de sable (P 18-598)
4. La densité sèche (NF P 94-064)
5. La masse volumique apparente (NF P 94-054)
6. La masse volumique absolue (NF P 94-054)
7. Essai bleu de méthylène (NF P 94-068)
8. Les limites d'Atterberg (NF P94-051)
9. Analyse élémentaire par diffraction des rayons X

II.2.1 Analyse Granulométrique

a) Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage (NF P 94-056 mars 1996)

Classification des granulats de matériau selon leurs diamètres, en utilisant une série des tamis supposés en fonction de diamètre des ouvertures de 5mm jusqu'à 0.08mm, le matériau est agité manuellement ou automatiquement par l'appareil. Leur objectif est pour obtenir la

courbe d'analyse granulométrique qui aide de savoir les quantités et les pourcentages de chaque classe de granulats selon leurs diamètres.

Nous avons commencé cet essai par lavage d'une masse égale à 200 g avec le tamis 0,08mm, qui a resté 24 heures à l'étuve, puis nous avons appliqué le tamisage, et chaque fois nous mesurons le poids de refus.

b) Analyse granulométrique par sédimentation (NF P94-057)

Après le calcul de tamisats (%), nous avons observé que le tamis 0,08mm donne un pourcentage égale à 41%, elle est supérieure de 20%, c'est pourquoi nous avons décidé de continuer l'essai par l'application de sédimentométrie, nous avons pris 80g de Timchemt lavée avant séchage pour l'application de l'essai cependant, le graphe ci-dessus donne les pourcentages des granulats selon leurs intervalles.

c) Classification des résultats d'analyse granulométrique

La répartition granulométrique permet de classer les sols à matrice fine (limon, argile) et les sols à matrice grossière (sable, grave), les cailloux et les blocs

Tableau II.1 Dénomination d'un sol selon la granularité (XP P 94-011) [10]

Nom	Sol à matrice fine						Sol à matrice grossière						caillou	Blocs
	Argile		Limon				Sable			Gravier				
	fin	moyen	grossier		fin	moyen	grossier	fin	moyen	grossier				
Dimension des particules (mm)	0,002	0,006	0,02	0,06	0,2	0,6	2	6	20	60	200			

II.2.2 : Équivalent de Sable (NF P 18-598)

Si le sol grenu est pollué par des particules d'argile ou de limon on pourra déterminer la proportion relative de sol fin et de sol grenu par l'essai d'équivalent de sable. Cet essai est plutôt un essai de géotechnique routière, qui est de moins en moins employé (P 18-598)

Cet essai est destiné à déterminer la proportion relative de fines dans la fraction d'éléments inférieurs à 5(mm) Son domaine d'application s'étend aux sols faiblement plastiques pour lesquels l'indice de plasticité est trop faible pour être significatif ($I_p < 7$).

Il consiste à placer l'échantillon de sol dans une éprouvette contenant de l'eau et une solution lavant destinée à disperser les particules fines et à secouer l'ensemble. Il se forme un dépôt solide au fond de l'éprouvette et un floculat. On fait les mesures visuellement ou à l'aide d'un piston [10]

Nous avons pris trois échantillons de 120 g de matériau pour l'application de cet essai, et ajoutons l'eau et une solution lavant destinée à disperser les particules fines et à secouer

l'ensemble est nous avons mesuré la hauteur totale H_1 puis la hauteur de Timchemt sédiment après l'agitation en 30 seconde et repos de 10 min.

$$E_{sv}(\text{visuel}) = 100 \times (H_2' / H_1)$$

$$E_s(\text{piston}) = 100 \times (H_2 / H_1)$$



Figure II.2 Equivalent de sable

a) Classification des résultats

Le tableau suivant illustre les classifications des résultats d'essai d'équivalent de sable.

Tableau II.2 Classifications des résultats de l'essai l'équivalent de sables selon la norme d'essai. [10]

N°	Equivalent de sable visuel en %	Observations
01	ESV < 65 ESP < 60	Sable argileux ; risque de retrait ou de gonflement de béton
02	65 < ESV < 75 60 < ESP < 70	Sable légèrement argileux ; de propriété admissible
03	75 < ESV < 85 70 < ESP < 80	Sable propre, convenant au béton à haut qualité
04	ESV > 85 ESP > 80	Sable très propre, absence de plasticité de béton

II.2.3 Les masses volumiques et la teneur en eau (W%)

a) La densité réelle (NF P 94-064)

Pour déterminer la densité sèche après l'application de l'essai, suivre les étapes de calcul suivantes :

- Poids de paraffine = P2- P1
- Volume brut = P2-P3

- Volume de paraffine = $\frac{\text{Poids de paraffine}}{\text{Densité de paraffine}}$
- Volume net = Volume brut - Volume de paraffine
- DENSITE SECHE = $\frac{P1}{\text{Volume net}}$

Où :

P1 : Poids sec de roche P1(g)

P2 : Poids sec + paraffine P2 (g)

P3 : Poids de paraffine (g)

Densité de paraffine = 0,9 g/cm³

b) La masse volumique apparente (NF P 94-054)

Le mode opératoire de cet essai est illustré comme suite :

- Prendre le granulat dans les deux mains formant entonnoir ;
- Remplir un moule de volume connu (volume apparent jusqu'à ce qu'il débord tout autour en formant un cône ;
- Araser à la règle ;
- Peser le contenu, soit P. [1]



Figure II.4 : la masse volumique apparente

c) La masse volumique absolue (NF P 94-054)

Nous avons utilisé 300g comme poids des agrégats secs P1, nous avons pesé le récipient plein d'eau est marqué P2, après l'ajout des agrégats au récipient, nous pesons deuxième fois pour prendre P3.



Figure II.5 : protocole d'essai de la masse volumique absolue

II.2.4 Les limites d'Atterberg (NF P94-051)

Observation : nous n'avons pas appliquée l'essai des limites d'atterberg, car le matériau utilisé est sensible à l'eau, lorsque l'eau est ajoutée, l'échantillon fixé et séchée, ce qui produit un obstacle qui n'a pas permis d'appliquer cet essai.

C'est vrai que nous devons ajouter l'eau distillée à l'échantillon pour appliquer l'essai de équivalent de sable, l'essai sédimentmétrique et les analyses chimiques, mais il existe une différence entre ces essais est l'essai de limites d'atterberg. Par exemple pour l'équivalent de sable, nous ajoutons la solution lavant pour disperser les particules fines, et la solution de hixaméthaphosphate de sodium qui utilise à la préparation de l'échantillon pour appliquer la sédimentmétrique.



Figure II.6 : L'appareil de Gazagrand

II.2.5 Essai bleu de méthylène (NF P 94-068)

a) Mode opératoire

1. Prendre 10 grammes de sol sec passé au tamis 5mm
2. Mettre la prise d'essai à tremper dans un bécher avec 100 cm³ d'eau
3. A l'aide de l'agitateur (700 tr/min), disperser la suspension pendant 5 min
4. A l'aide du dispositif de dosage, introduire 5 cm³ de bleu et agiter 400 tr/min pendant 1 min.

5. Le teste de la tâche : A l'aide d'une baguette, déposer une goutte de la suspension sur le papier filtre.

6. Teste négatif : On dira que le teste de la tâche est négatif si la tache déposée sur le papier filtre est sans auréole. Dans ce cas, ajouter 5 cm³ de bleu, laisser agiter pendant 1 min de refaire l'essai de la tache (c'est l'opération 5 qui est répétée). Cette opération sera répétée autant de fois qu'il sera nécessaire (tant que le teste de la tache restera négatif).

Teste positif : on dira que le teste est positif si la tache déposée sur le papier filtre forme une auréole. Dans ce cas, procéder à 5 tests successifs de la tache (à raison d'un teste par minute) sans ajouter de bleu. Si les 5 tests s'avèrent positifs, l'essai est terminé.

Si le 2^{ème}, 3^{ème} ou le 4^{ème} test de la tache devient négatif (la tache devient sans auréole), ajouter uniquement 2,5 cm³ et reprendre les tests de la tache de départ jusqu'à ce que les 5 tests de la tache soient positif. [12]

La valeur du bleu du sol est (sans unité) : $VBS = \frac{V}{m}$

Avec :

V : volume du bleu ajouté en cm³

m : la prise d'essai.

On distingue les valeurs suivantes :

Tableau II-4 : classification des résultats de l'essai de bleu de méthylène [12]

$VBS \leq 0,2$	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.3 Les Analyses Chimiques

Ces essais sont élaborer à LTPS Ouargla, nous avons fait les essais suivants :

1. Essai de détermination des insolubles (Norme NFP 15-461)
2. Essai de détermination du taux des Sulfates (Norme BS1377-test 10)
3. Essai de détermination du taux de carbonates d'un sol (Norme FP 15-461)
4. Essai de détermination du taux de chlorures (Norme BS BOWLY)

Les normes sont indiquées à l'annexe 4.

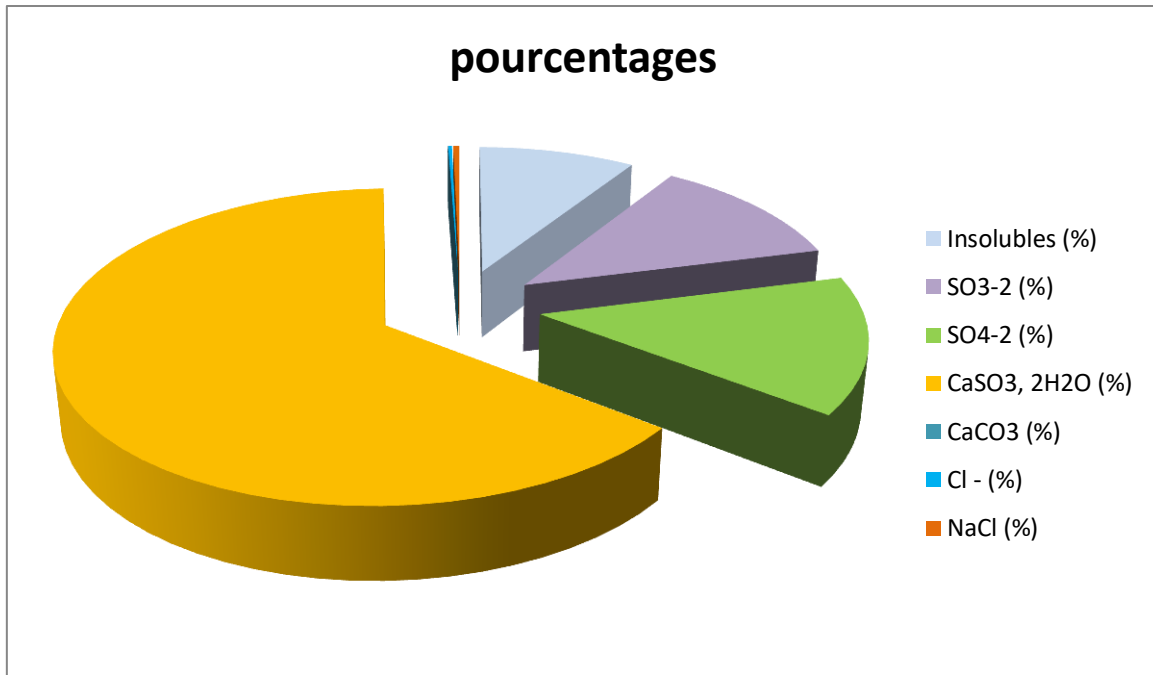


Figure II.11 : secteur graphique présente les résultats des essais chimiques de plâtre traditionnel.

II.4 Conclusion

D'après les essais physiques appliqués sur le matériau étudié pour l'identification, on peut conclure que ce matériau est :

.Pouvoir d'observation un risque de retrait ou de gonflement des briques fabriqués à base de ce matériau. Équivalent au sol limoneux (sol peu plastique et sensible à l'eau).

Les résultats des analyses chimiques montrent que le plâtre traditionnel constitue petite quantité des sels mais il y'a grand pourcentage du Calcium de Sulfite, ce qui traduit que ce matériau est de source gypseux.

CHAPITRE III: RESULTATS ET INTERPRETATIONS

III.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous aborderons dans cette partie l'étude des briques en termes mécanique et thermique pour chaque échantillon.

Ce travail est devisé aux 2 parties :

D'abord : on va expliquer la méthode de préparation des éprouvettes

La deuxième partie ; concerne pour l'étude des éprouvettes qui contiennent de plâtre traditionnel renforcés par les fibres de palmier, dans cette partie on va appliquer les essais mécaniques et thermiques.

III.2. CONFECTION DES BRIQUES

On a préparé cinq variantes des échantillons de dimensions (40x40x160) mm³ de (pourcentage Timchemt plus un pourcentage de Fibre de palmier dattier), en utilisant un poids initial, nous calculons le poids de fibre et de Timchemt pour chaque échantillon en appliquant le mathématique pour trouver le poids équivalent à chaque pourcentage puis nous calculions les compositions massiques .

III.4 PRÉPARATION DES ÉPROUVETTES

Les étapes suivantes présentent la méthode de préparation des éprouvettes

1. L'opération consiste à peser les matériaux utilisés (Timchemt, fibres, et l'eau) à l'aide d'un balance précisé jusqu'à des valeurs prédéterminés ;
2. Puis mélange de ces compositions ;
3. Ensuite collage dans le moule ;
4. Après collage on passe le moule par l'appareil de vibration pour sortir l'aire et diminuer le nombre des vides ;
5. Après durcissement ; les briques sont dés-moulés et rester 48 heure à l'aire pour bien sécher ;
6. Après séchage ; on applique les essais suivant: ultrason, traction par flexion compression et calcule de la masse volumique.



Figure III.2 : Les éprouvettes de (plâtre traditionnel + fibre de palmier dattier)

(Le schéma 01 à l'annexe 2 représente les étapes de préparation des briques pour bien les préciser aux lectures).

III.5 LES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

Les essais mécaniques sont effectués aux laboratoires de de génie civil à l'université KASDI Merbah Ouargla « UKMO ».

III.5.1 L'Essai de Traction par Flexion « flexion par 3 points » (NF P15-471)

La flexion provoque une distribution de contraintes présentant à la fois un gradient et une répartition de contraintes de traction et de compression de part et d'autre de la fibre neutre.

L'essai de flexion détermine l'aptitude à la déformation d'un matériau sur deux appuis avec une application de l'effort à mi-distance.

On impose à une éprouvette normalisée une déformation, ou *flèche*, à vitesse de déformation constante, et on mesure la force qu'oppose l'éprouvette à cette déformation.

Cet essai permet de connaître :

- Le comportement mécanique du matériau ;
- Les propriétés du matériau ;
- Les valeurs des caractéristiques du matériau. [14]



Figure III.3 : l'application d'essai de traction par flexion (flexion par 3 points)

III.5.2 L'essai de Compression (NA 18-406)

Cette essai est suivie l'essai de traction par flexion, par l'utilisation des plaques de (4x4 x4) cm³.

Pour effectuer cet essai, on profite de la rupture en 2 parties de l'éprouvette testée en flexion pour les soumettre à un essai de compression axial. L'appareillage utilisé permet d'effectuer les essais sur une surface à comprimer de 16 cm². [14]

La figure ci-dessus illustre l'application de la charge axiale de compression axiale sur l'échantillon.



Figure III.4 : l'application d'essai de compression

III.5.3 L'Essai de l'Ultrason (NF EN12504-4)

Cette essai est appliquée à laboratoire national d'habitats est de construction. Nous avons suivi la méthode directe.

Un train d'ondes longitudinales est produit par un transducteur électro-acoustique maintenu au contact d'une surface ...soumis à l'essai. Après avoir parcouru une longueur connue dans le béton, le train de vibrations est converti en signal électrique par un deuxième transducteur, et des compteurs électriques de mesure du temps permettent de mesurer le temps parcours de l'impulsion. [15]

L'appareillage est constitué d'un générateur d'impulsions électriques, d'une paire de transducteurs, d'un amplificateur et d'un dispositif électronique de mesurer de temps permettant de mesurer la durée écoulée entre le départ d'une impulsion générée par le transducteur-émetteur et son arrivée au transducteur-récepteur un barreau de calibrage est fourni pour permettre d'obtenir une ligne de référence du mesurage de la vitesse

Il existe deux sortes d'appareils électroniques de mesure du temps :

- a) Un oscilloscope sur lequel le premier front de l'impulsion est visualisé par rapport à une échelle de temps appropriée ;
- b) Un capteur avec affichage numérique direct. [15]



Figure III.5 : Appareillage de l'essai de l'ultrason.

III.6 LES CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

III.6.1 Présentation de la Région d'Ouargla

Cette wilaya est située au sud-est de l'Algérie, elle est limitée au nord par les wilayas de Djelfa et d'El oued, à l'est par la Tunisie, au sud par les wilayas de Tamanrasset et d'Illizi, à l'ouest par la wilaya de Ghardaïa.

III.6.2 Climat de la Région d'Ouargla

- **Température :**

Le climat de la région d'Ouargla est désertique et sec, avec une température élevée en été, d'après les données climatiques présentés dans le tableau 01 à l'annexe N°3, la température maximale marquée de 2007 jusqu'à 2018 a été 47.3°C

- **Pluie:**

Le climat et les zones humides caractérisées par un manque de pluie (49 mm) en moyenne, à l'instar des autres zones désertiques, dépourvus de végétation naturelle, mais au contraire de riches palmeraies, constituent une merveilleuse oasis de paysage. [16]

- **Mousson:**

Des tempêtes de sable saisonnières se sont abattues entre février et avril et ont culminé en mars, causant souvent de lourdes pertes en récoltes et en bétail. (Mer), qui est souvent chargé d'un peu d'humidité et contribue à tempérer l'atmosphère, surtout la nuit. Les habitants de la région sont très satisfaits de ces vents et participent à la pollinisation de leurs palmiers, tout en se félicitant de la chaleur du jour, qui est un facteur essentiel de leur maturité. [16]



Figure III.10 : Situation de la wilaya d'Ouargla [17]

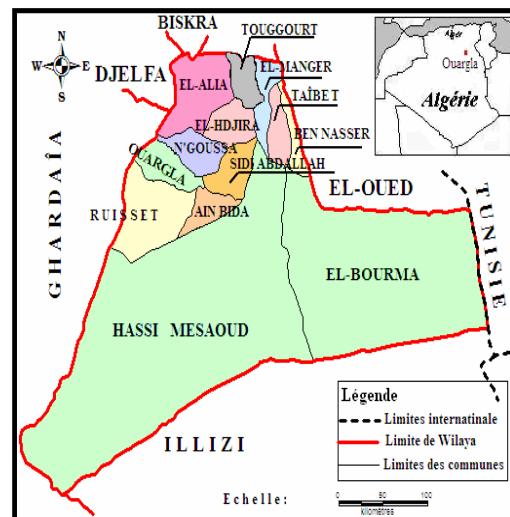


Figure III.11 : Délimitation de la région d'Ouargla [18]

III.6.3 L'essai Thermique

a) Description d'essai

La méthode d'investigation mise en évidence ; c'est des tests de conductivité ou résistivité thermique (TCT ou TRT) ; demandée par le client et 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 », ($W/m \cdot K$) 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 [$W / (m \cdot K)$],

T1 = température initiale (K),

T2 = température finale (K),

t1 = instant de mesure 1 (s),

t2 = instant de mesure 2 (s). [19]

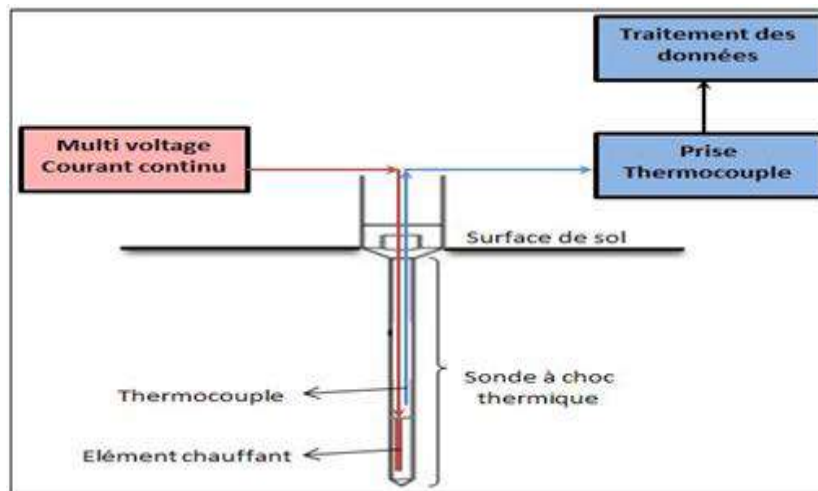


Figure III.12 Schéma de dispositif de mesures.

b) Principe :

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 sol-sonde.

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 05 minutes. [19]

❖ La conductivité thermique λ

La conductivité thermique ou conductibilité thermique est une grandeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert thermique par conduction. Notée λ ou K voire k, cette grandeur apparaît notamment dans la loi de Fourier. Elle représente l'énergie (quantité de chaleur) transférée par unité de surface et de temps sous un gradient de température de 1 kelvin ou 1 degré Celsius par mètre. [20]

La conductivité thermique λ des matériaux est la propriété le plus couramment étudiée car elle dépend uniquement de la structure du matériau et de ses composants. Elle renseigne sur le pouvoir d'isolation thermique d'un matériau donné. En effet, la conductivité thermique mesure la capacité d'un matériau à conduire de la chaleur. Elle varie avec la masse volumique du matériau. [11]

❖ Résistance thermique (R_{th})

La résistance thermique (valeur R) est la résistance de l'élément structurel au transfert de chaleur par conduction à travers son épaisseur. L'augmenter signifie augmenter la capacité de l'élément structurel à isoler thermiquement. Cette valeur s'appelle également le terme isolation thermique. Il est calculé en divisant l'épaisseur du matériau sur sa conductivité. [21]

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 $W.m^{-2}.K^{-1}$ ou $W/m^2 C^{\circ}$. [11]

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

Où:

e : l'épaisseur exprimé en [m]

λ : La conductivité thermique en [w/m.K^o]

❖ La chaleur spécifique Cp

La chaleur spécifique, aussi appelée capacité thermique massique ou chaleur massique, correspond à l'apport de chaleur nécessaire pour élever d'un degré centigrade, la température de l'unité de masse d'une substance ou d'un système. La chaleur spécifique dépend de la structure moléculaire et de l'état de la substance considérée. La découverte de la notion de chaleur spécifique a entraîné le développement de la thermodynamique, qui consiste à étudier le comportement thermique des corps, les transformations d'énergie au sein d'un système en fonction de la chaleur et du travail. La chaleur spécifique et la thermodynamique sont largement utilisées en chimie, en énergie nucléaire et en aérodynamique. Elles ont également de nombreuses applications dans la vie courante, parmi lesquelles on peut citer le radiateur et le système de réfrigération du moteur d'une voiture. Si vous voulez apprendre à calculer la chaleur spécifique d'un corps, suivez les étapes qui sont donné ci dessus [22].

Voici les termes qui sont employés dans l'équation, qui permet de calculer la chaleur spécifique d'un corps :

- Delta ou le symbole « Δ », représente le changement de la valeur d'une variable.
- La masse d'un échantillon est représentée par la lettre « m ».
- La quantité de chaleur est représentée par la lettre « Q ». La valeur de la quantité de chaleur est exprimée en joules, soit la lettre « J ».
- La lettre « T » représente la température d'une substance.
- La chaleur spécifique est représentée par le symbole « C_p » [22].

La formule est donnée par l'expression suivante : $C_p = Q/m.\Delta T$

Après l'obtention des paramètres principaux (conductivité thermique et la résistance thermique et la chaleur spécifique), on détermine les caractéristiques thermiques suivantes :

- Coefficient de Transmission Calorifique U ($W/ m^2 K^{\circ}$) ; $U = \frac{1}{R}$
- Capacité Thermique C (J/K) ; $C = C_p \times m$
- Effusivités Thermique E ($W/m^2.K..s^{0,5}$) ; $E = \sqrt{\lambda. \rho. C_p}$
- Diffusivité thermique (D) ; $D = \frac{\lambda}{\rho.C_p}$

Où:

e : l'épaisseur

λ : La conductivité thermique ($W/m.K^{\circ}$)

C_p : La chaleur spécifique ($J/g.K^{\circ}$)

m : La masse de l'échantillon en (g)

ρ : La masse volumique (g/cm^3)

❖ La capacité thermique C :(ou capacité calorifique) d'un corps est une grandeur qui mesure l'énergie qu'il faut transférer à un corps pour augmenter sa température d'un kelvin. Inversement, elle permet de quantifier la possibilité qu'a ce corps d'absorber ou de restituer de l'énergie par échange thermique au cours d'une transformation pendant laquelle sa température varie. [23]

❖ La diffusivité thermique(D) est une grandeur physique qui caractérise la capacité d'un matériau continu à transmettre un signal de température d'un point à un autre de ce matériau. Elle dépend de la capacité du matériau à conduire la chaleur (sa conductivité thermique) et de sa capacité à accumuler la chaleur (capacité thermique volumique). [24]

Les matériaux avec des valeurs de diffusion thermique élevées ajustent rapidement leur température pour s'adapter à la température ambiante. Parce qu'ils ont une bonne conductivité thermique par rapport à la capacité thermique massique (C). [24]

CHAPITRE IV : LA MODÉLISATION

IV.1 INTRODUCTION

Après l'application des essais mécanique et thermique qui nous aide de connaître le comportement des éprouvettes, un modèle de calcul sera présenté dans ce chapitre, avec un logiciel d'éléments finis de pouvoir prédire les capacités portantes. Cette modélisation est réalisée à l'aide du logiciel ANSYS.

Le but de cette modélisation analytique est l'obtention du coefficient de poisson, module de Young et la contrainte pour l'étude de la partie mécanique qui concerne la meilleure variante « C4 » qui compose de 96% de Timchemt et 4% de fibre de palmier dattier. Aussi pour avoir quelques propriétés thermiques qui aident de connaître le comportement de matériau étudié aux conditions de climat de la région d'étude qui caractérise par une température maximale plus élevée dépasse 47 C°.

Ce chapitre comporte de :

- 1 : Présentation de logiciel ANSYS ;
- 2 : modélisation et expérimentations ;
- 4 : conclusion.

IV.2. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU LOGICIEL ANSYS

ANSYS est mondialement le plus grand fournisseur en logiciels de simulation et couvre par ses caractéristiques multi-physiques pratiquement toutes les disciplines, à savoir le calcul structural et thermique, le calcul d'écoulement (CFD) et le calcul électromagnétique. Dans l'industrie, la recherche et l'éducation ANSYS est parmi les solutions les plus utilisées pour la simulation numérique. [25]

Pour mener notre étude par modalisation numérique, on a utilisé le logiciel numérique ANSYS, qui est l'un des codes de calcul, basé sur la méthode d'éléments finis.

Le logiciel « ANSYS » comprend plusieurs composantes telles que : ANSYS/Professionnel, ANSYS/ Multiphysics, ANSYS/ Structural...etc. Chaque composante est destinée à l'un des domaines d'ingénierie, et son choix met automatiquement à la disposition de l'utilisateur les processus adéquats (type d'élément, conditions aux limites, tracés,...etc.).

Dans notre analyse, on a utilisé les modules structural et thermal dans ANSYS/ Multiphysics, qui permet de traiter la majorité des problèmes de mécanique et des transferts de chaleur. Il offre des outils puissants pour l'analyse en deux et trois dimensions,

On trouve dans le manuel d'aide de « ANSYS » toutes les instructions qui permettent son exploitation à travers son interface utilisateur graphique "Graphical User Interface" ainsi que toute la documentation nécessaire. De nombreux processus de calcul sont disponibles dans ce code et chaque processus est une sorte d'ensemble de fonctions qui effectuent une tâche spécifique. Par exemple, dans le pré-processus général "Preprocessor", on construit le

modèle, le processus "Solution " dans lequel on applique les conditions initiales et aux limites. Le processus "Post Processor " permet d'exploiter les résultats obtenus de différentes manières (courbes, tableaux ...etc.).[26]

IV.2.1 Choix d'un Maillage

La méthode des éléments finis repose sur un découpage de l'espace selon un maillage.

D'habitude l'on choisit un maillage carré ou triangulaire mais rien n'interdit de choisir des maillages plus complexes. Il n'est pas non plus nécessaire que le maillage soit régulier et l'on a tendance à resserrer le maillage près des endroits d'intérêts (par exemple aux endroits où l'on pense que la solution va beaucoup varier), cependant il faut veiller à avoir des éléments faiblement distordus (se rapprocher d'un polygone régulier). Plus ce maillage est resserré plus la solution que l'on obtient par la méthode des éléments finis sera précise et proche de la « vraie » solution de l'équation aux dérivés partielles.

Même si une structure géométriquement complexes peuvent être maillées avec des éléments tétraédriques, elles mai exigent de nombreux éléments et que mai conduire à l'échec parce que la simulation des ressources informatiques. Même un volume de forme régulière mai exigent de nombreux éléments tétraédriques si elle a un ratio très grand aspect. Ici, les éléments hexaèdres ou d'un coin serait un meilleur choix. (Figure IV.1) "Objet avec un aspect ratio Large", illustre cette différence. Il montre que le nombre d'éléments tétraédrique (a) est beaucoup plus grand que le nombre d'éléments hexaédrique (b), si une densité de maillage similaire est maintenue sur la section transversale. [26]

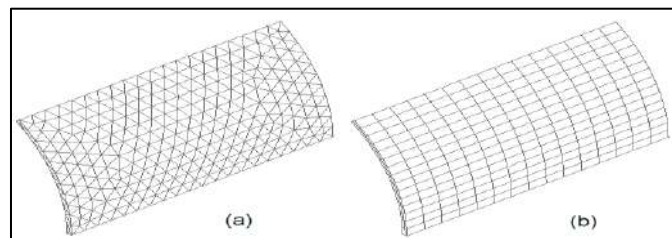


Figure IV.1 : a) éléments tétraédrique b) éléments hexaédrique [26]

La création de la géométrie ainsi que le maillage se font sous le progiciel "ANSYS". Ce meilleur propose des solutions étendues pour les géométries les plus compliquées. Cependant, pour notre cas, deux choix principaux du maillage se sont posés à nous. En l'occurrence, un maillage soit à base de cellules quadrilatères, soit à base de cellules triangulaires (soit à base de cellules hexaédriques, soit à base de cellules tétraédriques, pour le cas 3D) et quelques éléments volumiques qui existent dans ANSYS sont : [26]

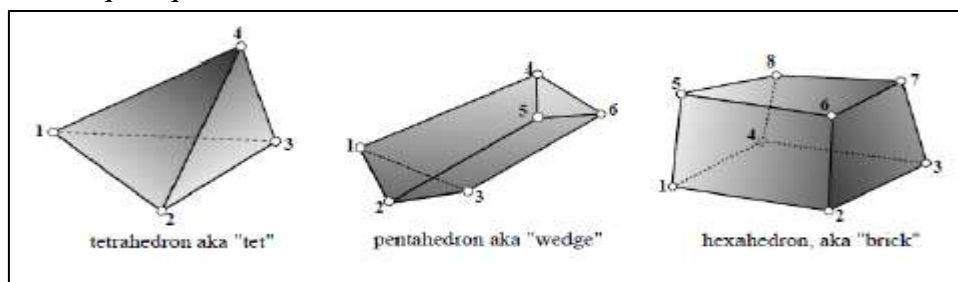


Figure IV.2Eléments Volumiques [26]

IV.2.2. Modélisation par Éléments Finis

La méthode des éléments finis est une technique pour rapprocher les équations différentielles régissant pour un système avec un ensemble d'équations algébriques concernant un nombre limité de variables. Ces méthodes sont populaires parce qu'ils peuvent facilement être programmés. Les techniques des éléments finis ont été initialement développées pour des problèmes structurels, mais ils ont été étendus à de nombreux problèmes du terrain. Le solide est décomposé en éléments de forme géométrique simple ayant des côtés communs et dont les sommets ou nœuds sont les points d'articulation de plusieurs éléments entre eux. Ces nœuds seront les points d'application des forces intérieures ou extérieures.

L'opération de décomposition est le maillage. Un bon maillage doit faciliter les opérations prévues par un programme d'ordinateur. Il faut donc adopter une méthode systématique de numérotation des éléments et des nœuds [26]

IV.2.3 Élément SOLID 65

ANSYS fournit un élément tridimensionnel (SOLID65) avec le modèle non linéaire de matériaux fragiles ...Les éléments SOLID 65 sont utilisés pour modéliser des problèmes de béton armé ou des matériaux composites renforcés (pour notre cas on a étudié un matériau composite (plâtre traditionnel + fibre), tels que L'élément solide a huit nœuds avec trois degrés de liberté à des fibres métalliques ou de verre...chaque nœud, des translations dans les directions nodales x, y et z. L'élément est capable de déformation plastique et de fissuration dans trois directions orthogonales, Ce que permis de l'utilisé pour analyser la fissuration en cas de tension et l'écrasement en cas de compression.

L'élément Solid65 permet la présence de trois matériaux de renforcement différents et indépendants dans chaque élément solide. La figure IV.3 montre plus des détails de l'élément SOLID 65. [27]

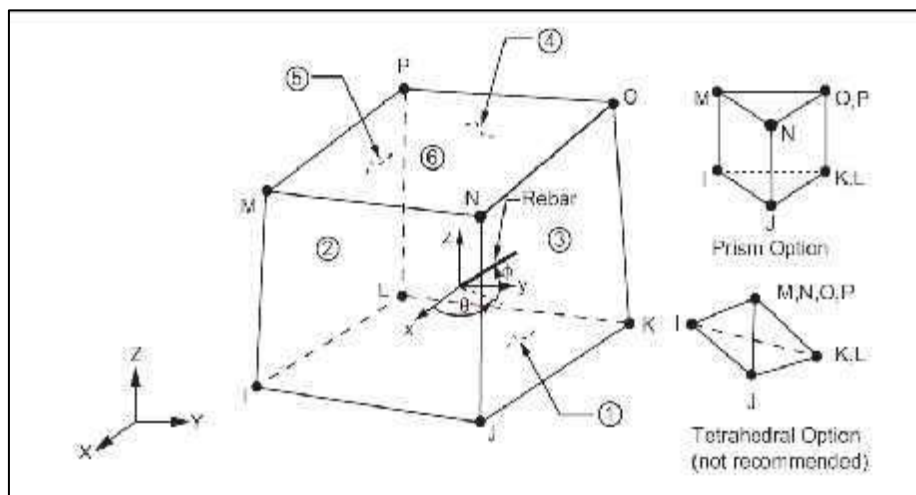


Figure IV.3 Présentation de SOLID 65. [27]

IV.3: MODÉLISATION ET EXPÉRIMENTATIONS

Nous avons utilisé précédemment à laboratoire des éprouvettes de $(4 \times 4 \times 16)$ cm³ pour effectuer les essais mécaniques à laboratoire de génie civil à l'université « KMO »

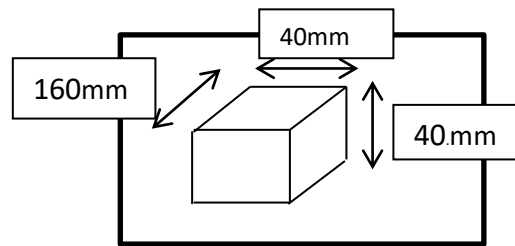


Figure IV.4 Schéma présente les conditions réelles de l'élément

IV.3.1 Les Étapes de Travail

Pour l'analyse de cas présent en termes mécanique et thermique par l'Ansys, on choisit le type « structure statique » et « thermique stationnaire ».

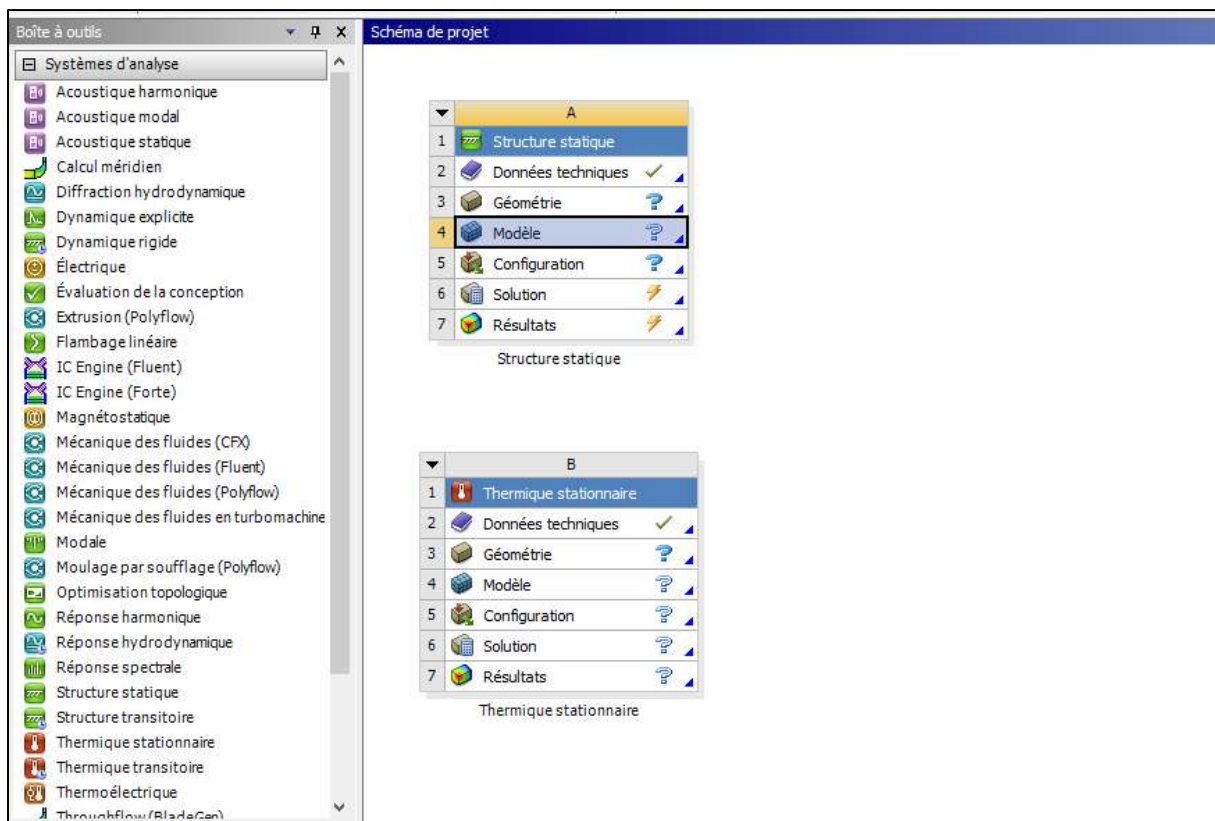


Figure IV.5 Interface de workbench (Ansys 19)

1 : Le travail principal nous le trouvons dans la fenêtre « workbench », après avoir ouvert, pour commencer notre travail on choisit d'après la boîte des outils « structure statique », une liste de commandes (A) représentant les étapes de travail, (figure IV.5).

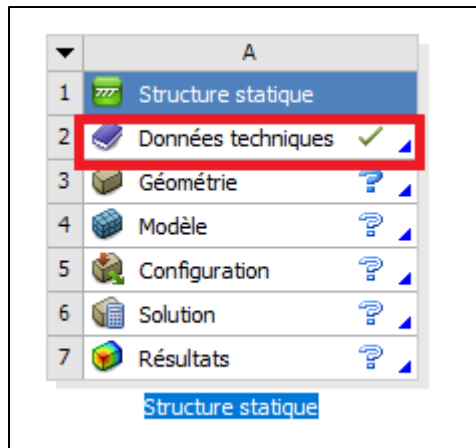


Figure IV.6 La liste des commandes de structure statique

2 : Nous passe ensuite à la première étape qui représente le choix des matériaux utilisés, puis nous verrons une nouvelle page de travail appelée « A2 : donnés techniques » comme il est montré par la figure IV.6 ci-dessus, en cliquant sur le bouton sources des données techniques, le menu (Arborescence de schéma) et (propriétés de ligne d'arborescence) sera montrés. Nous choisissons les matériaux composants de l'élément. Si le matériau dont nous avons besoin n'est pas disponible, nous l'enregistrons dans le programme en entrant ses caractéristiques qui nous aident à traiter (par exemple : module de young, module de poisson, la masse volumique, la conductivité thermique.. etc), on enregistrer ses informations.

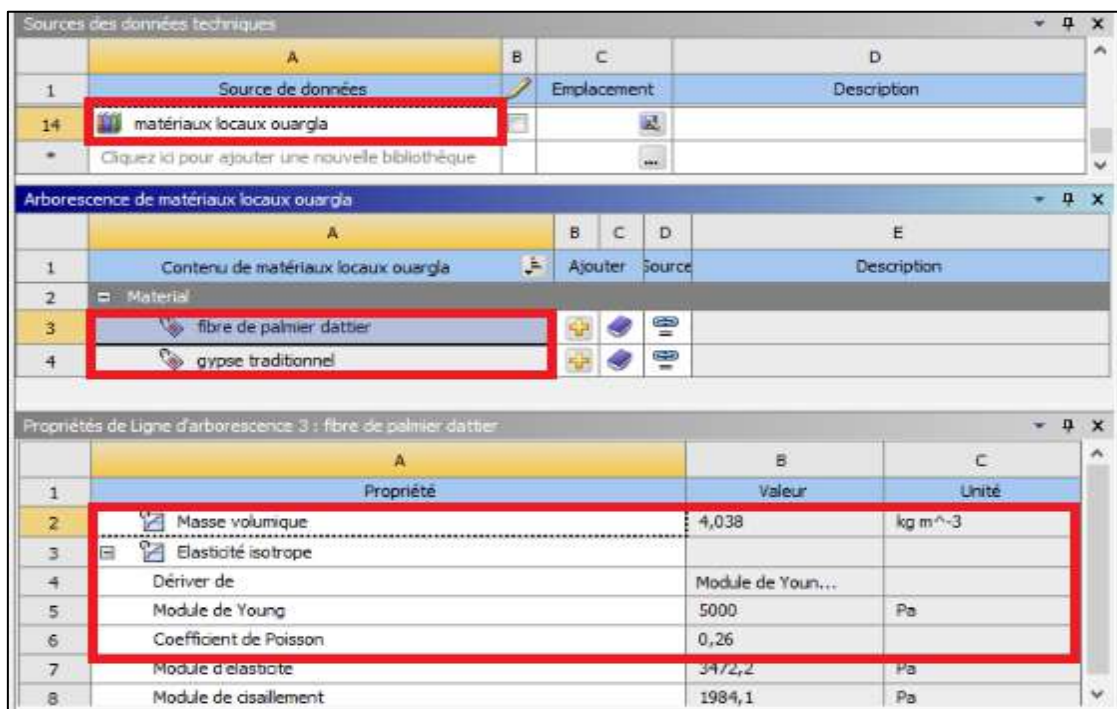


Figure IV.7 Choix des matériaux utilisés dans la fenêtre donnés des matériaux

3 : puis, nous sélectionner la commande (Géométrie) dans le menue A (figure IV8), une nouvelle fenêtre sera montrée aussi portant le mon (Space claim) voire la figure IV.9. Nous montrons un repaire de 3 directions (X,Y et Z), on le transforme en 2 directions (X,Y) pour

dessiner la forme de la base de l'élément comme il est expliqué dans la figure IV.10, puis cliquer sur l'icône « Sélectionner » et « Tirer », Alors on place la flèche de la souris à la forme précédemment dessiner, montrant une flèche jaune sur laquelle nous cliquons en continu et la déplaçons en fonction de la hauteur de la forme devient le corps est en trois dimensions. La figure IV.10 montre la forme produit de cette étape.

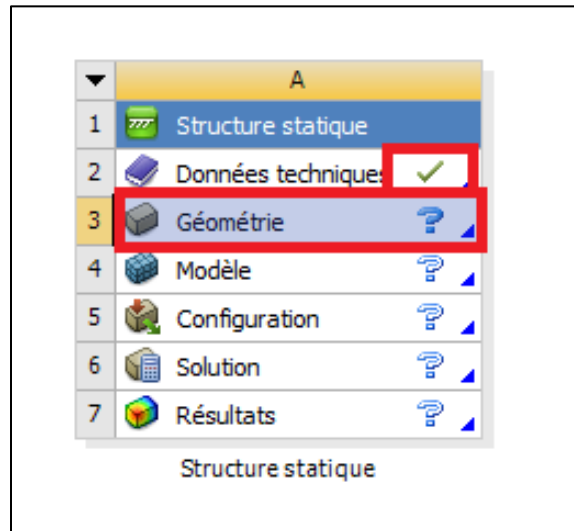


Figure IV.8 Choix de l'ordre géométrie pour créer la forme géométrique de l'élément

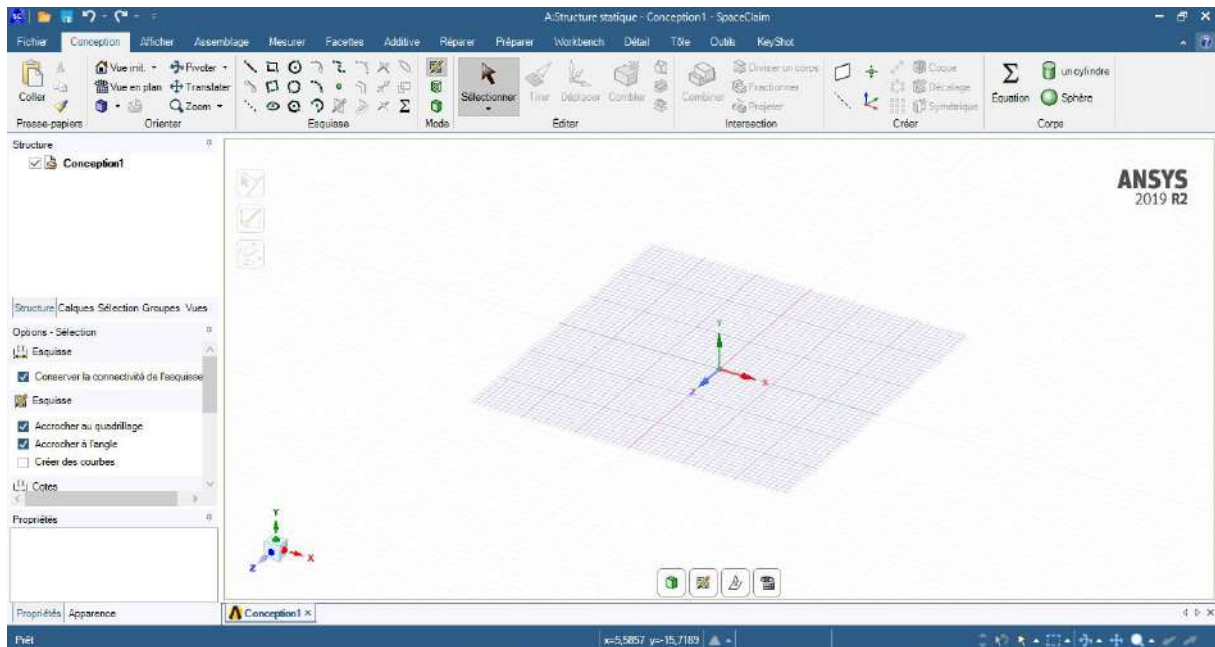


Figure IV.9 L'interface de la page Space claim

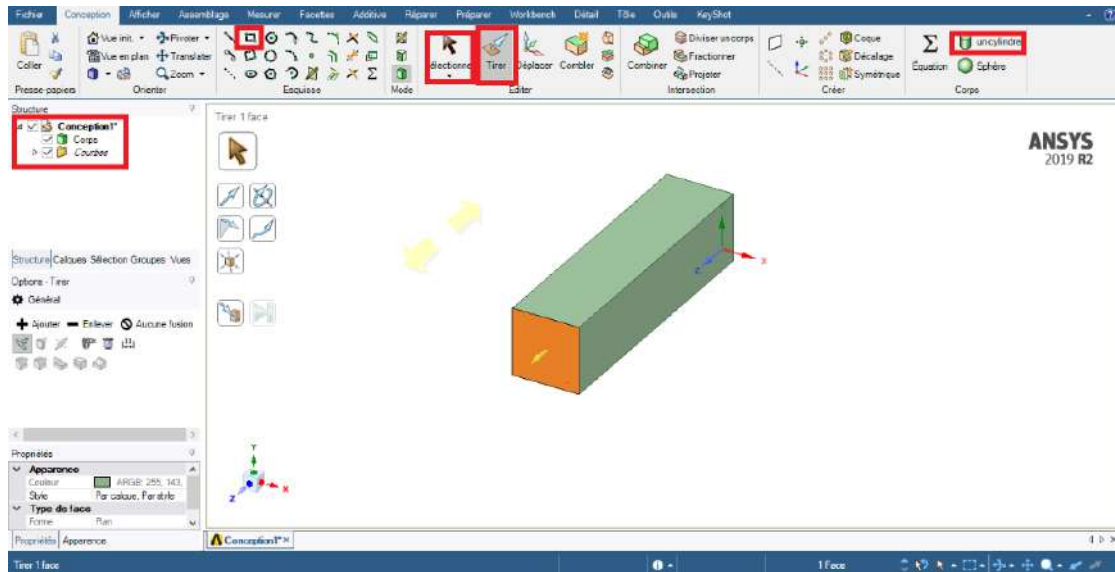


Figure IV.10 Les étapes de travail dans la page Space claim avec la présentation de la forme géométrique de l'élément

4 : L'étape suivante commence en cliquant sur « modèle » dans la liste (A) « figure IV.11), la page « Ansys mechanical » apparaît. Au début, à gauche, une liste portant le nom « projet » (figure IV.12), cliquez sur géométrie, la forme que nous avons dessinée apparaîtra sur parcourrez cette fenêtre, puis cliquez sur matériaux pour crée le matériau que nous avons choisi dans la fenêtre précédente «Space claim», cliquez sur « maillage », ici le composant apparaîtra fragmenté pour les coubes (figure IV.13).

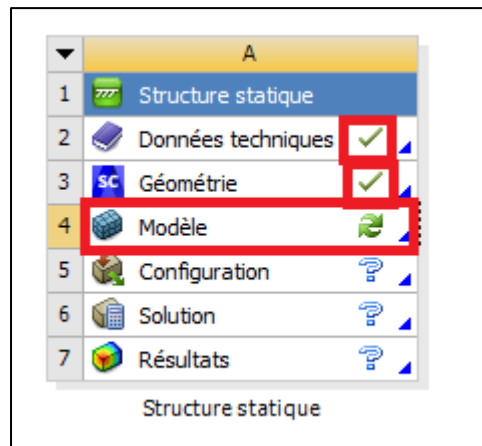


Figure IV.11 Cet figure illustre le choix de l'étape modèle

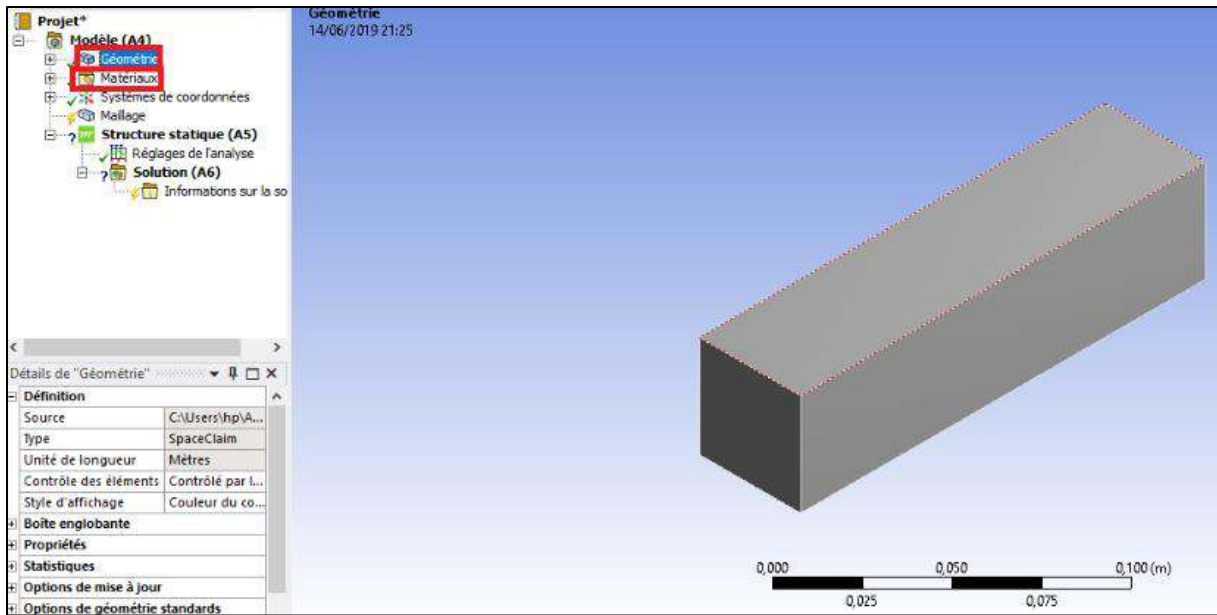


Figure IV.12. Création de modèle dans l'interface de la page Mechanical Ansys

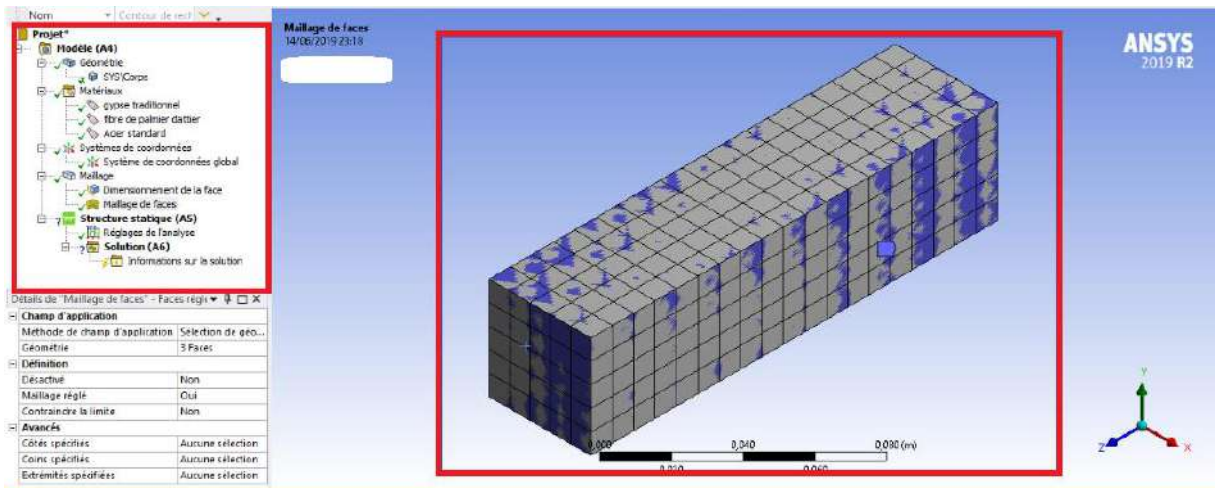


Figure IV.13. Le maillage

La figure IV.14 suivante illustre les étapes qui nous n'avons pas terminés

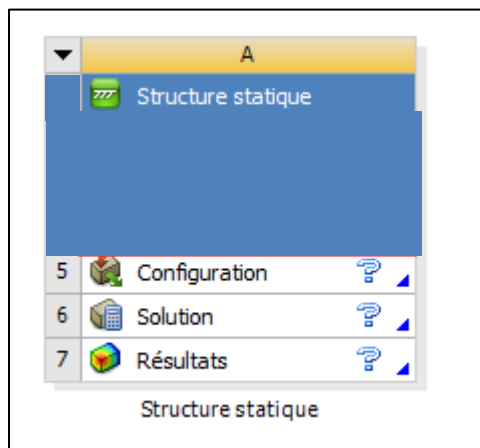


Figure IV.14. Présent les 3 étapes qui restent

IV.4. Conclusion

Nous n'avons pas fini cette modélisation à cause de finition de durée de préparation de la thèse, c'est pourquoi on n'a pas présenté les résultats mécaniques et thermiques et leurs analyses dans ce chapitre.

On a présenté les trois premières étapes appliqués pour faire cette étude (l'exécution des propriétés de matériau, création la forme géométrique de modèle, le maillage), ces étapes sont présentées par des explications précisées par les figures. Ce travail est en cours de réalisation et on va le présenter aux études prochaines.

CONCLUSION GENERALE

L'idée principale de cette recherche est d'étudier le comportement mécanique et thermique des briques composent de plâtre traditionnel (Timchemt) renforcés par les fibres de palmier dattier, où nous nous sommes appuyés sur les essais de laboratoire pour répondre aux problèmes mentionnés dans l'introduction.

Cette étude est divisée en quatre chapitres :

1. Le premier intitulé « l'étude bibliographique », présente les définitions des matériaux utilisés.

2. Le deuxième chapitre « Les caractéristiques physiques et chimiques de matériau utilisé », nous avons identifié le matériau principal utilisé, en effectuant des essais physiques et chimiques à laboratoire de travaux publics du sud à Ouargla :

2.1 Essais physiques :

- Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage (NF P 94-056 mars 1996)
- Analyse granulométrique par sédimentation (NF P94-057)
- Equivalent de sable (P 18-598)
- La densité sèche (NF P 94-064)
- La masse volumique apparente (NF P 94-054)
- La masse volumique absolue (NF P 94-054)
- Essai bleu de méthylène (NF P 94-068)
- Les limites d'Atterberg (NF P94-051)
- Analyse élémentaire par diffraction des rayons X

2.2 Essais chimiques :

- Essai de détermination des insolubles (Norme NFP 15-461)
- Essai de détermination du taux des Sulfates (Norme BS1377-test 10)
- Essai de détermination du taux de carbonates d'un sol (Norme FP 15-461)
- Essai de détermination du taux de chlorures (Norme BS BOWLY)

A travers des résultats de ces essais, on observe que ce matériau est contient de 16% de gravier, 33% gros sable, 39% sable fin 10,5% limon et 1,5 % d'argile. Pouvoir d'observation un risque de retrait ou de gonflement des briques fabriqués à base de ce matériau. Équivalent au sol limoneux (sol peu plastique et sensible à l'eau).

Les résultats des analyses chimiques montrent que le plâtre traditionnel constitue petite quantité des sels mais il y'a grand pourcentage du Calcium de Sulfite, ce qui traduit que ce matériau est de source gypseux.

3. Le troisième chapitre « résultats et interprétations », ce chapitre divisé en 2 parties.

3.1 L'étude des caractéristiques mécaniques :

Pour cette partie d'étude on a préparé des éprouvettes prismatiques de $(4 \times 4 \times 16) \text{ cm}^3$ basé sur les pourcentages massiques suivants :

C1=100%T + 0% Féchantillon de référence

C2=99% T + 1% F

C3=98% T + 2% F

C4=97% T + 3% F

C5=96% T + 4% F

C6=95% T + 5% F

C7=94% T + 6% F

Où :

T : Plâtre traditionnel(Timchemt)

F : Fibre de palmier dattier

On a appliqué les essais suivant: ultrason, traction par flexion compression et calcule de la masse volumique, d'après les résultats obtenus on a observé que :

Afin d'interprétations des résultats mécaniques des éprouvettes qui contient de plâtre traditionnel et de fibre, on conclure que la composition C5 de (4% de fibre et 96% de Timchemt), donne un comportement mécanique acceptable plus que les autres éprouvettes, par comparaison de ces éprouvettes avec la référence qui ne compose pas de fibre (0%) ; on dit que l'ajout des fibres de palmier dattier à la composition de Timchemt pour le renforcement influence positivement à la résistance de la flexion parce que il travaille bien à la traction, mais il ne donne pas bons résultats à la compression car il a créé la porosité dans la maniabilité ,nous avons observé cela après avoir interprété les résultats mécanique obtenus.

3.2 L'étude des caractéristiques thermiques :

Afin d'appliquer cet essai, nous avons préparé 5 nouveaux éprouvettes de $(7 \times 7 \times 28) \text{ cm}^3$, contenant les mêmes pourcentages massiques de plâtre traditionnel et de fibre, on a obtenu les valeurs de La conductivité thermique (λ), puis calculé les autres propriétés :

- La résistance thermique (R_{th})
- La chaleur spécifique (C_p)
- Coefficient de Transmission(U)
- Capacité Thermique (C)
- Effusivité Thermique (E)
- Diffusivité thermique (D)

Grâce aux résultats obtenus, nous avons constaté que la composition C2 présentait le meilleur comportement thermique, et on a conclu que :

la composition de ces briques a des conductivités thermiques acceptables, une diminution des valeurs de la résistance thermique en fonction de diminution de pourcentage de plâtre traditionnel et augmentation de % de fibres est marqué, d'après les valeurs de la chaleur spécifique (C_p) on dit que ces briques ne retient pas la chaleur, ce que augment l'isolation

thermique et renforce la résistance thermique, ils ne conserve pas de la chaleur et échange de l'énergie thermique avec l'environnement, ajuste rapidement leur température pour s'adapter à la température ambiante.

4. La modélisation

Ceci est le dernier chapitre de la mémoire. L'objectif de la modélisation est de traiter du comportement mécanique et thermique des briques étudiées à l'aide du programme ANSYS, sachant que nous n'avons pas montré les résultats, car le délai de préparation de ce travail est expiré. Nous avons donc présenté dans ce chapitre ce que nous avons appris, les premières étapes d'utilisation du programme sont les suivantes :

- Entrer les propriétés de matériau
- Dessin d'élément dans le programme
- Création de maillage

Par comparaison des résultats obtenus avec les résultats trouvés dans l'étude précédente intitulé « Etude des Propriétés Thermo-Mécaniques des Briques à base de gypse traditionnel (Temchemt) stabilisée par la chaux », nous avons observé que la résistance à la flexion de l'échantillon contenant (plâtre traditionnel + fibre) augmentait en raison de l'ajout de fibre, mais que la résistance à la compression diminuait.

Après avoir amélioré la qualité des briques en ajoutant le ciment blanc, la résistance à la compression augmentée. En ce qui concerne l'étude donnait de meilleurs résultats que la précédente, ce qui s'explique par l'amélioration des propriétés thermiques (résistance thermique, isolation thermique.....etc).

Enfin ; on conclure que l'effet d'ajout des fibres du palme influe positivement

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE :

- [1] CHERAIT Y. NAFA Z. éléments de matériaux de construction et essais. 1st Ed. Université 8 mai 1945 Guelma : DIRECTION DE LA PUBLICATION UNIVERSITAIRE DE GUELMA ,2006. ISBN 9961-9548-7-4.
- [2] Bricoleur du dimanche. Le plâtre[en ligne]. 05/12/2006. [Consulté le 20.02.2019]. Disponible à l'adresse <https://www.bricoleurdudimanche.com/fiches-materiaux/verres-carrelages-et-ceramiques/le-platre.html>
- [3] Le gypse formation et compositions [en ligne]. [Consulté le 20.02.2019]. Disponible à l'adresse: http://ruedeslumieres.morkitu.org/apprendre/gypse/composition/index_composition.html.
- [4] CARETTE E. Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840, 1841, 1842 .1st ed. Paris :.Imprimerie ROYALE, 1895. ISBN 106700.
- [5] TAALLAH Bachir. ETUDE DU COMPORTEMENT PHYSICO -MECANIQUE DU BLOC DE TERRE COMPRIMÉE AVEC FIBRES. 2014. Thèse de doctorat : génie civil : UNIVERSITE MOHAMED KHIDER de BISKRA.
- [6] DEBICKI, G. Contribution à l'étude du rôle de fibres dispersées anisotropiquement dans le mortier de ciment sur les lois de comportement, les critères de résistances et la fissuration des matériaux. Thèse de doctorat, INSA de Lyon, France, 1988.
- [7] MEKHERMECHE A (Mai 2013)« Contribution à l'étude des propriétés thermiques des briques en terre » Vol. 5, N° 1.
- [8] KRIKER A. Caractérisation des fibres de palmier dattier et propriétés des bétons d'Etat, et mortiers renforcés par ces fibres en climat chaud et sec. 2005. Thèse de Doctorat ENP, PP166.
- [9] Canalblog. Fabrication de ciment blanc [en ligne]. [consulté le 24/03/2019] disponible à l'adresse : <http://charef.canalblog.com/archives/2006/12/12/3412851.html>.
- [10] cours de Géot_chapitre2 IDENTIFICATION ET CLASSIFICATION
- [11] CHAHMA .S. Etude des Propriétés Thermo-Mécaniques des Briques à base de gypse traditionnel (Temchemt) stabilisée par la chaux.2018. Thèse de Master : Structures : université KASDI Merbah d'Ouargla.
- [12] Guide méthodologique d'identification. Laboratoire de travaux publiques de sud unité d'Ouargla
- [13] FZ MAMMERI.2006.Diplome de magister
- [14] ZAINANE Ahlam. ACHARD Aurélien. DIOP Aliou. « Caractérisation des matériaux à base de bois » Promotion 2006.Option Mécanique et Matériaux
- [15] norme ANFOR NF EN 12504-4.mai 2005

[16] climat d'Ouargla [en ligne]. [Consulté le 20.05.2019]. Disponible à l'adresse <https://ar.wikipedia.org/wiki/>

[17] Google. Carte géographique d'Ouargla. [En ligne]. [Consulté le 20.05.2019] Disponible à l'adresse : <https://www.google.com/search?client=firefox-b>

[18] SEBIHI Abdel Hafid. Valorisation des produits du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L); source de promotion des produits de terroirs Cas de la région de Ouargla ,2014. Mémoire de magister. Sciences Agronomiques: université KASDI Merbah d'Ouargla.

[19] Guide des essais. Laboratoire de travaux publics de sud unité de Ghardaïa.

[20] wikidia. Conductivité thermique [en ligne]. [Consulté le 06.06.2019]. Disponible à l'adresse: https://fr.wikipedia.org/wiki/Conductivit%C3%A9_thermique.

[21] Wikipédia. Résistance thermique de conduction [en ligne]. [consulté le 06.06..2019] Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9sistance_thermique_de_conduction

[22] WikiHow. Comment calculer la chaleur spécifique [en ligne]. [consulté le 21.05..2019] Disponible à l'adresse : <https://fr.wikihow.com/calculer-la-chaleur-sp%C3%A9cifique>

[23] Wikipédi. Capacité thermique. [en ligne]. [consulté le 06.06..2019] Disponible l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Capacit%C3%A9_Thermique

[24] Wikipédia. Diffusivité thermique. [en ligne]. [consulté le 07.06..2019] Disponible l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Diffusivit%C3%A9_thermique

[25] Introduction à la modélisation géométrique avec ANSYS DesignModeler

[26] ITIM YOUCEF. Modélisation du comportement thermomécanique d'un pipeline : influence des jonctions. 2010. mémoire de magister : mécanique appliquée en engineering : université MENTOURI Constantine. « Ch4 »

[27] Goudjil soufiane .Modélisation numérique de fissuration en flexion de béton renforcé par des fibres de palmier dattier. Mémoire de master.2017:Constructions civils et industrielles. Université KASDI Merbah Ouargla.

[28] CHAIB . H. Contribution à l'Etude des Propriétés Thermo-Mécaniques des Briques en Terre Confectionnée par des Fibres Végétale Locale. (Cas de la ville de Ouargla), Thèse de Doctorat ENP, 2017.université KASDI Merbah Ouargla

[29] L'office national de météorologie. Les données climatiques de Ouargla de l'année de 2004 jusqu'à l'année 2014.

ANNEXES

Annexe 1 : Figures

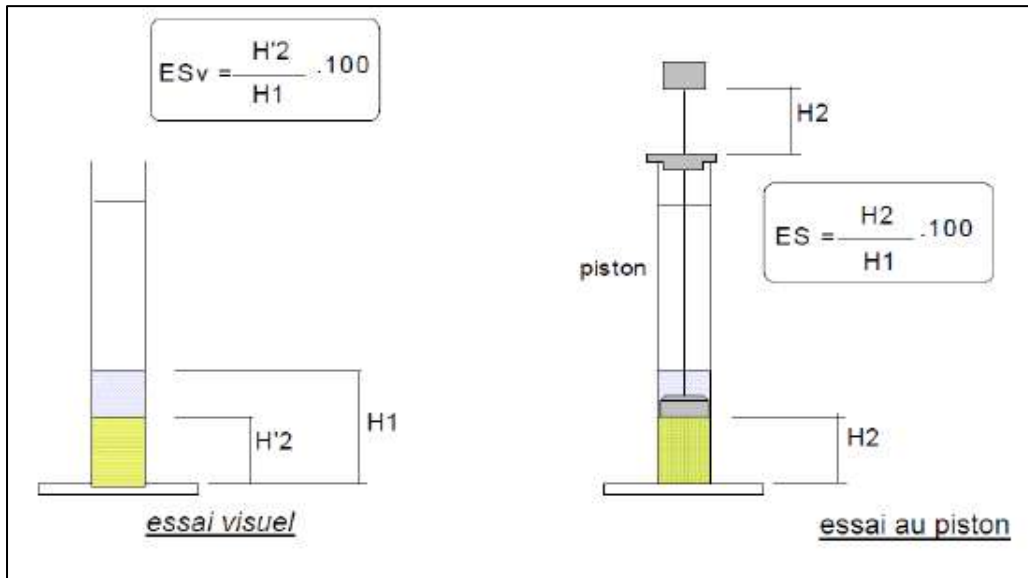


Figure 01: Protocole d'essai équivalent de sable [28]



Figure 02 : Etuve des avec températures plus élevées utilisé pour l'essai de carbonatation



Figure 03 : Balance de précision



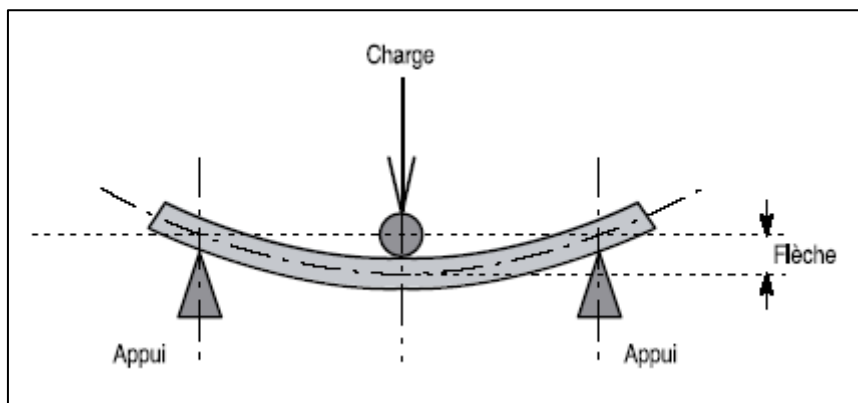
Figure 04: mixeur électrique



Figure 05 : L'appareil d'étalonnage



Figure I06: L'appareil de DRX



Photos I10 : Flexion par 3 point

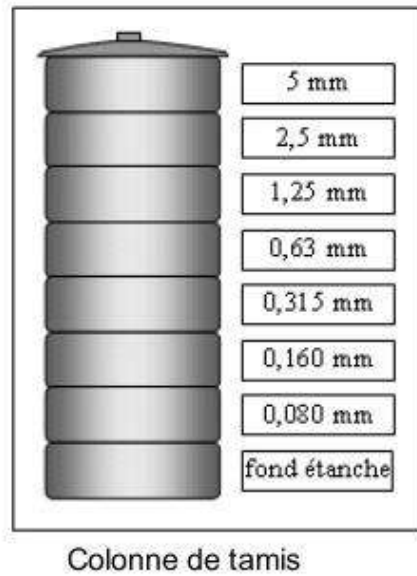
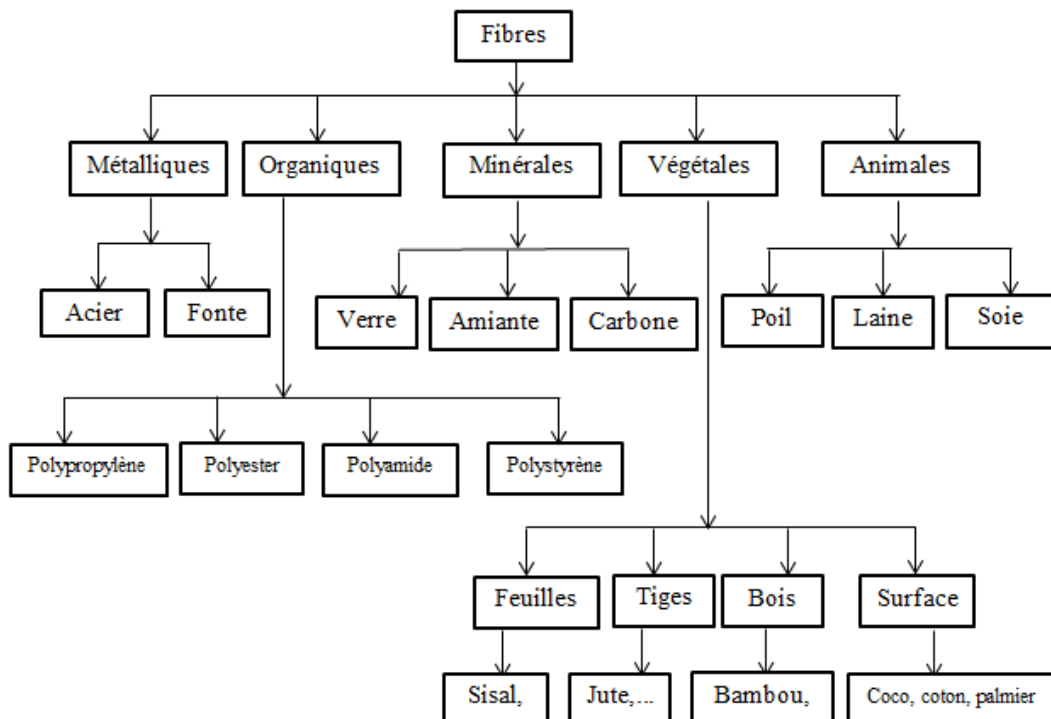
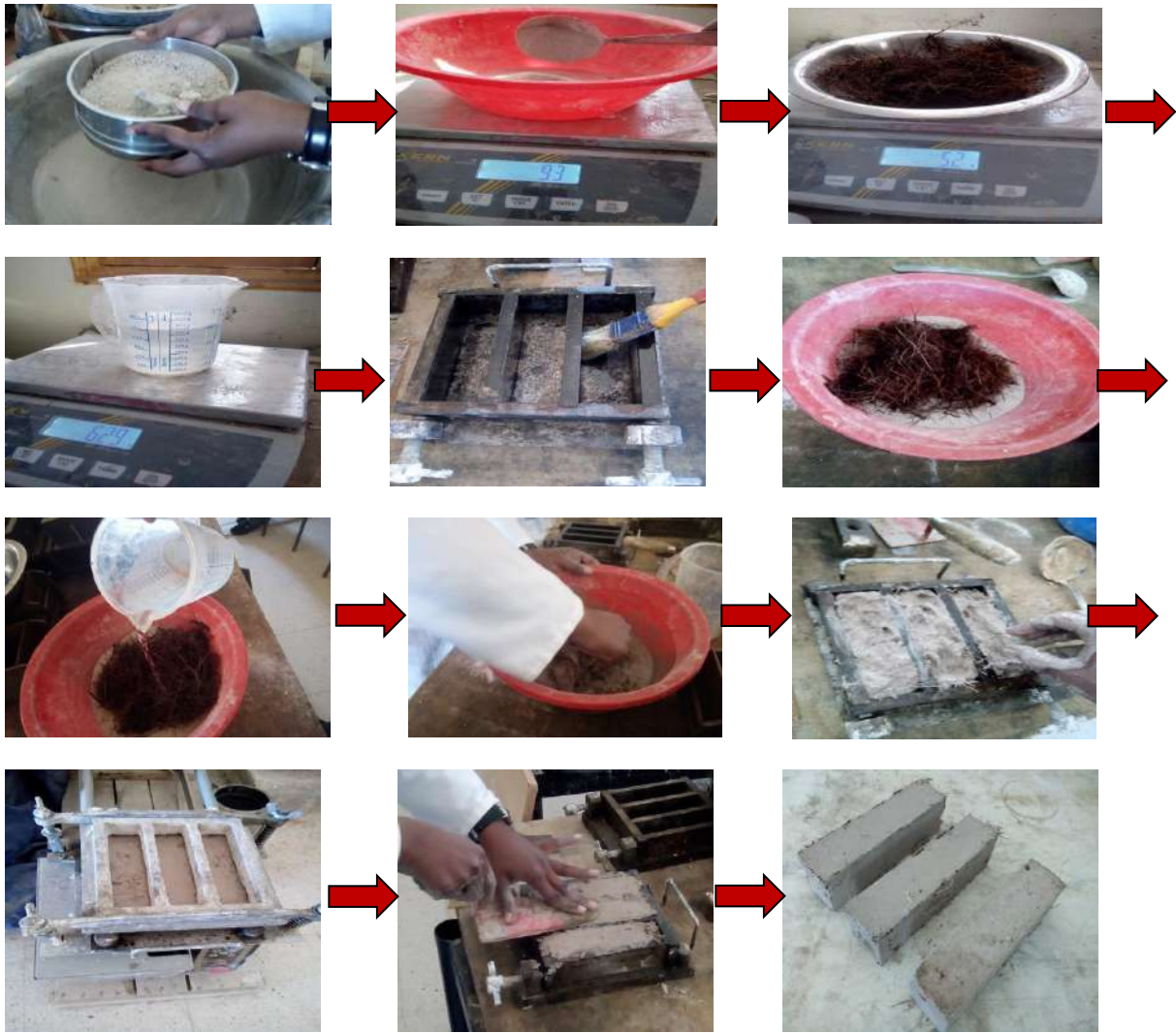


Figure 11 : Les tamis utilisés pour l'essai d'analyse granulométrique par tamisage

Annexe 2 : schémas et organigrammes



Organigramme 01 : présente les types des fibres [15]



Le schéma 01 : les étapes de préparation des briques

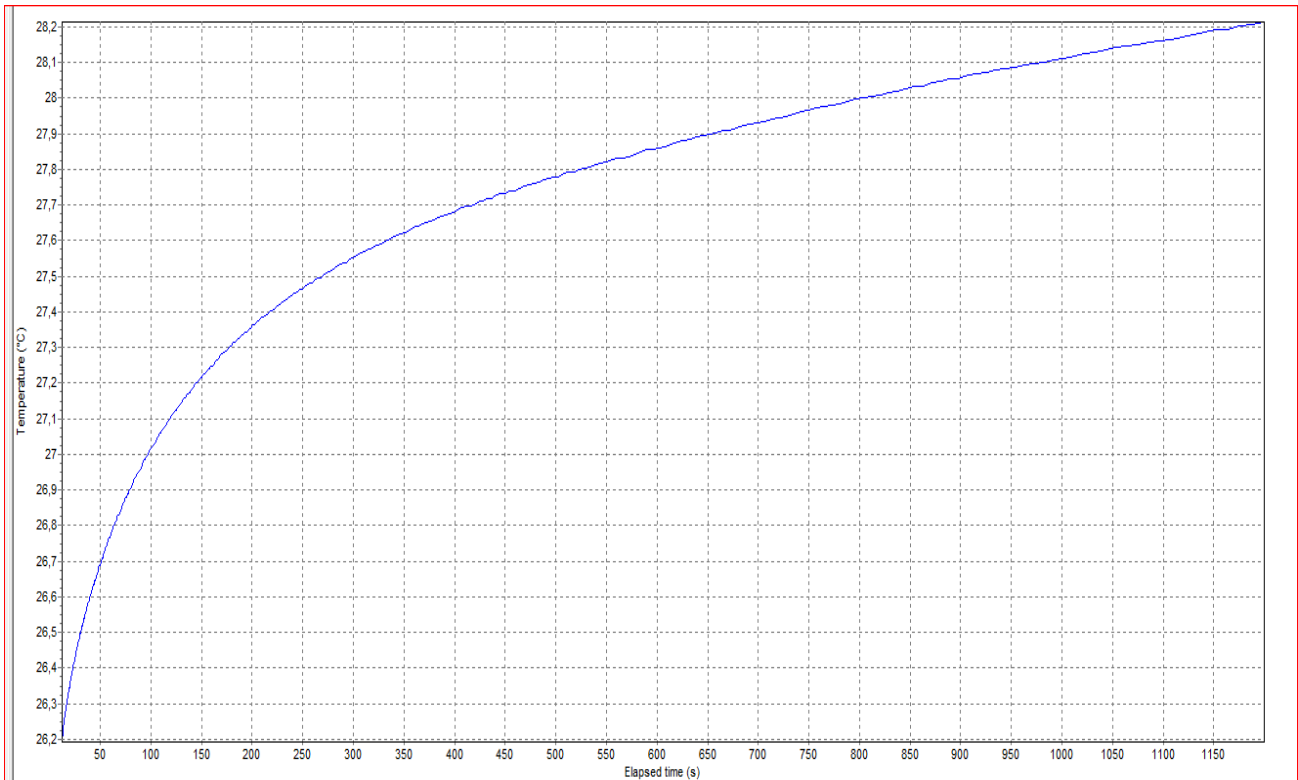


Figure 12 : variation de température en fonction de temps obtenait par l'essai thermique de la composition C1

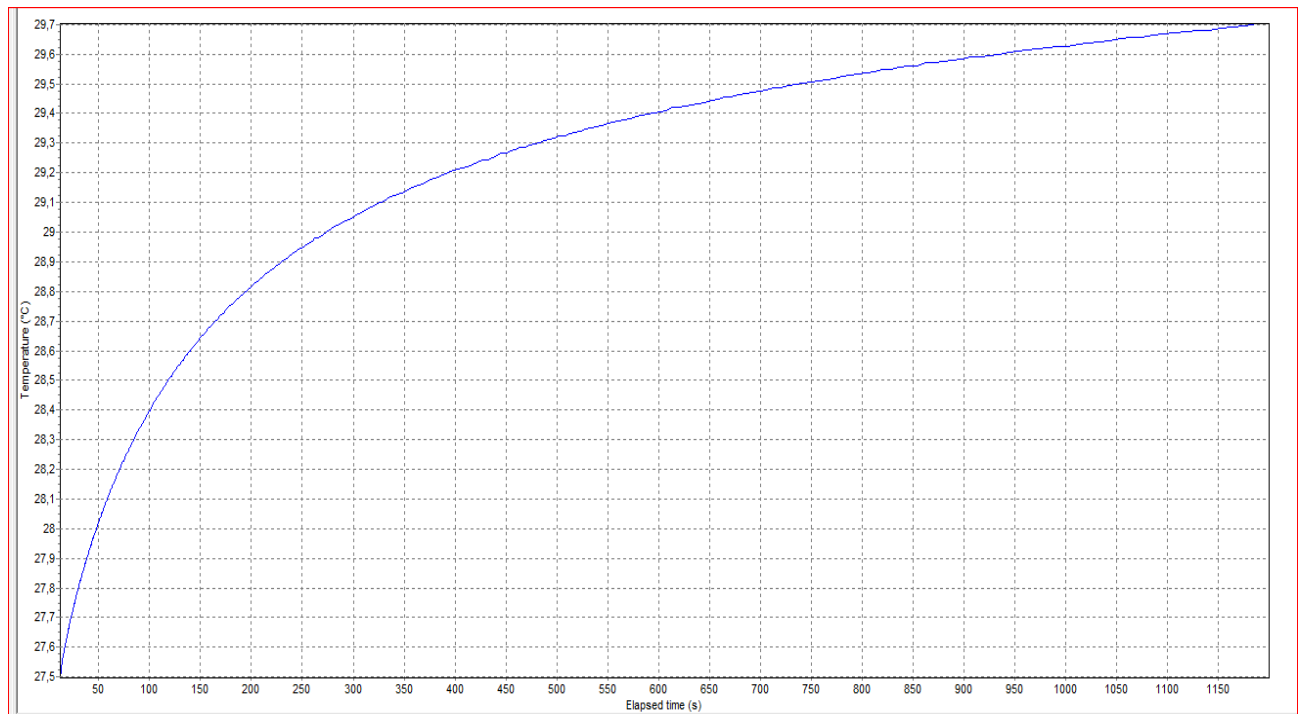


Figure 13 : variation de température en fonction de temps obtenait par l'essai thermique de la composition C2

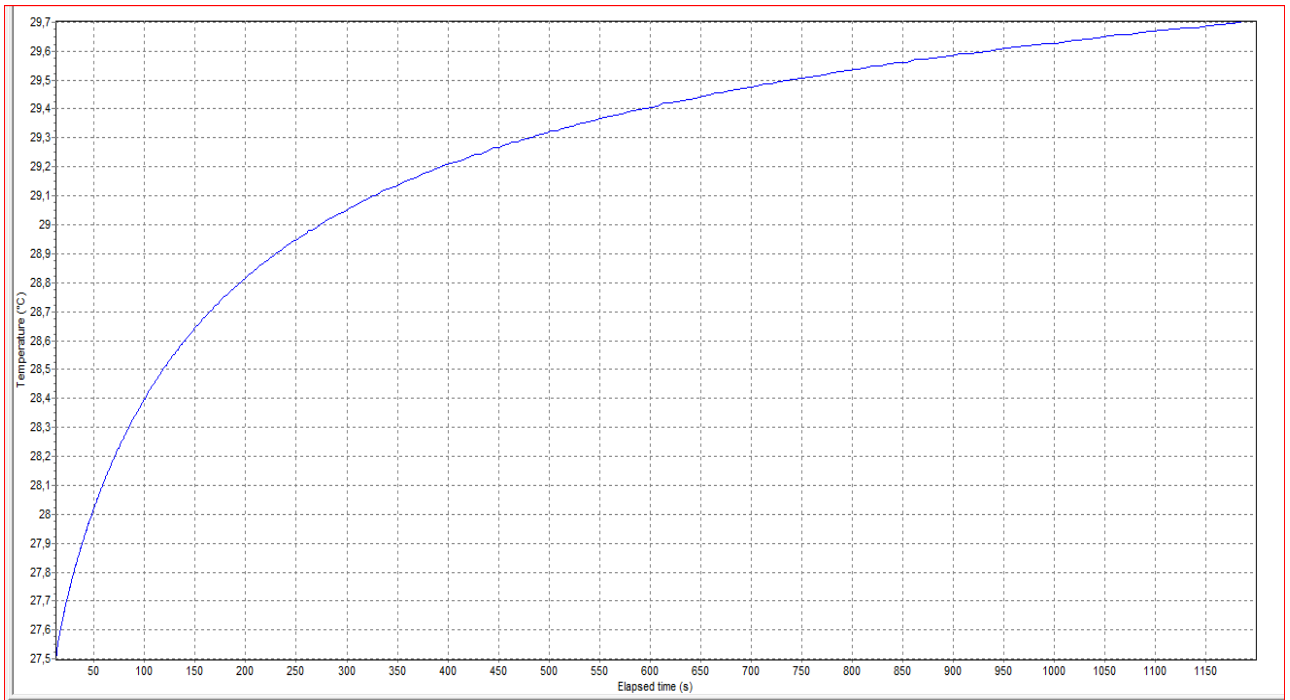


Figure 14 : variation de température en fonction de temps obtenait par l'essai thermique de la composition C3

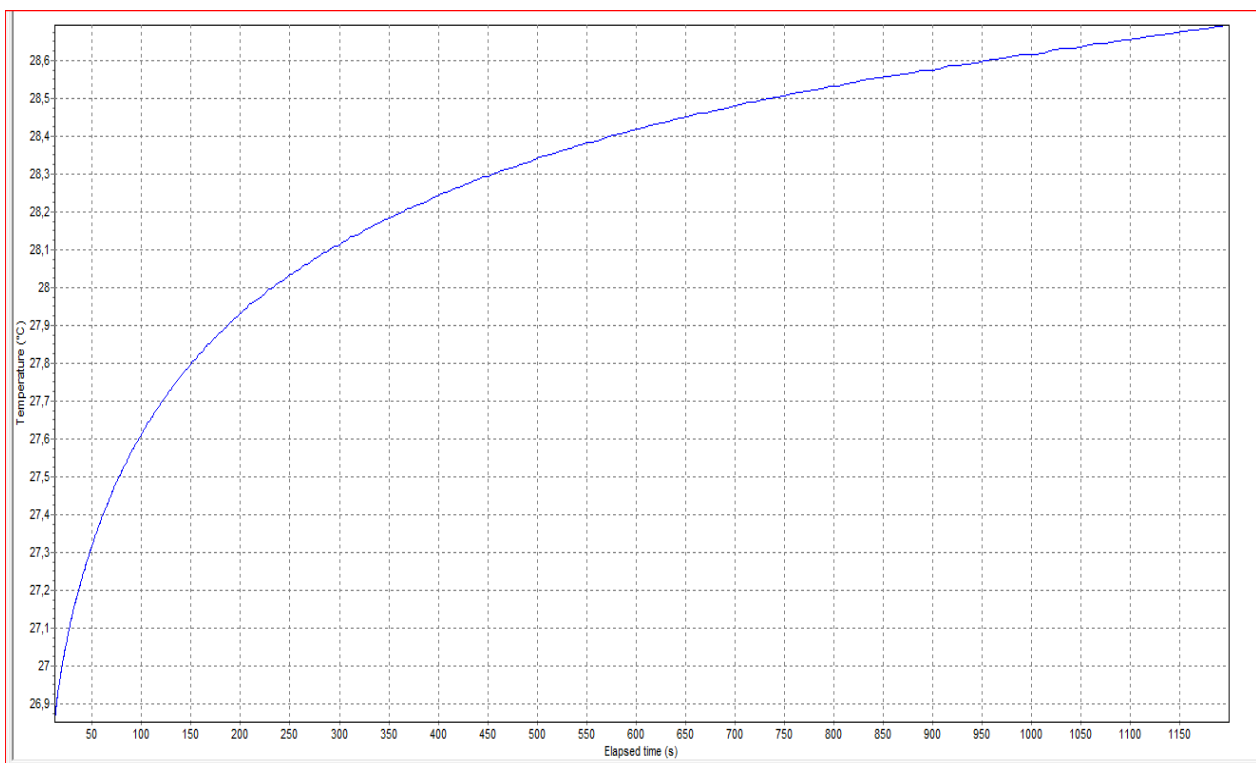


Figure 15 : variation de température en fonction de temps obtenait par l'essai thermique de la composition C4

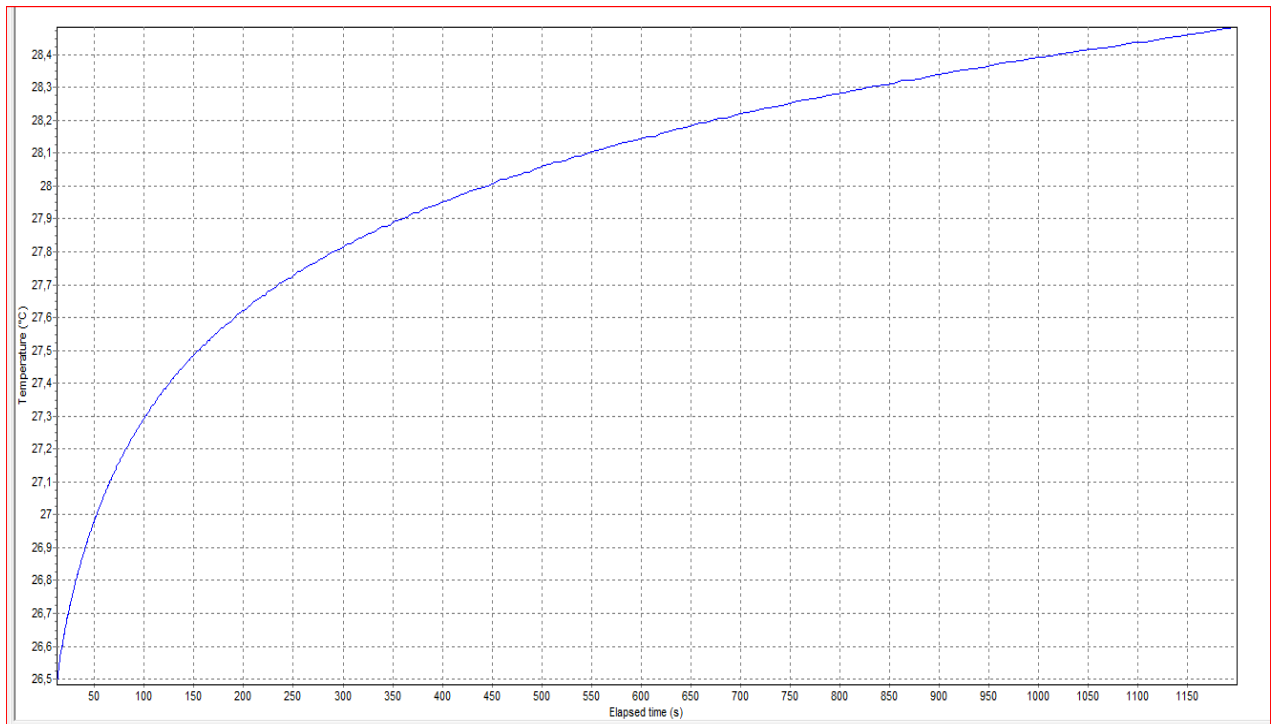


Figure 16 : variation de température en fonction de temps obtenait par l'essai thermique de la composition C5

Annexe 3 : Les tableaux

Tableau01 : Données climatologiques enregistrées au niveau de la station météorologique d'Ouargla (2007-2018) [29]

Année	Mois	TN en °C	TX en °C	UN en %	UX en %	FX en m/s	RR en mm	EVA en mm	INS en Heure
2007	Janvier	4,8	20,0	37	85	10	0	93,0	260,9
	Février	9,2	22,7	28	69	15	Trace	163,7	217,3
	Mars	10,1	24,3	22	62	18	Trace	256,2	287
	Avril	14,9	28,6	26	69	25	3,52	283,4	198,5
	Mai	19,8	35,0	19	50	23	0,3	418,4	224,7
	Juin	25,5	42,0	14	41	15	0	499,8	270,1
	Juillet	26,5	41,4	17	42	14	0	469,3	366,4
	Août	27,6	42,6	17	44	14	2,9	517,5	316,7
	Septembre	25,6	39,1	21	51	14	0	395,8	268,6
	Octobre	18,4	32,1	25	60	27	0,31	276,9	267,9
	Novembre	9,2	23,9	30	70	10	0,01	130,5	275,0
	Décembre	4,8	18,2	38	79	12	6,1	108,7	211,9
2008	Janvier	5,5	18,3	44	86	7,1	5,7	75,5	254,3
	Février	6,1	21,3	31	79	7,0	Trace	136,6	248,9
	Mars	10,9	26,3	26	64	9,0	1,2	210,4	263,2
	Avril	15,7	31,9	19	49	10,0	0	291,8	300,6
	Mai	21,1	36,0	19	48	10,8	Trace	323,4	243,6
	Juin	23,9	39,1	21	49	10,1	0,4	286,4	292,0
	Juillet	29,0	44,9	16	38	9,2	0	428,1	306,9

	Août	28,0	43,3	19	45	8,0	Trace	322,7	308,1
	Septembre	24,6	38,5	25	55	9,8	14,2	312,6	243,1
	Octobre	18,7	30,1	39	79	8,8	24,1	174,8	209,9
	Novembre	9,8	22,1	39	85	7,7	0,2	113,8	261,0
	Décembre	5,4	18,6	38	85	7,3	0,6	78,1	192,0
2009	Janvier	6,8	17,8	48	91	9,1	54,1	80,9	196,1
	Février	7,2	20,3	32	80	8,3	1,5	115,3	253,8
	Mars	10,1	24,7	27	74	8,5	10,6	151,8	267,4
	Avril	12,1	27,5	25	67	8,5	0,8	172,6	321,1
	Mai	18,5	34,4	24	60	8,5	0,0	152,7	338,1
	Juin	25,4	40,9	17	45	9,0	2,5	333,0	270,5
	Juillet	28,7	44,6	15	39	8,3	0,0	417,3	336,5
	Août	27,2	43,0	16	43	3,9	0,0	384,4	343,6
	Septembre	22,1	36,1	28	69	8,7	6,3	222,0	256,8
	Octobre	15,7	30,8	28	67	6,6	0,1	166,5	312,9
	Novembre	9,4	25,5	36	79	5,7	0,0	110,2	275,1
	Décembre	7,7	22,9	30	72	6,9	0,0	111,1	254,9
2010	Janvier	6,6	21,6	31	75	8,4	4,4	109,0	248,8
	Février	9,6	25,4	30	66	9,3	Trace	131,4	197,8
	Mars	12,9	28,1	23	57	10,1	Trace	186,6	219,3
	Avril	17,1	31,3	26	60	9,8	0,7	211,0	262,8
	Mai	18,7	33,6	21	53	10,4	1,7	279,4	311,4
	Juin	25,3	41,3	19	45	11,2	3,0	410,4	218,6
	Juillet	28,4	43,9	18	42	9,2	2,2	425,9	313,1
	Août	28,2	43,6	20	46	8,8	Trace	388,3	352,1
	Septembre	22,8	36,9	29	63	8,9	7,7	221,3	273,7
	Octobre	16,2	30,7	26	68	8,1	3,9	176,6	259,2
	Novembre	9,7	24,9	34	74	8,5	0,0	117,1	257,4
	Décembre	6,6	21,3	29	67	7,4	0,0	109,4	247,6
2011	Janvier	4,8	20,5	40	80	7,0	0,0	81,0	261,2
	Février	5,6	20,5	33	72	8,6	0,0	80,0	257,1
	Mars	9,7	23,9	30	76	9,5	11,1	159,6	265,5
	Avril	14,8	30,7	24	62	10,7	1,7	215,2	306,2
	Mai	18,6	33,7	24	55	9,5	0,0	262,5	332,8
	Juin	23,2	38,3	23	51	9,3	0,0	347,7	244,5
	Juillet	27,7	44,0	18	45	8,7	0,0	438,5	319,7
	Août	26,3	42,3	20	44	8,9	0,0	386,4	357,7
	Septembre	25,1	40,3	21	49	9,3	0,1	245,2	270,1
	Octobre	15,1	29,1	37	78	7,8	5,0	125,9	265,1
	Novembre	10,2	24,3	36	80	8,3	Trace	105,8	259,1
	Décembre	5,2	19,7	47	90	6,7	0,0	62,4	229,8
2012	Janvier	3,5	18,0	44	86	8,8	16,2	61,6	249,0
	Février	3,4	17,3	38	79	9,6	5,5	80,8	273,0

	Mars	8,8	24,5	33	74	8,5	1,0	132,4	252,8
	Avril	14,5	30,4	24	59	10,8	3,5	209,1	293,4
	Mai	19,6	35,5	19	47	10,2	0,0	312,3	328,1
	Juin	27,4	43,2	17	43	8,9	0,0	353,6	231,5
	Juillet	28,6	44,8	15	37	8,9	1,3	382,3	320,8
	Août	27,0	43,1	15	41	9,0	0,3	367,6	349,2
	Septembre	21,7	38,2	18	48	8,7	4,6	332,9	285,5
	Octobre	18,2	33,4	22	55	8,1	Trace	278,3	258,9
	Novembre	11,9	26,3	33	74	7,7	0,0	146,8	236,2
	Décembre	3,7	19,9	35	80	6,8	0,0	90,6	239,7
2013	Janvier	4,9	20,2	35	80	8,1	3,6	100,9	246,6
	Février	5,3	21,2	30	70	8,8	0,0	112,9	267,5
	Mars	11,9	28,6	29	70	9,8	0,2	166,9	277,3
	Avril	15,4	30,9	21	58	11,1	6,3	191,8	268,2
	Mai	19,1	35,5	11	39	10,6	0,0	227,8	330,7
	Juin	23,4	39,8	11	35	9,3	0,0	317,3	226,1
	Juillet	27,8	43,5	10	30	9,1	0,0	414,4	315,9
	Août	26,1	40,7	13	36	9,4	2,4	319,1	340,8
	Septembre	23,2	38,3	16	47	9,2	Trace	287,1	279,4
	Octobre	19,5	35,8	16	44	7,0	0,0	276,7	268,5
	Novembre	10,0	23,4	26	66	7,6	4,6	147,5	245,9
	Décembre	6,3	17,3	47	92	7,3	24,5	55,9	205,0
2014	Janvier	6,2	19,4	34	81	7,4	0,0	87,0	246,7
	Février	8,2	22,8	21	63	8,9	0,0	138,4	244,4
	Mars	10,1	23,8	22	58	11,0	0,4	157,8	252,5
	Avril	15,1	31,4	13	42	8,7	0,0	223,3	309,5
	Mai	20,2	35,2	14	43	10,7	14,1	329,1	316,9
	Juin	23,8	39,7	11	40	10,2	2,0	337,9	225,3
	Juillet	28,5	44,6	10	27	9,2	0,0	488,9	298,5
	Août	27,9	44,1	10	33	8,9	0,0	397,1	320,8
	Septembre	25,8	40,6	13	39	9,9	0,0	287,6	259,5
	Octobre	17,0	32,9	16	48	8,3	2,0	213,2	288,3
	Novembre	12,1	25,7	24	68	7,8	6,8	88,8	224,2
	Décembre	5,9	19,0	33	79	7,5	5,8	85,9	249,8
2015	Janvier	4,0	18,3	26	72	8,4	0,8	93,0	259,0
	Février	6,9	18,8	26	63	9,9	24,5	91,0	218,9
	Mars	10,1	24,6	17	59	8,6	4,7	158,9	299,4
	Avril	16,3	32,1	12	41	9,3	0,0	256,5	272,1
	Mai	20,7	37,0	11	33	9,1	0,0	334,1	347,5
	Juin	24,7	39,8	10	33	9,0	0,0	365,4	239,0
	Juillet	26,5	42,0	10	32	6,9	0,0	346,7	339,0
	Août	29,1	42,8	13	39	9,7	Trace	366,6	310,8
Septembre	23,9	37,9	17	50	8,3	1,3	233,8	226,2	

	Octobre	17,6	31,8	22	56	7,9	Trace	158,5	259,0
	Novembre	10,9	24,3	30	72	6,8	0,0	98,2	270,8
	Décembre	4,8	20,0	34	81	4,7	0,0	75,2	253,9
2016	Janvier	6,5	21,2	25	63	6,6	Trace	135,8	259,8
	Février	8,1	22,7	20	57	7,7	0,0	187,0	249,0
	Mars	9,7	25,7	14	45	8,3	2,0	259,4	302,0
	Avril	16,7	32,8	14	49	10,3	1,0	288,6	285,6
	Mai	21,3	36,0	11	35	12,3	0,0	388,3	259,8
	Juin	24,9	41,0	11	32	10,5	0,0	479,6	190,7
	Juillet	27,4	42,6	10	30	8,9	0,0	486,1	322,1
	Août	26,9	41,3	12	32	9,0	0,0	473,1	352,1
	Septembre	24,3	38,0	17	49	8,7	4,6	301,9	282,0
	Octobre	19,4	34,2	19	56	8,3	4,3	278,9	251,0
	Novembre	10,5	24,5	25	67	3,8	0,7	157,7	228,8
	Décembre	8,1	19,5	41	87	6,6	4,5	85,3	211,0
2017	Janvier	3,4	17,5	27	72	8,7	0,3	110,7	263,2
	Février	8,5	23,1	22	58	10,0	0,0	172,6	204,2
	Mars	11,5	26,1	18	57	9,9	20,7	239,2	285,1
	Avril	15,2	29,9	17	50	11,7	0,8	283,9	272,1
	Mai	22,9	37,5	12	37	11,8	Trace	464,9	283,9
	Juin	25,5	40,4	12	35	11,7	0,2	433,3	205,3
	Juillet	27,3	43,1	11	27	9,9	0,0	505,1	325,3
	Août	27,1	42,9	10	32	10,5	0,0	439,3	366,1
	Septembre	21,9	36,6	18	56	10,3	12,8	270,4	266,0
	Octobre	16,1	29,4	25	68	8,0	22,6	187,2	296,4
	Novembre	9,4	22,9	29	76	8,5	14,6	129,2	240,1
	Décembre	5,4	18,2	33	80	9,4	2,6	80,3	226,0
2018	Janvier	5,5	20,7	25	71	9,2	0,0	118,6	253,4
	Février	6,9	19,7	26	73	10,9	5,3	97,5	208,6
	Mars	11,9	26,8	14	49	13,1	0,0	193,6	246,9
	Avril	16,4	30,6	15	47	11,8	0,0	261,4	262,3
	Mai	20,2	34,9	14	48	12,5	4,8	275,0	313,3
	Juin	24,5	39,7	12	37	10,3	0,0	290,6	241,5
	Juillet	30,5	47,4	9	22	10,0	0,0	566,6	284,5
	Août	26,8	40,4	16	46	11,4	0,9	358,1	321,2
	Septembre	24,7	38,5	17	49	9,4	11,0	265,4	281,4
	Octobre	16,9	30,1	22	56	8,6	0,0	214,3	247,9
	Novembre	10,4	24,1	27	68	7,8	0,8	143,7	244,5
	Décembre	4,9	20,5	30	75	6,1	0	105,6	272,1

Annexe 4 : Les normes

Détermination des insolubles (Norme NFP 15-461)

Définition : les insolubles sont les silicates : corps insolubles dans l'acide chlorhydrique.

Mode opératoire :

- 1 : Opérer sur 2 g d'échantillon ; les mettre dans un bécher
- 2 : Ajouter 100 cm³ d'acide chlorhydrique à 10%
- 3 : chauffer rapidement pendant quelque instant jusqu'à ce que le liquide soit juste jaune clair
- 4 : filtrer immédiatement la liqueur chaude sur filtre sans cendre
- 5 : laver à l'eau bouillante jusqu'à disparition des ions Cl⁻
- 6 : Réserver le filtrat qui servira à la détermination de la teneur des ions SO₄²⁻
- 7 : Mettre le filtre et son contenu dans une capsule de 250 ml et recouvrir avec 100 ml de solution Na₂CO₃ à 5%
- 8 : faire bouillir pendant un quart d'heure puis filtrer
- 9 : Laver à l'eau bouillante puis avec HCL à ½, enfin avec de l'eau distillée
- 10 : Calciner et peser.

Détermination du taux des Sulfates (Norme BS1377-test 10)

Les sulfates solubles dans l'eau, généralement trouvés dans les sols, sont le sulfate de sodium Na₂SO₄ et le sulfate de magnésium MgSO₄. Le sulfate de calcium CaSO₄, communément trouvé sous forme de gypse, est faiblement soluble dans l'eau mais il est promptement soluble dans l'acide chlorhydrique dilué. Le traitement à l'acide chlorhydrique est ainsi nécessaire si la quantité totale des sulfates est exigée.

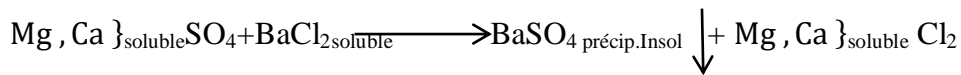
Les solubilités maximales approximatives dans l'eau des 3 sels mentionnés, exprimées en terme SO₃ par litre à environ 20°C, sont les suivantes :

Sulfate de sodium : 240 g/l

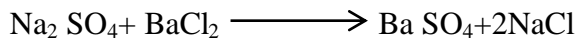
Sulfate de magnésium : 180 g/l

Sulfate de calcium : 1,2 g/l

Dans les méthodes gravimétriques décrites ai 1.6.5, les sulfates dissous sont précipités sous forme de sulfate de baryum insolubles comme résultats d'une réaction avec le chlorure de baryum dans des conditions légèrement acides. La réaction chimique avec le sulfate de magnésium et le sulfate de calcium peut être représentée par l'équation :



La réaction est similaire avec le sulfate de sodium, mais l'équation est:



Le précipité de sulfate de baryum est filtré, séché et pesé. A partir des masses atomiques,

Le pourcentage équivalent de SO_3 dans l'échantillon original est calculé comme suite:

Tableau II-11 : calcul de pourcentage équivalent de SO_3

Elément	masse atomique	nombre d'atome	
S	32	x1	=32
O	16	x3	=48
Masse de $\text{SO}_3 = 32 + 48 = 80$			

Ainsi la masse de SO_3 sera de $80/233=0,343$ fois la masse du sulfate de baryum précipité. Si la masse du précipité est m_4 et la masse du sol utilisé est m_3 , le % de SO_3 dans le sol utilisé est donné par :

$$\left(\frac{m_4}{m_3}\right) \times 0,343 \times 100\% = 34,3 \times \left(\frac{m_4}{m_3}\right)$$

Si la masse m_3 n'était pas prise de l'échantillon original, mais de la fraction des passants à 2 mm, le % calculé doit être multiplié par m_2/m_1 pour le convertir en % de l'échantillon original.

Où :

m_1 = masse de l'échantillon avant tamisage

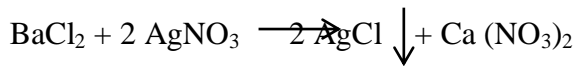
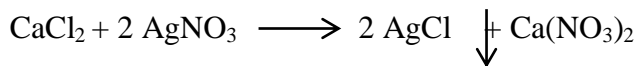
m_2 = masse de l'échantillon passant au tamis de 2 mm.

Il est d'usage d'exprimer les sulfates en SO_3 . Le BRE DIGEST 174(1975) et d'autres références qui donnent les conseils pratiques pour la mise en œuvre du béton dans les sols où les sulfates sont présents, basent sur leurs recommandations sur l'ion SO_3 .

L'addition de l'eau de brome durant l'étape de l'extraction de l'acide oxyde quelques éléments métalliques qui peuvent être présents et qui peuvent d'une certaine manière contaminer le sulfate de baryum.

Les oxydes sont insolubles dans une solution alcaline, et l'addition de l'ammoniac les fait précipiter, ainsi ils peuvent être enlevés avant la réaction avec la chlorure de baryum.

Durant la filtration finale, la présence de chlorure soluble restant est indiquée par la turbidité quand une goutte de l'eau de lavage est testée avec une solution de nitrate d'argent.



Le lavage doit continuer jusqu'à ce qu'il n'y ait pas de turbidité.

Sécher, incinérer, calciner à 900°C pendant 15 minutes, passer au dessiccateur et peser : m4.

Détermination du taux de carbonates d'un sol (Norme FP 15-461)

On détermine le taux de carbonates d'un sol pour trouver le % de calcaire. Une teneur en carbonate élevée signifie une faible teneur en minéraux argileux et généralement indique une résistance au cisaillement relativement élevée.

On applique sur l'échantillon de sol un excès d'acide chlorhydrique et excès est dosé en retour par une solution d'hydroxyde de sodium d'où on détermine exactement le taux de carbonates existant dans le sol.

Détermination du taux de chlorures (Norme BS BOWLY)

Principe : On fait agir en milieu neutre, PH sensiblement égal à 6,5 ou 7, une solution à titrer du nitrate d'argent sur une prise d'essai en présence de K_2CrO_4 . La solution est de couleur jaune, quand on verse la solution d' AgNO_3 , le chlore précipite à l'état d' AgCl (blanc). Lorsque tout le chlore sera transformé en AgCl , la couleur rouge brique persistante due à la formation de CrO_4Ag_2 .

Protocol résume :

1. A partir de l'échantillon représentatif, prendre 1 Kg (les particules $\leq 20\mu\text{m}$)
2. Etuver l'échantillon à $105^\circ\text{C} \leq T \leq 110^\circ\text{C}$
3. Ecraser l'échantillon et le faire passer au tamis $600\mu\text{m}$
4. Placer 100 g de sol sec dans une fiole de 500 ml
5. Ajouter à l'échantillon de sol 200 ml d'eau distillée
6. Agiter pendant 25 heures, attention ne pas appliquer la chaleur
7. Transférer 25 ml à l'aide d'une pipette puis filtrer (au besoin)
8. Titrer à PH neutre avec le nitrate d'argent.

الملخص:

في هذه الدراسة نهتم بدراسة السلوك الميكانيكي و الحراري لطوب من الجبس التقليدي المدعم بألياف النخيل. في البداية قمنا بإجراء التجارب التعريفية على المادة الأساسية (الجبس التقليدي)، بهدف تعريف هذه المادة فيزيائياً و كيميائياً، حيث توضح لنا من خلال النتائج المتحصل عليها بأن هذه المادة تحتوي على 16% حصى ، 33% رمل خشن ، 39% رمل ناعم 10.5% طين و 1.5% طمي. قوة الملاحظة خطر انكماش أو تورم الطوب المصنوع من هذه المواد. أي ما يعادل التربة الطميية (تربة بلاستيكية سيئة وحساسة للماء). تظهر نتائج التحاليل الكيميائية أن الجبس التقليدي يشكل كمية صغيرة من الأملاح ولكن هناك نسبة كبيرة من كبريتات الكالسيوم ، والتي تشير إلى أن هذه المادة هي من مصدر الجبس.

بعد هذه المرحلة التي تعد أساسية، انتقلنا إلى مرحلة دراسة الطوب حيث قمنا بتحضيره بالاعتماد على نسب مئوية كتلية للجبس التقليدي و الألياف، هذا الأخير الذي تتراوح نسبته ما بين 0 و 4 بالمئة مع الاعتماد على وزن ابتدائي للجبس التقليدي و الذي تراوحت هو كذلك من 100 إلى 96 بالمئة. هذا الطوب طبقنا عليه تجربة (سرعة الموجات الصوتية، تجربة الانحناء بثلاث نقاط، الضغط البسيطة و حسبنا أيضا الكتلة الحجمية لكل عينة)، بعد الحصول على النتائج لاحظنا أن وزن العينات يخف بزيادة نسبة الألياف، مقاومة الطوب للانضغاط كانت تتناقص بزيادته كذلك، أما مقاومة الانحناء فقد كانت تتزايد بتزايد نسبة الألياف و هذا راجع لمقاومة الألياف للشد مما عزز هذه المقاومة، أخيراً سرعة الأمواج الصوتية سجلت تذبذب في النتائج السبب قد يرجع لخطأ حدث أثناء رج العينات و نخص بالذكر العينة 3. كخلاصة لهذه النتائج نقول بأن العينة C5 التي احتوت على 4 بالمئة من الألياف و 96 بالمئة من الجبس التقليدي هي التركيبية التي أعطت أحسن سلوك ميكانيكي.

من خلال الدراسة الحرارية وجدنا بأن العينة C2 كان لها أحسن سلوك حراري لأنها أعطت أحسن قيم للناقلية الحرارية، الحرارة النوعية، المقاومة الحرارية، معامل الانتقال الحراري، انتشار الحرارة، التأثيرات الحرارية والقدرة الحرارية.

آخر شيء قدمناه كان النمذجة باستعمال برنامج الحاسوب ANSYS. هذه النمذجة كان الهدف منها تحليل السلوك الميكانيكي و الحراري للطوب المدروس لم نكملها بسبب عامل الوقت، حيث قدمنا في المذكرة الخطوات الـ 3 الأولى لاستعمال البرنامج.

الكلمات المفتاحية – طوب، جبس تقليدي، ألياف، خصائص ميكانيكية، خصائص حرارية

Abstract:

In this study, we are interested in studying the mechanical and thermal behavior of traditional plaster bricks supported by palm fibers. In the beginning, we conducted tests on the basic materials (traditional gypsum) to identify these materials physically and chemically. The results showed that this material contains 16% of gravel, 33% of coarse sand, 39% fine sand and 10,5% sand. 1,5% Silt. The risk of swelling of the bricks made of these materials may be observed. The results of chemical analyze show that traditional plaster consists of a small amount of salts, but there is a large proportion of calcium sulphate, which indicates that the material is originally from gypsum.

After this basic step, we resorted to studying bricks, where we prepared it based on percentages of gypsum and traditional fibers, the latter ranges between 0% and 4%, and the initial weight of the traditional gypsum also ranges from 100% to 96%. We found that the weight of the specimens decreased with the increase in percentage of fibers and decreased the resistance of the bricks to the pressure as well. In short, we said that the C5 sample, which contains 4% fiber and 96% of the traditional gypsum, is the configuration that gave the best mechanical behavior.

We found that C2 had the best thermal behavior because it gave the best values for heat conductivity, heat resistance, heat resistance, heat transfer coefficient, thermal diffusion, thermal stress and thermal capacity.

After applying the same results, we observed an improvement in the mechanical behavior of the bricks, which explains the lack of space in the bricks and increased cohesion between fibers and gypsum. The last thing we introduced was modeling using ANSYS. This modeling is intended to analyze the mechanical and thermal behavior of school bricks that we did not complete because of the time factor. We have introduced the first three stages of program use.

Keywords- Bricks, traditional gypsum, fibers, mechanical properties, thermal properties.

Résumé :

Dans cette étude, nous nous intéressons à l'étude du comportement mécanique et thermique des briques de plâtre traditionnel supportées par la fibre de palme. Au début, nous avons mené des essais sur le matériau de base (gypse traditionnel), afin de définir ce matériau physiquement et chimiquement, en nous montrant par les résultats obtenus que ce matériau contient 16% de gravier, 33% de sable grossier, 39% de sable fin 10,5% Argile et 1,5% de limon. Peut observer un risque de gonflement des briques faites de ces matériaux. Les résultats des analyses chimiques montrent que le plâtre traditionnel consiste en une petite quantité de sels, mais qu'il existe une proportion importante de sulfate de calcium, ce qui indique que ce matériau est à l'origine du gypse.

Après cette étape essentielle, nous nous sommes tournés vers l'étude des briques, où nous l'avons préparée sur la base de pourcentages de gypse traditionnel et de fibres, ces dernières variant entre 0% et 4%, le poids initial du gypse traditionnel variant également de 100% À 96%. Nous avons constaté que le poids des échantillons diminue avec l'augmentant pourcentage des fibres et que la résistance des briques à la compression diminuait également. La vitesse des ondes sonores a enregistré une fluctuation des résultats, probablement due à une erreur survenue lors de l'échantillonnage, notamment de l'échantillon 3. En résumé, nous avons dit que l'échantillon C5, qui contenait 4 Pourcentage de fibres et 96% de gypse traditionnel est la composition qui a donné le meilleur comportement mécanique.

Nous avons constaté que C2 avait le meilleur comportement thermique car il donnait les meilleures valeurs de conductivité thermique, de chaleur spécifique, de résistance thermique, de coefficient de transfert de chaleur, de diffusion thermique, d'effusivités thermiques et de capacité thermique.

Après avoir appliqué les mêmes résultats, nous avons constaté une amélioration du comportement mécanique des briques, ce qui explique l'absence de nombre d'espaces dans les briques et l'augmentation de la cohésion entre les fibres et le gypse. La dernière chose que nous avons introduite était la modélisation à l'aide d'ANSYS. Cette modélisation visait à analyser le comportement mécanique et thermique des briques étudiées que nous n'avons pas complétées à cause du facteur temps Nous avons présenté dans la mémoire les trois premières étapes de l'utilisation du programme.

Mots clés : briques, plâtre traditionnel, fibres, caractéristiques mécaniques, caractéristiques thermiques.