



**FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES**

C:.....

R:.....

Département de : Génie Civil et Hydraulique

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

**Master, Filière: Génie civil**

**Spécialité : Structure**

**Thème**

**Etude thermique des prototypes confectionnés par des briques  
à la base du plâtre traditionnel Timchemt (période d'été)**

**Présenté par :**

- ❖ **ABBAS Aimen**
- ❖ **KHERFI Abdelkrim**

Soumis au jury composé de :

<b>KHELLOU Abdrrezak</b>	<b>Grade MCB</b>	<b>UKM-Ouargla</b>	<b>Président</b>
<b>MEDDOUR Yahia</b>	<b>Grade MAA</b>	<b>UKM-Ouargla</b>	<b>Examineur</b>
<b>CHAIB Hachem</b>	<b>Grade MCB</b>	<b>UKM-Ouargla</b>	<b>Encadreur</b>

## ***Remerciements***

*Remerciement Je tiens d'abord à remercier Allah le Tout Miséricordieux de m'avoir donné la patience, le courage et la volonté qui m'ont permis d'accomplir ce travail de recherche.*

*Je remercie mon encadreur M. Chaib Hachem pour sa disponibilité et son aide précieuse. Je remercie M.Mekhermech docteur d'état au département de génie civil et hydraulique à l'université Kasdi Merbah, pour son aide et son soutien.*

*Mes remerciements les plus tendres a mes parents qui m'ont beaucoup aidé et soutenu pendant toutes les années de mes études je leur exprime toute ma reconnaissance, qu'Allah le Tout Puissant vous récompense par le prix de son vaste paradis.*

## *Dédicace*

*Avec tout l'amour éternel et avec l'intensité de mes sentiments  
je dédie ce mémoire à mes chers parents.*

## Résumé

Les matériaux de construction nouvellement utilisés sont coûteux en raison de leur production difficile et de leur manque de sources, ils ont de faibles caractéristiques thermiques, en particulier dans les régions désertiques, qui ont un climat chaud et sec durant toute l'année et des alternatives de qualité doivent être trouvées

Les travaux effectués visent à étudier la possibilité d'utiliser plâtres traditionnel qui est disponible dans les régions du désert comme matériau de construction primaire en préparant des briques. Afin d'étudier les propriétés thermiques de ce dernier, nous avons préparé une quantité de salaire et puis préparé des modèles avec une brique de terre cuite, un parpaing et une briques de plâtre traditionnelle, puis, nous avons étudié ses propriétés thermiques et analysé les résultats montrant qu'il a une résistance thermique élevée par rapport aux matériaux mentionnés ci-dessus et a des caractéristiques Mécanique relativement acceptables.

Cette étude permet l'utilisation future du matériel étudié pour la construction dans les zones chaudes et peut donc contribuer à l'économie de l'énergie électrique et les dépenses de la production des matériaux habituels. L'utilisation du plâtre traditionnel est considérée pour préserver et raviver le patrimoine.

Les résultats ont montré que le Timchemt est très fiable il arrive a une différence de 11,4° précisément la période d'après-midi vers 14h ce que le rends bénéfique coté consommation énergétique.

**Les mots clés :** brique en plâtre traditionnel, béton, résistance thermique, habitat, confort.

## ملخص

مواد البناء المستعملة حديثا تعتبر مكلفة نظرا لصعوبة إنتاجها و نقص مصادرها كما أنها ذات خصائص حرارية ضعيفة خاصة في المناطق الصحراوية التي تتميز بالمناخ الحار والجاف في اغلب فترات السنة وكان لا بد من إيجاد بدائل نوعية العمل المنجز يهدف إلى دراسة إمكانية استخدام الجبس التقليدي المتوفر جدا بالمناطق الصحراوية كمادة أولية للبناء و ذلك عن طريق إعداد طوب به. من اجل دراسة الخصائص الحرارية لهذه الأخيرة قمنا بإعداد كمية من الأجر من ثم اعدنا و نماذج مجسمة بالأجر العادي و مجسم بالطوب و آخر باجر الجبس التقليدي و بعدها قمنا بدراسة خصائصه الحرارية تحليل النتائج توضح انه ذو مقاومة حرارية عالية مقارنة بالمواد سألقة الذكر كما انه يتمتع بخصائص ميكانيكية مقبولة نسبيا.

هذا ما يتيح إمكانية استعمال المادة المدروسة مستقبلا للبناء في المناطق الحارة و بذلك قد نساهم في اقتصاد الطاقة الكهربائية و إنفاقات إنتاج المواد المعتادة كما يعتبر استعمال الجبس التقليدي محافظة على التراث و إعادة إحياءه.

اظهر الجبس التقليدي مقاومة حرارية جيدة جدا خاصة في أوقات الظهيرة حيث وصل الفرق في درجة الحرارة إلى 11.4 درجة على الساعة 2 زوالا و هذا ما يجعله اقتصادي على مستوى استهلاك الطاقة.

**الكلمات الدالة :** اجر الجبس التقليدي، الخرسانة، المقاومة الحرارية، الإسكان، الراحة

## **Abstract**

Building materials newly used are seen expensive due to their difficult production and the lack of sources, as well as their poor thermal properties particularly in desert regions which are distinguished by hot and dry climate most of the year. Therefore, it called for significant alternatives.

The work submitted aims to study the possibility of using the traditional gypsum, the very available in desert areas as a primary building material by making bricks of it. In order to study the thermal properties of these latter, we prepared an amount of bricks then we made models of ordinary brick, brick of paripaing, and the traditional gypsum. We, then, examined the thermal properties and analyzed the results that showed that the last model has high thermal resistance compared to the other two materials, and it enjoys mechanical characteristics relatively acceptable what allows the possibility of using the material under study in the future to construction in hot regions, and thus we may contribute to the economy of electric energy and the usual expenditures on material production, as well as, the use of traditional gypsum means maintaining and reviving the local heritage.

The results showed that Timchet is very reliable, it reached the difference of 11.4° precisely.the afternoon period around 2PM what makes it beneficial in terms of energy consumption.

**Key words :** brick of traditional gypsum , thermal resistance , habitat, confort

## Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I synthèse bibliographique.....	3
I.1. Introduction.....	3
I.2. Définition des ksour.....	3
I.2.1. Le ksar d’Ouargla.....	4
I.2.2. Ksar de Témacine.....	6
I.3. Les différents techniques de construction en terre.....	7
I.3.1. Le Pisé.....	7
I.3.2. l’Adobe.....	7
I.3.3. la Bauge.....	8
I.3.4. Le Torchis.....	8
I.4. Origine de gypse (la région d’Ouargla).....	9
I.4.2. Le plâtre traditionnel (timchemt).....	10
I.3.2. Méthode de Fabrication de plâtre traditionnel.....	11
I.3.3. Les Avantages et les Inconvénients de Timchemt.....	13
I.5. Donnée climatique.....	13
I.5.1. Le confort.....	14
I.5.2. Confort thermique.....	14
I.5.3. Analyse Climatique de la ville d’Ouargla.....	15
I.5.4. Caractéristiques climatiques de la ville d’Ouargla.....	15
I.6. Consommation énergétique a la région d’Ouargla.....	17
I.6.1. Nombre des abonnés.....	17
I.6.2. Consommation énergétique.....	17
I.7. Conclusion.....	18
Chapitre II Méthode et Matériels.....	19
II.1. Introduction.....	19
II.2. Les analyses physicochimiques.....	19
II.2.1. Analyse Physique.....	19
II.2.1.1. Analyse Granulométrique.....	19
a) Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage (NF P 94-056 mars 1996).....	19
b) Analyse granulométrique par sédimentation (NF P94-057).....	20
II.2.1.2. Masse volumique (NF EN 1097).....	21
a) La masse volumique apparente.....	21
b) La masse volumique absolue.....	21

II.2.1.3.Essai au bleu de méthylène (NFP 94-068).....	22
II.2.2.Les Analyses Chimiques.....	23
II.2.2.1.Principe de détermination de la teneur en sulfates (BS 1377).....	24
II.2.2.2.Principe de détermination dosage en retour des carbonates (NFP15-461).....	25
II.2.2.3.Principe de détermination dosage des chlorures (méthode de MOHR).....	26
II.2.3.Analyse élémentaire par diffraction des rayons X.....	27
II.3.Conclusion.....	30
Chapitre III Résultats et interprétations.....	31
III.1. Introduction.....	31
III.2. Confection des briques de Timchemt.....	31
III.3. les caractéristiques des matériaux.....	33
III.4. Réalisation et l'étude thermique des prototypes.....	35
III.4.1. Présentation des prototypes.....	35
III.4.1.1.Confection des prototypes.....	36
III.4.1.2. Les étapes de réalisation P3.....	37
III.4.2. l'étude thermique des prototypes.....	38
III.5. Résultats et interprétation.....	39
• L'influence de température prototype 1.....	39
• L'influence de température sur prototype 2.....	41
• L'influence de température prototype 3.....	43
• L'influence de température sur les prototypes P1, P2, P2.....	45
III.6. CONCLUSION.....	48
Conclusion et recommandations.....	49
Référence Bibliographique.....	50

## LISTE DES FIGURES

---

### Chapitre I : synthèse bibliographique

<b>Figure I.1</b> Wilayas d'implantation des ksour et zone d'étude	4
<b>Figure I.2.</b> Ksar d'Ouargla	5
<b>Figure I.3</b> Les trois tribus de Ksar	5
<b>Figure I.4</b> Ksar de Témacine	7
<b>Figure I.5</b> Le Pisé	7
<b>Figure I.6</b> L'Adobe	8
<b>Figure I.7</b> La Bauge	8
<b>Figure I.8</b> Le Torchis	8
<b>Figure I.9</b> Gisement de pierre à Bour El Haicha Sol façonné, bloc dégagé, grosses pierres taillées dans le bloc	10
<b>Figure I.10</b> Les étapes de fabrication de Timchemt	12
<b>Figure I.11</b> Carte de l'ALGERIE (situation de la ville d'Ouargla)	15
<b>Figure I.12</b> Les zones climatiques d'ete. Source : (ENAG, 1993)	15
<b>Figure I.13.</b> Température mensuelle moyenne de la region d'Ouargla (2019)	16
<b>Figure I.14</b> Précipitation mensuelle moyenne de la région d'Ouargla	16

### Chapitre II : Méthode et matériels

<b>Figure II.1</b> Analyse granulométrique par sédimentométrie	20
<b>Figure II.2</b> Essai de la masse volumique apparente et absolue	22
<b>Figure.II.3</b> Essai de bleu de méthylèn	22
<b>Figure II.4</b> Secteur graphique présente les résultats des essais chimiques de plâtre traditionnel	27
<b>Figure II.5</b> L'unité de base de DRX	29
<b>Figure.II.6</b> Diffracto-gramme de Timchemt	29



---

### Chapitre III : Résultats et interprétations

<b>Figure III.1</b> Timchemt pesé	31
<b>Figure III.2</b> malaxage de Timchemt	31
<b>Figure III.3</b> moulage des briques	32
<b>Figure III.4</b> démoulage des briques	32
<b>Figure III.5</b> les briques au séchage	33
<b>Figure III.6</b> brique obtenue	33
<b>Figure III.7</b> la résistance à la flexion	34
<b>Figure III.8</b> la résistance à la compression	34
<b>Figure III.9</b> La masse volumique	34
<b>Figure III.10</b> La vitesse du son	34
<b>Figure III.11</b> La conductivité thermique	34
<b>Figure III.12</b> La résistance thermique	34
<b>Figure III.13</b> parois en brique P1	36
<b>Figure III.14</b> dalle en béton armée P1	36
<b>Figure III.15</b> dalle béton armée P2	37
<b>Figure III.16</b> parois parpaing P2	37
<b>Figure III.17</b> mise en place des briques	37
<b>Figure III.18</b> parois en Timchemt	37
<b>Figure III.19</b> dalle en Timchemt P3	38
<b>Figure III.20</b> L'influence de la température sur P1	39
<b>Figure III.21</b> La différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du prototype P1	41
<b>Figure III.22</b> L'influence de la température sur P2	42
<b>Figure III.23</b> La différence de la température entre l'intérieur et l'extérieur du prototype P2	43
<b>Figure III.24</b> L'influence de la température sur P3	44
<b>Figure III.25</b> La différence de la température entre l'intérieur et l'extérieur du prototype P3	45
<b>Figure III.26</b> L'influence de la température sur les prototypes P1, P2, P3	46
<b>Figure III.27</b> La différence de la température entre l'intérieur et l'extérieur des prototypes (P1, P2, P3)	47

---

## LISTE DES TABLEAUX

---

### Chapitre I : synthèse bibliographique

<b>Tableau I.1</b> Nombre des abonnés	17
<b>Tableau I.2</b> Consommation énergétique	17

### Chapitre II : Méthode et matériels

<b>Tableau II.1</b> résultats des masses volumiques	22
<b>Tableau II.2</b> Analyses chimiques de plâtre traditionnel	27

### Chapitre III : Résultats et interprétations

<b>Tableau III.1.</b> présentation des composants des briques	33
<b>Tableau III.2</b> les éléments constructifs des prototypes	36
<b>Tableau III.3</b> Variation de la température durant la journée du 31/07/2019 des prototype P1	39
<b>Tableau III.4</b> Résume la différence de la température intérieure et l'extérieur du prototype P1	40
<b>Tableau III.5</b> Variation de la température durant la journée du 31/07/2019 de prototype P2	41
<b>Tableau III.6</b> résume la différence de la température intérieure et l'extérieure du prototype P2.	42
<b>Tableau III.7</b> Variation de la température durant la journée du 31/07/2019 de prototype P3	43
<b>Tableau III.8</b> résume la différence de la température intérieureet l'extérieure du prototype P3	44
<b>Tableau III.9</b> Variation de la température durant la journée du 31/07/2019 des prototypes P1, P2, P3	45
<b>Tableau III.10</b> résume la différence de température intérieur et l'extérieur des prototypes P1, P2, P3	47

---

# **Introduction Générale**

### Introduction générale

Depuis des années, l'être humain a pris conscience qu'il vivait dans un monde aux ressources très limitées et cela est forcément lié à une énorme démographie incontrôlée. L'épuisement des ressources est malheureusement une réalité, ces derniers ne peuvent plus répondre aux besoins présents ce qui provoque une grande augmentation des prix des matériaux dans tous les secteurs.

En ce qui concerne le domaine de construction l'ingénieur doit faire son rôle de continuer à assurer l'abri et également le confort de l'habitant en tenant compte que l'impact de la structure soit minime sur l'environnement et que le matériau adopté soit disponible et aussi moins coûteux contrairement aux matériaux classiques (béton, brique de terre cuite...) qui sont chers et nous offrent moins de confort, à travers ces aspects, nous faisons appel à une structure bioclimatique qui est une structure confortable et minimise non seulement l'énergie de consommation mais aussi le coût d'investissement.

L'objectif donc est d'utiliser un espace d'une façon économique avec un matériau sain et environnemental et plus rentable de côté gain que les anciens matériaux de construction mais au même temps, il répond aux performances techniques et aux bases architecturales.

Le Sahara Algérien est connu par son climat chaud et ces températures élevées. À nos jours les constructions en béton armé offrent moins de confort dans ces régions à cause de sa faible résistance thermique et cela engendre une consommation énergétique de plus afin d'assurer le confort désiré, ce qui nous a mené à exploiter les matériaux locaux utilisés pendant de longues années et qui ont fait épreuve face à cette chaleur et cela nous a encouragé à mieux étudier le matériau essentiel dans la construction en cette époque qui est le plâtre traditionnel « Timchemt » qui est très disponible dans la région.

Dans notre étude nous allons essayer de confectionner des briques en plâtre traditionnel ensuite réaliser deux prototypes témoins et un autre en matériau d'étude Timchemt pour étudier sa résistance thermique.

Le travail est présenté de la manière suivante :

- Première partie présente des généralités sur la région et également ses Ksour, ainsi qu'une présentation des propriétés climatiques de la zone d'étude et la consommation énergétique

## **Introduction Générale**

---

- Deuxième partie : ce chapitre est consacré aux méthodes d'essais et aux caractéristiques physico-chimique de matériau utilisé
- Chapitre 3 : présente les résultats et l'interprétation, après l'analyse des résultats nous choisissons les briques qui ont une bonne résistance thermique

Le travail de recherche s'achève par une conclusion et des recommandations afin de développer une perspective de recherche plus avancée sur ce matériau dans le but de le valoriser.

# **Chapitre I : Synthèse Bibliographique**

## Chapitre I Synthèse Bibliographique

### I.1. Introduction

A travers le temps l'homme a développé plusieurs techniques de construction avec des matériaux différents qui dépendent de leur disponibilité dans la région où il se trouve et cela pour réaliser des bâtisses afin d'avoir l'abri, la sécuriser et le confort.

Dans ce chapitre on donnera une brève présentation des ksour et une définition aux matériaux utilisés dans la construction de ces derniers avec son origine et on finira avec une petite étude sur la région d'étude Ouargla.

### I.2. Définition des ksour

Les "ksour" ou "Qsour" (pluriel de *ksar* ou *qsar*), mot arabe qui signifie palais

Selon Marc Cote : « Le ksar est un groupement d'habitat, une forme construite. Mais c'est aussi un ensemble social, une population, qui a son histoire et ses composantes ». L'homme a très peu d'adaptation naturelle au climat. Il doit lutter contre son environnement climatique par : le vêtement, l'abri etc..... L'adaptation au climat est une des composantes de l'habitation traditionnelle. Bâtir une maison, c'est aussi transformer un environnement extérieur hostile en un microclimat intérieur agréable. L'habitat traditionnel fait partie du patrimoine humain, comme les ksars depuis longtemps, ils sont restés, jusqu'à récemment. Dans le sud d'Algérie, les ksour sont réalisés en terre, en pierre, en chaux et en gypse alors que la majorité des constructions dans la palmeraie sont en terre, qui en est la base servant à bâtir les établissements humains, vu l'abondance et la facilité d'exploitation et d'utilisation de cette matière. Dans la région de Touggourt, les ksour sont, en général, dressés sur des sols rocheux et terrains élevés pour l'autodéfense, aussi, pour la préservation des ressources hydriques et des sols fertiles. Ces constructions traditionnelles, en fonction de leurs types et leur utilisation, offrent à leurs usages une sécurité et un grand confort thermique, résultat de leur adaptation aux conditions climatiques grâce à l'utilisation de matériaux de construction locaux [1]

Ksour mettent en scène une structure urbaine traditionnelle avec une morphologie particulière associée à une structure spatio-sensorielle, qui fait de ces structures des lieux de mémoire autant que d'histoire. Aujourd'hui, même si les nouvelles extensions se sont faites sans aucune référence à cet habitat traditionnel, cela ne fait que confirmer aux ksour un rôle





askif, sont faites très basses pour assurer la fraîcheur et le confort à l'intérieur des habitations a la recherche de la protection contre une nature difficile et un climat rude et la température élevée les habitations ont été construites avec « le tuf » (gypse) connu dans la région sous l'appellation « Timchemt » qui servait comme ciment ou plâtre et des matériaux de construction naturels. Il ya une fraicheur en été et les habitations sont chauffés en hiver. Cette technique permet de les protéger de la chaleur extrême[4]

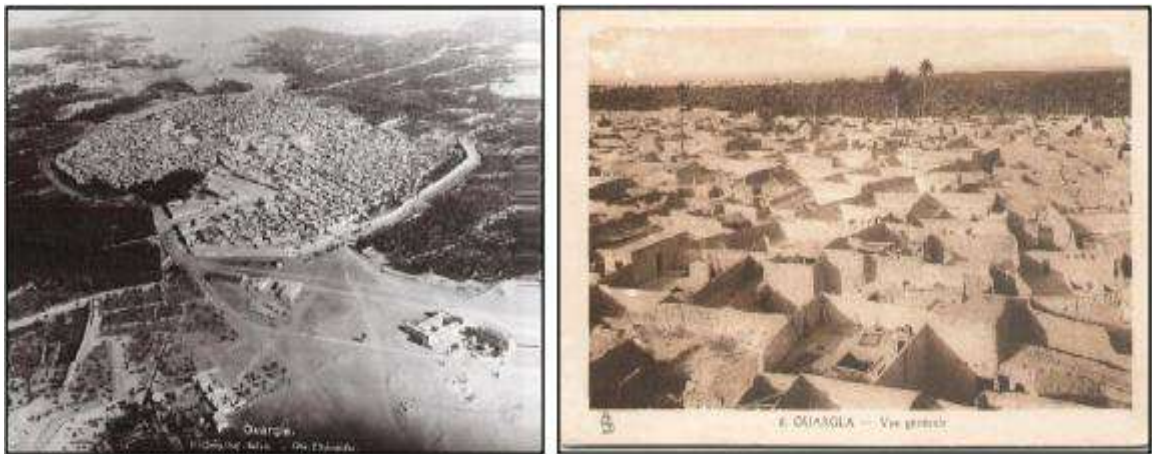


Figure I.2.Ksar d'Ouargla. [5]

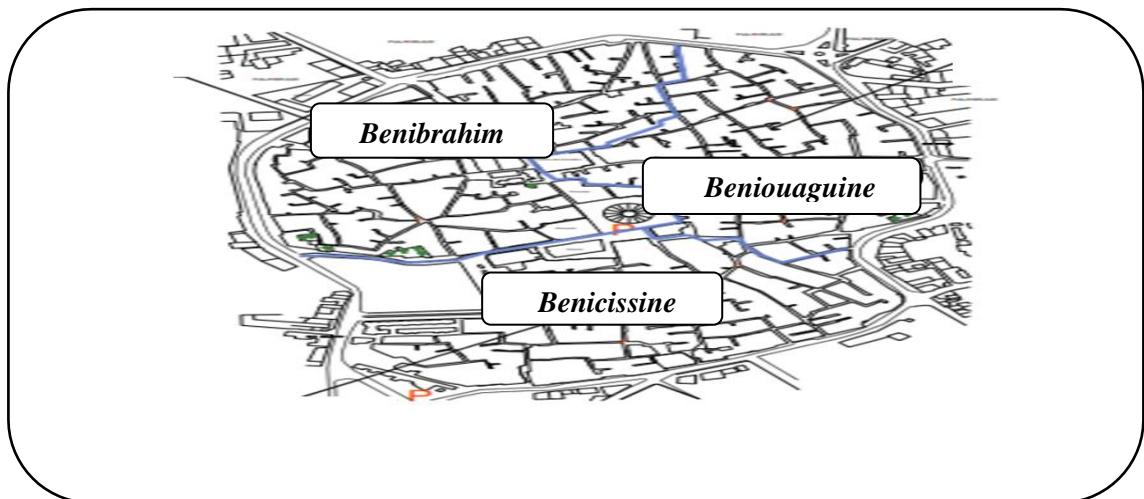


Figure I.3 Les trois tribus de Ksar.

### I.2.2. Ksar de Témacine

Le vieux ksar de Témacine est situé à proximité de l'actuelle ville qui porte le même nom, à 630 km au sud-est d'Alger. Cette ancienne ville du bas Sahara algérien constitue un véritable centre à fondement historique. Ce passé prestigieux lui a permis un rayonnement sur la partie sud de la région de l'Oued-Rhir (Alkama, 2005). Il est rattaché administrativement à la wilaya d'Ouargla. Il s'étend sur une superficie de douze hectares et est entouré d'une palmeraie. Ce site, classé patrimoine national en 2013, est considéré l'un des plus beaux sites archéologiques du Sahara algérien pour ses valeurs patrimoniales, vu son ancienneté, son histoire, son architecture et son authenticité. Ce ksar, qui date de l'an 782, a été construit par la dynastie des Righas de la tribu berbère des Zenata. Ce royaume était organisé autour d'un ksar situé sur un plateau haut de huit mètres et formé d'une épaisse couche de troncs de palmier. Cela représente une architecture unique dans le Sahara. Le site a été édifié sur un petit monticule surplombant la palmeraie. Par le passé, ce ksar était entouré d'une tranchée de près de six mètres de large destinée à le protéger des attaques des tribus rivales. Le ksar compte quatre accès, dont le principal, situé sur le lanc sud, mène directement au souk par une voie contournant la cité par souci de préserver les secrets de la ville et l'intimité de ses populations autochtones des commerçants étrangers. Il est aussi le chef de la Zaouïa Tidjania, la plus puissante autorité religieuse de toute l'Afrique.[6]

Parmi les importants monuments que recèle ce ksar, le minaret de sa grande mosquée, d'une hauteur de 22 mètres et construit en 1196, témoigne d'un passé prestigieux de la région tant sur les plans civilisationnel et architectural. Il est à signaler que la région de Ouargla compte cinquante-sept sites historiques et culturels, dont dix-huit ksour, quatre sites classés patrimoine national et neuf zones humides, dont trois classées Ramsar. La situation d'abandon actuelle au ksar nécessite tout un programme stratégique et global visant sa revalorisation, et ce, comme les interventions occasionnelles, même volontaristes et sincères, sont entachées par l'approximation et l'improvisation. Dans cette logique, le site a bénéficié de plusieurs opérations pour sa réhabilitation, tout en essayant de garder l'authenticité de son architecture et de ses matériaux. Ces réhabilitations sont le fruit de la mobilisation de plusieurs acteurs associatifs et institutionnels. Le problème de dégradation et de perte du ksar a abouti à sa patrimonialisation par son classement et sa déclaration comme secteur protégé. Dans cette vision de préservation du cachet architectural, les travaux de restauration de cet ancien bâti ont permis la réalisation, à l'aide de matériaux de construction locaux, d'une habitation traditionnelle modèle à l'intérieur du ksar. Par souci de préserver l'authenticité des lieux et du

savoir-faire artisanal, les interventions ont été effectuées dans le respect des caractéristiques des ksour sahariens et des éléments architecturaux spécifiques.[6]



Figure I.4 Ksar de Témacine. [7]

### I.3. Les différentes techniques de construction en terre

#### I.3.1. Le Pisé

La technique du pisé consiste à la mise en œuvre de couches comprimées les unes après les autres (terre humide et pulvérulente). Ces couches sont mises en œuvre dans des coffrages (banches), comprimées avec des épissoirs (manuels ou mécaniques). [8]

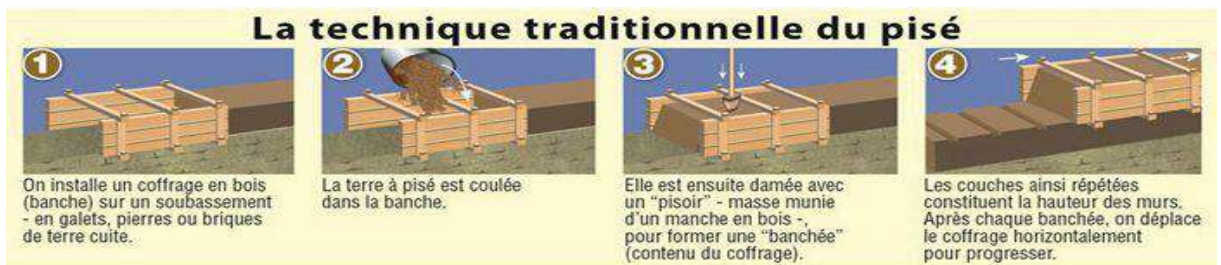


Figure I.5 Le Pisé. [9]

#### I.3.2. l'Adobe

L'adobe est une brique en terre crue. Elle peut être moulée ou façonnée à la main ou mécaniquement, à l'état plastique (un peu plus d'eau que pour le pisé). Elle est ensuite séchée à l'air libre. Beaucoup de solutions sont permises : murs arcs et coupoles peuvent être réalisées en adobe [8]



Figure I.6 L'Adobe. [10]

### I.3.3. la Bauge

Il s'agit de l'empilement de boules de terre (état plastique), éventuellement mélangée à des fibres, installées les unes sur les autres et triturées pour obtenir une masse homogène. Le mur est souvent battu pour refermer les fissures, puis taillé pour obtenir une face plane [8]



Figure I.7 La Bauge. [11]

### I.3.4. Le Torchis

Le torchis est une technique qui associe une structure légère en bois (traditionnellement pan de bois, colombages etc.), qui est ensuite parementée d'un lattis, sur lequel va être mise en œuvre de la terre à l'état plastique, souvent mélangée à des fibres (souvent de la paille).[8]

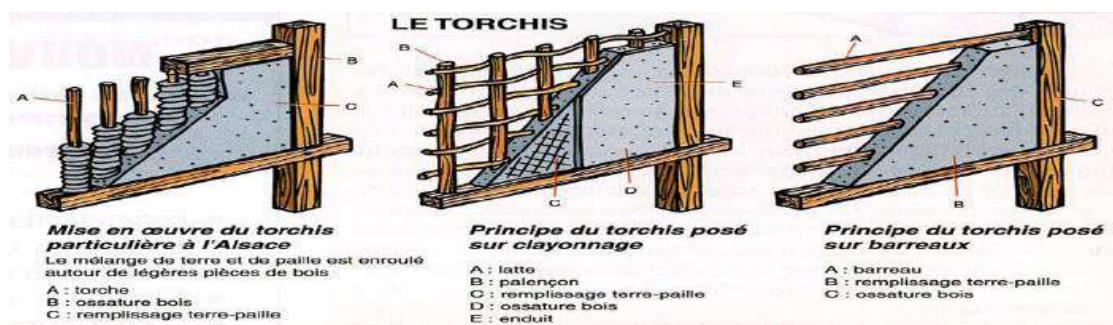


Figure I.8 Le Torchis. [12]

#### I.4. Origine de gypse (la région d'Ouargla)

Le sol donnant la pierre de Ouargla « *adyay* » qui est à l'origine du plâtre local « *timšəmt* » qui se lit timchemt ou timchent et le palmier offrant le bois de construction et une panoplie d'outils et d'objets utiles à divers domaines de la vie des Ouarglis.

Les sites d'extraction de la pierre de Ouargla sont connus depuis longtemps. Aussi, selon nos sources de savoir faire, plusieurs endroits de la ville de Ouargla ont constitué des gisements. Cependant, ce territoire qui fut un temps vierge a été comblé par l'extension des quartiers de la ville et les sols envahis par les constructions ont été fort longtemps exploités comme gisements à l'exemple du site de Bordj Lahmar ex maison Berliet.

Dite pierre de Ouargla, utilisée pour bâtir des maisons et des édifices publics, elle a des qualités physiques variables suivant les sites d'extraction et en fonction de sa dureté et sa teneur en sable. Nous distinguons deux types de pierre : i) la pierre blanche dure qu'on retrouve dans des contrées lointaines sur la route de Ghardaia ou à El Hadjira ; et ii) la pierre de couleur tendant vers le rouge « *adyay azəggay* » dite pierre de Ouargla, de bonne qualité, disponible dans des sites, entre autres, de Bamendil et Bour El Haicha (figure 5.1). On en trouve aussi dans le territoire de N'goussa.

Des habitants de ces localités d'origine nomades, se sont spécialisés dans l'extraction de la pierre et la fabrication du plâtre local. Ainsi, on atteste que le plâtre de Bamendil à prise bonne et rapide est recommandé dans la réalisation des planchers.

S'agissant vraiment d'une extraction et non pas d'une taille de la pierre la personne chargée de cette opération commence par dégager de grands blocs du sol à l'aide d'une pioche en y exécutant des rainures ( *yefteh ezzarf* ) latéralement et dessus-dessous. Une fois isolée, cette masse est cassée en des pierres de longueur moyenne de 0,50 m et ce à l'aide de la même pioche ou avec une grosse pierre (galet) plus dure dite (*çom* ou *maguenou*). Comme on peut se servir de massette et de pinces pour exécuter ce travail. Le principe est que le plus dur casse le plus tendre. [8]

Les pierres évacuées en dehors de la cavité sont encore coupées et triées pour être consacrées à la construction (peu importe le gabarit, le critère de dureté prime), ou encore destinées à préparer le plâtre (*timchemt*). La granulométrie de cette deuxième catégorie est à prendre en considération lors du dépôt dans le four à plâtre.

Le gisement n'est pas profond sa hauteur varie en général de 1,5 à 2 mètres. La manutention et le déplacement des moellons extraits se font à ce stade à la main par une ou plusieurs personnes. [8]



**Figure I.9** Gisement de pierre à Bour El Haicha Sol façonné, bloc dégagé, grosses pierres taillées dans le bloc. [8]

#### **I.4.2. Le plâtre traditionnel (timchemt)**

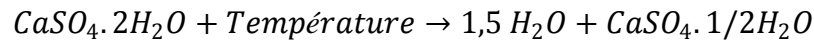
Timchemt est un plâtre traditionnel a été utiliser depuis longtemps et jusqu'à aujourd'hui à la construction des maisons de ksar de Ouargla grâce à leur facilité d'obtenir et de réalisation.

Le Timchemt est une substance calcaire employée dans les constructions et dont l'usage paraît 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-Mzab 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-mzab 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,.[13]

- **Compositions Chimiques de Plâtre Traditionnel**

Le gypse traditionnel est un matériau solide composé 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  $\text{CaSO}_4$ ). Il peut trouver avec (l'argile, la dolomite et aussi le calcaire), ça couleur est gris ou blanc à rouge. [13]



### I.3.2. Méthode de Fabrication de plâtre traditionnel

La fabrication de Timchemt passe par 5 étapes :

a) L'extraction : les blocs de gypse sont extraits des carrières d'une façon manuelle on tient à préciser qu'il existe deux types de pierres ; pierres blanches et pierres rouges cette méthode est traditionnelle, se fait à l'aide des pioches, les pics,... ces blocs sont ensuite transportés dans les camions chargeurs pour les acheminer vers les sites de stockage.

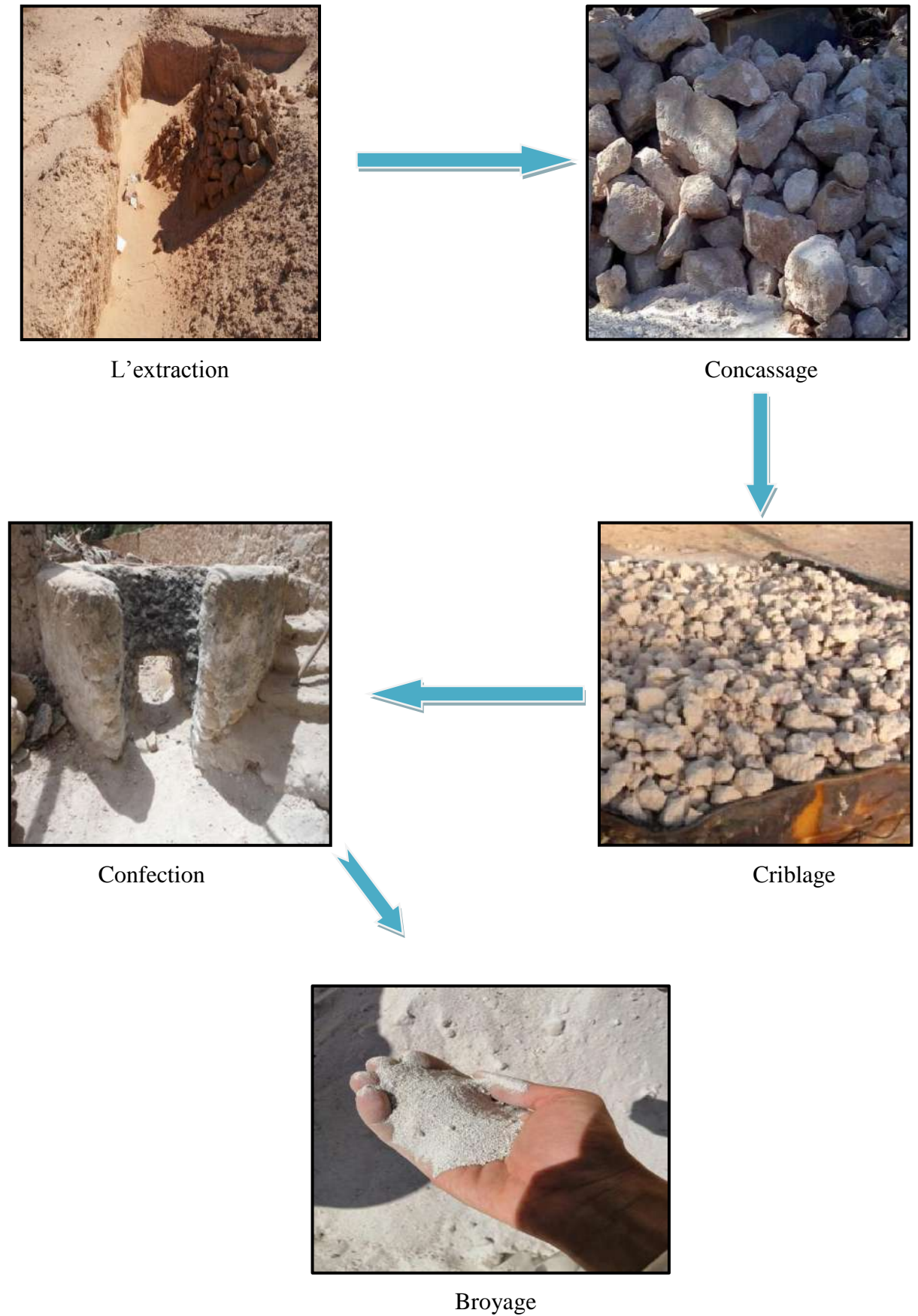
b) Concassage : les blocs sont réduits en pierres de petites dimensions pour la facilité de criblage et confection.

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

d) Confection : dans un four traditionnel de forme cylindrique gravé sous le sol, on pose le bois de palmiers et ses fibres d'une façon superposée avec les pierres, puis on les brûle la température de dans peu dépassé les  $180^\circ$  les pierres seront bien cuites pendant 24h

e) Broyage : il est envoyé aux moulins pour broyage, pour qu'il soit prêt à l'utilisation

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.10** Les étapes de fabrication de Timchemt.



### I.3.3. Les Avantages et les Inconvénients de Timchemt

- **Avantage**

- 1) Un bon isolant : les habitats de Ksar de Ouargla sont bâtis il ya longtemps, mais ce qui est toujours remarquable que ce matériau travail bien à l'isolation de chaleur à l'été et le froid à l'hiver.
- 2) La rigidité: sachant que les maisons de ksar Ouargla ne contient pas des éléments porteurs, mais elles restent rigides, constants et stables après autant d'années grâce a de la durabilité des roches utilisées comme des maçonneries.
- 3) Absence des fissurations : contrairement au béton, les fissures n'apparaissent pas rapidement sur le Timchemt, surtout quand il est loin d'humidité, sinon les éléments attendront à l'état plastique puis elles ruinent,
- 4) Ce matériau est disponible dans la région et facile a produire.
- 5) Le plâtre traditionnel est sain car il ne contient pas de adjuvants chimiques.

- **Inconvénients**

- 1) Grande risque de gonflement quand le matériau est exposé a l'humidité ce que peut engendre des fissurations et la ruine de suite
- 2) Le Timchemt ne peut pas être fiable pour la construction des éléments porteurs car il a une faible résistance par rapport au béton armé, c'est la raison pour laquelle il est moins utilisé a nos jour.

### I.5. Donnée climatique de la ville d'Ouargla

Le climat comme phénomène physique, est le résultat d'un grand nombre d'éléments qui se combine entre eux. Il est l'une des principales données de la morphologie des systèmes architecturaux et urbains Il est le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs.

Les principaux éléments climatiques à considérer dans la conception urbaine en générale et lors de la conception d'un bâtiment en particulier, et qui influent sur le confort humain sont :

- Le soleil (radiations)
- La température
- L'humidité
- Le vent
- Les précipitations (pluies, neiges.)

Etant donné que les conditions climatiques peuvent varier d'une journée à une autre ou d'une année à une autre ; il est nécessaire de tenir compte des variations à partir de ces moyennes pour une vision plus claire et plus réaliste.[14]

### **I.5.1. Le confort**

Le confort est un état d'esprit qui exprime une satisfaction de son environnement ; le sujet ne peut pas dire s'il veut avoir plus chaud ou plus froid, l'homme essaie de limiter l'amplitude des sensations de désagrément en développant des processus de régulation comportementale et adaptative.

Le confort ne dépend seulement pas de la température mais aussi de l'hygrométrie de l'air ambiant. [14]

### **I.5.2. Confort thermique**

Le confort thermique représente un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique, il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement.

ASHRAE (American society of heating and refrigerating and air conditioning engineers) le définit comme la sensation d'équilibre de contentement par l'individu envers les conditions thermiques.

En effet, Le confort thermique se définit comme la satisfaction exprimée à l'égard de l'ambiance thermique du milieu environnant. Pour qu'une personne se sente confortable, trois conditions doivent être réunies :

- Le corps doit maintenir une température interne stable.
- La production de sueur ne doit pas être trop abondante et la température moyenne de la peau doit être confortable.
- Aucune partie du corps ne doit être trop chaude ni trop froide (inconfort local) [14]

### I.5.3 .Analyse Climatique de la ville d’Ouargla

La ville d’Ouargla s’étend sur une superficie de 270030 Km<sup>2</sup> et se trouve à une latitude de 31°57N et longitude de 5°21’E, et à 146 mètres d’altitude, à une distance de 780 km d’Alger voir Figure I.11



Figure I.11 Carte de l’Algérie (situation de la ville d’Ouargla). [15]

D’après la classification donnée par Recommandation Architecturale la ville d’Ouargla appartient à la zone climatique **E4** en d’été et **H3c** en d’hiver, qui possède deux saisons principales comme le montre Figure I.12

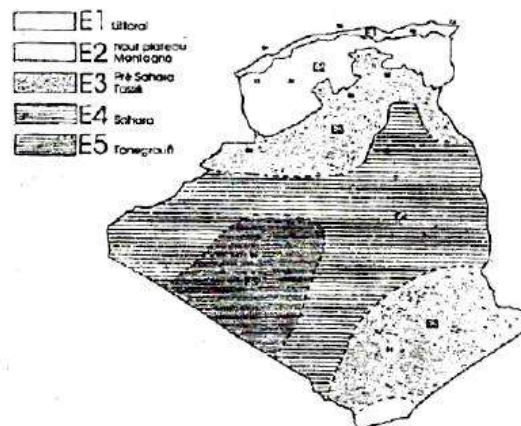


Figure I.12 Les zones climatiques d’été. Source : (ENAG, 1993)[15]

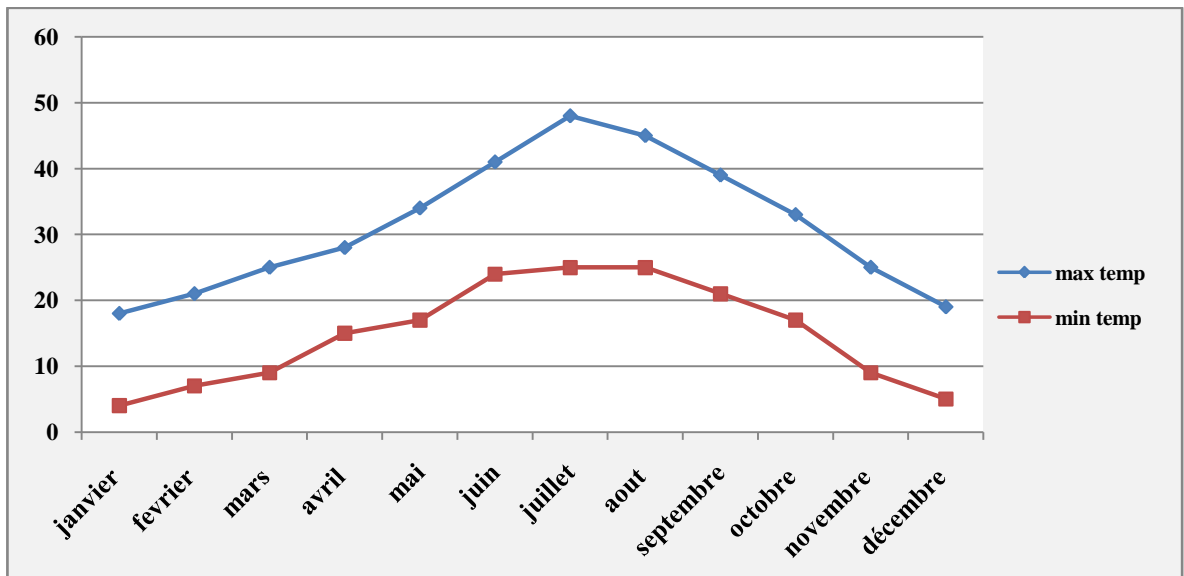
### I.5.4. Caractéristiques climatiques de la ville d’Ouargla

#### ○ Température

La température moyenne mensuelle est de 37°C en juillet pour le mois le plus chaud d’été et 13.5°C en janvier pour le mois le plus froid d’hiver.

L’amplitude diurne peut dépasser la valeur de 10°C, sa atteindre une moyenne de 16°C, dans certains cas elle a atteint la valeur extrême de 20°C. Tandis que l’amplitude moyenne annuelle elle est de 12°C en juillet.

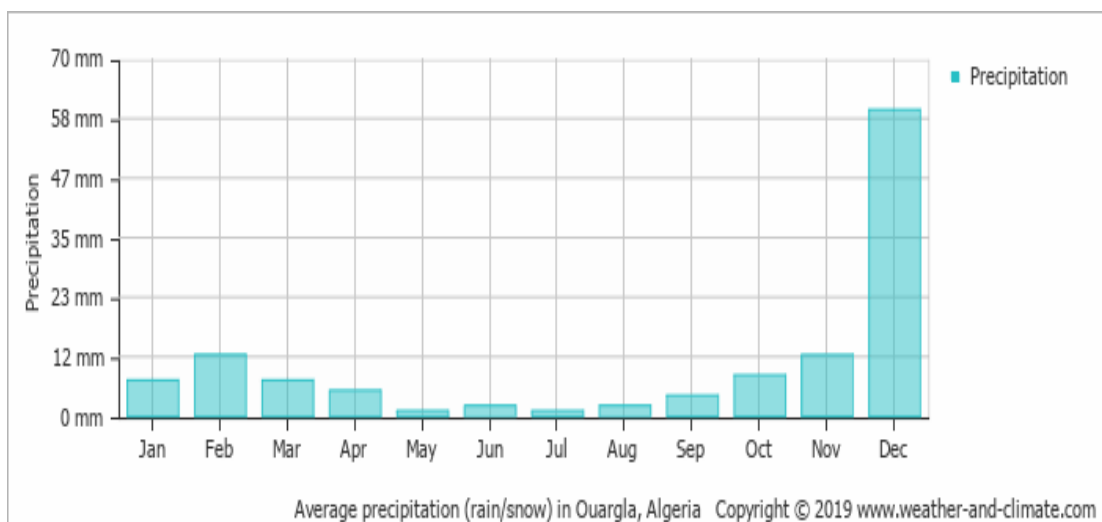
En juillet et août les valeurs moyennes minimales des températures oscillent autour de 31°C mais des valeurs de. La température moyenne maximale varie entre 41°C et 43°C dans certains cas elles atteignent ou dépasse 49°C.



**Figure I.13.**Température mensuelle moyenne de la région d'Ouargla (2019). [16]

#### ○ La précipitation

Les précipitations sont irrégulières. La zone passe par une période sèche qui dure plus de cinq mois allant de mai à août.



**Figure I.14** Précipitation mensuelle moyenne de la région d'Ouargla. [17]

#### ○ Le vent

Les vents les plus forts dont la vitesse dépasse 25 m/s en mois de janvier tandis qu'il dépasse pas les 20 m/s en mois de juillet

### ○ Humidité

Sachant que le climat de la région d'Ouargla est sec le taux d'humidité ne varie pas remarquablement d'une année à l'autre.

Pendant la période de froid l'humidité varie entre 80% et 85% en mois de décembre tandis que pendant la période d'été l'humidité diminue à des environs de 10% et cela à cause des grandes températures.[16]

- ❖ On peut conclure que Le climat d'Ouargla est un climat particulièrement contrasté malgré la latitude relativement septentrionale. L'aridité s'exprime non seulement par des températures élevées en été et par la faiblesse des précipitations, mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air. [15]

## I.6.Consommation énergétique a la région d'Ouargla

Dans les régions sahariennes de l'Algérie la température peut dépasser les 45°C à l'ombre ces températures élevée sont souvent enregistré entre midi et 18h qui exige une grande charge électrique pour faire face à ces pics de température

Cette charge électrique nécessaire pour la climatisation peut causer beaucoup de dégâts au niveau des postes transformateurs d'électricité et des déclenchements sur le réseau électrique

### I.6.1.Nombre des abonnés

**Tableau I.1** Nombre des abonnés. [18]

année	Nombre des abonnés
2017	159519
2018	166612
2019	173668

### I.6.2.Consommation énergétique

**Tableau I.2** Consommation énergétique. [18]

trimestre	Consommation
Premier	333.28 GWH
Deuxième	335.89 GWH
troisième	652.31 GWH

D'après les deux tableaux précédents la consommation arrive au maximum en troisième trimestre la consommation augmente a partir de le mois de mai début d'été.

La moyenne de consommation en (juillet, aout) qui est la période d'été est le double de celle en hiver, cette grande consommation est causée par l'utilisation de la climatisation pour garantir le confort dans l'habitat.

Celui-ci a une relation directe avec le matériau de construction utilisé non adopté avec les conditions climatiques de la région

### **I.7. Conclusion**

A la fin de ce chapitre on peut conclure que l'homme saharien a su exploiter avec intelligence et créativité une richesse particulière pour réaliser des habitations originales avec des ressources purement locales et très disponible dans la région.

# **Chapitre II : Méthode et Matériels**

## **Chapitre II Méthode et Matériels**

### **II.1. Introduction**

Dans ce chapitre nous allons exposer les différentes caractéristiques de matériau et ces composants grâce à des essais et des analyses physiques et chimiques déjà réalisés, niveau de laboratoire de GC de UKMO et à laboratoire de travaux publics du sud (LTPS) unité d'Ouargla, en appliquant les normes Françaises.

Cette étape est indispensable pour savoir les principaux composants chimiques et les caractéristiques physiques de Timchemt afin de nous aider à mieux comprendre le comportement thermique de ce dernier

### **II.2. Les analyses physicochimiques**

Des études ont été élaborées sur ce matériau à laboratoire de travaux publics du sud (LTPS-Ouargla), Les essais physiques appliqués pour l'identifier les caractéristiques de matériau étudié sont :

- 1) Analyse granulométrique
  - a) Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage (NF P 94-056 mars 1996)
  - b) Analyse granulométrique par sédimentation (NF P94-05)
- 2) La masse volumique
  - a) La masse volumique apparente (NF P 94-054)
  - b) La masse volumique absolue (NF P 94-054)
- 3) Essai bleu de méthylène (NF P 94-068)
- 4) Analyse élémentaire par diffraction des rayons X

#### **II.2.1. Analyse Physique**

##### **II.2.1.1. Analyse Granulométrique**

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



En fonction des diamètres des granulats de matériau on détermine sa classification, en se servant d'une série des tamis supposés selon le diamètre des ouvertures de 5mm jusqu'à 0.08mm, le matériau est agité d'une façon manuelle ou automatique. L'objectif est obtenir la courbe d'analyse granulométrique qui aide a connaitre les quantités les pourcentages de chaque classe de granulats selon leurs diamètres.

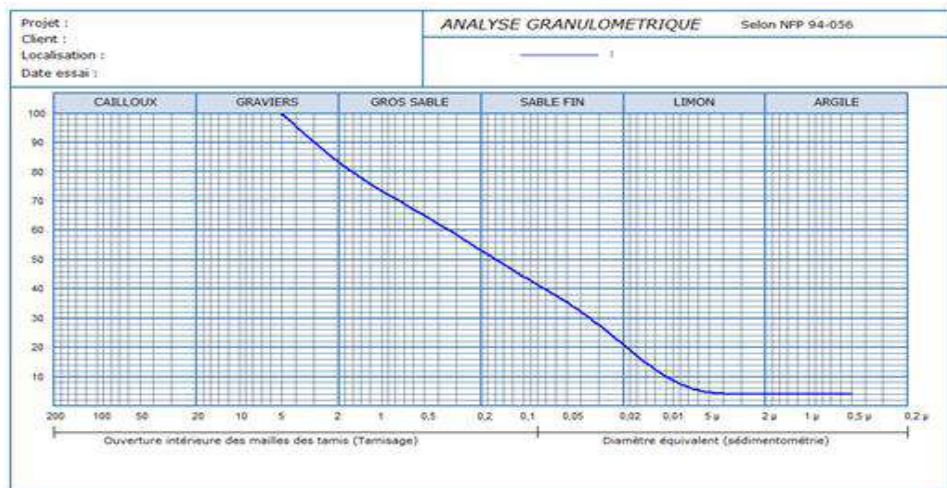
La première étape de l'essai est le lavage d'une quantité de 200 g avec le tamis 0,08mm, qui été mis 24 heures à l'étuve, puis commencer le tamisage, et mesure de poids de refus a chaque fois.

Après le calcul le pourcentage de tamisats, le tamis 0,08mm donne un pourcentage de 41% qui est supérieure a 20%, c'est pourquoi il faut continue l'essai par l'application de sédimentométrie

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

D'abord mettre en place une quantité de 80g de Timchemt lavée avant séchage pour l'application de l'essai.

Le graphe ci-dessus présent les pourcentages des mails en fonction des dimensions des particules de Timchemt pour avoir les intervalles des granulats de ce matériau, nous avons obtenu cette courbe à travers les résultats de l'essai d'analyse granulométrique.



**Figure II.1** Analyse granulométrique par sédimentométrie.[19]

### II.2.1.2.Masse volumique (NF EN 1097)

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

#### a) La masse volumique apparente

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

##### ➤ Mode opératoire :

- taré le récipient après l'avoir pesé
- en utilisant l'entonnoir verser le matériau au centre de récipient jusque qu'il soit rempli
- sans compacter et a l'aide d'une règle on arase le matériau
- Noter la masse M d'échantillon pesé.
- refaire l'opération a 3 répétitions pour valider l'essai.
- La masse volumique apparente est déterminée par la formule suivante :

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

#### b) La masse volumique absolue

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

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

##### ➤ Mode opératoire

- Remplir l'Erlenmeyer graduée en verre par un volume d'eau ( $V_1$ ).
- Peser une quantité de Timchemt (plâtre traditionnel).
- Introduire cette masse (il faut éliminer les bulles d'air).
- Noter le volume résultant ( $V_2$ )

Et comme l'essai précédente on doit répéter l'opération 3 fois.

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

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



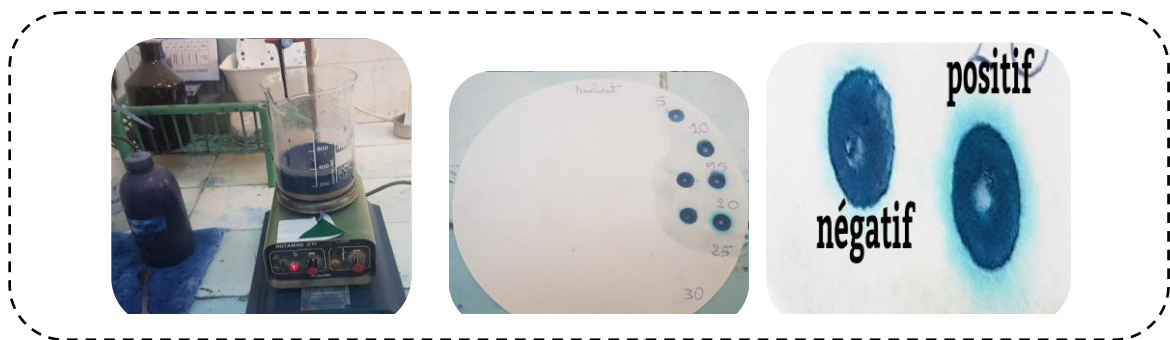
**Figure II.2** Essai de la masse volumique apparente et absolue. [19]

**Tableau .II.1** résultats des masses volumiques. [13]

Les essais	Résultats
Masse volumique apparente P/V (g/cm <sup>3</sup> )	1,052
Masse volumique absolue P1/V (g/cm <sup>3</sup> )	2,35

### II.2.1.3.Essai au bleu de méthylène (NFP 94-068)

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



**Figure.II.3** Essai de bleu de méthylène. [19]

**Expression des résultats :**

La valeur de bleu du gypse est donnée par :

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

**V** : volume de bleu ajouté.

**M<sub>s</sub>** : masse sèche de la prise d'essai.

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

La valeur du bleu du sol est : VBS = 0.22

- On distingue les valeurs de classification suivantes :

VBS ≤ 0.2 : sols sableux (sol insensible à l'eau)

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

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

6 < VBS ≤ 8 : sol argileux

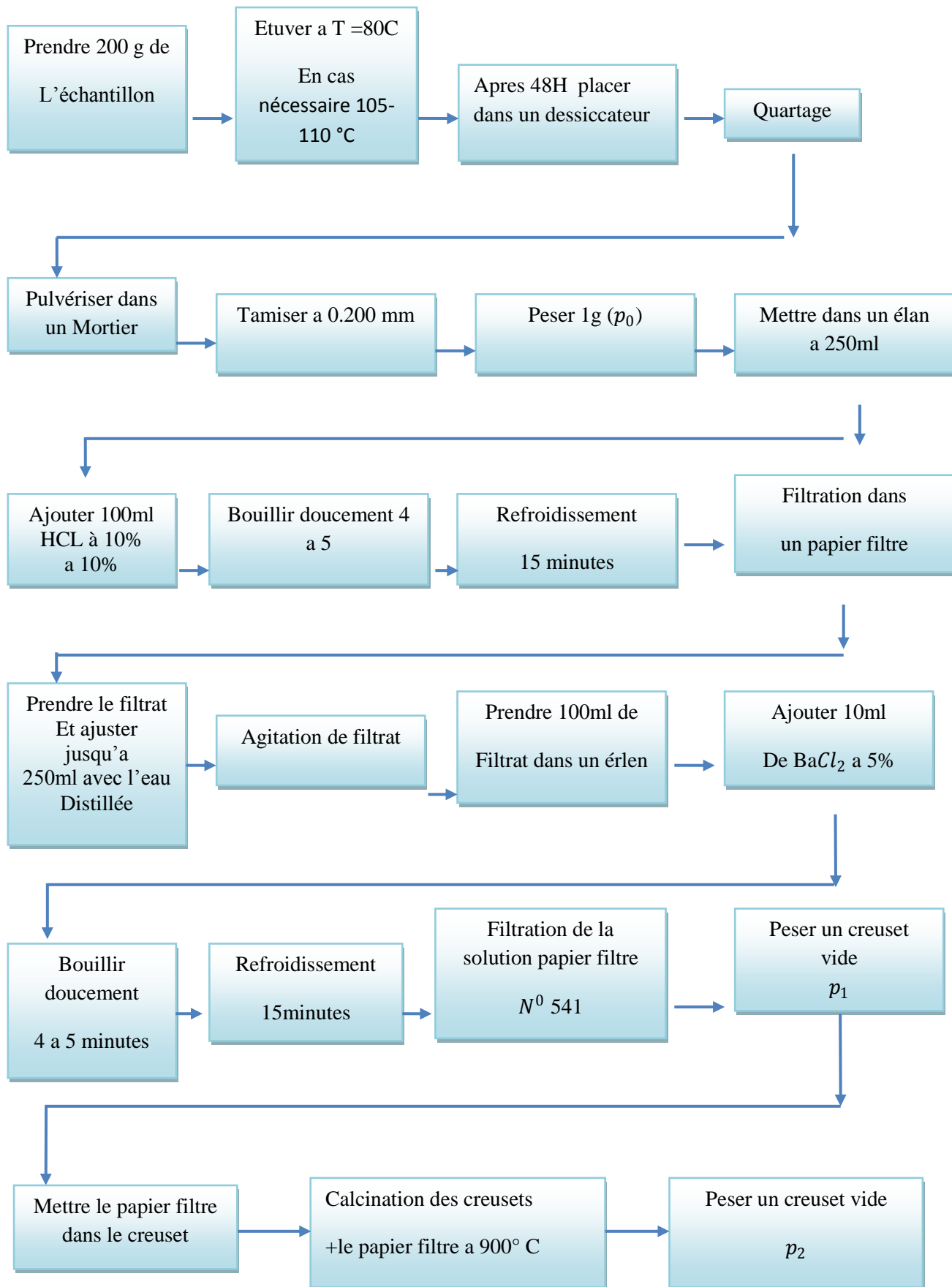
VBS > 8 : sol très argileux

❖ Notre échantillon est entre  $0.2 < \text{VBS} \leq 2.5$  donc d'après le résultat obtenu, nous concluons que le sol est du : sol limoneux (sol peu plastique et sensible à l'eau). [19]

**II.2.2.Les Analyses Chimiques**

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

## II.2.2.1.Principe de détermination de la teneur en sulfates (BS 1377)[19]



Les formules des calculs :

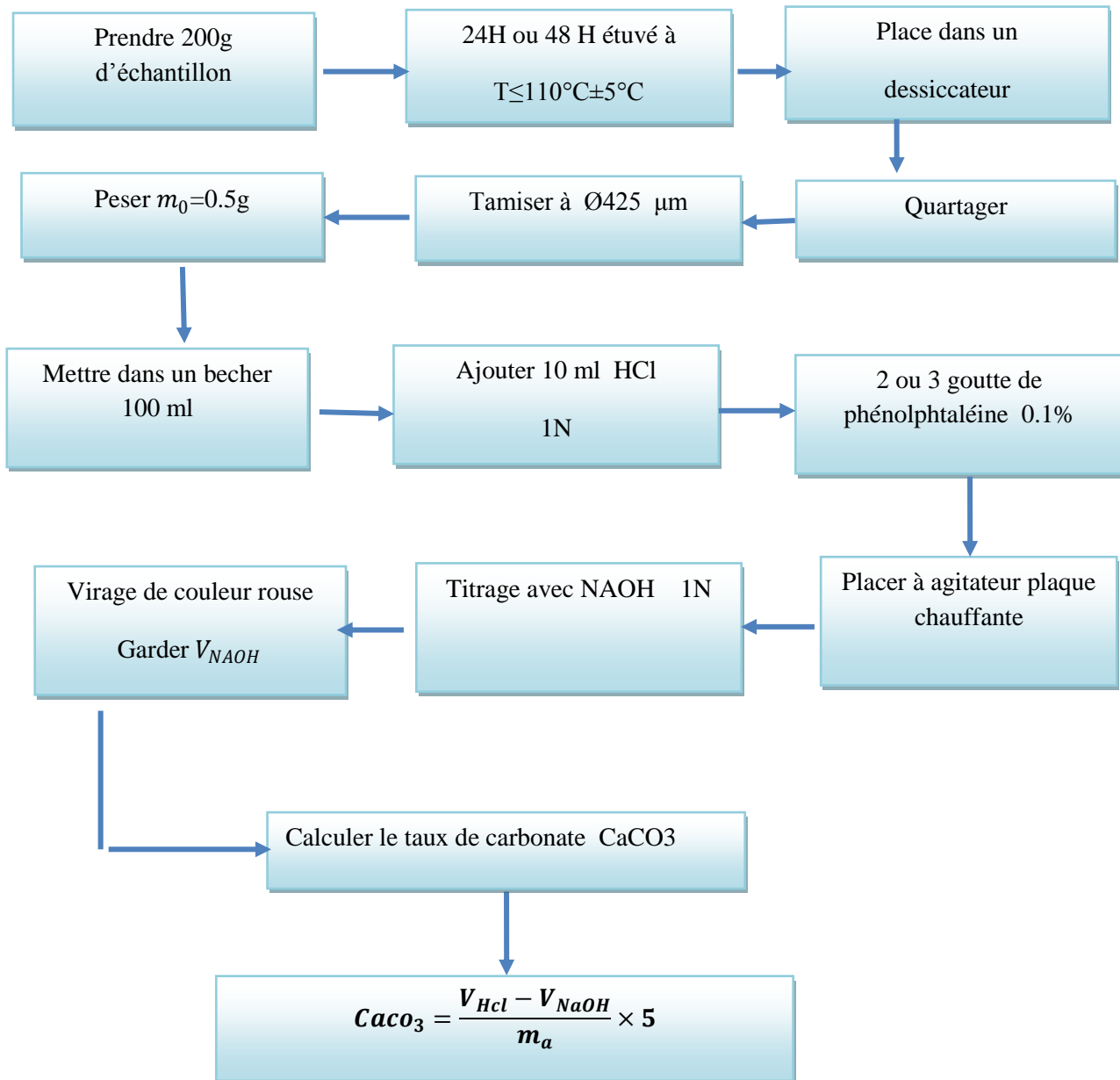
$$SO_3^{-2} = 34.3 \times (P_2 - P_1) / p_0$$

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

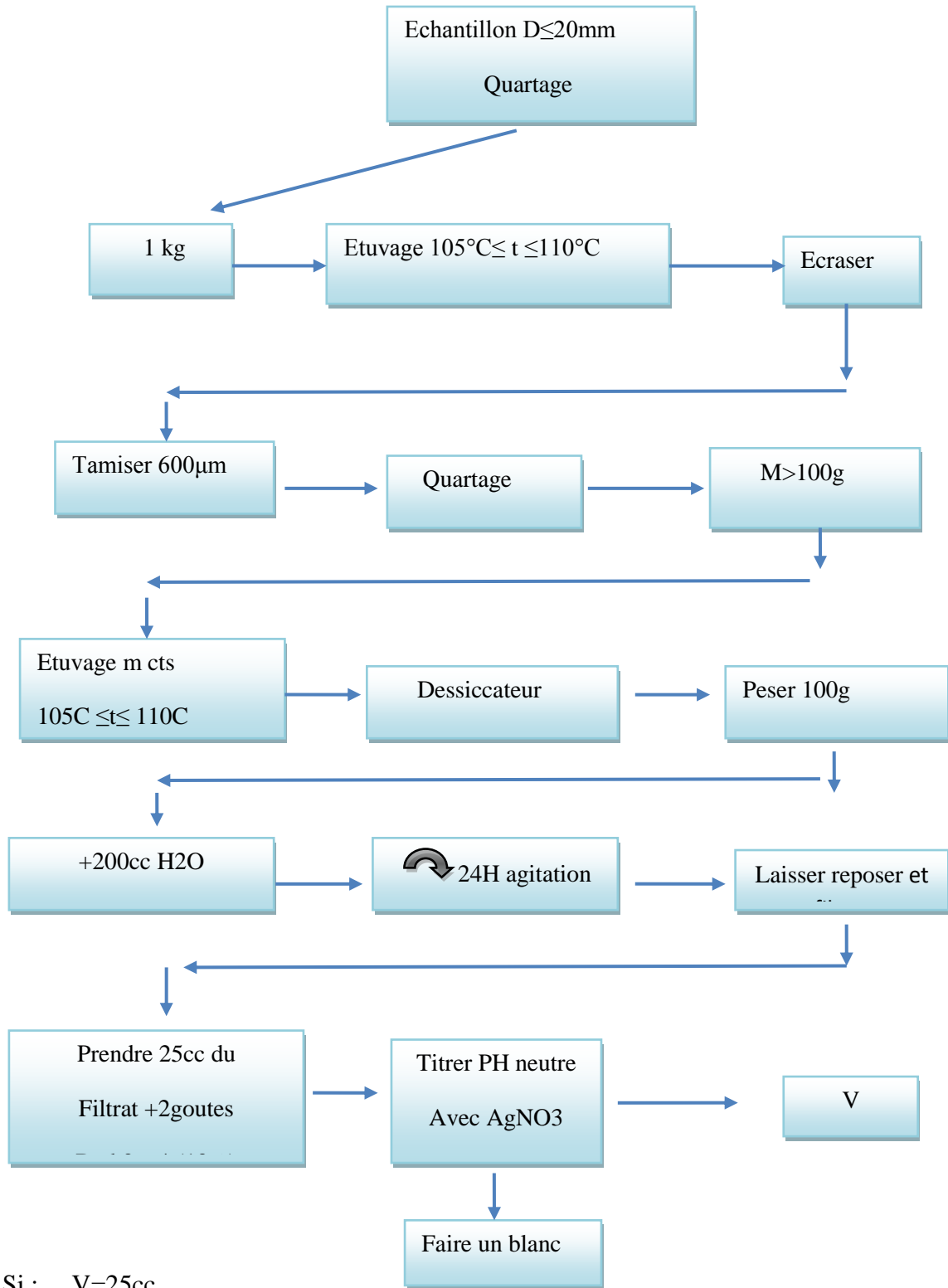
$$SO_4^{-2} = 41.20 \times (P_2 - P_1) / p_0$$

### II.2.2.2.Principe de détermination dosage en retour des carbonates (NFP15-461)

[19]



II.2.2.3.Principe de détermination dosage des chlorures (méthode de MOHR) [19]



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

$\text{AgNO}_3 : 0,02 \text{ N}$



$T \text{ Ag NO}_3 / \text{Cl}^- = 7,09 \cdot 10^{-4}$

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

Tableau II.2 Analyses chimiques de plâtre traditionnel. [19]

	Composants	Valeurs
Insolubles NF P 15 – 461	Insolubles	27 %
	SO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	14.09 %
	Ca SO <sub>4</sub> / 2H <sub>2</sub> O	75.71 %
Sulfates BS 1377	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	16.93 %
Carbonates NF P 15 - 461	CaCO <sub>3</sub>	2 %
Chlorures méthode de MOHR	Cl <sup>-</sup>	0.845 %
	NaCl	1.385 %

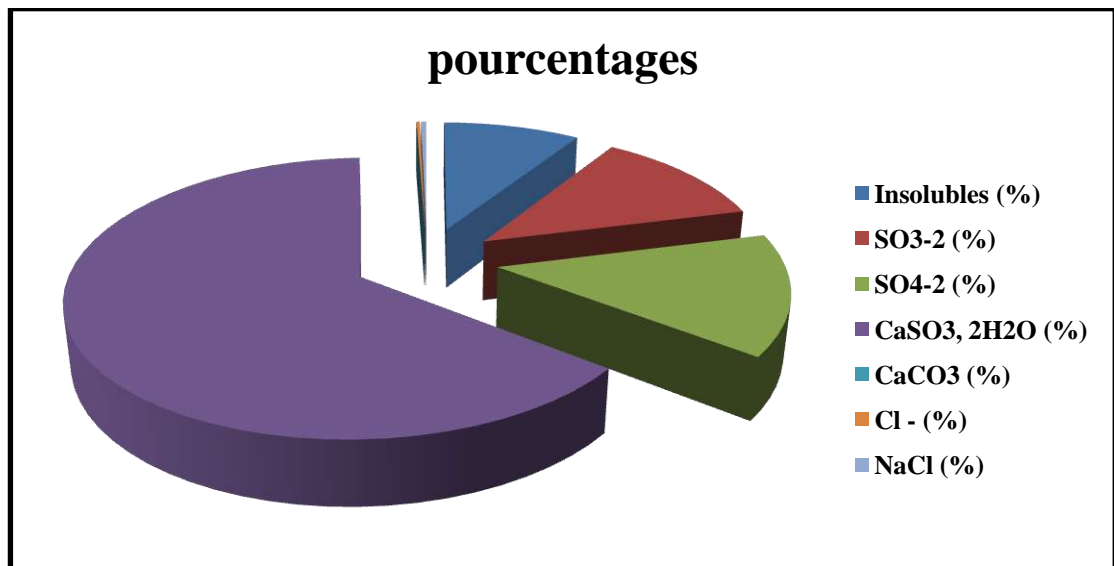


Figure II.4 Secteur graphique présente les résultats des essais chimiques de plâtre traditionnel.

### II.2.3. Analyse élémentaire par diffraction des rayons X

C'est une méthode technique traditionnelle de caractérisation couches minces non destructive quel que soit la taille des échantillons. Elle permet l'identification des phases cristallines présentes dans un échantillon et l'obtention des informations sur la microstructure par analyse fine des profils des raies de diffraction.



Les spectres de diffraction sont comparés avec ceux de références catalogués dans les bases de données aux données de la littérature pour confirmer ou d'infirmer la formation d'une quelconque phase cristalline [13]

Le principe de l'essai est :

Un faisceau de rayons X monochromatique est parallèle qui frappent un cristal est diffracté dans une direction donnée par chacune des familles de plans réticulaires à chaque fois que la condition de lois de BRAGG est réalisée  $n\lambda = 2d\sin\theta$ [13]

Où :

$\lambda$  : Longueur d'onde du faisceau de rayon X ;

d : Distance de deux plans réticulaire ;

$\theta$  : Angle d'incidence des rayons.

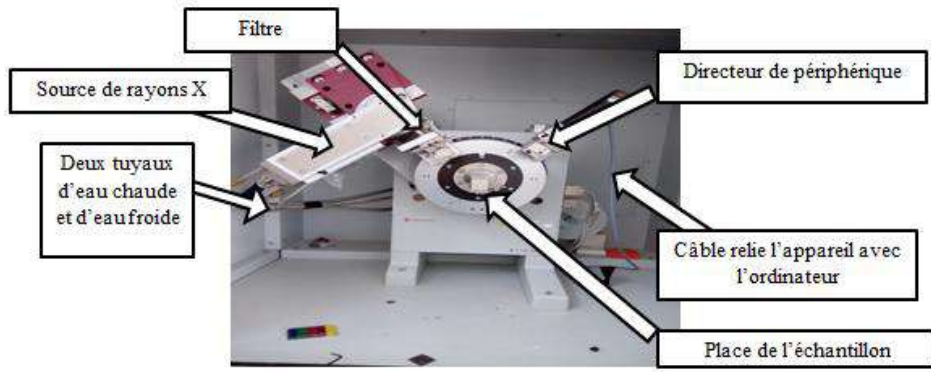
Pour que la diffraction se produise, il faut que les ondes diffractées par les différents plans soient en phase. Dans ce cas, l'angle suivant lequel le faisceau de rayon X est dévié, est égal d'incidence  $\theta$  et est caractéristique de la distance d.[13]

Le but de cet essai est de faire une analyse qualitative, pour avoir les composantes chimiques, le type moyen de cristallin de la matière, la distance de deux plans réticulaire, l'angle d'incidence des rayons... etc.

Cet essai aussi nous aide d'obtenir :

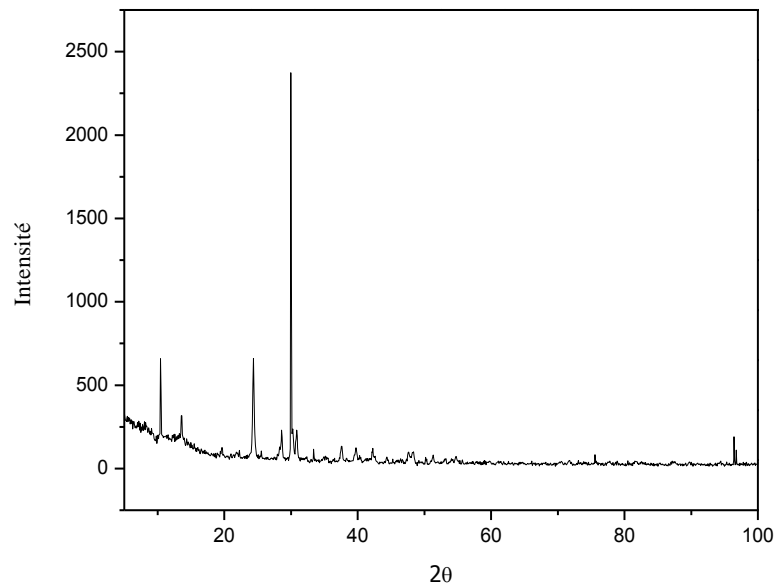
- La caractérisation d'un matériau
- L'identification d'un matériau
- Analyse qualitative d'un échantillon
- Analyse quantitative d'un échantillon
- Détermination d'un système cristallin et indexation des raies.

Pour faire l'interprétation des résultats obtenus par le DRX, il faut prendre le spectre obtenu par DRX et l'ouvrir par l'utilisation d'un logiciel (MATCH, HIGH SCHOOL, X POWDER....etc).[13]



**Figure II.5** L'unité de base de DRX. [13]

La suivante figure représente les résultats d'analyse élémentaire par diffraction des rayons X, cette essai a réalisée à l'laboratoire de rayonnement et plasmas et physique des surfaces (L.R.P.P.S) université KASDI Merbah à Ouargla.



**Figure.II.6** Diffracto-gramme de Timchemt. [19]

Les résultats de cet essai montrent que le matériau étudié est riche en sulfate avec 73,28 % qui est un composant principal, et contient également de 26,72% d'autres plusieurs substances, ce qui une confirmation les résultats chimiques obtenus

**II.3. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons essayé d'identifier les caractéristiques de matériau par des analyses physiques et chimiques le Timchemt Contient de 16% de gravier, 33% gros sable, 39% sable fin 10,5% limon et 1,5 % d'argile

Les résultats des analyses chimiques montrent que le plâtre traditionnel a une grande quantité du Calcium de Sulfite, car ce matériau est d'une source gypseuse, on tient a noté que ce matériau contient peu des sels

# **Chapitre III : Résultats et interprétations**

## Chapitre III Résultats et interprétations

### III.1. Introduction

Ce chapitre est la partie expérimentale de ce travail dans lequel on détermine les caractéristiques thermo-mécaniques des matériaux et on a confectionné des prototypes à base de trois matériaux différents (brique rouge, parpaing et Timchemt) dans le but de savoir principalement la capacité réelle de l'isolation thermique de ces matériaux. Ensuite on va analyser les résultats fournis à travers l'essai réalisé et présenté sous forme de graphes, ces derniers nous permettent de faire le choix du matériau qui répond à cette exigence.

### III.2. Confection des briques de Timchemt

- 1- On commence par la pesée une quantité de Timchemt et une quantité d'eau.
- 2- Par la suite on fait malaxer manuellement une quantité de Timchemt avec de l'eau qu'on fait verser progressivement et on mélange jusqu'à l'obtention d'un matériau homogène.



**Figure III.1** Timchemt pesé.



**Figure III.2** Malaxage de Timchemt.

- 3- Durant cette étape on nettoie les moules et on coule le Timchemt, et cela par couches successives compactées par une plaque métallique.



**Figure III.3** Moulage des briques.

- 4- On démoule avec précaution afin d'obtenir les briques de Timchemt.



**Figure III.4** Démoulage des briques.

- 5- Les briques sont déposées à l'air libre jusqu'au séchage et durcissement de mélange.



**Figure III.5** Les briques au séchage.



**Figure III.6** Brique obtenue.

### III.3. les caractéristiques des matériaux

Le tableau suivant résume les constituants des différentes briques :

**Tableau III.1.**présentation des composants des briques.

Composant	C1	C2	C3	C4
Timchemt	100	0	0	0
Terre crue	0	100	0	0
Parpaing	0	0	100	0
Plâtre	0	0	0	100

Après la confection des briques nous avons effectué une série d'essais mécaniques et thermiques les résultats de ces essais ont été présentés dans les histogrammes suivants :

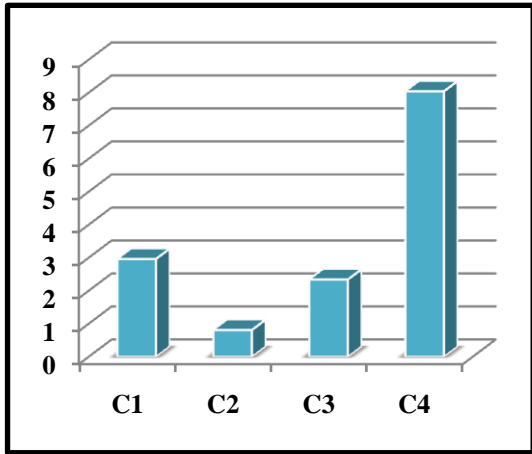


Figure III.7 Résistance à la flexion (MPa)

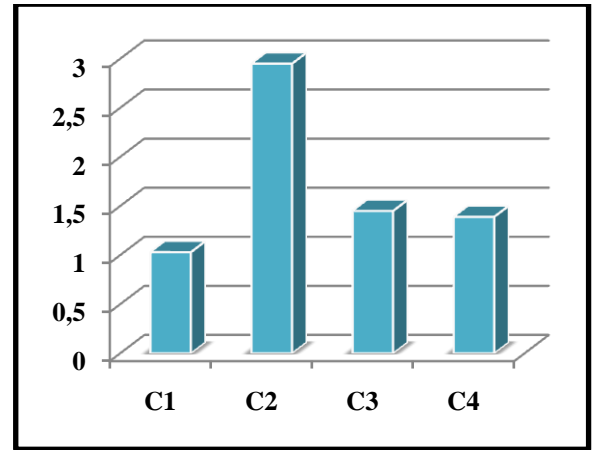


Figure III.8 Résistance à la compression (MPa)

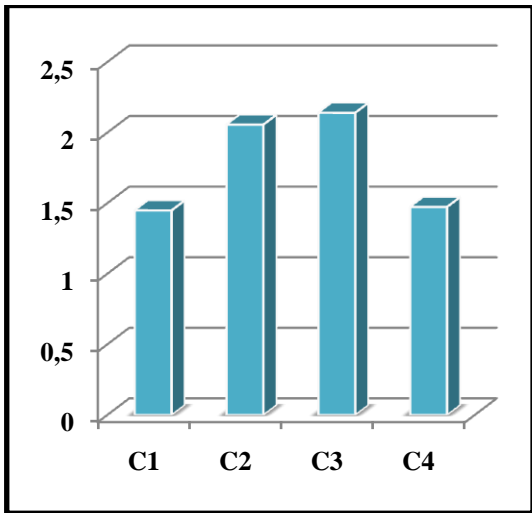


Figure III.9 La masse volumique (kg/m³)

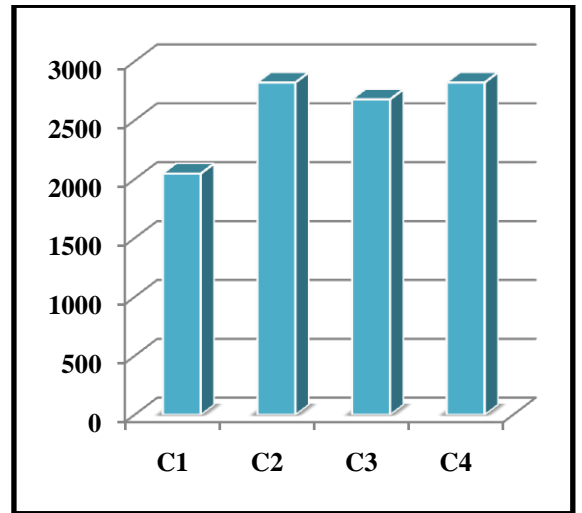


Figure III.10 La vitesse du son (m/s)

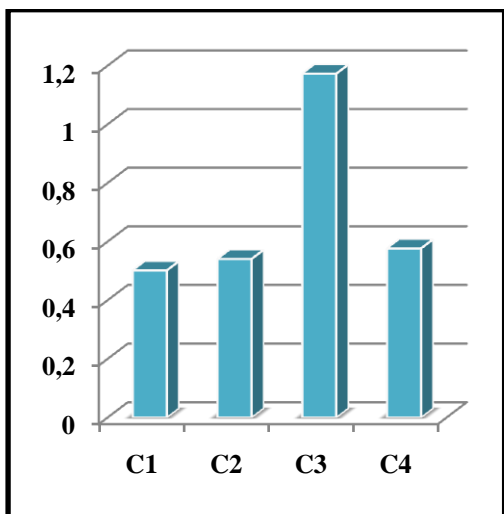


Figure III.11 La conductivité thermique

(W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>)

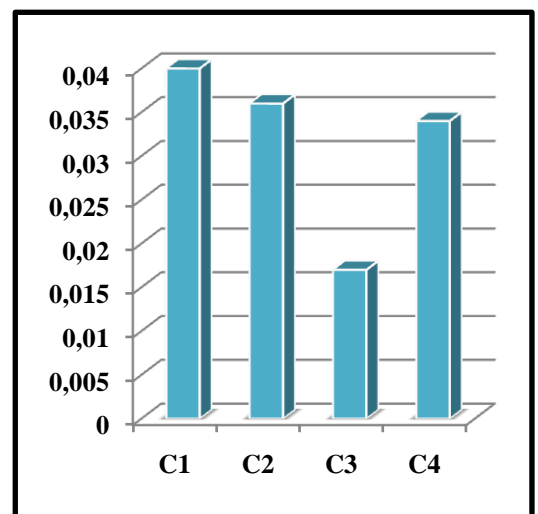


Figure III.12 La résistance thermique.

(m<sup>2</sup> · K · W<sup>-1</sup>).



D'après ces résultats on remarque :

- l'augmentation de la masse de composants de parpaing et l'adhérence des grains d'argile ont causé la hausse des masses volumiques des échantillons C2 et C3.
- les valeurs de la masse volumique des échantillons de Timchemt et du plâtre sont affluées à cause de la nature gypseuse de ces deux produits.
- Nous remarquons que la composition du plâtre C2 résiste parfaitement à la flexion contrairement aux briques de la terre crue C2 à cause de l'inter contact entre ses composants. Or, en ce qui concerne la compression, nous constatons de bons résultats de la part des briques de composition C2.
- Du point de vue mécanique, autrement dit, face aux efforts de la compression et de la flexion, nous avons remarqué que les briques de plâtre traditionnel donnent des résultats satisfaisants, par rapport aux autres matériaux.
- Les résultats mécaniques sont validés par les mécanismes de la vitesse du son, et nous constaté que les briques de Timchemt révèlent de bons résultats vu leur nature gypseuse.
- La texture de parpaing mène à des résultats thermiques non fiables à l'instar des autres produits cimentaires.
- L'augmentation de la masse volumique engendre une augmentation de la conductivité thermique, car on diminue la proportion de vides, dans le matériau.
- L'histogramme montre que la résistance thermique est automatiquement affaiblie car elle est inversement corrélative à la conductivité thermique.
- Les résultats obtenus montrent que le Timchemt (C0), a une capacité d'isolation thermique meilleure à ceux des autres composants.

❖ *L'analyse des résultats de thermo-mécaniques des briques de Timchemt par rapport aux données des références, nous permet de dire que ces briques sont satisfaisantes.*

### **III.4. Réalisation et l'étude thermique des prototypes**

#### **III.4.1. Présentation des prototypes**

Dans le cadre d'étude du comportement thermique nous proposons de confectionner des prototypes de différentes la composition, les différentes parois sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau III.2 Les éléments constructifs des prototypes.

Les prototypes	Les démentions	Type de dalle	Brique de mur
P1	(1x1x1) m	Béton armé	Briques de terre cuites
P2	(1x1x1) m	Béton armé	Parpaing
P3	(1x1x1) m	Timchemt	Timchemt

On tient à préciser que et les résultats sont enregistrés pendant la période la plus chaude de l'année dans la région (fin de mois juillet) au ksar de Ouargla.

#### III.4.1.1. Confection des prototypes

On a réalisé 3 prototypes dans le lieu précédemment situés afin de mesurer la température intérieure et extérieure et l'humidité.

- **Le prototype P1 :**

Le premier est le prototype-témoin, ses démentions sont : 1x1x1 mètre réalisé avec de la brique rouge de 10 cm avec une dalle en béton armé.



Figure III.13 Parois en brique P1.



Figure III.14 Dalle en béton armée P1

- **Le prototype P2**

Le deuxième témoin a les démentions suivantes : de 1x1x1 mètre réalisé parpaing de 20 cm d'épaisseur avec une dalle en béton armé.



**Figure III.15** Palle béton armée P2.



**Figure III.16** Parois parpaing P2.

- **Le prototype P3**

Ce dernier est le prototype d'étude il est réalisé à 100% de Timchemt (les parois + la dalle) ses démentions sont : 1x1x1 mètre.

#### III.4.1.2. Les étapes de réalisation P3

- La première étape consiste à réaliser les parois par des briques en Timchemt et les coller entre elles avec le mélange de (Timchemt+eau).



**Figure III.17** Mise en place des briques



**Figure III.18** Parois en Timchemt.

- La deuxième étape consiste en est le coulage du mélange homogène de Timchemt et d'eau dans un coffrage en bois et le laisser jusqu'à au durcissement de matériau pour le décoffrer et obtenir une dalle comme l'illustre la figure ci-dessous :



**Figure III.19** Dalle en Timchemt P3.

#### **III.4.2. l'étude thermique des prototypes**

Pour traiter un problème thermique, qu'on n'arrive pas à comprendre, on doit alors faire des simulations et cela grâce aux outils d'étude tels que les prototypes et qui sont indispensable pour obtenir de précieux résultats quantifiés.

Pour y parvenir on doit introduire deux paramètres fondamentaux, qui n'ont de sens que pour les régimes thermiques, ils concernent par nature deux grandeurs de la thermique (la température qui décrit le comportement thermique de matériau) et la chaleur, et plus précisément la quantité thermique absorbée et la deuxième grandeur concerne le temps  $T$ .

En effet dans cycle de 24h la température de l'ambiance extérieure varie continuellement avec le temps durant le jour et la nuit, le régime thermique d'une pièce reste toujours variable : tout ces paramètres varient (température, humidité) ; Pour une période donnée de l'année (on prend la période la plus chaude de l'année) on enregistre les paramètres moteurs du comportement thermique qui sont les facteurs climatiques essentiellement (température et humidité), notre étude s'intéresse à la variation de la température intérieure des prototypes autrement dit connaître l'amplitude de cette variation de la température entre l'intérieur et l'extérieur pour chacun des 3 prototypes pendant 12h, puis comparer les valeurs des amplitudes enregistré avec le degré de température de confort afin de constater si le matériau

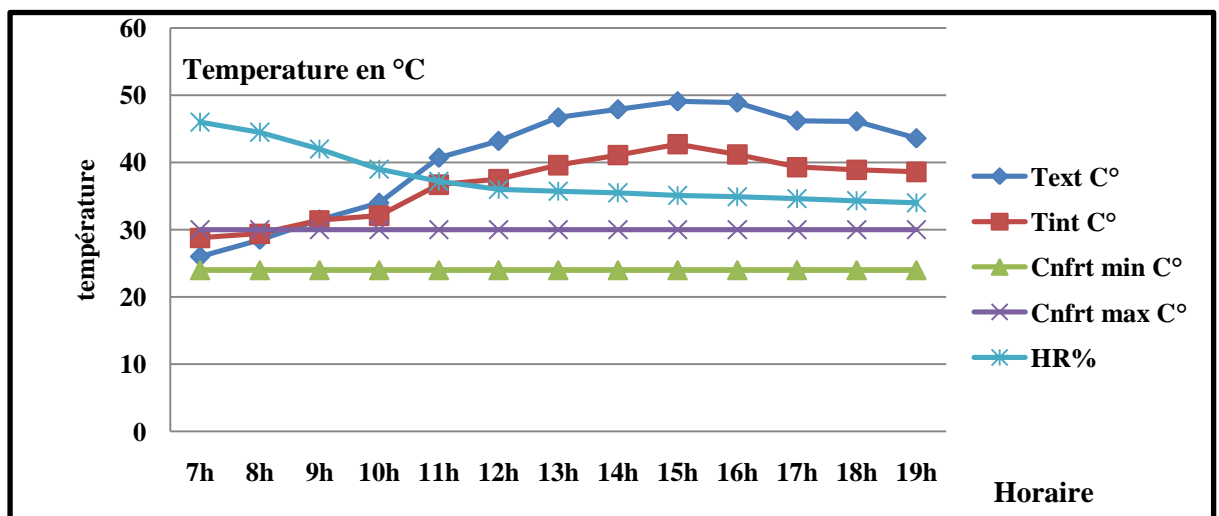
est le bon ou non (insupportable), les résultats de 12h d'enregistrement de température et humidité extérieure et intérieure des 3 prototypes sont représentés dans le résultats suivantes :

**III.5. Résultats et interprétation**

- **L'influence de température prototype 1**

**Tableau III.3** Variation de la température durant la journée du 31/07/2019 des prototypes P1.

Heure	Température Extérieure en C°	Température intérieure en C°	Confort Min. en C°	Confort Max. en C°	HR%
07am	26	28,8	24	30	46
08am	28,5	29,4	24	30	44,5
09am	31,5	31,4	24	30	42
10am	34	32,1	24	30	39
11am	40,7	36,7	24	30	37,2
12am	43,2	37,5	24	30	36
13pm	46,7	39,6	24	30	35,7
14pm	47,9	41,1	24	30	35,5
15pm	49,1	42,7	24	30	35,1
16pm	48,9	41,2	24	30	34,9
17pm	46,2	39,3	24	30	34,6
18pm	46,1	38,9	24	30	34,3
19pm	43,6	38,6	24	30	34



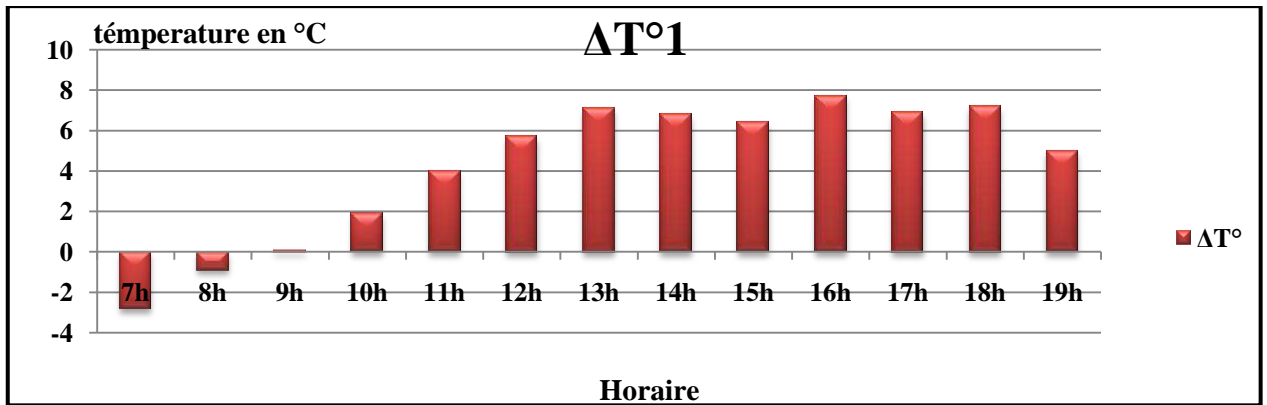
**Figure III.20** L'influence de la température sur P1.

**Tableau III.4**  
Résume la différence de la température intérieure  
Et l'extérieure du prototype P1

<b>Heures</b>	<b>T<sub>ext</sub> °C</b>	<b>T<sub>int</sub> °C</b>	<b>ΔT1</b>
<b>07am</b>	26	28,8	<b>-2,8</b>
<b>08am</b>	28,5	29,4	<b>-0,9</b>
<b>09am</b>	31,5	31,4	<b>0,1</b>
<b>10am</b>	34	32,1	<b>1,9</b>
<b>11am</b>	40,7	36,7	<b>4</b>
<b>12am</b>	43,2	37,5	<b>5,7</b>
<b>13pm</b>	46,7	39,6	<b>7,1</b>
<b>14pm</b>	47,9	41,1	<b>6,8</b>
<b>15pm</b>	49,1	42,7	<b>6,4</b>
<b>16pm</b>	48,9	41,2	<b>7,7</b>
<b>17pm</b>	46,2	39,3	<b>6,9</b>
<b>18pm</b>	46,1	38,9	<b>7,2</b>
<b>19pm</b>	43,6	38,6	<b>5</b>

La figure III.20 présente les courbes de variation de la température intérieure du prototype p1, la température extérieure et l'humidité de l'air en fonction du temps.

En observant la figure nous remarquons que la température intérieure augmente de 28,8°C à 42,7°C, à cause de l'augmentation de la température extérieure de 26 à 49,1°C avec une faible différence de température entre l'intérieur et l'extérieur durant les premières heures de la journée, cette différence a une relation directe avec le matériau utilisé dans la construction du prototype, mais à partir de 16h on remarque une de la température intérieure et cela grâce aux murs en brique qui font leurs rôle d'isolant ; L'humidité diminue avec l'augmentation de la température.



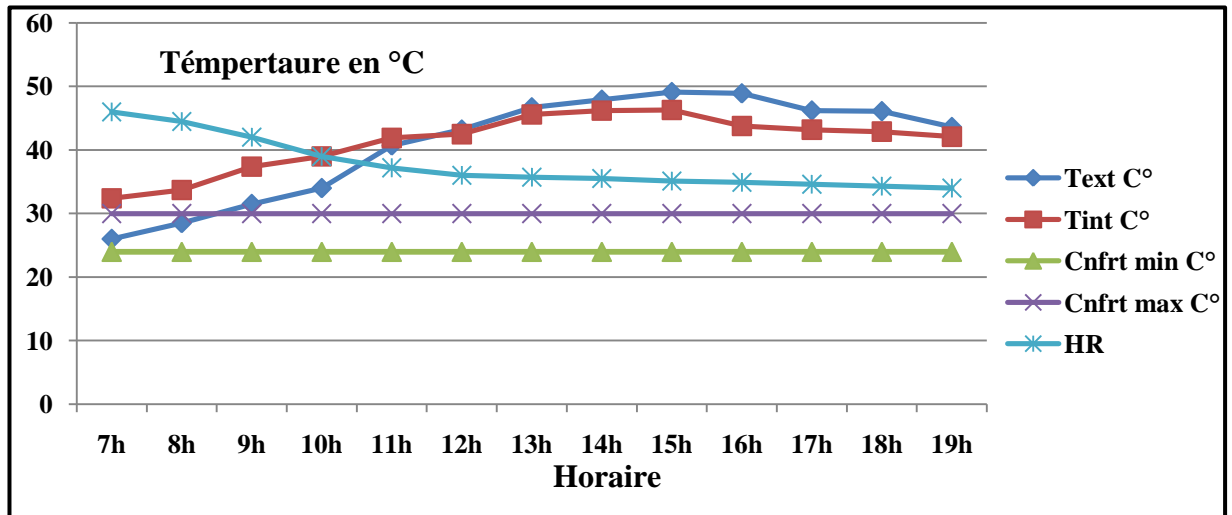
**Figure III.21** La différence de la température entre l’intérieure et l’extérieure du prototype P1.

A partir de la figure III.21 on remarque que le prototype P1 nous offre un écart thermique considérable, ce qui nous permet de conclure que les murs en brique ont empêché la pénétration de la chaleur à l’intérieur, cet écart arrive jusqu’à presque 8°C. Les éléments constitutifs de P1 ont montré un très bon comportement thermique en jouant leur rôle d’isolation

- **L’influence de température sur prototype 2 :**

**Tableau III.5** Variation de la température durant la journée du 31/07/2019 de prototype P2.

Heure	T. ext C°	T. int C°	Confort min C°	Confort max C°	HR%
07am	26	32,4	24	30	46
08am	28,5	33,7	24	30	44,5
09am	31,5	37,4	24	30	42
10am	34	39	24	30	39
11am	40,7	41,9	24	30	37,2
12am	43,2	42,5	24	30	36
13pm	46,7	45,6	24	30	35,7
14pm	47,9	46,2	24	30	35,5
15pm	49,1	46,3	24	30	35,1
16pm	48,9	43,8	24	30	34,9
17pm	46,2	43,2	24	30	34,6
18pm	46,1	42,9	24	30	34,3
19pm	43,6	42,1	24	30	34



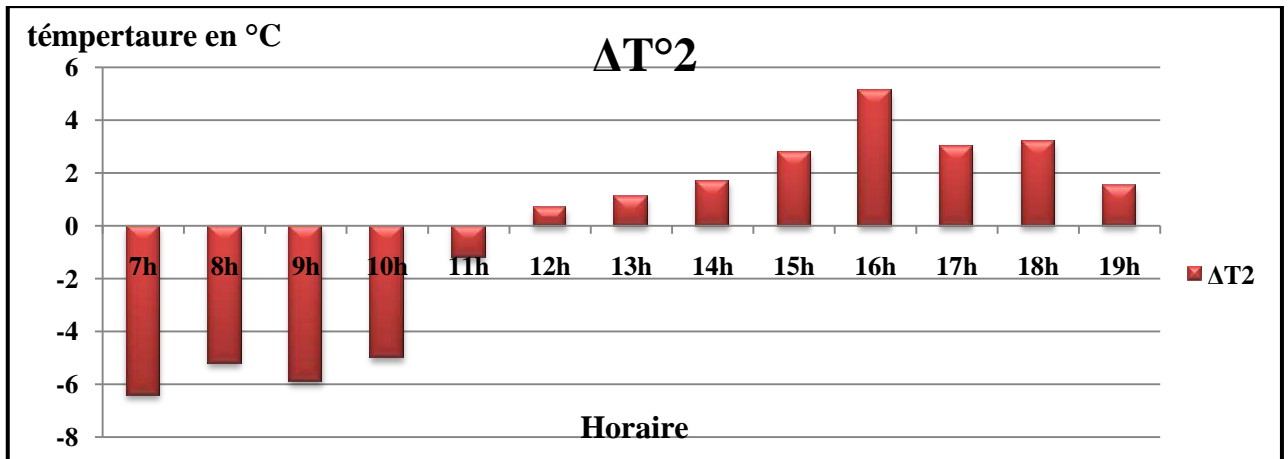
**Figure III.22** L'influence de la température sur P2.

Selon l'observation du graphe sur la figure III.22 on remarque que la température intérieure varie entre 32,4 et 46,3°C d'une façon croissante suite à l'augmentation de la température extérieure de 26 à 49,1°C et aussi que les premières heures la température intérieure est supérieure à celle de l'extérieur est cela à cause de la dalle en béton qui retient la chaleur, l'humidité elle, diminue avec l'augmentation de la température.

**Tableau III.6** résume la différence de la température intérieure et l'extérieure du prototype P2.

Heures	T <sub>ext</sub> °C	T <sub>int</sub> °C	ΔT2
<b>07am</b>	26	32,4	<b>-6,4</b>
<b>08am</b>	28,5	33,7	<b>-5,2</b>
<b>09am</b>	31,5	37,4	<b>-5,9</b>
<b>10am</b>	34	39	<b>-5</b>
<b>11am</b>	40,7	41,9	<b>-1,2</b>
<b>12am</b>	43,2	42,5	<b>0,7</b>
<b>13pm</b>	46,7	45,6	<b>1,1</b>
<b>14pm</b>	47,9	46,2	<b>1,7</b>
<b>15pm</b>	49,1	46,3	<b>2,8</b>
<b>16pm</b>	48,9	43,8	<b>5,1</b>
<b>17pm</b>	46,2	43,2	<b>3</b>
<b>18pm</b>	46,1	42,9	<b>3,2</b>
<b>19pm</b>	43,6	42,1	<b>1,5</b>





**Figure III.23** La différence de la température entre l’intérieure et l’extérieure du prototype P2.

D’après les résultats de la figure III.23 on constate que les premières heures la température l’intérieur est supérieure à celle à l’extérieur et cela est dû à l’absorption de la chaleur par la dalle en béton malgré le fait que les parois sont en parpaing.

- **L’influence de température prototype 3**

**Tableau III.7** Variation de la température durant la journée du 31/07/2019 de prototype P3.

Heure	T. ext C°	T. int C°	Confort min.°C	Confort max.°C	HR%
07am	26	1,7	24	30	46
08am	28,5	2,9	24	30	44,5
09am	31,5	4,1	24	30	42
10am	34	6	24	30	39
11am	40,7	8,5	24	30	37,2
12am	43,2	8,9	24	30	36
13pm	46,7	11,1	24	30	35,7
14pm	47,9	10,8	24	30	35,5
15pm	49,1	11,4	24	30	35,1
16pm	48,9	10,7	24	30	34,9
17pm	46,2	10	24	30	34,6
18pm	46,1	11,5	24	30	34,3
19pm	43,6	11,5	24	30	34

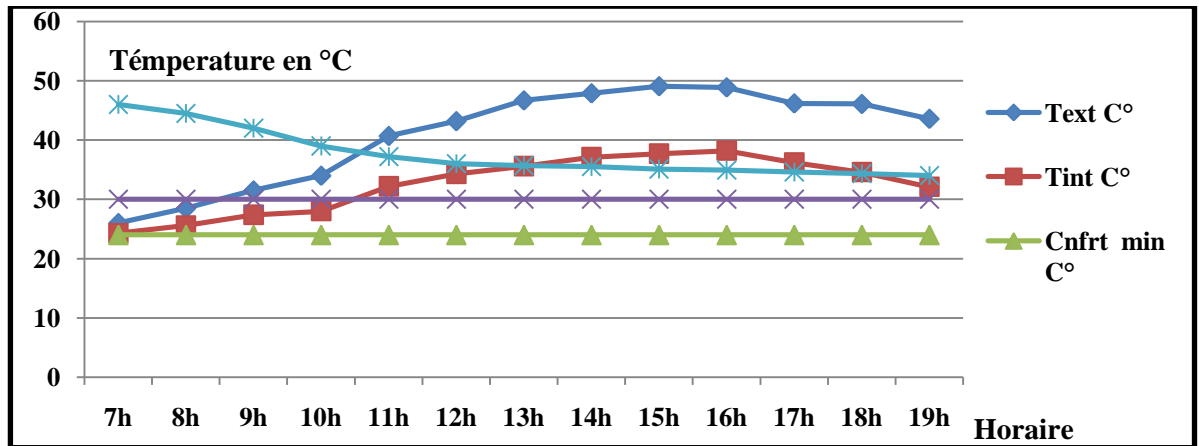


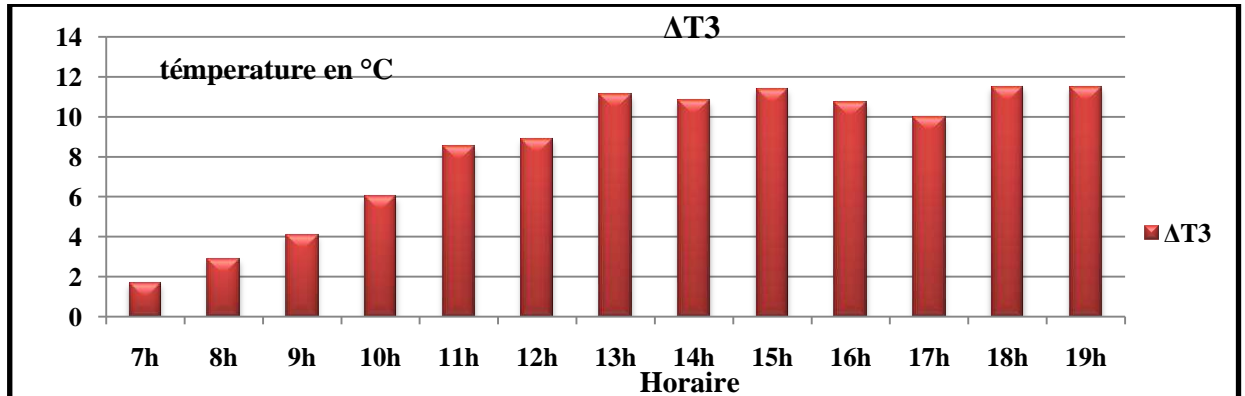
Figure III.24 L'influence de la température sur P3.

Tableau III.8 Résume la différence de la température intérieure et l'extérieure du prototype P3.

Heures	$T_{ext}$ °C	$T_{int}$ °C	$\Delta T3$
<b>07am</b>	26	24,3	<b>1,7</b>
<b>08am</b>	28,5	25,6	<b>2,9</b>
<b>09am</b>	31,5	27,4	<b>4,1</b>
<b>10am</b>	34	28	<b>6</b>
<b>11am</b>	40,7	32,2	<b>8,5</b>
<b>12am</b>	43,2	34,3	<b>8,9</b>
<b>13pm</b>	46,7	35,6	<b>11,1</b>
<b>14pm</b>	47,9	37,1	<b>10,8</b>
<b>15pm</b>	49,1	37,7	<b>11,4</b>
<b>16pm</b>	48,9	38,2	<b>10,7</b>
<b>17pm</b>	46,2	36,2	<b>10</b>
<b>18pm</b>	46,1	34,6	<b>11,5</b>
<b>19pm</b>	43,6	32,1	<b>11,5</b>

D'après les résultats de la figure Figure III.24 nous constatons dès les premières heures la température intérieure du prototype P3 est inférieure à celle de l'extérieur cela est en un rapport direct avec le matériau utilisé dans la réalisation de ce prototype et qui montre un bon comportement thermique d'isolation ; A partir de 13h l'écart de température commence à se creuser pour attendre jusqu'à 11,5°C vers 19h et cela grâce aux capacités d'isolation du

Timchemt, ce qui nous permet de réduire la climatisation et économiser l'électricité ; Dans ce cas aussi l'humidité diminue avec l'augmentation de la température.



**Figure III.25** La différence de la température entre l'intérieure et l'extérieure du prototype P3.

Selon la figure III.25 on remarque que dans le prototype P3 la température intérieure est toujours inférieure à l'extérieure pendant toutes les heures de la journée, débutant par une faible différence aux premières heures, mais avec le temps l'écart se creuse et arrive jusqu'à plus de 11,5°C et cela grâce a la bonne résistance thermique des briques de plâtre traditionnel.

- **L'influence de température sur les prototypes P1, P2, P2**

**Tableau III.9** Variation de la température durant la journée du 31/07/2019 des prototypes P1, P2 , P3.

Heure	T. ext. C°	T.int .1°C	T.int.2°C	T. in.3°C	Confort min C°	Confort max C°	HR%
07am	26	28,8	32,4	24,3	24	30	46
08am	28,5	29,4	33,7	25,6	24	30	44,5
09am	31,5	31,4	37,4	27,4	24	30	42
10am	34	32,1	39	28	24	30	39
11am	40,7	36,7	41,9	32,2	24	30	37,2
12am	43,2	37,5	42,5	34,3	24	30	36
13pm	46,7	39,6	45,6	35,6	24	30	35,7
14pm	47,9	41,1	46,2	37,1	24	30	35,5
15pm	49,1	42,7	46,3	37,7	24	30	35,1
16pm	48,9	41,2	43,8	38,2	24	30	34,9
17pm	46,2	39,3	43,2	36,2	24	30	34,6
18pm	46,1	38,9	42,9	34,6	24	30	34,3
19pm	43,6	38,6	42,1	32,1	24	30	34

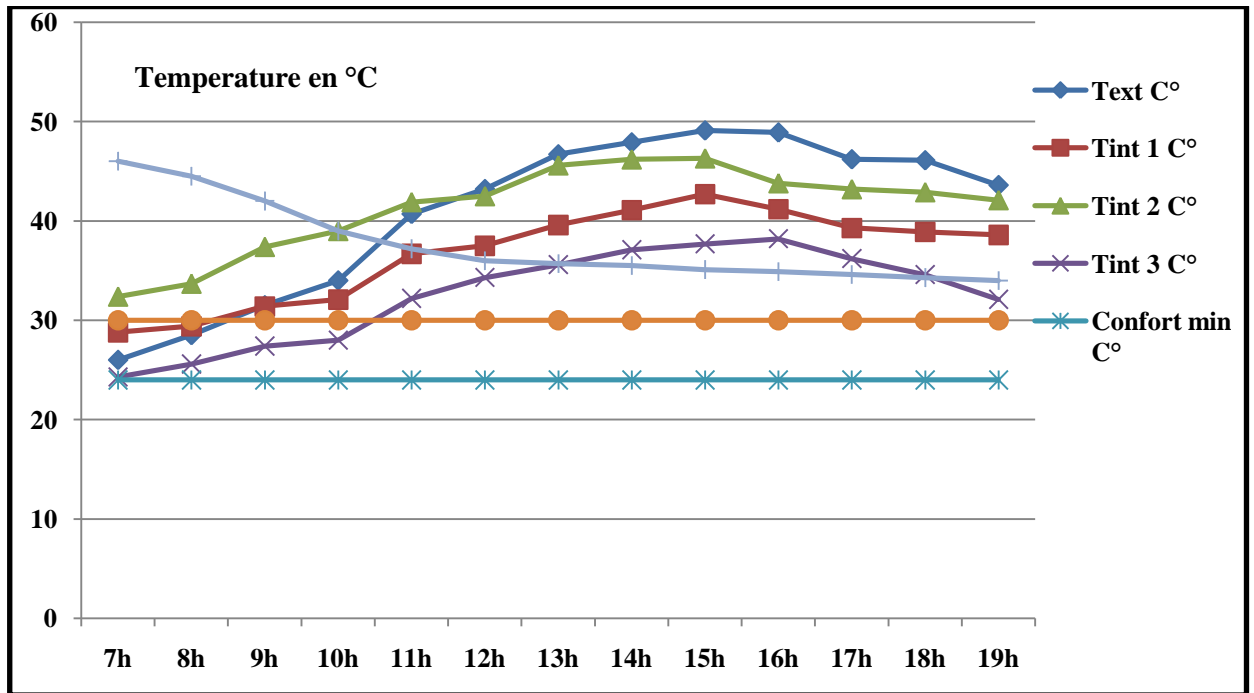


Figure III.26 L'influence de la température sur les prototypes P1, P2, P3.

- Le prototype P2 a besoin d'une climatisation presque pendant toutes les heures de la journée.
- Le prototype P1 en briques de terre cuite nous offre des résultats mieux que le prototype précédent
- Le prototype P3 avec ces murs en brique de plâtre traditionnel présente un confort thermique meilleur que les deux premiers (P1 et P2)

Tableau III.10 Résume la différence de la température intérieure et l'extérieure des prototypes P1, P2, P3

Heures	$\Delta T1$	$\Delta T2$	$\Delta T3$
07am	-2,8	-6,4	1,7
08am	-0,9	-5,2	2,9
09am	0,1	-5,9	4,1
10am	1,9	-5	6
11am	4	-1,2	8,5
12am	5,7	0,7	8,9
13pm	7,1	1,1	11,1
14pm	6,8	1,7	10,8
15pm	6,4	2,8	11,4
16pm	7,7	5,1	10,7
17pm	6,9	3	10
18pm	7,2	3,2	11,5
19pm	5	1,5	11,5

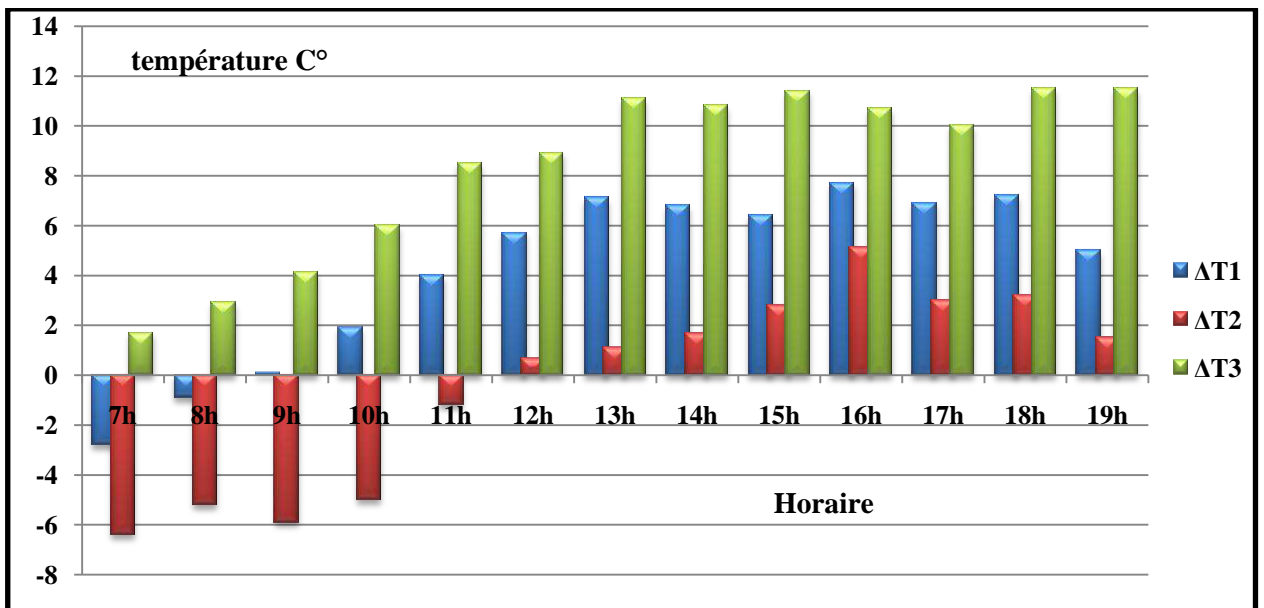


Figure III.27 La différence de la température entre l'intérieure et l'extérieure des prototypes (P1, P2, P3).

Selon la Figure III.27 nous nous remarquons ce que suit :

- **Pour le prototype P1 :**

De 7h :00 à 8h : 00 l'écart de température est négatif de : -2,8 à -0,9°C.

De 9h :00 à 19h : 00 l'écart de température est positif et arrive jusqu'à : +7,7°C.

- **Pour le prototype P2 :**

. De 7h :00 à 11h :00 l'écart de température est négatif de : -6,4° à -1,2°C.

A partir de 14h on marque un faible écart de température d'une valeur maximale de : +5,1°C

- **Pour le prototype P3 :**

De 7h :00 à 13h :00 l'écart de température augmente de : 0,7 à 11,1°C

A partir de 14h l'écart de température se stabilise dans une moyenne de : 11°C

### III.6. CONCLUSION

L'objectif de ce travail est de développer une base scientifique et technique qui permet la conception des habitats bioclimatiques qui répondent aux mesures architecturales et urbaines de la région tout en protégeant son patrimoine, ce travail nous permis de conclure que le matériau local adopté dans notre étude qui est le Timchemt s'est comporté positivement en montrant une grande fiabilité dans l'isolation thermique par rapport aux deux autres matériaux qui sont les plus utilisés.

En effet, les briques en terre cuite traditionnelles sont plus légères et plus performantes du point de vue thermique que mécanique, et aussi ces briques traditionnelles sont économique, enfin ce matériau est plus rentable, nous permet de diminuer la consommation énergétique tout en offrant un confort remarquable à l'intérieur des habitats.

# **Conclusion et Recommandations**

### Conclusion et recommandations

Afin de cette On peut dire que :

- les anciens constructeurs on pu réaliser des habitats sains et confortables sous forme des Ksours grâce au plâtre traditionnel qui était le principal constituant de ces réalisations.
- Les différentes sources de gypse dans la région d'Ouargla ont permis la disponibilité permanente du plâtre traditionnel dit Timchemt avec une production qui coute moins cher que les autres matériaux de construction.
- La nature gypseuse de Timchemt a permis son utilisation sous forme d'enduit et de le façonner en briques de construction.
- Après l'analyse des résultats des essais thermo-mécaniques on peut dire que les caractéristiques mécaniques du Timchemt étaient acceptables et que ses caractéristiques thermiques sont très satisfaisantes par rapport aux autres matériaux étudiés

Dans le cadre de la stratégie de la valorisation des matériaux locaux et à travers les résultats encourageant obtenues, il serait judicieux d'assurer un enchainement et une continuité de cette étude pour mieux exploiter ce matériau et aussi afin d'offrir aux prochaines générations un matériau économique, sain et techniquement prêt à l'utilisation.



## Référence Bibliographique

- [1] HAKKOUM.S, «Etude des caractéristiques thermiques et mécaniques des briques en terre cuite traditionnelles dans les régions de la wilaya de Ouargla», Mémoire de magister, Université d' Ouargla, mai 2015
- [2] [en ligne] [consulté le 20.04.2020] disponible a l'adresse : HAL Id: halshs-01237201  
<https://halshs.archives-ouvertes.fr/>
- [3] HAFSIM, «Réhabilitation du Patrimoine Ksourien à Travers La Revitalisation de l'Habitat. Cas des ksour de la wilaya de OUARGLA », mémoire de magister école polytechnique d'architecture et d'urbanisme epau Alger, juin 2012
- [4] [en ligne] [consulté le 15.05.2020] disponible a l'adresse : HAL Id: halshs-01237201  
<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01237201>
- [5] [en ligne] [consulté le 19.05.2020] disponible a l'adresse : URL :  
<https://www.pinterest.fr/pin/548524429596891739/>
- [6] [en ligne] [consulté le 19.05.2020] disponible a l'adresse : URL :  
<http://journals.openedition.org/communiquer/1851>)
- [7] [en ligne] [consulté le 19.05.2020] disponible a l'adresse : URL //www.google.com/image ksar témacin
- [8] LEBSIR.A, « Les Cultures Constructives Traditionnelles Cas des Aurès, L'Oued Mya et Le Souf », mémoire de magister Université de Biskra, mai 2016
- [9] [en ligne] [consulté le 22.05.2020] disponible a l'adresse : URL  
<https://www.pinterest.fr/pin/548524429596891739/>
- [10] [en ligne] [consulté le 29.05.2020] disponible a l'adresse : URL  
<https://terre-crue-pierre.com/maconnerie-terre-crue/adobe/>
- [11] [en ligne] [consulté le 30.05.2020] disponible a l'adresse : URL  
<https://www.atelier-alp.bzh/actualites/construire-des-murs-en-terre-la-technique-de-la-bauge-coffree/>
- [12] [en ligne] [consulté le 30.05.2020] disponible a l'adresse : URL  
<https://www.batirama.com/article/169-terre-crue-4-techniques-a-redecouvrir.html>

[13] BENAMARA.A, « étude des caractéristiques thermo-mecaniques des briques a base de plâtre traditionnel renforcée par des fibres de palmier dattier », mémoire de master Université de Ouargla, mai 2019

[14] REHOUDJA, Leila Sabrina., «étude de l'effet de l'ajout de gypse sur les caractéristiques thermomécaniques des brique en terre crue » mémoire de master Université d'Ouargla 2017

[15] MEKHERMECHE A, « Contribution à l'étude des propriétés mécaniques et thermiques des briques en terre en vue de leur utilisation dans la restauration des Ksours sahariennes », mémoire de magister, Université de Ouargla, 2012

[16] L'office national de météorologie. (Les données climatiques d'Ouargla)

[17] [en ligne] [consulté le 17.06.2020] disponible a l'adresse : URL <https://weather-and-climate.com/>

[18] Direction de l'énergie et des mines wilaya d'Ouargla, Données sur l'énergie électrique cas de la wilaya d'Ouargla

[19] BENABBES.M,GUEZIM, « Etude D'influence De L'ajoute Du Ciment Blanc Sur Les Caractéristiques Physico-mécanique Des Briques À Base Du Plâtre Traditionnel Et L'influence Du Milieux De Conservation», mémoire de master Université d'Ouargla, mai 2019

[20] DJOUHRI. M., " Confection d'une brique à base de sable de dunes " mémoire de magister Université Ouargla , 2007

[21] KRIKER. A., «Caractérisation des fibres de palmier dattier et propriétés des bétons et mortiers renforcés par ces fibres en climat chaud sec », thèse de Doctorat d'Etat, ENP ,2005

[22]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