

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Kasdi Merbah Ouargla**



**FACULTÉ DES SCIENCES APLIQUÉES**

**Département de Génie Civil et Hydraulique**

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

**Spécialité : Génie Civil**

**Option : STRUCTURE**

**Thème**

**Caractéristique thermomécanique des briques  
de terre par l'ajout de polymère PEHD**

*Présenté par:*

**LOUAHADJ Omar**

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

<b>DJOUHRI Mohamed</b>	<b>MCB</b>	<b>UKM-Ouargla</b>	<b>Président</b>
<b>MEKHERMECHE Abdessalam</b>	<b>MCB</b>	<b>UKM-Ouargla</b>	<b>Examineur</b>
<b>CHAIB hachem</b>	<b>MCB</b>	<b>UKM-Ouargla</b>	<b>Encadreur</b>
<b>BOUCHERBA mohammed</b>	<b>doctorant</b>	<b>UKM-Ouargla</b>	<b>Co- Encadreur</b>

**Promotion 2018/2019**

# Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des photos	
Liste des notations	
Résumé .....	1
Introduction générale.....	2

## **CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES BRIQUES ET APERÇU LE POLYETHYLENE**

I.1. Introduction.....	3
I.2. Type de brique .....	3
I.2.1. Briques de terre crue .....	3
I.2.1.1. La adobe :.....	3
I.2.1.2. Les pisés :.....	4
I.2.1.3. Les blocs de terre comprimée .....	5
I.2.2. Briques de terre cuite : .....	6
I.2.2.1. Mode de fabrication : .....	6
I.2.2.2. Briques ordinaires: .....	7
I.2.2.3. Briques creuses de terre cuite .....	8
I.3. Les avantage et les inconvenient.....	8
I.3.1. Les avantages .....	8
Briques de terre crue :.....	8
Briques de terre cuite : .....	9
I.3.2. Les inconvenient .....	9
Briques de terre crue.....	9
Briques de terre cuite .....	9
I.4. Les caractéristiques sur les briques.....	10
I.4.1. les Caractéristiques des briques de terre crue (adobe, pisé, ..).....	10
I.4.2. Caractéristiques de brique de terre cuite: .....	10
I.5. Les polymères .....	11
I.5.1. Polyéthylène.....	11
I.5.1.1. Structure:.....	11

I.5.2. Les différents types de polyéthylène .....	12
I.6. Le polyéthylène haute densité (PEHD).....	12
I.6.1. Avantages et Inconvénients du PEHD .....	12
I.6.1.1. Avantage : .....	12
I.6.1.2. Inconvénients : .....	12
I.6.2. Les propriétés du PEHD .....	13
I.7. Conclusion : .....	13

## **CHAPITRE II. CARACTERISTIQUE DES MATERIAUX UTILISES**

II.1 Introduction .....	14
II.2 Argile.....	14
II.2.1 Analyse granulométrique (NF P 94 -056).....	14
II.2.2 Analyse granulométrique par sédimentation (NF P 94-057).....	15
II.2.3 Bleu de méthylène (NF P 94-068).....	16
II.2.4 Limite d'Atterberg (NF P 94-051).....	17
II.2.5 Densité sèche (NF P 94 – 064) .....	18
II.2.6 Analyse chimique .....	18
II.2.7 Essai de diffraction des rayons X (DRX) .....	19
II.3 Sable .....	20
II.3.1. Analyse granulométrique (NF P 18-560) .....	20
II.3.2. Masse volumique absolue .....	21
II.3.3. Équivalent de sable (NF P 18-598) .....	21
II.3.4. Bleu de méthylène (NF P 94-068) .....	22
II.3.5. Analyse chimique .....	23
II.3.6. Essai de diffraction des rayons X (DRX) .....	23
II.4 Le polyéthylène haute densité (PEHD) .....	24
II.4.1 Analyse thermogravimétrie (ATG) et Analyse thermique différentielle.....	24
II.4.2 Analyse calorimétrique différentielle (DSC).....	26
II.5 Conclusion. ....	27

## **CHAPITRE III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

III.1. Introduction .....	28
III.2. Préparation des échantillons utilisés dans l'étude .....	28

III.3. Présentation des essais réalisés .....	30
III.3.1. La résistance à la flexion.....	30
III.3.2. La résistance à la compression .....	30
III.3.3. Essai ultrasonique.....	31
III.4. Résultats et discussions (brique en terre crue et cuite).....	32
III.4.1. Brique de terre crue .....	32
a) Masse volumique .....	32
b) Résistance à la flexion .....	33
c) Résistance à la compression .....	33
d) Essai ultrasonique .....	34
III.4.2. Brique de terre cuite .....	34
a) Masse volumique .....	35
b) La résistance à la flexion .....	35
c) La résistance à la compression .....	36
d) Essai ultrasonique .....	37
III.4.3. Synthèse des résultats.....	38
III.5 Résultats thermomécaniques des briques en semi cuite.....	38
a) La résistance à la flexion .....	39
b) La résistance à la compression .....	39
III.5.1. Synthèse des résultats.....	39
III.5.2. Résultats et discussions physico – mécanique cas du brique semi cuite.....	41
a) Masse volumique .....	41
b) La résistance à la flexion .....	41
c) La résistance à la compression .....	42
d) Essai ultrasonique .....	42
III.5.3. Résultants thermiques (cas du brique semi cuite) .....	43
III.5.3.1. La conductivité thermique.....	43
III.5.3.2. Résistance thermique.....	43
III.5.3.3. Les méthodes de mesures de la conductivité thermique .....	44
III.5.3.4. Analyses thermiques (La méthode non stationnaire par la sonde .....	44
a) Principe .....	44
b) Description des essais .....	44
c) Préparation des échantillons.....	46

d)Résultats et interprétations .....	46
e)Conclusion .....	47
Conclusion général .....	48
Références Bibliographiques .....	50

# LISTE DES FIGURES

## CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES BRIQUES ET APERÇU SUR LE POLYETHYLENE

<b>Figure I 1 :</b> Coffrage utilisé dans la conception de murs en pisé	4
<b>Figure I 2 :</b> Construction un mur en pisé	5
<b>Figure I 3 :</b> Fabrication des produits de terre cuite	7
<b>Figure I 4:</b> Brique pleines et perforées	8
<b>Figure I 5 :</b> Briques creuses de terre cuite à perforation verticale type G et ..	8
<b>Figure I 6 :</b> structure de polyéthylène en 3 dimensions	11

## CHAPITRE II. CARACTERISATIONS DES MATERIAUX UTILISE

<b>Figure II.1 :</b> Courbe granulométrique d'argile.	16
<b>Figure II.2.</b> Représentation des limites d'atterberg	17
<b>Figure II.3.</b> abaque de casagrande	18
<b>Figure II.4.</b> Appareil Diffraction de rayons X	19
<b>Figure II.5.</b> Courbe granulométrique de sable de dunes.	21
<b>Figure II.6.</b> Définition de l'équivalent de sable.	22
<b>Figure II.7.</b> diffraction de rayons X de sable dues dune	23
<b>Figure II.8.</b> ATG : Perte de masse (a) et DTG : Sa première dérivée (b).	25
<b>Figure II.9.</b> Courbe d'analyse calorimétrique différentielle de PEHD.	27

## CHAPITRE III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

<b>Figure III.1.</b> Mécanisme de l'appareil d'ultrasonique	31
<b>Figure III.2.</b> Mesures en transparence (directe).	31
<b>Figure III.3.</b> La M V en fonction du pourcentage % de PEHD de briques crue	32
<b>Figure III.4.</b> Résultats de la flexion de briques crue.	33
<b>Figure III.5.</b> Résultats de la compression de briques crue.	33
<b>Figure III.6.</b> La vitesse de propagation d'ultrason de briques crues.	34
<b>Figure III.7.</b> La M V en fonction du pourcentage % de PEHD de briques cuite.	35
<b>Figure III.8.</b> Résultats de la flexion de briques cuite.	36
<b>Figure III.9.</b> Résultats de la compression de briques cuite.	37
<b>Figure III.10.</b> La vitesse de propagation de son de briques cuite	37
<b>Figure. III.11.</b> Résultats de la flexion de briques semi – cuite	40
<b>Figure III.12.</b> Résultats de la compression de briques semi – cuite	40
<b>Figure III.13.</b> La M V en fonction du pourcentage % de PEHD de B crue et semi – cuite.	41

<b>Figure. III.14.</b> Résultats de la flexion de briques crue et semi – cuite.	42
<b>Figure. III.15.</b> Résultats de la compression de briques et semi – cuite.	42
<b>Figure. III.16.</b> la vitesse de propagation de ultrason de briques et semi – cuite.	43
<b>Figure III.17.</b> Schéma de dispositif de mesure de La conductivité thermique.	45
<b>Figure. III.18</b> Conductivité thermique des briques semi – cuite.	46
<b>Figure. III.18.</b> Résistance thermique des briques semi – cuite.	47

# LISTE DES TABLEAUX

## CHAPITRE I. GENERALITE SUR LES BRIQUES ET APERÇU SUR LE POLYETHYLENE

<b>Tableau I 1</b> les Caractéristiques des briques de terre crue (adobe, pisé, Brique de terre comprimée)	10
<b>Tableau I 2</b> les Caractéristiques des briques de terre cuite (briques creuses , ordinaires)	10
<b>Tableau I 3</b> structure et représentatif du polyéthylène	11
<b>Tableau I 4</b> Les propriétés du PEHD	13

## CHAPITRE II. CARACTERISATIONS DES MATERIAUX UTILISE

<b>Tableau II.1</b> Le résultat d'analyse granulométrique par tamisage de l'argile.	15
<b>Tableau II.2.</b> Le résultat d'analyse granulométrique par sédimentation de l'argile	15
<b>Tableau II.3</b> Classification des argiles (selon Burmister, 1967)	17
<b>Tableau II.4</b> Classification des argiles selon Atterberg	17
<b>Tableau II.5</b> Les pourcentages des composants chimiques du Argile.	18
<b>Tableau II.6</b> Le résultat d'analyse granulométrique de sable de dunes.	20
<b>Tableau II.7</b> Les pourcentages des composants chimiques du sable des dunes.	23

## CHAPITRE III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

<b>Tableau III.1.</b> Les compositions utilisées.	28
---	----



# **LISTE DES PHOTOS**

## **CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES BRIQUES ET APERÇU SUR LE POLYETHYLENE**

**Photo I 1** Blocs de terre comprimée 5

## **CHAPITRE II. CARACTERISATIONS DES MATERIAUX UTILISE**

**Photo II.1.** Appareil Diffraction de rayons X 19

**Photo II.2.** Polyéthylène de haute densité (PEHD). 24

**Photo II.3.** Présentation appareil d'analyse calorimétrique différentielle 26

## **CHAPITRE III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

**Photo.III.1** préparer des échantillons et l'essai est utilisé. 29

**Photo III.2.** Essai de flexion. 30

**Photo III.3.** Essai de compression. 30

**Photo III.4.** Appareil ultrasonique. 31

**Photo III.5.** Retrait des échantillons et parte de masse. 32

**Photo III.6.** Échantillons après la cuisson. 35

**Photo III.7** Appareil de des mesures de la conductivité thermique 45

**Photo III.8.** Présentation essai thermique avec des échantillons 46

## Liste Des Notations

<b>Symboles</b>	<b>unités</b>
b : dimension .....	(cm)
e : épaisseur d'éprouvette.....	(cm)
ES: équivalent de sable.....	(%)
VBS: bleu de méthylèn .....	(%)
V : Volume .....	(m <sup>3</sup> )
WL : limite de liquidité .....	(%)
Wp : limite de plasticité .....	(%)
IP : indice de plasticité .....	(%)
h : Hauteur .....	(cm)
m: masse .....	(kg)
$\rho_s$ : Masse volumique absolue .....	( g/cm <sup>3</sup> )
$\Delta m$ : perte de masse.....	(mg)
$\rho$ : masse volumique .....	(kg/m <sup>3</sup> )
L: la distance .....	(m)
T: temps.....	(s)
V:la vitesse .....	(m/s)
Rf : résistance à la flexion.....	(MPa)
Rc : résistance à la compression.....	(MPa)
T: température .....	(°C,K)
$\lambda$ : Conductivité thermique .....	(W/m.k)
R, Rth : Résistance thermique.....	(m <sup>2</sup> .K/w)

## ملخص

مع التطور الهائل للحياة البشرية والزيادة في استهلاك الطاقة ، تواجه تحديات جديدة هذا الاستهلاك الكبير ، لا سيما مع التغيرات المناخية التي تؤثر على المناطق الصحراوية ، ولا سيما منطقة ورقلة ، واحدة من أسخن المناطق الصيفية في الجزائر.

في هذا السياق الملء بالتحديات ، يستمر هذا العمل في سلسلة من الأبحاث تهدف إلى استعمال مواد بناء ذات خواص حرارية وميكانيكية أفضل ، والتي نسعى من خلالها إلى توصيف الطوب الجديد معالج بمواد بلاستيكية. في هذا السياق، تقدم هذه الدراسة السلوك الحراري والميكانيكي للطوب المركب بالمواد المحلية (الحالة: منطقة ورقلة) مثل الطين و رمل الكتبان، ويعزز هذا التكوين بواسطة المواد البلاستيكية بنسب مختلفة ، وبالتالي يخضع كل تكوين لمجموعة من الاختبارات الحرارية (ناقلية الحرارية) والميكانيكية (مقاومة الضغط ، الانحناء). أظهرت النتائج بشكل عام تأثيراً متوسط على الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية، لكن حرارياً لاحظنا تحسن في الخصائص الحرارية.

**الكلمات المفتاحية:** الطوب ، الطين ، رمل الكتبان ، البلاستيك ، البوليمر ، الخواص الميكانيكية، الحرارية.

## Résumé :

Avec le développement énorme de la vie humaine et l'augmentation de la consommation d'énergie, de nouveaux défis affrontent cette grande consommation, en particulier avec les changements climatiques qui affectent nos régions désertiques, en particulier la région de Ouargla, l'une des plus chaudes régions de l'été en Algérie.

Dans ce contexte plein de défis, ce travail se poursuit dans un axe de recherche visant à la utilisation des matériaux de construction ayant de meilleures propriétés thermiques et mécaniques, d'où on cherche dans la caractérisation des nouveaux briques de terre traitée en matière plastique.

Dans ce sens on étudie le comportement thermique et mécanique des briques a base des matériaux locaux (Cas : la région de Ouargla) tel que l'argile et sable des dunes, cette composition est traitée par des matières de plastique en différents proportions, d'où chaque composition est soumise un ensemble des essais thermique (conductivité) et mécanique (résistance à la compression, traction). Les résultats montrent globalement un effet médiocre dans le sens de physico – mécanique, mais thermiquement une amélioration des paramètres thermiques

**Mots clés :** brique, argile, sable des dunes, plastique, polymère, propriétés mécaniques, thermique.

## Abstract

With the enormous development of human life and the increase in energy consumption, new challenge is facing this high consumption, particularly with the climate changes affecting our desert regions, in particular the region of Ouargla, one of the hottest summer regions in Algeria.

In this challenging context, this work continues in research axes aimed at *use* of new building materials with better thermal and mechanical proprieties, from which we seed in the characterisation of new bricks treated by plastic materials.

In this sense we study the thermal and mechanical behaviour of bricks based on local materials (Case: Ouargla region) such as clay and dune sand, this composition is treated by plastic material in different proportions, where each composition is subjected to thermal (conductivity) and mechanical tests (compression and tensile strength). The results show an overall mediocre effect at the physico – mechanical, but thermally an improvement of thermal parameters.

**Keywords:** brick, clay, dune sand, plastic, polymer, mechanical properties, thermal

## INTRODUCTION GENERAL

Le climat du sud de l'Algérie est chaud en été, en particulier l'état d'Ouargla. où le bâtiment a besoin d'être confort par la consommation croissante d'énergie.

Dans ce contexte plein de défis, ce travail se poursuit dans un axe de recherche visant à la utilisation des matériaux de construction ayant de meilleures propriétés thermiques et mécaniques, approprié avec les propriétés climatographique de notre région spécialement en en été (climat chaud et sec), où le bâtiment a besoin d'être confort par la consommation croissante de l'énergie. Et c'est pour cela on cherche dans la caractérisation des nouvelles briques de terre traitée en matière plastique au but de réduire le flux thermique traverse les murs fabriqués avec ces briques et améliorer la résistance thermique.

Vue l'importance de polymère dans le monde, et le grand succès de valorisation des matériaux routière (bitume polymère, géosynthétique, géogrid ... etc.), et avec leur comportement thermique spécifique (résiste des hautes températures, arrive plus 100°C pour créer une transition de forme). On cherche dans la possibilité de valoriser les matières plastiques dans le domaine de construction.

Et dans ce sens, l'objectif de cette étude nous allons fabriquer une brique à base de deux matériaux locaux : à savoir l'argile, sable de dune provenant de la région d'étude (ouargla) et traités avec des matières plastiques comme addition. Les compositions traitées par polyéthylène de haute densité (PEHD) en différentes proportions, d'où chaque composition est soumise à un ensemble physico – mécaniques et thermiques (Masse volumique, Résistance à la compression, Résistance à la traction, vitesse du son et conductivité thermique). Ce dispositif expérimental nous permet de répondre à la question : est-ce que le traitement des briques avec le PEHD, a une influence positive sur les caractéristiques mécaniques et plus importante thermique de ces briques ?

Cette recherche est présentée dans trois chapitres, ce qui suit :

Le premier Chapitre, présente généralité sur les briques et aperçu sur le polyéthylène.

Le deuxième chapitre, présente caractérisations des matériaux utilisés.

Le troisième chapitre, présente les résultats et interprétations.

et en terminant par une série de conclusions et perspectives.

## **CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES BRIQUES ET APERÇU SUR LE POLYETHYLENE**

### **I.1. Introduction**

Aujourd'hui pour du bâtiment bene climat la coté de séparation thermique entre l'ambiance intérieur et extérieure, on recherche Nouveau des matériaux de construction. les briques parmi les éléments plus importants dans le ce domaine, la fabrication des brique est passée par plusieurs étape de développement.

Dans ce chapitre nous allons présenter des briques ( types, fabrications, caractéristiques ....etc.) .

### **I.2. Type de brique**

Il existe plissure type des briques par mis les brique (brique de terre crue, brique de terre cuite).

#### **I.2.1. Briques de terre crue**

De nos jours la construction en terre crue est de plus en plus abandonnée dans le monde. Matériau jugé antique et associé aux premiers âges des civilisations du Nil, du Tigre et de l'Euphrate, de l'Indus.

Matériau majeur, il en est car la terre crue demeure encore de nos jours l'un des principaux matériaux de construction de l'homme pour édifier sa demeure et les édifices de la cité. Les strates du temps se sont accumulées sur des sites d'occupation humaine qui régénéraient sans cesse l'édification de leur cadre de vie bâti quotidien. De construire de simples cabanes et modestes demeures [1]

Par mis les types il existe :

##### **I.2.1.1. La adobe :**

L'adobe (appellation locale toube) est de l'argile qui, mélangée à de l'eau et à une faible quantité de paille hachée ou d'une autre fibre, peut être façonnée en briques séchées au soleil.

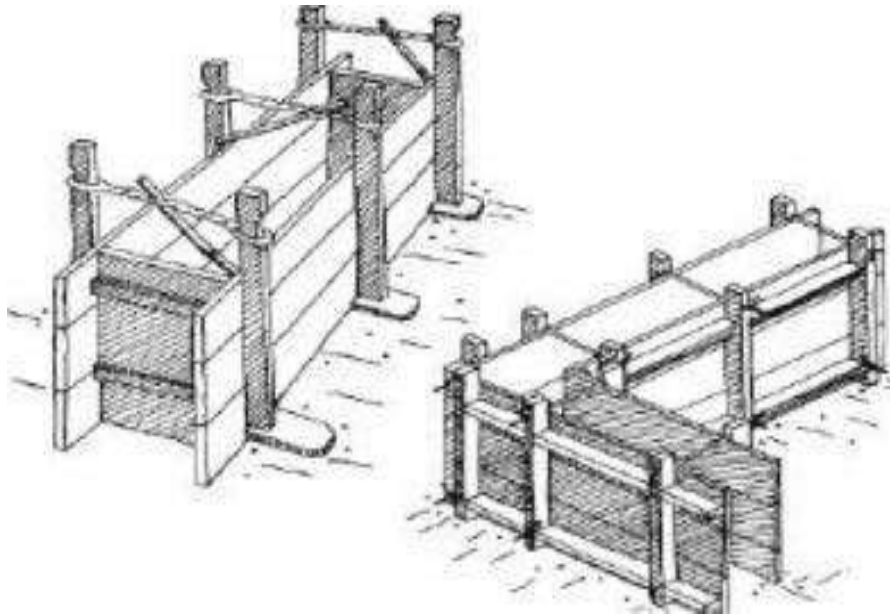
Par extension, l'adobe (ou banco) est la brique de terre crue, séchée au soleil, et utilisée comme matériau de construction. Ces briques sont obtenues à partir d'un mélange d'argile, d'eau et éventuellement d'une charge utilisée en petite quantité : de la paille hachée par exemple.

Il s'agit d'un des premiers matériaux de construction : les premières villes connues étaient construites en briques de terre crue. Ce matériau est encore l'un des plus utilisés au monde.

Les briques d'adobe sont coulées dans un cadre ouvert, un rectangle dont les dimensions sont en général de 10x25x36 cm bien que l'on rencontre d'autres tailles. Le moule est retiré, et la brique est mise à sécher quelques heures, puis elles sont tournées sur leur tranche pour terminer le séchage. Lors du séchage, les briques peuvent être placées à l'ombre pour éviter l'apparition de fissures [2].

### I.2.1.2. Les pisés :

Le pisé, technique séculaire de mise en œuvre de terre crue, offre des qualités d'habitabilité et d'adaptation exceptionnelles mais nécessite une attention et un suivi régulier. Bien construit et protégé, le bâtiment en pisé traverse les siècles et s'adapte tout naturellement aux divers besoins des hommes. Traditionnellement, les bâtiments en pisé portent de « bonnes bottes » et un « bon chapeau ». C'est à dire que le soubassement est traité de manière à éviter les remontées capillaires, (le plus souvent en galets, en pierre ou en briques de terre cuites maçonnées) et le débord de toiture est suffisant pour éviter le ruissellement de l'eau sur la façade. Le pisé, quant à lui, est en fait la compaction d'un volume de terre à l'intérieur d'un coffrage de façon manuelle en utilisant un pilon ou à l'aide de machinerie spécialisée. montre un exemple de coffrage qui peut être utilisé pour la fabrication de murs en pisé [3].



**Figure I 1 : Coffrage utilisé dans la conception de murs en pisé [4]**

Le pisé est une technique particulière pour monter un mur en terre crue : celle-ci est compactée (à l'aide d'un pilon) dans des coffrages (appelés banches) de grande largeur qui se superposent pour constituer la hauteur des murs [1]

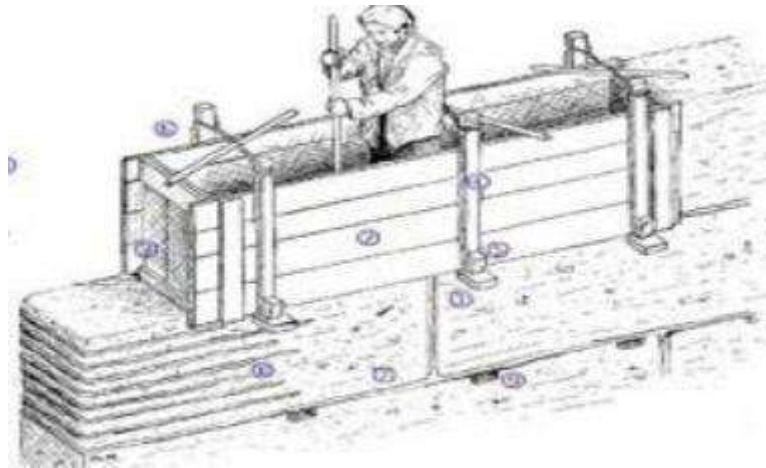


Figure I 2 : Construction un mur en pisé [1]

### I.2.1.3. Les blocs de terre comprimée

Les blocs de terre comprimée (BTC) sont des éléments de maçonnerie, des dimensions réduites et des caractéristiques régulières et contrôlées, obtenus par compression statique ou dynamique de terre à l'état humide suivie d'un démoulage immédiat. Les blocs de terre comprimée ont généralement un format parallélépipédique rectangle et sont pleins ou perforés, à relief verticale ou horizontal. Les blocs de terre comprimée sont constitués principalement de terre crue et doivent leur cohésion à l'état humide et à l'état sec essentiellement à la fraction argileuse composant la terre (gravier, sable, limon et argile) ; un additif tel que de (ciment, chaux, pouzzolane etc..) peut être ajouté néanmoins à la terre pour améliorer ou développer des caractéristiques particulières des produits. Les caractéristiques final des BTC dépendent de la qualité des matières premières de ( terre, additif ) et de la qualité de l'exécution des différentes étapes de fabrication (préparation, malaxage ,compression, séchage. [4]



Photo I 1 Blocs de terre comprimée. [5]

## I.2.2. Briques de terre cuite :

Les matériaux de terre cuite sont utilisés depuis plusieurs siècles dans le bâtiment.

Ils se sont adaptés à l'évolution de la construction et à ses impératifs, dans le domaine traditionnel, Ils sont fabriqués à partir d'argiles communes devenant souvent rouges à la cuisson (sauf les argiles calcaires dont la couleur de cuisson varie du rose au jaune et au blanc) [4].

### I.2.2.1. Mode de fabrication :

#### A. Méthode traditionnelle :

L'extraction de la terre nécessaire à la fabrication des briques se faisait à partir de puits rudimentaires, de mines ou de carrières. Avant la mécanisation. Une fois l'argile extraite, un travail de broyage permettait d'affiner la matière première. Ensuite, l'ajout d'eau en grande quantité permettait d'obtenir une pâte homogène, à la plasticité voulue.

Le pétrissage ,autrefois de faisant pied, et désormais avec de puissantes machines, permettait d'éliminer les derniers cailloux. Cette préparation de l'argile se terminait par une phase de pourrissage, durant laquelle la terre glaise se « reposait ».

Son façonnage se faisait dans un moule en bois dont les bords et le fond étaient ensablés afin que la glaise n'y adhère pas. Un morceau de glaise était placé dans le moule, puis aplani. La surface était égalisée et arasée de son excédent à l'aide d'un archet. Le tout était démoulé et déposé sur le sol, ou sur une grille pour une première phase de séchage.

Une fois durcies, les briques étaient empilées en quinconces pour faciliter la circulation de l'air entre elles. La cuisson s'opérait quand le nombre de briques sèches était suffisant.

Elles étaient alors empilées selon le même principe à l'intérieur du four, par une étroite ouverture verticale aménagée dans un des côtés. Des rainures horizontales recevaient une planche servant de support à l'ouvrier chargé de placer les briques jusqu'en haut du four.

L'ouverture était ensuite obturée avec de la terre. Le feu était allumé dans le foyer situé en sous-sol du four, et entretenu pendant plusieurs jours, avec une surveillance constante.

Ce travail manuel a donné aux briques leur forme caractéristique. Aujourd'hui, ce travail est industrialisé et permet d'obtenir différentes tailles de briques, parfaitement identiques.

Un système de découpage automatique façonne des briques à partir de boudins de glaise.

La brique subit ensuite une série de séchages qui éviteront les fissures et les éclats lors de la cuisson. [2].

#### B. Méthode moderne :

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

- ❖ Extraction de l'argile rouge et de l'argile verte. On mélange environ 10 % d'argile verte avec 90 % d'argile rouge. La terre argileuse, généralement extraite à proximité de la briqueterie, ne peut pas inclure trop de sable
- ❖ Broyage de la terre pour obtenir la granulométrie désirée



- ❖ Humidification et mélange des divers types de terres ; ajout d'une faible quantité de lignosulfite, résidu de l'industrie du papier, dérivé de la lignine contenue dans les arbres ; le lignosulfite facilite l'extrusion.
  - ❖ Extrusion au travers de filières correspondant à une forme donnée de brique
  - ❖ Coupage
  - ❖ Séchage dans un séchoir à gaz (durée entre vingt et cinquante heures)
  - ❖ Cuisson à environ 900 °C, pendant trente heures
- Éventuellement rectification (fraisage des bords jointifs pour faciliter le montage) [2].

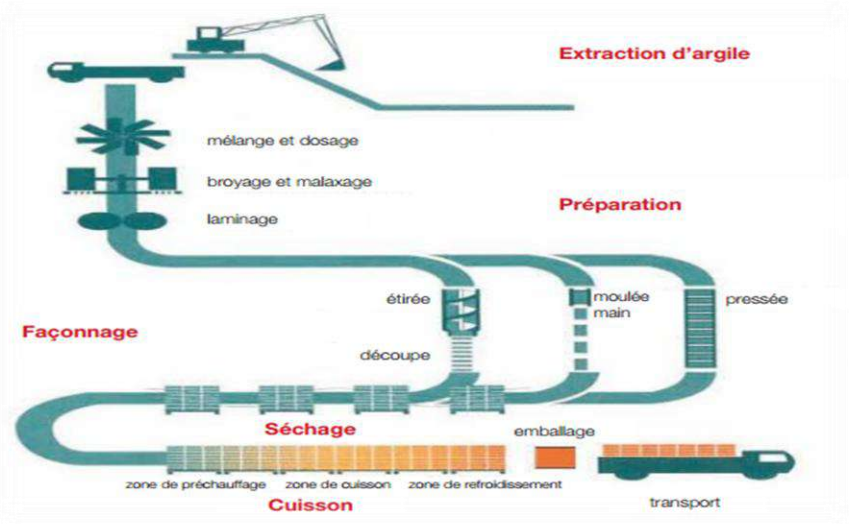


Figure I 3 : Fabrication des produits de terre cuite [2].

Par mis les types il existe pour Briques de terre cuite

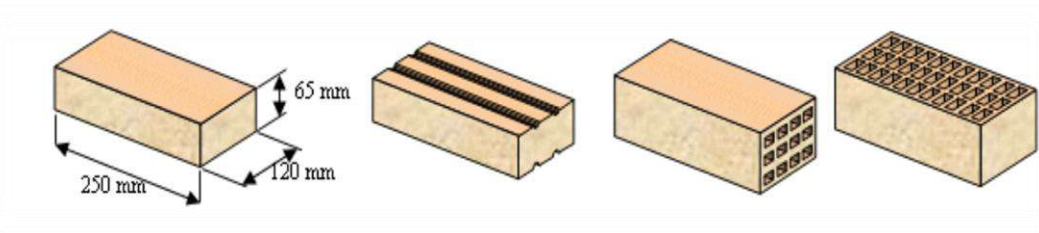
### I.2.2.2. Briques ordinaires:

Une brique d'argile est une roche artificielle ayant la forme parallélépipédique rectangle de dimensions bien déterminées. Généralement, on fabrique les briques suivant deux procédés : procédé plastique (l'argile est humectée d'eau de 20 à 25 %) et procédé demi-sèche (l'argile est humectée d'eau de 8 à 12 %).

Après moulage et séchage, les briques sont cuites pour qu'elles deviennent assez dures. La cuisson est faite soit dans le four périodique soit dans le four continu. En général, les dimensions d'une brique ordinaire sont : 250 x 120 x 65 mm. Selon la technologie de fabrication des briques traditionnelles, il est difficile d'obtenir des briques ayant des dimensions exactement précises, à cause du retrait à l'air et retrait de cuisson. Selon la Norme, les tolérances sur les briques peuvent être calibrées de la manière suivante :  $\pm 6$  mm sur la longueur ;  $\pm 4$  mm sur la largeur et  $\pm 3$  mm sur l'épaisseur. On distingue la masse volumique des briques courantes en quatre groupes [3].

- ❖ **Brique plein** : brique ne comprend aucune perforation et dont le format d'appellation le plus courant est dimensions: 250 x 120 x 55 mm.

- ❖ **Brique perforée** : Les briques perforées qui comportent au moins quatre conduits non débouchant sont fabriqués par voie demi-sèche. Ces briques doivent avoir , les dimensions suivants 250x120x88-55mm. [4]



[4]Figure I 4:Brique pleines et perforées[

### I.2.2.3. Briques creuses de terre cuite

On distingue deux types de briques creuses :

- ❖ **Type C** : Briques à faces de pose continues, destinées à être montées à joints de mortier horizontal continu.
- ❖ **Type R.J** : Briques dites “ à Rupture de Joint ”, destinées à être montées à joints de mortier horizontaux discontinus. [1]

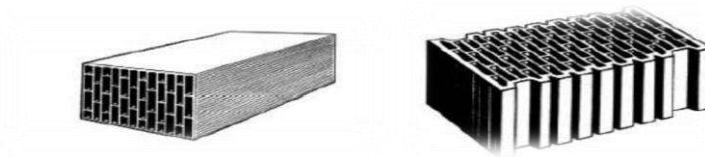


Figure I 5 : Briques creuses de terre cuite à perforation verticale type G et perforation horizontale [4]

## I.3. Les avantages et les inconvénients

### I.3.1. Les avantages

#### Briques de terre crue :

- ✓ La terre absorbe et restitue l'humidité
- ✓ La terre régule la température.
- ✓ La terre est un très bon isolant phonique
- ✓ La terre utilise peu d'eau en phase de transformation
- ✓ La terre est une ressource locale abondante et renouvelable
- ✓ La construction en terre crue n'utilise que 3% de l'énergie employée dans une construction en béton [2].

## **Briques de terre cuite :**

Si ce matériau de construction est encore utilisé aujourd'hui, parfois au dépit de briques plus sophistiquées, comme la brique monomur (que nous vous présentions il y a peu), c'est tout simplement car elle a de très nombreux avantages !

Citons ensemble l'intérêt d'utiliser des briques en terre cuite pour vos constructions :

- ✓ Une bonne isolation : la brique en terre cuite est naturellement isolante. Associée à des isolants de qualité, elle vous offrira une maison très agréable à vivre !
- ✓ Un matériau naturel : contrairement à d'autres briques, la brique en terre cuite est artisanale et écologique. Sa production est en effet très peu polluante. Il s'agit d'ailleurs d'un matériau sain et respirant.
- ✓ Une pose facile : monter un mur en briques est facile et rapide, et à la portée de n'importe quel bricoleur expérimenté.
- ✓ Un matériau esthétique : enfin, la brique en terre cuite offre un côté naturel et très esthétique à n'importe quelle maison. Sans compter qu'elle n'a pas besoin d'un enduit. [6]
- ✓ Régulateur hygrométrique : le taux d'humidité dans la maison est constant. Résultat : l'atmosphère est saine et confortable
- ✓ Un matériau incombustible, durable dans le temps.[7 ]

### **I.3.2. Les inconvénient**

#### **Briques de terre crue**

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

Il faut aussi bien avoir conscience que le financement de ce type de maison n'est pas conventionnel, en effet il vous sera difficile d'obtenir un prêt hypothécaire pour ce genre d'habitation. [2].

#### **Briques de terre cuite**

- ✓ Les briques de terre cuite nécessitent beaucoup d'énergie pour leur fabrication.
- ✓ Mise en œuvre délicate : la construction en monomur implique des techniques particulières. Faites appel à des maçons expérimentés dans le domaine, sous peine de perdre tout l'intérêt de ce type de construction. [8]

## **I.4. Les caractéristiques sur les briques**

### **I.4.1. les Caractéristiques des briques de terre crue (adobe, pisé, Brique de terre comprimée)**

Les caractéristiques des briques de terre crue sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau I 1 : les Caractéristiques des briques de terre crue (adobe, pisé, Brique de terre comprimée) [3].**

Caractéristiques	Type de brique de terre crue		
	Adobe	Pisé	BTC
Masse volumique K/m <sup>3</sup>	1200 – 1700	1700-2200	1700 - 2200
Résistance à la compression MPa	2.10 <sup>-3</sup> - 5.10 <sup>-3</sup>	< 2.4	< 2.4
Conductibilité thermique $\lambda(w/m \cdot ^\circ c)$	0.46 - 0.81	0.81 - 0.93	0.81 -1.04
Absorption d'eau %	5	10-20	10-20
Isolation acoustique Db	-	50 dB pour 40cm 40dBpour20cm	50 dB pour 40cm 40 dB pour 20cm
Retrait au séchage mm/m	1	1-2	0.2-1

### **I.4.2. Caractéristiques de brique de terre cuite:**

Les propriétés et les caractéristiques de brique de terre cuite sont indiqué dans le tableau suivant :

**Tableau I 2 : les Caractéristiques des briques de terre cuite (briques creuses ,  
ordinaires) [3] [4]**

Caractéristiques	Type de brique de terre cuite	
	Briques creuses	Ordinaires
Masse volumique K/m <sup>3</sup>	1750-2050	1650-2000
Absorption d'eau %	< 15%	30-80%
Isolation acoustique Db	41 -58 Db	41 -58 Db
Résistance à la compression	4 - 8 MPa	12.5 - 40 MPa
la Résistance thermique	0.05-0.20	0.52-1.21

## I.5. Les polymères

Un polymère est un enchaînement d'unités structurales répétitives. L'unité de répétition dans le polymère étant le monomère.

Un monomère est une molécule composée principalement de carbone et d'hydrogène.

Le terme macromolécule désigne simplement des grandes molécules. Ce terme est souvent utilisé pour désigner un enchaînement de monomères.

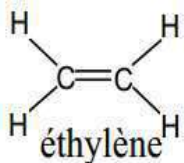
Les termes de polymères et monomères ont été obtenus à partir de la racine grecque poly (plusieurs), mono (un) et meros (en partie). [3]

### I.5.1. Polyéthylène

Le polyéthylène (PE) est un polymère semi-cristallin présentant une structure moléculaire dans laquelle les segments -CH<sub>2</sub>- sont alignés selon une disposition simple. La longueur des chaînes détermine principalement les propriétés du polyéthylène [9]

#### I.5.1.1. Structure:

Tableau I 3 : structure et représentatif du polyéthylène[9]

Monomère M	Motif	Polymère P	Nom
	$[-CH_2-CH_2-]$	$[-CH_2-CH_2-]_n$	Polyéthylène PE

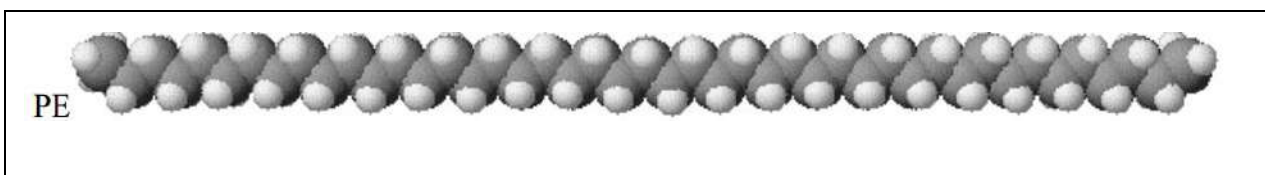


Figure I 6 : structure de polyéthylène en 3 dimensions

### **I.5.2. Les différents types de polyéthylène**

Il existe différents types de polyéthylène

Les polyéthylènes sont classés en fonction de leur densité qui dépend du nombre et de la longueur des ramifications présentes sur les chaînes moléculaires

- ✓ PE-BD, polyéthylène basse densité (en anglais LDPE, low-density polyethylene)
- ✓ PE-BDL, polyéthylène à basse densité linéaire (en anglais LLDPE, linear lowdensity polyethylene)
- ✓ PE-HD, polyéthylène haute densité (en anglais HDPE, high-density polyethylene)
- ✓ PE-UHPM, polyéthylène à masse molaire élevée (en anglais UHMWPE, ultrahigh-molecular-weight polyethylene)
- ✓ PE-RHD, polyéthylène réticulé à haute densité (en anglais HDXLPE, high density cross-linked polyethylene) [10]

### **I.6. Le polyéthylène haute densité (PEHD)**

Le polyéthylène haute densité (PEHD) a été synthétisé en 1953 par le chimiste allemand Karl Ziegler, et obtenu par la polymérisation cationique catalysée de l'éthylène. On utilise principalement les catalyseurs de Ziegler-Natta et les catalyseurs à base de chrome réduits et activés à haute température-[9]

#### **I.6.1. Avantages et Inconvénients du PEHD**

##### **I.6.1.1. Avantage :**

- ✓ Excellentes propriétés d'isolation électrique.
- ✓ Résistance aux chocs.
- ✓ Grande inertie chimique.
- ✓ Qualité alimentaire
- ✓ Perte du caractère perméable des PE que ce soit à l'eau, mais aussi à l'air et aux hydrocarbures [10].

##### **I.6.1.2. Inconvénients :**

- ✓ Sensibilité aux ultraviolet en présence d'oxygène.
- ✓ Sensibilité à la fissure sous contrainte.
- ✓ Mauvaise tenue à la chaleur.
- ✓ Collage important [10].

**I.6.2. Les propriétés du PEHD**

**]10Tableau I 4 : Les propriétés du PEHD [**

<b>Propriétés</b>	<b>Méthode d'essai</b>	<b>Unité</b>	<b>PEHD</b>
<b>PHYSIQUES</b> -Masse volumique. -Taux de cristallinité. -Masse molaire moyenne		g/cm <sup>3</sup> % g/mol	0.925-0.956 75 – 80 10000
<b>MECANIQUES</b> Contrainte à la Rupture. - Module de traction. - Module de flexion. - Dureté (shore).	BS.2782 :301.E	MPa MPa MPa Échelle D	13 – 25 200 – 300 60 – 400 41 – 60
<b>THERMIQUES</b> -T° de fusion. - T° Vicat. - Tg. - Plage de T° de résistance. - Retrait au moulage.	BS.2782 : Pt.2 ASTM : D955-51	°C °C °C °C %	120 - 136 85 – 87 Environ –110 De – 70à + 60 1.5 – 3.5

**I.7. Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents types de briques, les briques crues, les briques cuites et mode de fabrication et caractéristiques mécaniques, physiques et thermiques de chaque type de ces briques.

Nous avons défini le polyéthylène haut densité (PEHD) et les propriétés et aussi les avantages et inconvénient

Nous avons constaté que la Construction comme améliorer les briques avec la Résistance mécanique, Isolation thermique.

## CHAPITRE II. CARACTERISATIONS DES MATERIAUX UTILISE

### II.1. Introduction

Pour obtenir la brique en terre de sujet d'étude, on a mélangé l'argile et sable de dune et le polymère PEHD et bien sûr l'eau. La qualité de cette brique est liée aux caractéristiques de ses constituants

Dans ce chapitre nous présentons les caractéristiques des différents matériaux utilisés dans la composition des briques

### II.2. Argile

L'argile est une roche sédimentaire, composée pour une large part de minéraux spécifiques, silicates en général d'aluminium plus ou moins hydratés, qui présentent une structure feuilletée (phyllo silicates) qui explique leur plasticité, ou bien une structure fibreuse (sépiolite et palygorskite) qui explique leurs qualités d'absorption. On désigne par argile les matériaux de granulométrie inférieurs à  $4\mu\text{m}$  [4].

Pour cette recherche nous avons utilisé l'argile de Touggourt à Ouargla. Nous avons effectué les essais suivants sur l'argile :

- ✓ Analyse granulométrique
- ✓ Analyse granulométrique par sédimentation ;
- ✓ Bleu de méthylène ;
- ✓ Limite d'Atterberg ;
- ✓ Densité sèche ;
- ✓ Analyse chimique ;
- ✓ diffraction de rayon X ;

#### II.2.1. Analyse granulométrique (NF P 94 -056)

Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage réalisé suivant la norme NF P 94-056, l'essai consiste à séparer les grains agglomérés d'une masse connue de matériau par brassage sous l'eau, à fractionner ce sol, une fois séché, au moyen d'une série de tamis et à peser successivement le refus cumulé sur chaque tamis. La masse de refus cumulée sur chaque tamis est rapportée à la masse totale sèche de l'échantillon soumis à l'analyse [11].



Les résultats d'analyse granulométrique par tamisage sont représenté sur le tableau suivant :

**Tableau II.1. Le résultat d'analyse granulométrique par tamisage de l'argile.**

Tamis (mm)	Tamisât (%)
5	100
2	100
1	99
0.4	99
0.2	98

### II.2.2. Analyse granulométrique par sédimentation (NF P 94-057)

C'est un essai qui complète l'analyse granulométrique par tamisage d'un sol (NF P 94-057) et qui peut être nécessaire à sa description et à sa classification

C'est la détermination de la distribution pondérale de la taille des particules de sols de dimension inférieure à 0.08 mm. [12] résultats obtenus sont présentes sur le tableau III.2

**Tableau II.2. Le résultat d'analyse granulométrique par sédimentation de l'argile**

Tamis (mm)	% des éléments (D) sur l'ensemble de l'échantillon
0.200	98
0.100	86
0.075	85
0.055	83
0.038	79
0.025	74
0.017	72
0.008	62
0.006	58
0.004	56
0.003	41
0.002	07

Les résultats de l'essai granulométrique présent sur la courbe suivante:

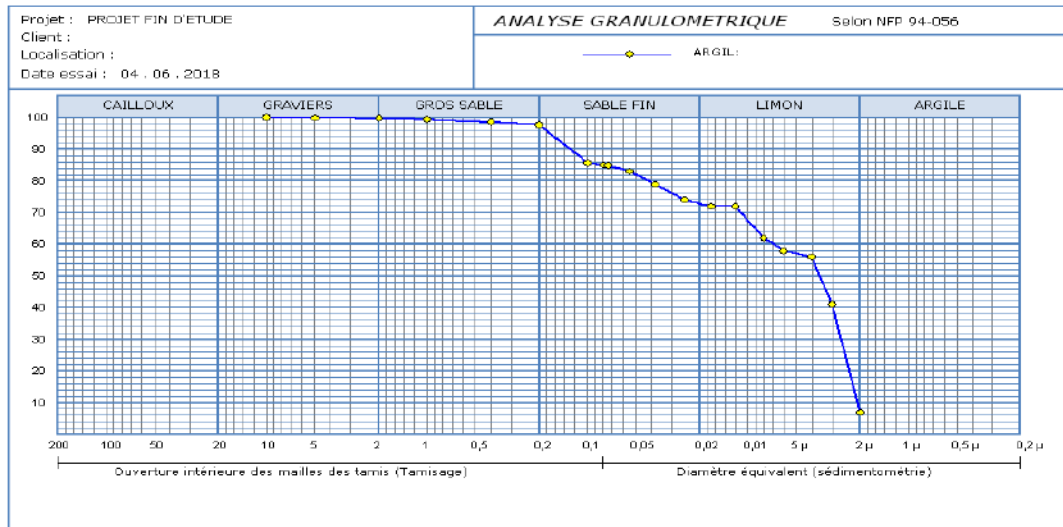


Figure II.1 : Courbe granulométrique d'argile.

La distribution granulaire présentée par la courbe de la figure II.1 montre que la granulométrie de l'argile de Touggourt à Ouargla est caractérisée d'un sable fin limonaux avec une granulométrie étalée, contient sur 26% de sable fin ; 65% limon et 7% argile.

### II.2.3. Bleu de méthylène (NF P 94-068)

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

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités de bleu de méthylène et en contrôlant l'adsorption après chaque ajout. Pour ce faire, on prélève une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tache [13].

$$VBS = \frac{V}{M}$$

Avec

- V : Volume de bleu ajouté en cm<sup>3</sup>;
- M : la masse de l'échantillon en gramme;

On distingue les valeurs suivantes comme spécification selon le GTR :

- ✓ VBS ≤ 0,2 : sols sableux
- ✓ 0,2 < VBS ≤ 2,5 : sols limoneux
- ✓ 2,5 < VBS ≤ 06 : sols limono-argileux,
- ✓ 06 < VBS ≤ 08 : sols argileux.
- ✓ VBS > 08 : sols très argileux. [3].

Les résultats obtenus de bleu de méthylène est 3.77 %, ce caractérisé un sol limono-argileux.

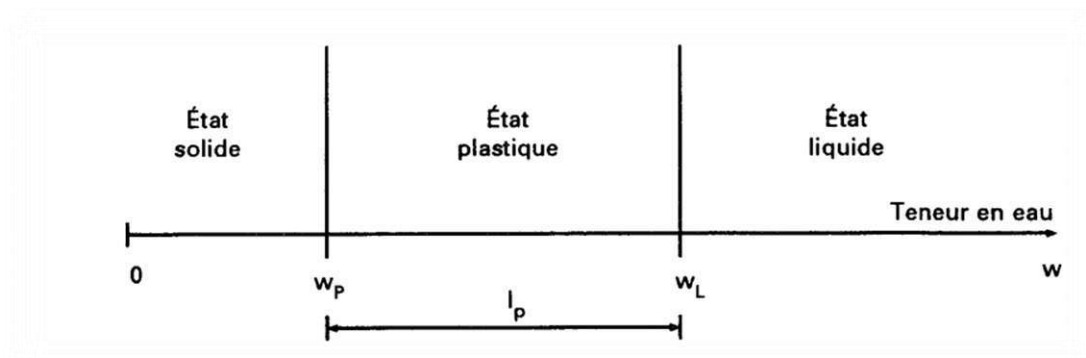
**II.2.4.Limite d’Atterberg (NF P 94-051)**

Les limites d’Atterberg sont des constantes physiques conventionnelles qui marquant les seuils entre les états d’un sol. [14]

Cet essai que déterminer les deux limites limite de liquidité et limite de plasticité, Les deux limites utilisées sont:

- ✓ **WL**: limite de liquidité : teneur en eau d'un sol remanié caractérisant la transition entre un état liquide et un état plastique.
- ✓ **WP**: limite de plasticité : teneur en eau d'un sol remanié caractérisant la transition entre un état plastique et un état solide.
- ✓ **IP** : indice de plasticité : Cet indice définit l'étendue du domaine plastique du sol entre les limites de liquidité et de plasticité :

$$IP = WL - WP \text{ [14]}$$



**Figure. II.2. Représentation des limites d'atterberg [14].**

Les résultats obtenus des limites d’Atterberg sont :

- ❖ WL = 63.90 %
- ❖ WP = 32.69 %
- ❖ IP = 31.21 %

Les argiles sont classées suivant leur plasticité ; BURMISTER (1967) propose une classification détaillée de la plasticité des argiles en fonction de l’indice de plasticité [15].

**Tableau II.3 : Classification des argiles (selon Burmister, 1967) [15].**

<b>IP (%)</b>	<b>0</b>	<b>1 à 5</b>	<b>5 à 10</b>	<b>10 à 20</b>	<b>20 à 40</b>	<b>&gt;40</b>
<b>Plasticité</b>	Non plastique	Légère	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée

Atterberg (1973) classifie la plasticité des argiles en trois niveaux comme montrés dans le tableau III.5.

**Tableau II.4 : Classification des argiles selon Atterberg [3].**

<b>IP (%)</b>	<b>&lt;7</b>	<b>7 à 17</b>	<b>&gt;17</b>
<b>Plasticité</b>	Faible	Moyenne	Elevée

D'après Atterberg et Burmister, on peut classer notre argile par son indice de plasticité  $IP=31.21$ , la nature de l'argile est une argile plastique.

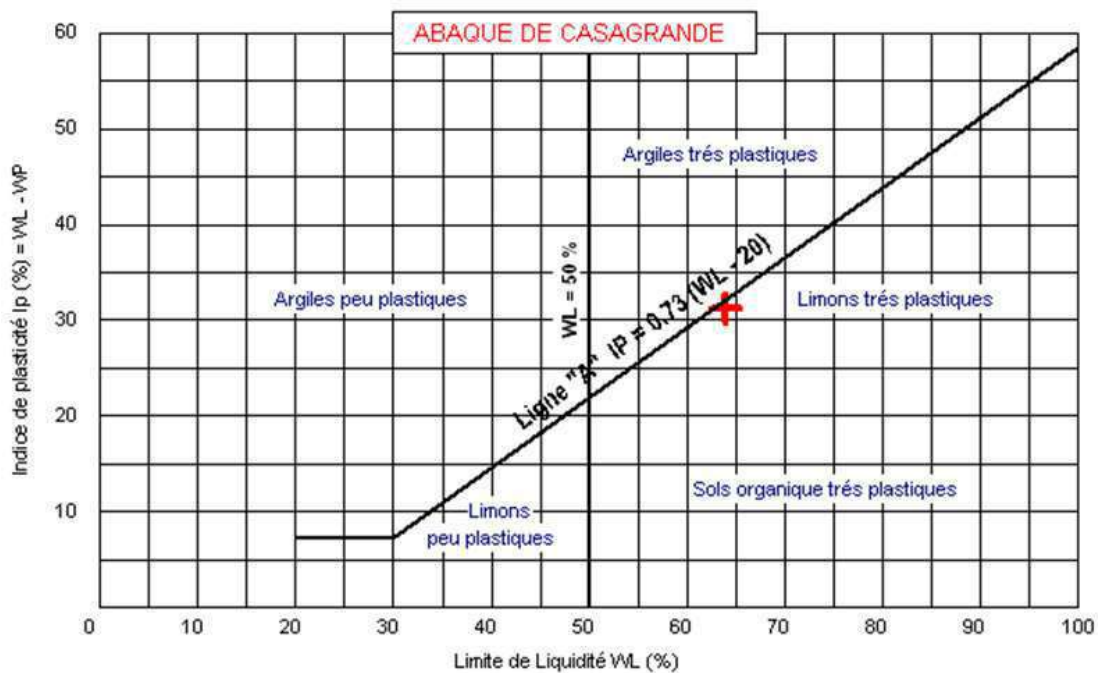


Figure. II.3. abaque de casagrande

II.2.5.Densité sèche (NF P 94 – 064)

Le résultat de la densité sèche est mesuré selon la norme NF P 94 – 064 est égale  $2.7 \text{ g/cm}^3$

II.2.6.Analyse chimique

Les essais consistent à définir la nature de chimiques des matériaux, résultats obtenus sont présentes sur le tableau II.5

Tableau II.5. Les pourcentages des composants chimiques du Argile.

Composants		Pourcentages
NSOLUBLES	NF P 15-461	74.16 %
SULFATES BS 1377	$\text{SO}_3^{-2}$	0.45%
	$\text{SO}_4^{-2}$	0.55%
	$\text{Ca SO}_4 / 2\text{H}_2\text{O}$	2.46%
CARBONATES $\text{CaCO}_3$	NF P 15-461	2 %
Chlorures méthode de MOHR	$\text{Cl}^-$	0.674%
	$\text{NaCl}$	1.106%

**II.2.7.Essai de diffraction des rayons X (DRX)**

La diffraction des rayons X sur monocristal permet d'étudier les structures cristallines, cette technique est basée sur les interactions de la structure cristalline d'un échantillon avec des radiations de courte longueur d'onde.

La diffraction des rayons X permet d'identifier la nature des phases cristallines et les paramètres de la maille élémentaire d'un solide cristallin. Dans notre cas, cette technique permet d'avoir des renseignements sur le feuillet et sur l'espace inter-feuillet des matériaux [16].

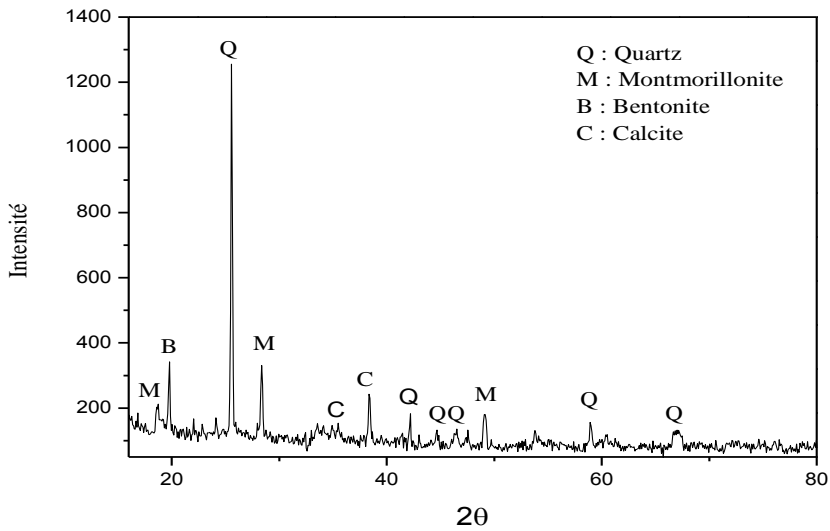
Pour le cette étude on fat essai de Diffraction de rayons X dans laboratoire de rayonnement et physique des surface (LRPPS) pour les matériaux argile et sable de dune.



**Photo II.1. Appareil**

**Diffraction de rayons X**

Pour traitement les donné des échantillons dans cette recherche, utilisation de logiciel Xpwoder, les résultats présentés dans la courbe suivant:



**Figure II.4. Diffraction de rayons X de l'argile**

### II.3. Sable

Le sable est un constituant important de la plupart des sols et c'est une roche meuble constituée de grains ou de fragments de minéraux, de roches ou de coquilles, dont la taille varie de 0.02 à 0.2mm. Pour notre étude nous avons utilisé le sable des dunes de Sidi-Khouiled (Ouargla). Nous avons effectué les essais suivants :

- ✓ Analyse granulométrique ;
- ✓ La masse volumique absolue ;
- ✓ Equivalent de sable ;
- ✓ Bleu de méthylène ;
- ✓ analyse chimique ;
- ✓ Essai de diffraction des rayons X (DRX) ;

Ces essais sont réalisés au laboratoire de travaux public du Sud (L.T.P. S) Unité de Ghardaïa.

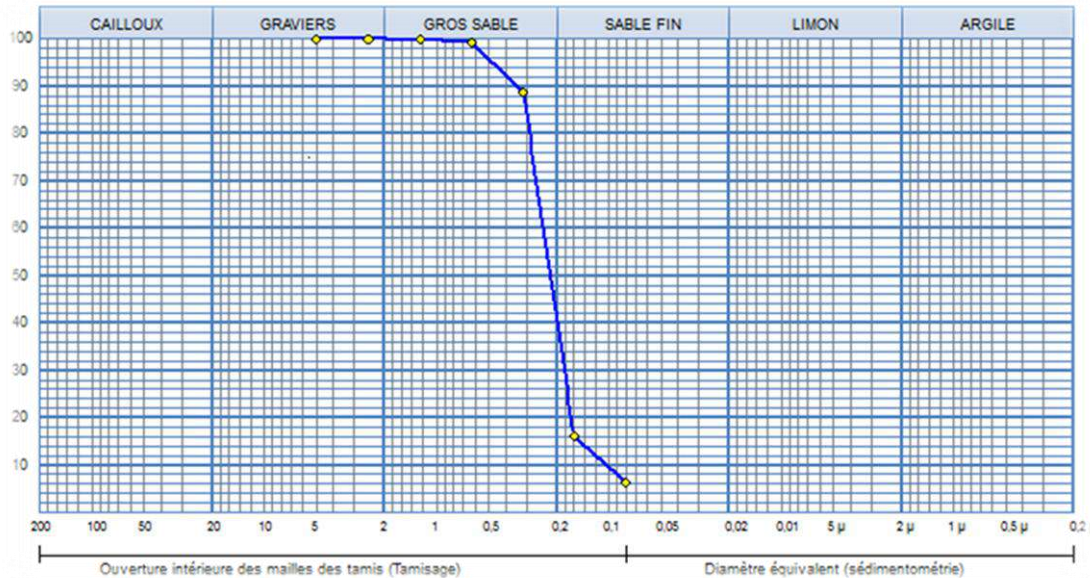
#### III.3.1. Analyse granulométrique (NF P 18-560)

L'analyse granulométrique sert à déterminer la distribution en masse des particules d'un matériau suivant leurs dimensions

L'essai réalisé suivant la norme NF P 18-560, cet essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs catégories de grains décroissantes. L'échantillon représentatif doit avoir une masse comprise entre 200D et 600D, ou D est la plus grande dimension des granulats et résultats obtenus sont présentes sur le tableau III.1 [19] [3].

**Tableau II.6. Le résultat d'analyse granulométrique de sable de dunes.**

Tamis (mm)	Tamisats (%)
5	100
2.5	100
1.25	100
0.63	99
0.315	89
0.160	16
0.080	6



**Figure II.5. Courbe granulométrique de sable de dunes.**

La distribution granulaire présentée par la courbe de la figure III.1 montre que la granulométrie de sable des dunes est caractérisée que le sable de Sidi Khouiled est un sable fins avec une granulométrie serré avec une taille de particule entre 0.63 à 0.16 mm représente 83 % de ce sable, et pauvre en fines (éléments inférieure à 0.08mm)

### III.3.2. Masse volumique absolue

La masse volumique absolue réalisée selon la norme NF P 18-554. L'essai consiste à mesurer la masse et le volume d'un échantillon de roche suivante la formule [19] [3] :

$$\rho_s = \frac{M_t}{V_a}$$

- ✓  $\rho_s$ : Masse volumique absolue
- ✓  $M_t$  : Masse totale d'échantillon
- ✓  $V_a$  : Volume absolue d'échantillon

La masse volumique absolue du sable utilisé est égale  $\rho_s = 2.63 \text{ g/cm}^3$

### III.3.3. Équivalent de sable (NF P 18-598)

L'essai d'équivalent de sable permet de manière courante pour évaluer la propreté des sables. L'essai consiste à séparer les particules fines continues dans le sol des éléments sableux plus grossier [19].

La procédure normalisée permet de déterminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie celui-ci l'essai effectué sur fraction 0/5 mm du matériau à étudier. On lave l'échantillon, selon un processus normalisé, et on laisse reposer le tout au bout de 20 minutes [21] [3] on mesure les éléments suivants :

$$ES = \frac{h_2}{h_1} \times 100$$

$h_1$  : hauteur de sable propre + éléments fines (floculant).

$h_2$  : sable propre seulement.

Les résultats obtenus de ES est 82.78 % ce qui caractérise un sable propre.

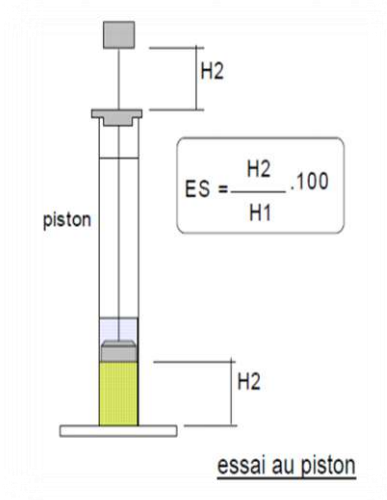


Figure. II.6. Définition de l'équivalent de sable.

### III.3.4. Bleu de méthylène (NF P 94-068)

Les résultats obtenus de bleu de méthylène est 0.025 %,

On distingue les valeurs suivantes comme spécification selon le GTR :

- ✓  $VBS \leq 0,2$  : sols sableux
- ✓  $0,2 < VBS \leq 2,5$  : sols limoneux
- ✓  $2,5 < VBS \leq 06$  : sols limono-argileux,
- ✓  $06 < VBS \leq 08$  : sols argileux.
- ✓  $VBS > 08$  : sols très argileux. [3].

Ce caractérise un sol sableux.



### III.3.5. Analyse chimique

Les essais consistent à définir la nature de chimiques des matériaux, résultats obtenus sont présentes sur le Tableau II.7

Tableau II.7. Les pourcentages des composants chimiques du sable des dunes.

Composants		Pourcentages
NSOLUBLES	NF P 15-461	97.35 %
SULFATES BS 1377	$SO_3^{-2}$	0.17%
	$SO_4^{-2}$	0.21%
	Ca $SO_4$ / $2H_2O$	0.95%
CARBONATES $CaCO_3$	NF P 15-461	0 %
Chlorures méthode de MOHR	$Cl^-$	0.008%
	NaCl	0.013%

### III.3.6. Essai de diffraction des rayons X (DRX)

D'après de réalisation de essai de diffraction des rayons X pour des différentes phases cristallines présentes dans un échantillon d'une sable du dune et échantillonnés dans la région de Sidi Khouiled ,Les mesures ont été réalisées selon la méthode de poudre.

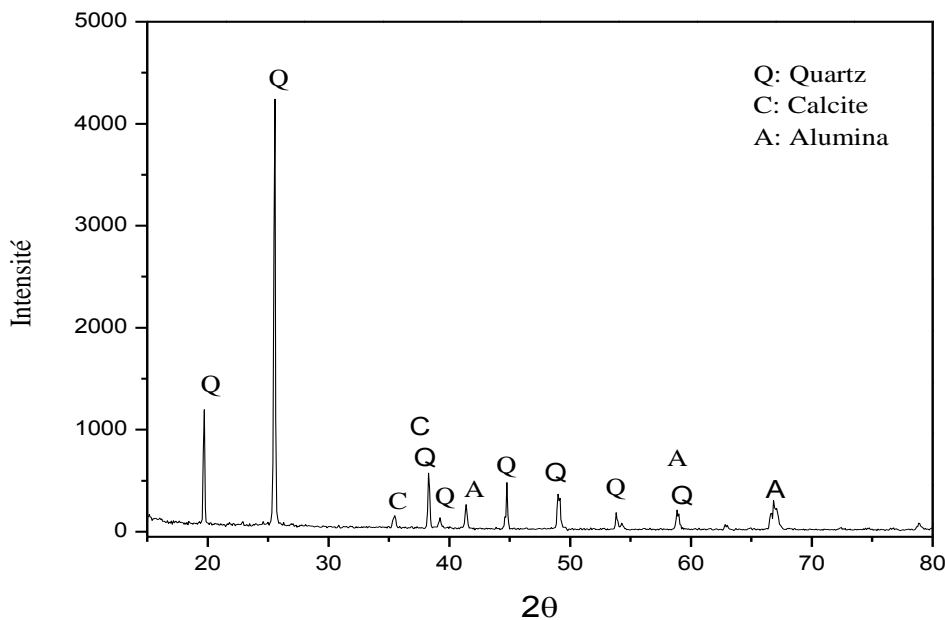


Figure. II.7. diffraction de rayons X de sable dues dune

### III.4. Le polyéthylène haute densité (PEHD)

Pour notre étude nous avons utilisé le polyéthylène de haute densité (PEHD) de l'entreprise U.T.P.S située au niveau la wilaya de Ouargla, ce polymère à une forme rond (figure II.1) sans présence de couleur claire (transparent), Ces polymères sont soumis aux deux analyses thermiques au niveau laboratoire de polymère de l'université de Bejaia (ATG, ATD), et analyses thermique (DSC) réalisés au laboratoire de travaux public du Sud (L.T.P. S) Unité de Ghardaïa.



**Photo II.2. Polyéthylène de haute densité (PEHD).**

Le plan expérimental pour ce point contient trois essais :

- ✓ Analyse thermogravimétrie (ATG) ;
- ✓ Analyse thermique différentielle (ATD) ;
- ✓ Analyse calorimétrique différentielle (DSC) ;

Les méthodes d'analyses thermiques des solides (ATD, DSC, ATG) sont complémentaires de la thermo diffraction X dans la caractérisation et l'étude du comportement en fonction de la température de tout matériau solide subissant des modifications de composition (déshydratation, décomposition, oxydation, réduction) ou/et de structure (transition, changement de phase). [22]

#### III.4.1. Analyse thermogravimétrie (ATG) et Analyse thermique différentielle (ATD)

L'analyse thermogravimétrique (ATG) ou thermogravimétrie a pour objectif la caractérisation des matériaux par mesure directe de leur masse en fonction de la température et (ou) du temps. Cette technique de mesure globale des propriétés d'un échantillon de matière peut aussi être couplée avec d'autres méthodes d'analyse effectuées simultanément. [23]

Les thermo-grammes se présentent sous la forme suivante :

$$F(T) = \frac{\Delta m}{m_0}$$

Ou :

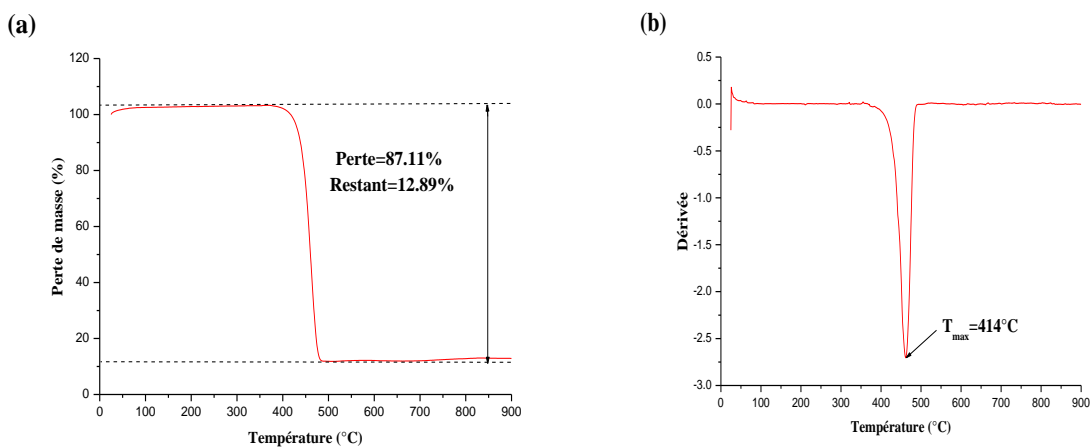
- $\Delta m = m_0 - m$  : perte de masse en mg
- $m$  : la masse de l'échantillon en mg
- $m_0$  : la masse initiale de l'échantillon en mg
- $T$  : la température en °C

La méthode consiste à mesurer la différence de température  $\Delta T$  entre un échantillon et une substance de référence, tous deux soumis à une même loi d'échauffement ou de refroidissement généralement linéaire. La référence est « inerte » c'est à dire qu'elle ne subit aucune transformation physique ou chimique dans le domaine de température considéré.

L'enregistrement de  $\Delta T$  en fonction de la température ou du temps représente le pic d'ATD, pic qui peut être endothermique ( $\Delta T < 0$ ) ou exothermique ( $\Delta T > 0$ ) selon la nature de la transformation considérée, Cette technique vient généralement compléter l'analyse ATG[24] et le premier dérivé de la courbe de ATG

La quantité de matière de PEHD placé dans la nacelle en silice égale 20 mg et les températures balayées variant entre 25°C et 900°C

La figure III.8 montre la variation de masse en fonction de temps avec le changement de température



**Figure II.8. ATG : Perte de masse (a) et ATD : Sa première dérivée (b) en fonction de la température.**

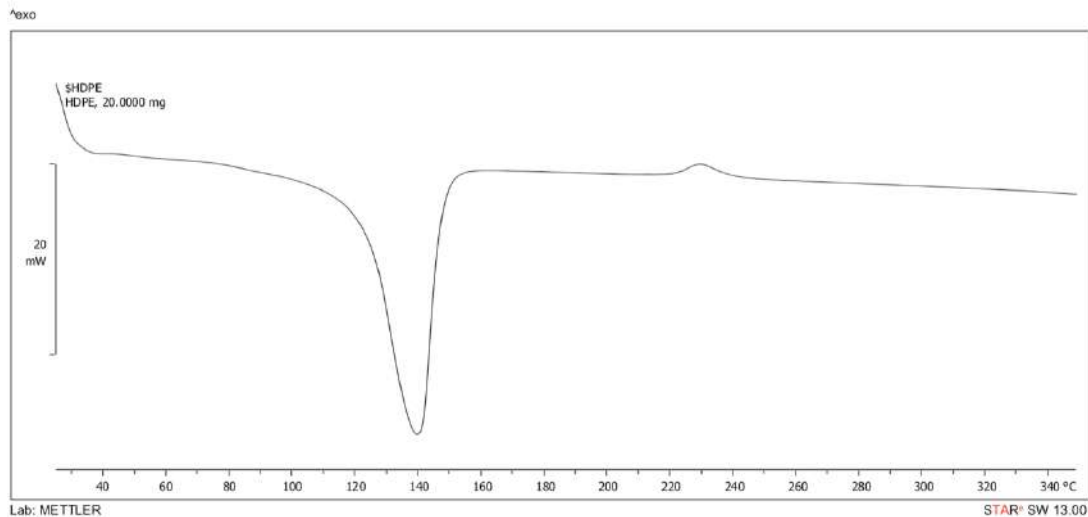
### III.4.2. Analyse calorimétrique différentielle (DSC)

L'analyse calorimétrique différentielle (DSC) est une méthode permet de déterminer les propriétés thermiques des matériaux en caractérisant les changements d'état physique affectant l'échantillon, en particulier la transition vitreuse de la phase amorphe et la fusion de la phase cristalline dans le cas des polymères semi-cristallins. Elle permet également d'identifier et de quantifier les différentes phases cristallines en présence et leurs proportions dans le matériau [25].



**Photo II.3. Présentation appareil d'analyse calorimétrique différentielle**

Les mesures ont été effectuées au moyen d'un calorimètre différentiel à balayage de marque "METTLER TELDO DSC1" avec des échantillons de 12 mg dans la gamme de température allant de 20°C à 350°C, pour une vitesse de chauffage de 10°C/min.



**Figure II.9. Courbe d'analyse calorimétrique différentielle de PEHD.**

Plus que ces essais ont réalisé l'essai de DSC au PEHD de détermine la température de transition vitreuse, la température de transition entre le comportement caoutchoutière, au comportement vitreux, à une température de 139°C, le PEHD présente uniquement une fusion dans la plage de 20 a 350°C.

### III.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé d'identifier les caractéristiques physique, chimique et thermique des matériaux utilisés suivant les différentes normes, et les conclusions qu'on peut sort de la caractérisation de ces matériaux sont :

Les analyses de sables présente que le sable de dune de Sidi Kheouild sont des sables fins, propre

Les analyses de argile présente que de l'argile de Touggourt à Ouargla sont de argile limono-argileux.et plastique.

Le Polyéthylène est un matériau a un comportement thermique simple, présence d'une fusion et transitons de face à une température de 139°C, et les pertes de masses localisées a des grandes températures (375°C), ces pertes de masses est grandes, le PEHD perte plus de 85 % de ces composants la températures de 414 °C .

## CHAPITRE III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### III.1. Introduction

Ce chapitre présente les propriétés thermique et mécanique des briques de terre crue et cuite, ce qui composé de l'argile de Beldet Âmer, et le sable de dunes de Sidi Khouiled, ces briques compose aussi un additif ce qui une matière plastique ce qui le polyéthylène de haute densité (PEHD) de l'entreprise U.T.P.S unité de Ouargla.

Les échantillons composés avec différents teneurs en PEHD, et chaque échantillon est soumis aux différents essais sur les briques préparés à savoir :

- ✓ Essais mécaniques:
  - Flexion ;
  - Compression ;
  - Vitesse de propagation de son ;
- ✓ Essai thermique:
  - Conductivité thermique ;
  - Résistance thermique ;

Les essais sont effectués au niveau de laboratoire de génie civil de l'UKMO et Laboratoire de Travaux Public du Sud (L.T.P. S) – Unité de Gharđaia.

### III.2. Préparation des échantillons utilisés dans l'étude

Pour l'objet de l'étude, ce qui l'évaluation de PEHD sur les briques, on a préparé deux types de briques :

- ✓ Etude des briques crues ;
- ✓ Etude des briques cuites ;

Pour cette étude nous avons proposé quatre compositions avec une composition référence C0 [3]. Pour chaque type de brique, ces compositions indiquées dans le tableau III.1 suivant

**Tableau III.1. Les compositions utilisées.**

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
<b>Argile (%)</b>	70	69	68	67
<b>Sable de dune (%)</b>	30	30	30	30
<b>Matière plastique PEHD (%)</b>	0	1	2	3

Pour préparer les échantillons, nous avons suivi les étapes suivantes:

- ✓ Peser la quantité équivalent de proportion de l'argile ;
- ✓ Peser la quantité équivalent de proportion de sable des dunes ;
- ✓ Peser la quantité équivalent de proportion de la PEHD ;
- ✓ Imbibée l'argile jusqu'à la saturation durant 24h ;
- ✓ Mélanger les ingrédients manuellement ;
- ✓ Remplissage des moules en acier ( $4 \times 4 \times 16$ ) cm<sup>3</sup> ;
- ✓ Séchage à l'air libre (pour des briques de terre crue uniquement) ;
- ✓ Cuisson dans un four électrique T=800°C durant 8h (pour des briques de terre cuite uniquement) ;



a) préparation des moule

b) Peser les quantités avant de mélange

c) mélange et chargé des moules



d) la Cuisson dans un four à 800°C

e) application de essai ultrasonique

f) appareil de essai mécanique

**Photo.III.1 préparer des échantillons et l'essai est utilisé.**

La quantité d'eau optimale pour la confection de brique est comprise entre 15 et 30 % de la masse sèche (sable + argile). Nous avons fixé  $E/A=0.35$ . Où :

E : Quantité d'eau ;

A : Quantité Massique (Argile + Sable) [3] ;

### III.3. Présentation des essais réalisés

#### III.3.1. La résistance à la flexion

La résistance à la flexion d'une brique est déterminée selon la norme (NF P 196-1) par un dispositif de flexion trois points. Le chargement se fait suivant la figure :



**Photo III.2. Essai de flexion.**

La résistance à la flexion sera déterminée par la formule ci-dessous :

Avec:

$$R_f = \frac{1.5 * F * L}{b^3}$$

- ✓  $R_f$  : est la résistance à la flexion.
- ✓  $F$  : est la force appliquée en N.
- ✓  $b$  : est la largeur de l'éprouvette en  $m^3$
- ✓  $L$  : est la distance entre les appuis, en mm [14].

#### III.3.2. La résistance à la compression

Cet essai a pour objet la détermination de la résistance à la compression après l'essai de flexion suivi la norme (NF P 196-1). La photo suivante montre le dispositif expérimental de l'essai de compression



**Photo III.3. Essai de compression.**

La résistance à la compression sera déterminée par la formule suivante :

$$R_c = \frac{F_c}{b^2}$$

- ✓  $R_c$  : Résistance à la compression exprimée en MPa.
- ✓  $F_c$  : Charge maximale supportée par l'éprouvette en N.
- ✓  $b$  : Le côté de la section qui est égale à 40 mm [14].

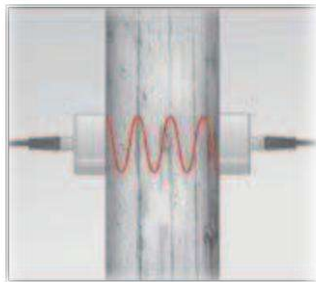


### III.3.3. Essai ultrasonique

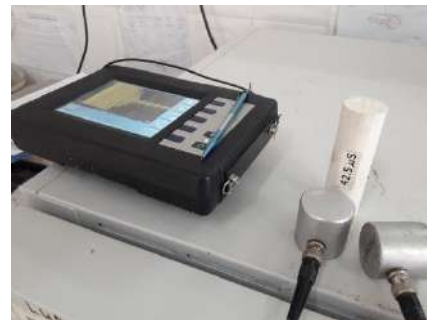
Essai ultrasonique réalisé suivi la norme (NF P 196-1), c'est un essai non destructif très important qui nous permet de détecter à la fois ou plusieurs caractéristiques des briques telles que : le degré de compacité, le taux de fissuration, les dommages causés par l'écart de température...etc., [2].

Le principe d'essai c'est de mesure du temps de propagation de la première impulsion d'un d'ondes appelées ondes longitudinales généré par un transducteur entre deux points déterminés de la brique (Figure III.1 & Photo III.4).

On peut à partir du temps propagation mesuré, exprimer une vitesse conventionnelle de propagation : c'est le quotient de la distance entre transducteur par le temps mesuré. [4]

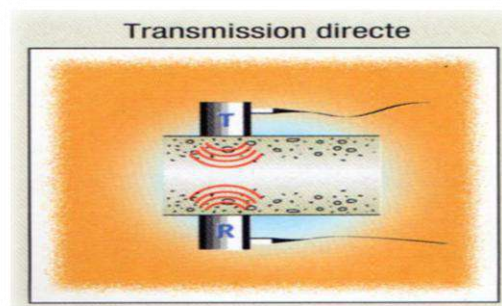


**Figure III.1. Mécanisme de l'appareil d'Ultrasonique [2]**



**Photo III.4. Appareil ultrasonique.**

La mesures en transparence (directe) est utilisées pour le cas des éprouvettes, pour appliqués les transducteurs (R : Transducteur-récepteur et T : Transducteur-émetteur) pour mesures le temps de propagation sur les deux faces de l'élément Figure (III.2)



**Figure III.2. Mesures en transparence (directe).**

La vitesse conventionnelle de propagation est calculée par la formule :

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

L : est la distance entre le transducteur en mètres.

T : est le temps de propagation en secondes [26].

### III.4. Résultats et discussions (brique en terre crue et cuite)

#### III.4.1. Brique de terre crue

Après le préparation des mélanges et des briques à séchage à l'air libre nous avons remarqué quelques points:

- ✓ Il apparaît un retrait d'ordre de 1mm/cm.
- ✓ Perte de masse à 4-5 %



Photo III.5. Retrait des échantillons et perte de masse.

#### a) Masse volumique

La figure III.3 montre la variation de la masse volumique des briques crues en fonction des pourcentages de PEHD.

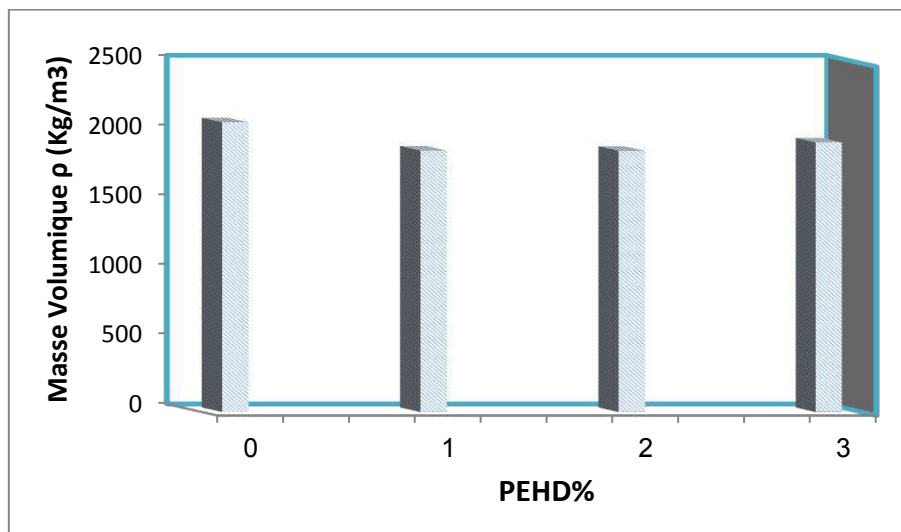


Figure III.3. La masse volumique en fonction du pourcentage % de PEHD de briques crues.

A partir la figure (III.3) nous constatons que, plus on ajoute le taux de PEHD dans la brique crue, la masse volumique de brique crue diminue,

Donc plus le PEHD occupé un volume sur les briques, le poids équivalent de ce volume diminue par rapport s'il est occupé par composition minérale (briques ou sables).

### b) Résistance à la flexion

La figure III.4 montre la variation de la résistance à la flexion des briques crue en fonction de pourcentages de PEHD.

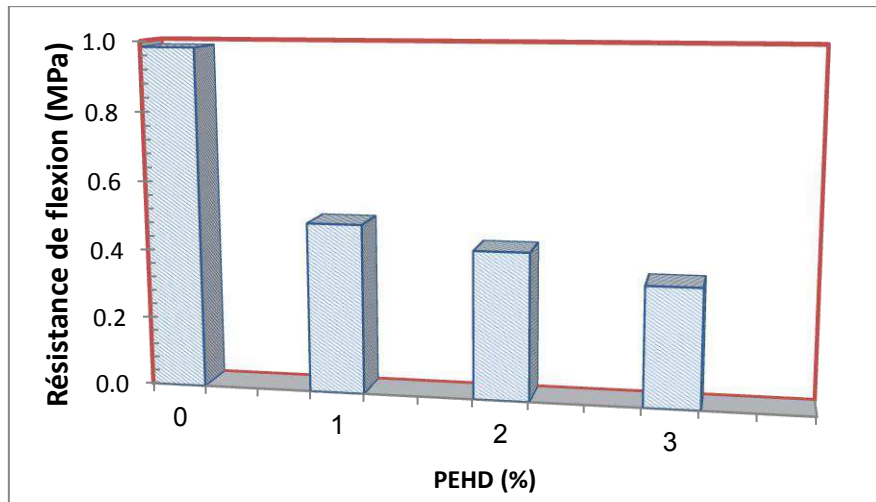


Figure III.4. Résultats de la flexion de briques crue.

A partir la figure (III.4) nous constatons qu'il y'a une diminution de la résistance à la flexion par rapport au briques témoins (sans PEHD), et cette diminution crée une relation négative entre le teneur en PEHD et la résistance à la flexion (plus de PEHD, moins de résistance).

### c) Résistance à la compression

La figure III.5 montre la variation de la résistance à la compression des briques crue en fonction de pourcentages de PEHD

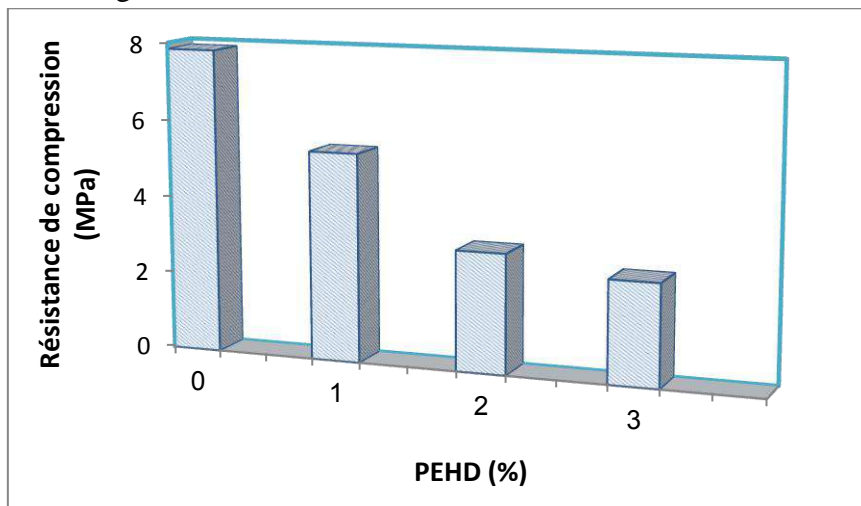
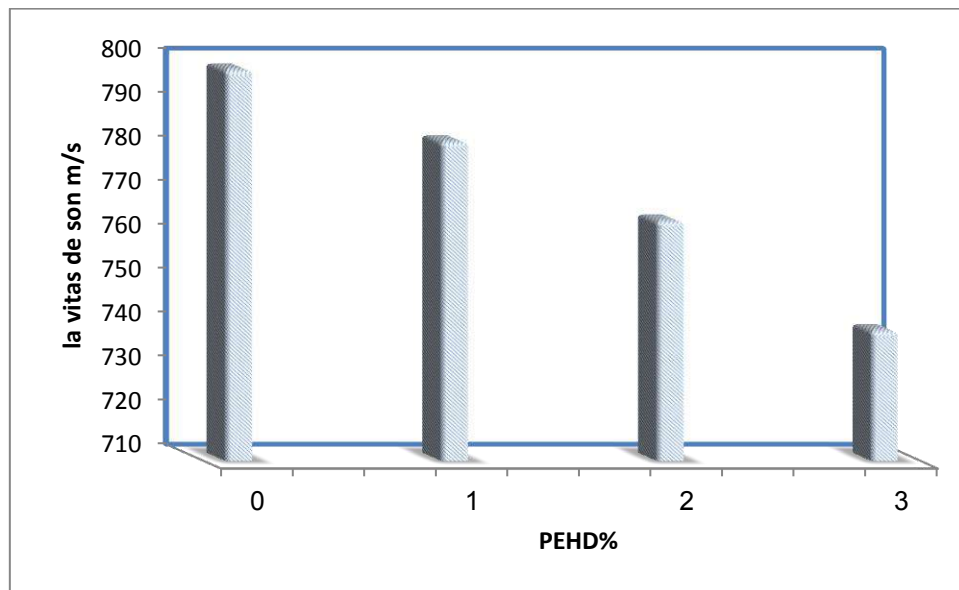


Figure. III.5. Résultats de la compression de briques crue.

A partir la figure (III.5) nous constatons qu'il y'a une diminution de la résistance a la compression aussi, et les mêmes remarques notées dans ce cas aussi (diminution de RC en fonction de teneur en PEHD, et les PEHD n'est pas résisté les charges de compression).

#### d) Essai ultrasonique

La figure III.6 montre la variation de la vitesse de propagation de son sur les briques crues en fonction des pourcentages de PEHD, cet essai au but d'évaluer la qualité et l'homogénéité de ces briques traités avec des PEHD.



**Figure. III.6. La vitesse de propagation d'ultrason de briques crues.**

Les résultats de propagation sonore (vitesse) dans la brique crue traités avec des PEHD, qui sont présentés dans la figure III.6, donnent une variation presque linéairement ; et les résultats de l'essai ultrasonique conforme les résultats de la compression simple.

#### III.4.2. Brique de terre cuite

Après la préparation des mélanges et las des briques cuissons dans un four électrique  $T=800^{\circ}\text{C}$  durant 8h ; nous avons remarqué quelques points tels que :

- ✓ La fusion en plus de 87 % de PEHD ;
- ✓ Parte de masse à 7-8 %



Photo III.6. Échantillons après la cuisson.

### a) Masse volumique

La figure III.7 montre la variation de la masse volumique des briques cuites en fonction des pourcentages de PEHD.

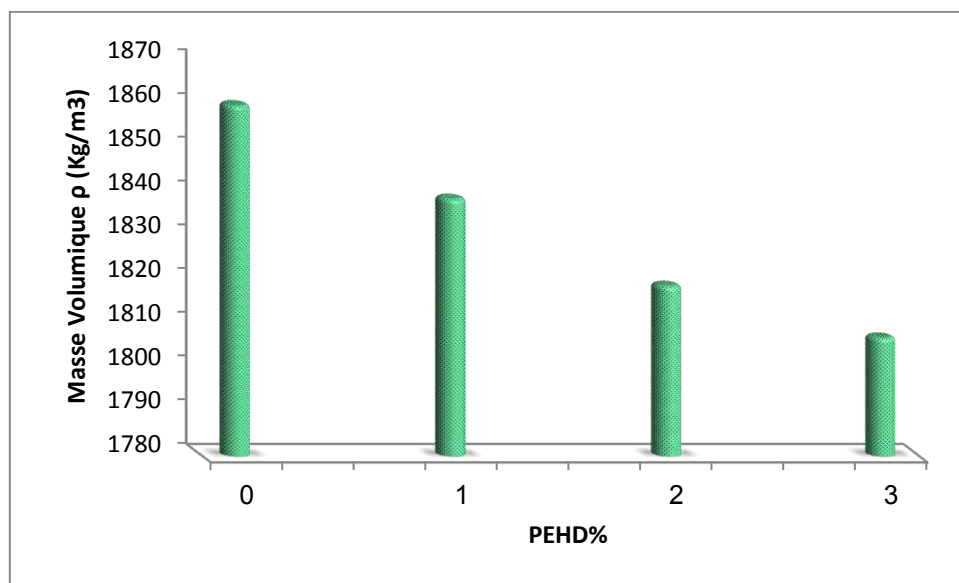


Figure III.7. La masse volumique en fonction du pourcentage % de PEHD de briques cuites.

Dans ce cas on constate aussi une baisse de masse volumique, mais il n'est avec une grande intensité. Cette fois due à l'influence température sur les quatre cas spécialement le témoin d'où la masse volumique est diminué de 2.00 à 1.86 g/cm<sup>3</sup>.

### b) La résistance à la flexion

La figure III.8 montre la variation de la résistance à la flexion des briques cuites en fonction des pourcentages de PEHD.

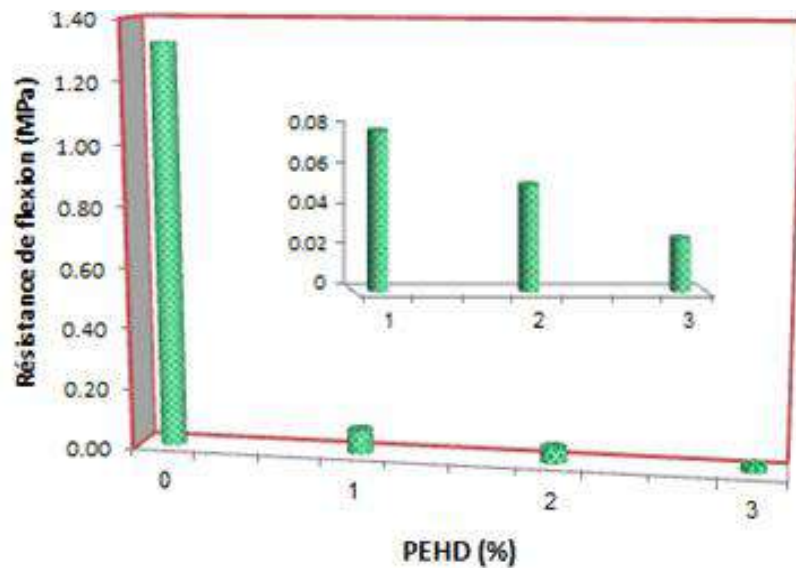
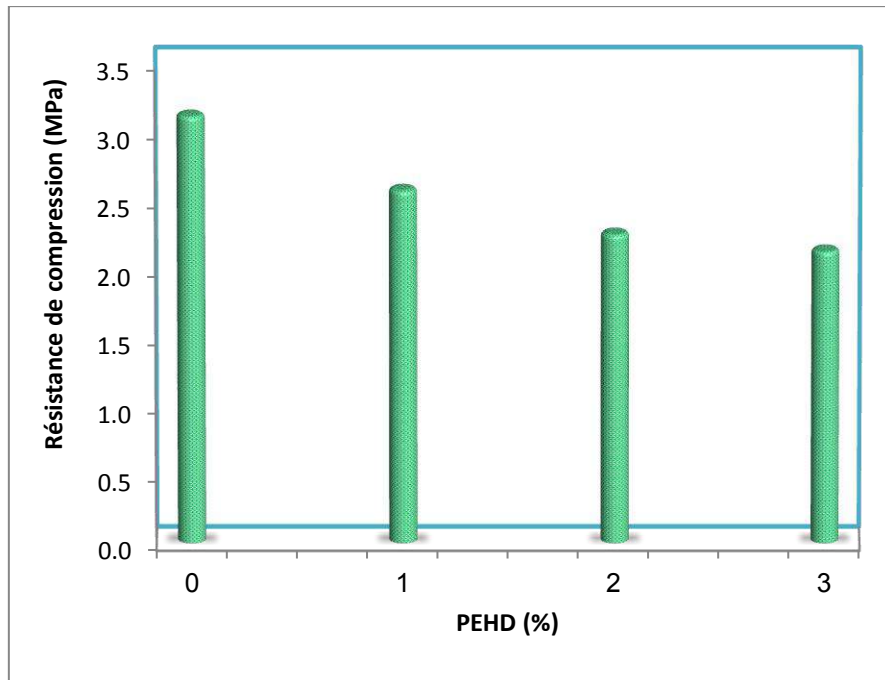


Figure. III.8. Résultats de la flexion de briques cuites.

Contrairement aux masses volumiques, l'intensité de l'influence PEHD sur la résistance à la flexion est très grande, dépassant les 92 %. Ceci est attendu dans une situation où les briques perdent entre 0,82 et 2,46 % des composants de PEHD lors de l'opération de cuisson, ce qui crée des points faibles dans la matrice de brique, mais le taux d'influence est remarquable par rapport au taux de perte de masse.

### c) La résistance à la compression

La figure III.9 montre la variation de la résistance à la compression des briques cuites en fonction des pourcentages de PEHD.

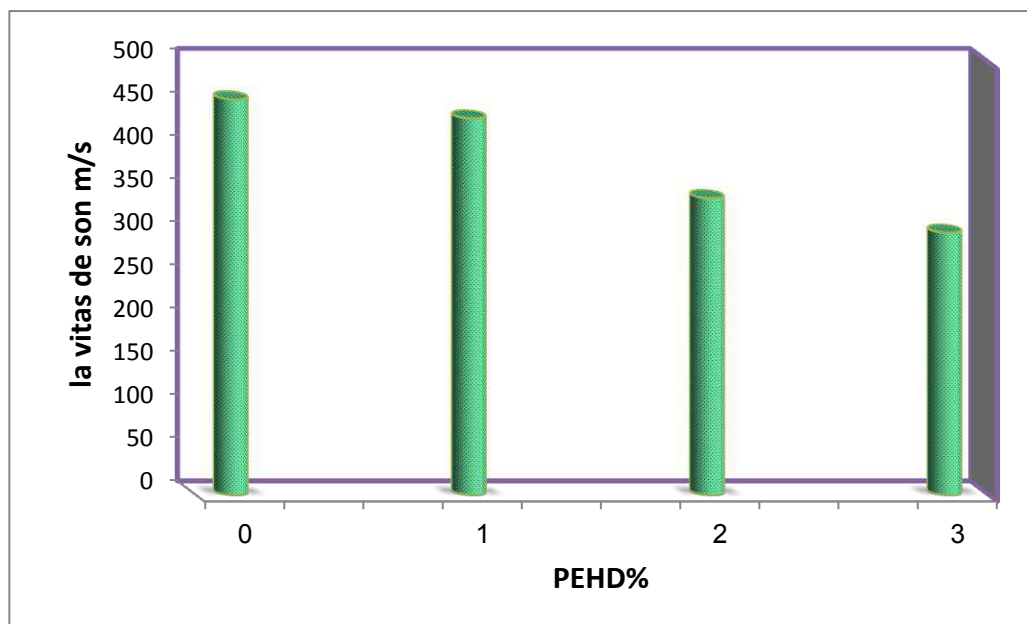


**Figure III.9. Résultats de la compression de briques cuites.**

La résistance à la compression a été aussi prise en compte de la perte de masse de PEHD et les composants de briques aussi, la diminution dans ce cas n'est pas avec la même intensité, les briques traitées avec PEHD perdent entre 18 et 28 % de leur résistance à la compression comparativement aux briques témoins.

#### d) Essai ultrasonique

La figure III.10 montre la variation de la vitesse de propagation d'onde ultrasonique dans les briques cuites en fonction des pourcentages de PEHD.



**Figure III.10. La vitesse de propagation de son de briques cuites**



Rappelant que les essais soniques au but d'estimer la résistance à la compression des compositions d'étude, on trouve

D'après les résultats obtenus, on conclure ce que suit:

La composition traitée par 3% de PEHD a la moins vitesse dans ce cas (brique cuite) avec un taux de perte de 30 % comparativement à la composition de référence (sans PEHD) dans la même méthode de traitement.

### III.4.3. Synthèse des résultats

D'après les analyses de briques crues et cuites selon leurs caractéristiques physico – mécaniques, on note une diminution importante des caractéristiques selon différents causes :

- L'impact négative de PEHD sur les briques crues, bien qu'il soit bon mécaniquement, mais il est incapable d'intégrer dans la matrice de brique, ce qui rend le PEHD fonctionne indépendamment de lui (mauvais adhésion).
- A l'autre part, l'impact négative de PEHD sur les briques cuites à en autre raison du fait le PEHD a perdu plus de 80% de ses composés au cours du processus de cuisson à une température de 414 degrés Celsius, ils ont laissé derrière eux des vides qui détériorent davantage le briques cuites physiquement et mécaniquement.

On prose dans la phase suivant une phase intermédiaire entre les crues et cuites, base sur une hypothèse que à une température supérieure à la température de transition vitreuse entre le comportement caoutchoutique et vitreux ( $t_g = 139^\circ\text{C}$ ) déterminé par le DSC, le PEHD à une démarrer une opération de fusion dans la matrice crée un contact avec les particules solides, et joue un rôle de liaison entre ces particules. Et assurant à cette température que le PEHD ne perte pas un taux important de ces composants ( $t_g$  inférieure a 139). Ont nommons ce cas de brique comme brique semi – cuite.

### III.5. Résultats thermomécaniques des briques en semi cuite

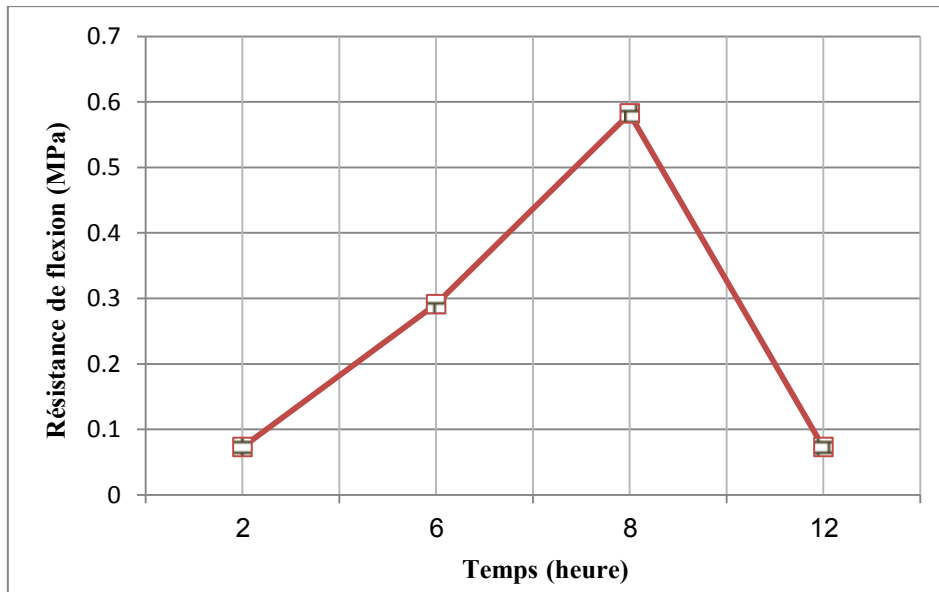
Dans ce point, on présente les caractéristiques mesurées de brique que on propose ce que nous appelons « semi – cuite », d'où après la préparation avec la même méthode des éprouvettes de brique crue mentionnée dans le point § III.2 avec 1 % de PEHD, et après la préparation des éprouvettes de  $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ , ces éprouvettes sont conservées à une température de  $160^\circ\text{C}$  pendant 2h, 6h, 8h et 12h.

Les éprouvettes sont soumis aux mêmes essais mentionnés précédemment, on ci-dessous on a les figures exprimes l'évolution de ces caractéristiques en fonction le temps de conservation à  $160^\circ\text{C}$ , ces essais sont la résistance à la flexion et la résistance à la compression:



### a) La résistance à la flexion

La figure III.11 montre la variation de la résistance à la flexion des briques en fonction de temps.

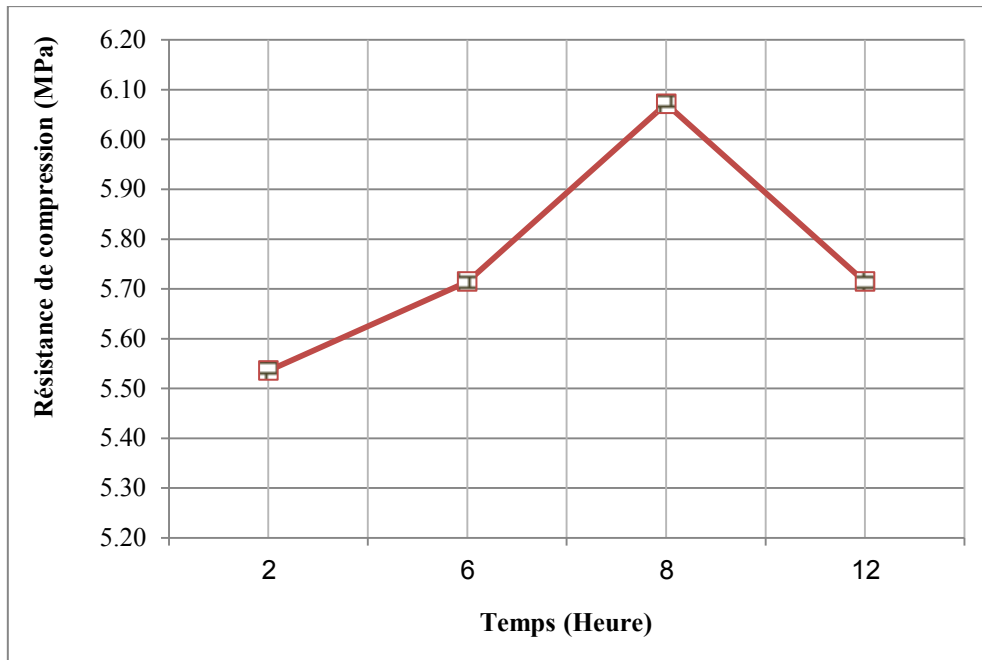


**Figure. III.11. Résultats de la flexion de briques semi – cuites.**

A partir la figure (III.11) nous constatons que, la résistance à la flexion augmente en fonction de temps jusqu'à 8 heures d'une façon linéaire valant notre proposition « semi – cuites », mais après les huit heures une chute brusque de résistance de flexion est constatée à 12 heures de conservation à 160°C. Nous pensons à un départ de perte de masse à cette température (influence de temps remplaçant l'influence de température)

### b) La résistance à la compression

La figure III.12 montre la variation de la résistance à la compression des briques en fonction de temps



**Figure III.12. Résultats de la compression de briques semi – cuites.**

A partir la figure (III.12) nous constatons que, la résistance à la compression augmente en fonction de temps jusqu'à 8 heures d'une façon linéaire validant notre proposition « semi – cuites », mais après les huit heures une chute brusque de résistance à la compression est constatée à 12 heures de conservation à 160°C. Nous pensons à un départ de perte de masse à cette température (influence de temps remplaçant l'influence de température)

### III.5.1. Synthèse des résultats

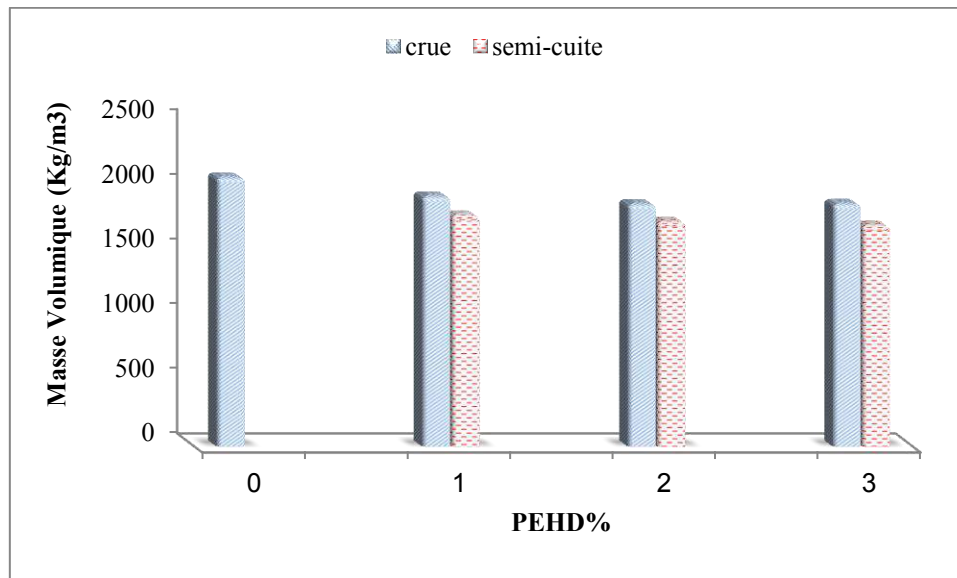
Les essais discutés ci-dessus cherchent dans le meilleur temps de conservation à 160 °C, et d'après le résultat mécanique à différents temps, nous sort que le temps idéal pour prendre une valeur maximale de résistances à la compression et à la flexion c'est huit (8) heures.

Ce temps a été utilisé dans sur la fabrication des éprouvettes avec différents teneur en PEHD, qui sont soumis aux mêmes essais mentionnés précédemment, on ci-dessous on a les figures exprimant l'évolution de ces caractéristiques en fonction de PEHD après 8h de conservation à 160°C dans le point suivant.

### III.5.2. Résultats et discussions physico – mécanique cas du brique semi cuite

#### a) Masse volumique

La figure III.13 montre la variation de la masse volumique en fonction de pourcentages de PEHD des éprouvettes de briques semi – cuite

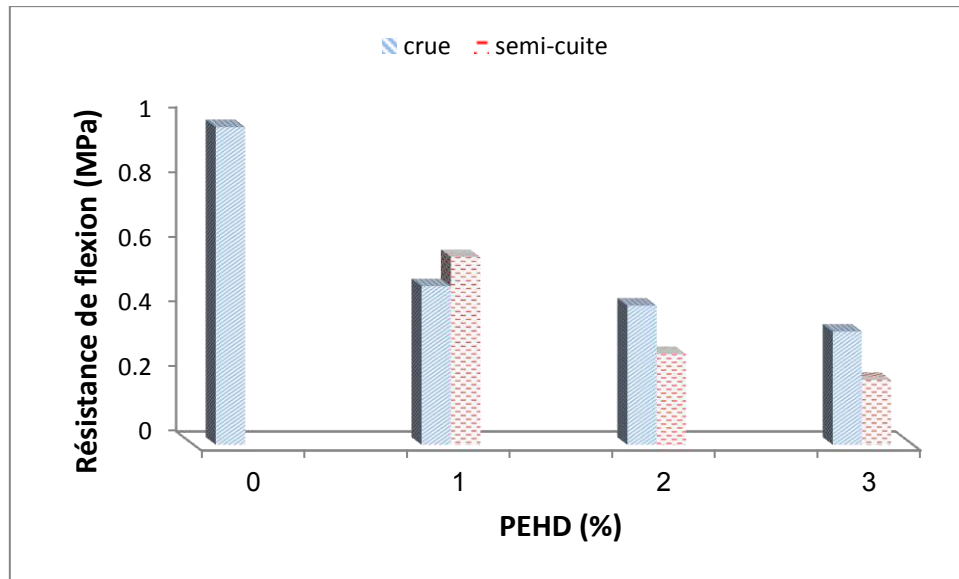


**Figure III.13. La masse volumique en fonction du pourcentage % de PEHD de briques crue et semi – cuite.**

A partir la figure (III.13) nous constatons que les briques semi-cuite a une masse volumique moins par rapport aux briques crues. Ce dernier reviens au changement de phase de PEHD effectues et le taux de perte de masse faibles dans les conditions de fabrications.

#### b) La résistance à la flexion

La figure III.14 montre la variation de la résistance de flexion en fonction de pourcentages de PEHD des éprouvettes de briques semi – cuite.

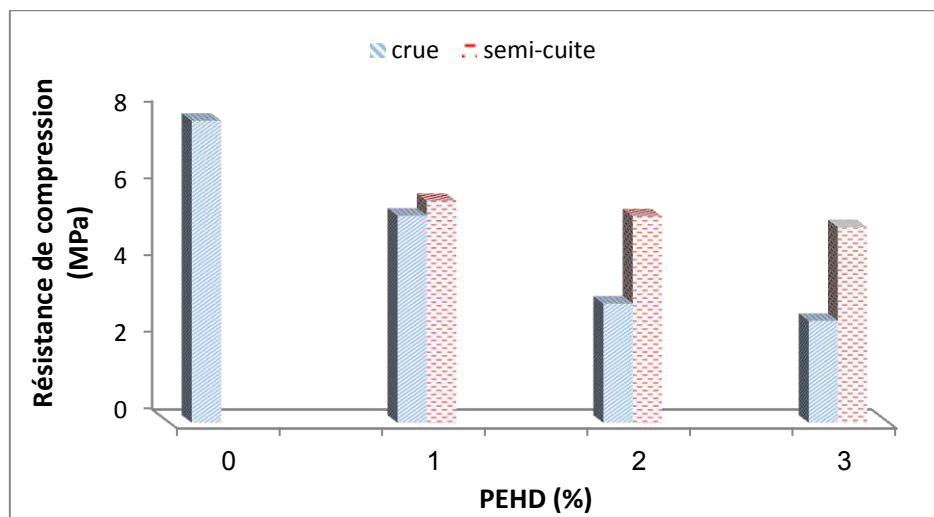


**Figure. III.14. Résultats de la flexion de briques crue et semi – cuite.**

A partir la figure (III.14) nous constatons que la résistance à la flexion est encore moins par rapport de témoins (sans PEHD ; la résistance brique mélangé avec 1 % de PEHD a été augmenté dans le cas de semi – cuite et dépasse le cas de crue avec le même teneur en PEHD par 28 %, les deux autres teneurs n'est pas arrivé de dépasser la résistance de crue, est les diminutions de résistance à la flexion il est important.

### c) La résistance à la compression

La figure III.15 montre la variation de la résistance à la compression des briques en fonction de pourcentages de PEHD.



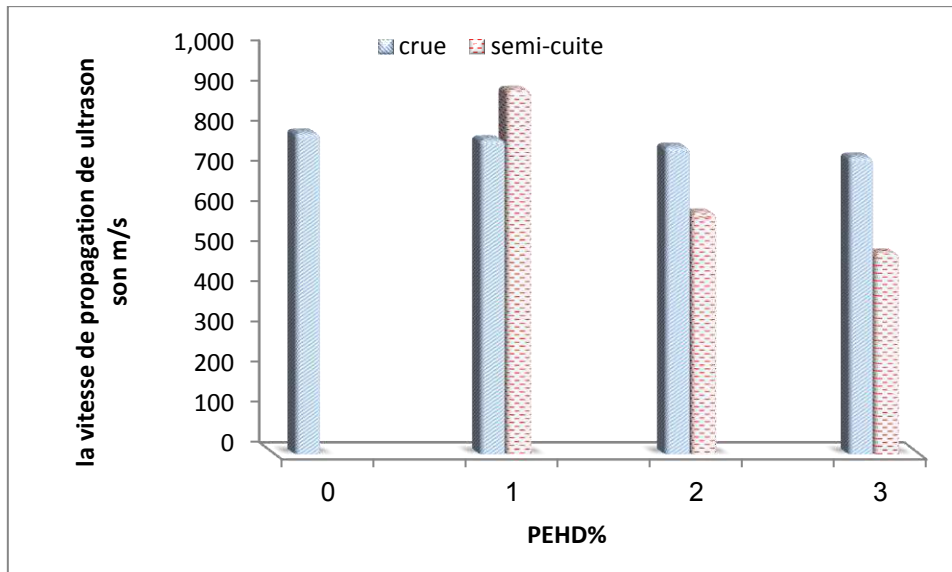
**Figure. III.15. Résultats de la compression de briques et semi – cuite.**

Contrairement la résistance à la flexion, la figure III.15 montre une augmentation de résistance à la compression dans les trois teneurs en PEHD, avec des taux de 07, 72 et 92 % par rapport au les briques crues modifiant par 1, 2 et 3 % de PEHD respectivement.

Les valeurs de semi – cuite, il est encore inferieure a tels de briques crues sans polyéthylène (Reference).

**d) Essai ultrasonique**

La figure IV.11 montre la variation de la résistance à la flexion des briques en fonction de pourcentages de PEHD



**Figure. III.16. la vitesse de propagation d'ultrason de briques semi – cuite.**

A partir la figure (III.16) et d’après de la vitesse de propagation sonore obtenues par des briques de cas semi-cuite et les briques de cas crue, on remarque que les briques traité par la première méthode a des caractéristiques physiques améliorés comparativement au deuxième méthode.

La température de traitement (cuisson) a un grand effet sur les caractéristiques des nouvelles briques.

**III.5.3. Résultants thermiques (cas du brique semi cuite)**

**III.5.3.1. La conductivité thermique**

Le coefficient de conductivité thermique d’un matériau est : la quantité de chaleur traversant le matériau dans un état stationnaire, par unité de surface, de temps et de gradient thermique dans ce matériau ; l’unité est le (W/m.c.). [1]. C’est une caractéristique constante et propre à chaque matériau, plus la valeur de ce coefficient est faible, plus le matériau est isolant [4].

**III.5.3.2. Résistance thermique**

La résistance thermique représente la résistance de l’élément à la transmission de chaleur à travers son épaisseur, elle est généralement connue sous le terme de « isolation thermique ». L’augmentation de la résistance thermique implique que l’élément est isolant. Elle s’exprime en (m.<sup>2</sup>K.) / W

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Où :

- ✓  $e$  : l'épaisseur de l'élément
- ✓  $\lambda$ : la conductivité de l'élément [3]

### III.5.3.3. Les méthodes de mesures de la conductivité thermique

Le choix d'une méthode de mesures de la conductivité thermique dépend de certains paramètres. En effet, lorsque le choix de la combinaison matériau-précision se pose de manière précise, de nombreux paramètres sont à prendre en compte :

- ❖ Le type de produit : milieu granulaire, milieu semi-infini ;
- ❖ Le type de régime thermique car il peut être stationnaire, transitoire, ou quasi établi ;
- ❖ Le type de forme géométrique du milieu (2D, 3D, axisymétrique...etc.);
- ❖ Les dimensions et les rapports de dimensions ;
- ❖ La simplicité de la méthode ;
- ❖ Les tolérances (ou précisions) de certains paramètres [3].

Par mis les méthode:

- ❖ La méthode d'état stationnaire ;
- ❖ Méthode dite « Laser Flash » ;
- ❖ La méthode du fil chaud par CT-mètre [3] ;
- ❖ La méthode non stationnaire par la sonde « non-Steady-State Probe » ;

Pour le ce travail on choisir, la méthode non stationnaire par la sonde « non-Steady-State Probe » pour mesure la conductivité thermique pour les échantillons à niveau de laboratoire de travaux public du Sud (L.T.P. S) Unité de Ghardaïa.

### III.5.3.4. Analyses thermiques (La méthode non stationnaire par la sonde « non-Steady-State Probe »)

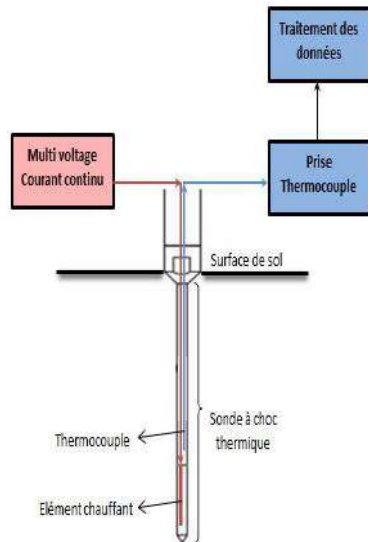
#### a) Principe

La conductivité ou résistivité thermique (TCT ou TRT) ; est un gradeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert thermique par conduction ; qui représente l'énergie (la quantité de chaleur) transférée par unité de surface et de temps sous un gradient de température le Kelvin (K) ou un degré Celsius (C) par mètre. [30].

#### b) Description des essais

La méthode de mesure de la conductivité thermique du sol, 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 ;
- ❖ Un élément de calcul de la température placée à l'interface sol-sonde.



**Figure III.17. Schéma de dispositif de mesure de La conductivité thermique.**



**Photo III.7 Appareil de des mesures de la conductivité thermique. [30].**

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

La conductivité thermique ( $\lambda$ ) 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)
- ❖  $\lambda$  = 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), [27]

### c) Préparation des échantillons

D'après les résultats de notre recherche sur la partie deux, d'où on adopte le temps huit (8) heures comme le meilleur délai de conservation à la température 160C, nous réalisons l'essai thermique pour l'échantillon, la préparation le mélange (argile, sable et PEHD) avec la même méthode de brique crue mentionnée dans le point  $\phi$  III.2, et après nous préparons des éprouvettes à diamanter 7\*7\*28 cm<sup>3</sup>



Photo III.8. Présentation essai thermique avec des échantillons

### d) Résultats et interprétations

La figure III.18 montre la variation de la conductivité thermique ( $\lambda$ ) des briques en fonction de pourcentages de PEHD

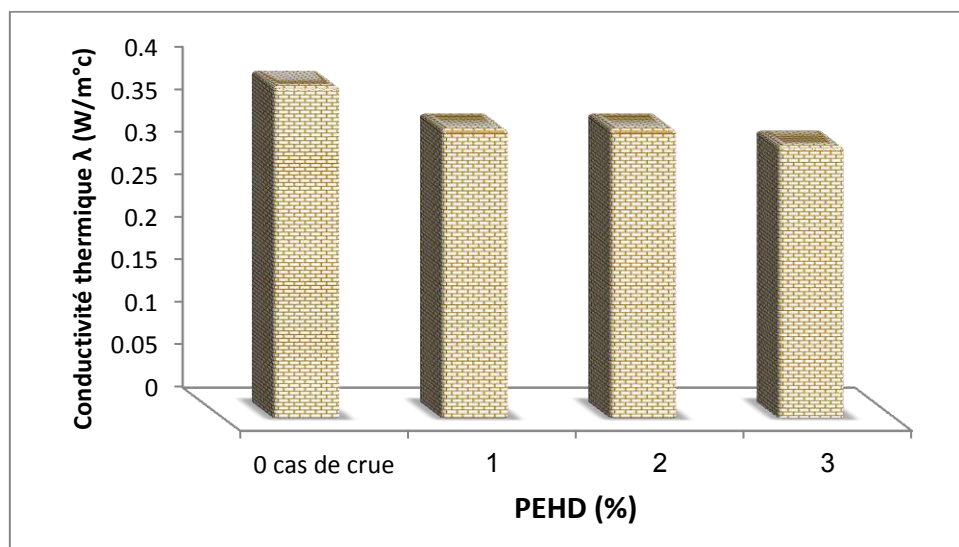
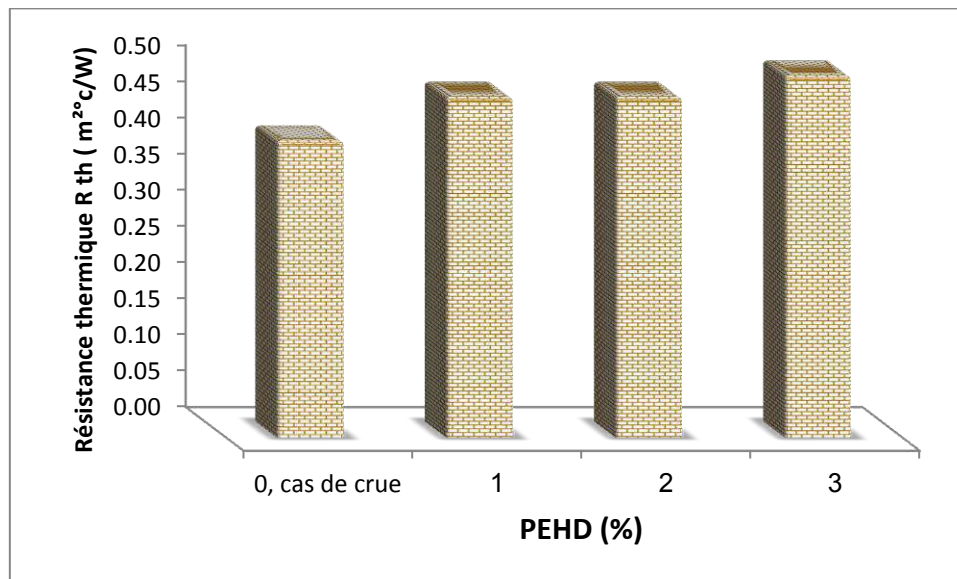


Figure. III.18 Conductivité thermique des briques semi – cuite.



A partir la figure III.18, nous constatons que, une diminution légère de conductivité thermique, c'est à dire que les briques modifiées avec cette méthode sont peu plus isolant de cas crue avec des taux entre 12 et 18 %. Ce paramètre confirmant par les mesures de résistance thermique (figures III.19)



**Figure. III.19. Résistance thermique des briques semi – cuites.**

Les mesures présentées dans l'histogramme ci-dessus comme une comparaison entre les quatre briques, on remarque que la résistance thermique augmente dans les briques semi – cuites avec des taux de 14,6 pour 1 et 2 % de PEHD, et arrive à 22 % pour les briques semi – cuites à 3 %. C'est-à-dire que ces briques sont moins sensibles au changement de température. Cette augmentation de résistance est due au comportement thermique noté sur les analyses calorimétriques, le PEHD il absorbant la température pour créer une transition de phase (coulchoutique – vitreuse).

### e) Conclusion

Selon les différents essais mécaniques et thermiques réalisés dans le cas de semi – cuites on sort avec :

- Les briques semi – cuites traitées avec le PEHD, sur une condition de 8 heures à 160 °C présente des résultats mieux dans la compression par rapport aux briques crues traitées. Contrairement la résistance à flexion, uniquement les éprouvettes de briques traitées avec 1 % de PEHD présentent des résultats mieux. On pense que les autres teneurs nécessitent soit plus de température ou plus de temps pour voir la même influence donner par 1 %.
- Les briques semi – cuites mécaniquement et physiquement sont encore faibles par rapport à la brique crue, mais thermiquement une amélioration des paramètres thermiques est notée dans ce cas.

## CONCLUSION GENERAL

D'après cette recherche et les résultats obtenus, nous concluons :

- Sur le premier chapitre nous présenter les types des briques, caractérisation physique, mécaniques et thermique et les avantage et inconvénient pour chaque type de brique. utilisation et on ajout un petit aperçu sur la matière plastiques utilisé (PEHD)
- Pour le deuxième chapitre, présente les caractéristiques physiques, chimiques et thermiques des matériaux utilisés (argile, sable de dune et le PEHD)
- Pour l'argile est utilisé l'argile de Touggourt à Ouargla, après les analyses physique obtint qui est caractérisée d'une argile fins liminaux avec une granulométrie étalée, contienne sur 26% de sable fin ; 65% limon et 7% argile et plastique
- Pour le sable est utilisé sable de dune Sidi-Khouiled à Ouargla , 83 % de ce sable est fines et propre
- Les matières plastiques et les polymères tels que le PEHD utilisé dans cette étude ne présente pas une capabilité d'adhésion avec des composants minérales.
- PEHD et des matériaux plastiques présente des résultats négatifs dans le cas cuite, ce influence négatives due au parte des compositions de PEHD dans une température inferieure a la température de cuisson de briques utilisés dans cette recherche (température de dégradation de PEHD c'est 441°C, et température de cuisson c'est 900 °C)
- Dans le cas de brique crue nous n'avons pas reçu de bon résultat mécaniquement et physiquement par rapport de témoin (sans PEHD).
- Nous présentons dans ce travail un nouveau processus pour utiliser des matières plastiques au but d'améliorer des caractéristiques de brique, on appel ce cas semi – cuite, bénéficier de changement d'état de matière plastique dans la haute température.
- Cas de semi-cuite présenté n'est pas encore présente des bons résultats mécaniquement et physiquement par apport de témoins, mais une amélioration de ces caractéristiques est notée comparativement au brique crue en PEHD.
- Nous vous remarqués une amélioration dans le caractéristiques thermiques (diminution de conductivité et une amélioration de résistance thermique).

Les valeurs faibles et négatives trouvés dans ce projet n'empêchent pas de sort par des recommandations et perspectives qui sont :

- Continuer avec des recherches sur les briques traités en matières plastiques avec autre forme (poudrette, fibres, ...etc.) au but de résoudre le problème d'adhésion trouvés entre les particules plastiques et les grains minérale.
- Étude des autres types de matières plastiques et aussi d'autre forme comme les matières recyclées.
- Etude les effets du comportement thermique des polymère et matières plastiques sur les caractérisations thermiques pour le brique crue et semi – cuite.
- Réalisation de ce type de recherche avec d'autre type d'argile, spécialement joue sur le côté de plasticité.

## Références Bibliographiques

- [1] DJOUHRI Mohamed. Confection d'une brique à base de sable de dunes.2007. Thèse de doctorat: Génie civil: université kasdi merbah Ouargla
- [2] MEKHERMECHE Abdessalam. Contribution à l'étude des propriétés mécaniques et thermiques des briques en terre en vue de leur utilisation dans la restauration des Ksours sahariennes.2012 thèse de magister: Géo-Matériaux: université kasdi merbah Ouargla
- [3] CHAIB Hachem. Contribution à l'Etude des Propriétés Thermo-Mécaniques des Briques en Terre Confectionnée par des Fibres Végétale Locale. (Cas de la ville de Ouargla).2017 : thèse de doctorat:Géo-Matériaux: université kasdi merbah Ouargla
- [4] HAKKOUM Soumia. Etude des caractéristiques thermiques et mécaniques des briques enterre cuite traditionnelles dans les régions de la wilaya de Ouargla.2015.thèse de magister: Géo-Matériaux: université kasdi merbah Ouargla
- [5] BLOCS DE TERRE COMPRIMÉE - MATERIAU DE CONSTRUCTION [en ligen ] [consulté le 15/02/2019]. Disponible à l'adresse: [https://www.oskam-vf.com/blocs\\_%20de\\_terre\\_comprimee.html](https://www.oskam-vf.com/blocs_%20de_terre_comprimee.html)
- [6] maçonnerie . les meilleurs artisans de votre région [en ligen ]. [Consulté le 08/01/2019]. Disponible à l'adresse: <https://www.travaux-maconnerie.fr/brique-terre-cuite-avantages-prix>
- [7 ] maison écologique , les briques en terre cuite[en ligen] [consulté le 13/04/2019]. Disponible à l'adresse: <http://www.guidemaisonecologique.com/les-briques-en-terre-cuite/>
- [8] fiche technique matériaux [ en ligen] [consulté le 07/03/2019]. Disponible à l'adresse: [http://oci.cstb.fr/simulation/choix\\_proc.asp](http://oci.cstb.fr/simulation/choix_proc.asp)
- [9] KADRI Nadia. Etude des propriétés des composites PEHD/fibres R-PET et PEHD/SEBS-g-MA/fibres R-PET : Effets du taux et du traitement de surface des fibres.2014 Thèse de MAGISTER: Génie des Polymères: université setif-1-
- [10] BOUTERFA Meriem. Étude de la détermination du paramètre d'interaction entre deux polymères par voie mécanique "effet du compatibilisant sur ce paramètre.2011.thèse de Magister: Génie des Polymères: universite ferhat abbas setif
- [11] AFNOR, 1996.
- [12] AFNOR, 1992.
- [13] AFNOR, 1998.
- [14] AFNOR, 1995.
- [15] KEBAILI N. Analyse du gonflement de l'argile en relation avec ses limites de résistance Application aux argiles de Hassi Messaoud et d'In Aménas.2006 thèse de Magister : Université de Ouargla
- [16] CHOUIKH SAMIRA. Synthèse, Caractérisation, propriétés structurales et applications de matériaux type hydroxydes double lamellaires.2015. thèse de Magistère. Elaboration et durabilité des éco-matériaux minéraux. UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE D'ORAN MOHAMED BOUDIAF
- [17] A. Acosta, I. Iglesias, M. Aineto, and M. Romero, "Utilisation of IGCC slag and clay steriles in soft mud bricks ( by pressing ) for use in building bricks manufacturing," *Waste Manag.*, vol. 22, pp. 887–891, 2002.

- [18] G. Habert, N. Choupay, G. Escadeillas, D. Guillaume, and J. M. Montel, "Applied Clay Science Clay content of argillites : Influence on cement based mortars," *Appl. Clay Sci.*, vol. 43, no. 3–4, pp. 322–330, 2009.
- [19] AFNOR, 1990.
- [20] A. Kheloufi, Y. Berbar, A. Kefai, S. A. Medjahed, and F. Kerkar, "Improvement of Impurities Removal from Silica Sand by Using a Leaching Process," *Silicon Technol. Dev. Unit*, 2009.
- [21] K. Touati, E. Alia, H. Zendah, H. El, and A. Hannachi, "Sand filters scaling by calcium carbonate precipitation during groundwater reverse osmosis desalination," vol. 430, no. September 2017, pp. 24–32, 2018.
- [22] LIFA Saïd. CRISTALLOCHIMIE Synthèse, Caractérisation et Etude Structurale Par DRX de l'oxalate mixte de Cuivre et de Sodium  $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , et de l'acide oxalique  $2[\frac{1}{2}(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4)] \text{C}_2\text{H}_1\text{O}_4-(\text{H}_3\text{O}^+) 2 (\text{H}_2\text{O})$ . 2009 .thèse de Magister: cristallographie: université mentouri CONSTANTINE
- [23] BEHLOUL Lhamid et HAMDAOUI Lounes .HAMDAOUI Lounes Option : Polymère et Composites Effet d'un Renfort Biodégradable sur les Propriétés Physico-mécaniques d'un Biopolymère PHBV.2015. Diplôme de Master: Polymère et Composites: Université A. MIRA Bejaia
- [24] LATTAFI Lynda. Chimie des Matériaux SYNTHÈSE ET ETUDE STRUCTURALE DES POLYMERES DE COORDINATION A BASE DE CADMIUM (II) ET DE LIGAND CHELATANT N/O DONNEUR.2018. diplôme de master: Chimie des Matériaux: Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi
- [25] Moumen Abdelhak Génie des polymères Contribution à l'étude de l'effet du traitement thermique sur les diverses propriétés d'un nanocomposite à matrice polypropylène.2014.thèse de Magister : Génie des polymères: université Ferhat abbas-setif.1
- [26].AFNOR.2005.
- [27].ASTM.2014. Standard Test Method for Determination of Thermal Conductivity of Soil and Soft Rock by Thermal Needle Probe Procedure. ASMD 5334-14,page1 -4