

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Mémoire du Projet de fin d'étude
2^{ème} Année Master



732

Département : Génie des Procédés
Spécialité : Génie Chimique

Présenté par :
ZERAOULIA Fariha
TEBBAH Sara

*Influence de l'ajout des non liants sur
la fissuration des briques rouge*

Sous la Direction de :

Dr. CHERAITIA.A

Juin 2011



Remerciement

Par ce modeste travail qui restera toujours nous remercies :

« Dieu » pour son aide et sa bénédiction.

Notre encadreur « Dr. cheraitia abdellah » pour nous avoir guidé à l'élaboration de ce travail avec ces conseils, ses critiques et ses encouragements.

Nous remercions également tous les personnels de la briqueterie EL RYAD Guelma spécialement :

Ben ouhiba, Ryad et Iimri ahmed, Ismaïl, Abd el wahab, Abd elhak, Mendjel lazhar...

Nous remercions monsieur les membres du jury pour la caution qu'ils ont bien voulu apporter à ce travail et à qui nous devons notre profond respect et notre très haute considération.

Notre tenons à remercier également l'ensemble des enseignants, pour nous avoir honoré leur présence on particulier :

Monsieur le chef de département «Abed Mouhamed affoune »

Enfin, nous tenons à adresser nous plus vifs remerciement à tous les personnes qui de près où de loin nous aide à la réalisation de ce mémoire.

FARIHA & SARA



Sommaire

Chapitre I : les matériaux de construction

I-1- Introduction :	01
I-2- Les type des matériaux de construction.....	02
1. Ciments :	02
2. Le Béton :	03
3. Les briques de terre cuite:.....	05
4. Le bois :	05
5. La pierre :	07
6. Le verre :	08
Les métaux :	08

Chapitre II : la fabrication des briques

II 1 Introduction :	11
II-2- Composition chimique des argiles :	12
1. Matières premières plastiques :	12
2. Les matières premières non plastiques :	14
II-3- Procédé et Principe de fabrication des briques :	18
1. Préparation de la matière première :	20
2. Le séchage :	22
3. La cuisson :	22
3.1. Phénomènes physiques et chimique intervenants au cours de la cuisson :	23
3.2 Défauts De Cuisson :	24
II-4- Les types des briques :	25
1. Brique ordinaire:	25
2. Brique poreuses:.....	27
3. Briques d'argiles creuses à perforations:	27

Chapitre III : partie expérimentale

III-1- Introduction :.....	29
III-2- Composition chimique de l'argile :.....	29
1. Détermination de la silice (SiO_2) :.....	29
2. Détermination de l' Al_2O_3 :.....	30
3. détermination du fer (Fe_2O_3) :.....	32
III-3- Propriétés physiques et mécaniques :.....	33
1.3.1 Les propriétés physiques	33
1. La masse volumique apparente :.....	33
III-3- 2- Les propriétés mécaniques :.....	36
1. La résistance en compression.....	36
2. La résistance à la flexion.....	37
III-4- Effets du vieillissement de l'argile sur les propriétés des matériaux obtenus	38
1- Formulation :.....	38
2- Résultats des principaux essais effectués :.....	39
3- Discussion :.....	41
III-5- Influence de l'ajout des non liants :.....	42
1- Formulation :	42
2- Traitement thermique :.....	42
3- Fissuration des échantillons :.....	43
4- Détermination de la densité apparente et de la porosité :.....	44
5- Retrait après séchage et cuisson :.....	45
6- Résistance à la compression :.....	45
7- Discussion :.....	46

Liste des Tableaux

Tableau 1: les différents types de ciment et leur caractéristique.....	02
Tableau 2: La composition des constituants de béton en poids et en volume.....	03
Tableau 3: les différents types de béton et leur caractéristique.....	04
Tableau 4: les différents types de brique et leur caractéristique et domaine des utilisations.	05
Tableau 5: les différents types de bois et leur caractéristique.....	06
Tableau 6: les différents types de bois et leur caractéristique.....	07
Tableau 7 : les différents rôles des oxydes.....	13
Tableau 8 : Les caractéristiques des minéraux.....	14
Tableau 9 : Classes et la masse volumique des briques courantes.....	26
Tableau 10 : Dimensions et résistances des briques.....	26
Tableau 11: la composition et le titre massique.....	33
Tableau 12: comparaison entre AR1et AR2.....	39
Tableau 13: la composition des échantillons.....	42
Tableau 14 : Degrés de fissuration des échantillons préparés.....	43
Tableau 15: la densité apparente et de la porosité.....	44
Tableau 16: le retrait (au séchage, cuisson).....	45
Tableau 17: Résistance à la compression des échantillons.....	45

Liste des figures

Chapitre I : les matériaux de construction

Figure 1 : La différence entre le béton et le mortier.....	03
Figure 2 : utilisation de bois.....	06
Figure 3 : les pierres.....	07
Figure 4 : utilisation du verre dans la construction.....	08
Figure 5 : utilisation d'acier dans la construction.....	08
Figure 6 : utilisation d'aluminium dans la construction.....	09
Figure 7 : utilisation de zinc dans la construction.....	09
Figure 8 : utilisation de zinc dans la construction.....	10

Chapitre II : la fabrication des briques

Figure 9 : les argiles.....	11
Figure 10 : les étapes de fabrication des briques.....	18
Figure11 : Schéma de la fabrication des briques.....	19
Figure 12 : stockage des argiles.....	19
Figure 13 : Brise-mottes (concasseurs).....	20
Figure 14 : schéma de fonctionnement de laminoir à deux cylindres.....	20
Figure 15 : photos des Silos 1 et 2(A) et des Broyeur et malaxeur (B).....	20
Figure 17 : Mélangeur.....	21
Figure 18 : Mouleuse.....	21
Figure 19 : Un transbordeur chargé se diriger vers les séchoirs (chariot).....	21

Figure 20 : Une chambre de séchage (la porte ouverte).....	22
Figure 21 : Un transbordeur chargé se dirige vers le four (wagon).....	22
Figure 22 : four tunnel.....	23
Figure 23 : Briques pleines.....	25
Figure 24 : Les briques poreuses.....	27
Figure 25 : briques perforée.....	28
Figure 26 : Briques creuses comprimées par voie demi-humide à 8 et 18 trous.....	28

Chapitre III : partie expérimentale

Figure 27 : les différents types des moules pour mesurer la résistance en compression.....	36
Figure 28 : Mode de rupture des éprouvettes cylindriques en compression.....	37
Figure 29 : Différents essais sur les résistances à la flexion.....	37
Figure 30 : Le retrait à la cuisson des échantillons AR1 et AR2 en f(T).....	40
Figure 31 : La résistance à la flexion des échantillons AR1 et AR2 en f(T).....	40
Figure 32 : diagramme appliqué pour le traitement thermique.....	43
Figure 33 : Fissuration des échantillons A (100% Argile) et l'échantillon F (10% Silice)...	44

INTRODUCTION GENERALE

Les matériaux de construction sont élaborés pour être durable. Le comportement des matériaux est lié à la nature du matériau, forme et aux facteurs environnementaux à l'action desquels le matériau sera soumis.

La nature physique et chimique de la plupart des matériaux de construction est complexe. Pour comprendre le comportement physique et mécanique d'un matériau, ses propriétés chimiques, physiques et mécaniques, on doit avoir une idée sur la structure du point de vue composition chimique, granulométrie et porosité. Lorsqu'on considère la microstructure, la porosité totale constitue le paramètre le plus important, elle exerce une influence considérable sur la résistance du matériau. Les changements de teneur en humidité et de température engendrent des gradients qui produisent des tensions dans le matériau peuvent donner naissance à des fissures et des craquelures.

L'utilisation des briques rouge rencontre plusieurs problèmes dus, essentiellement, au procédé de fabrication en l'occurrence les matières premières utilisées. Le mode de fabrication peut différer d'un type de matériau à un autre (préparation de la matière première, façonnage, traitement thermique).

Le but de ce travail est d'étudier l'influence de l'ajout des dégraissants sur les propriétés physico-mécanique des briques rouge (à base de terre cuite).

Ce manuscrit est divisé en trois chapitres :

- Dans le premier chapitre on donne des notions générales sur les matériaux de construction.
- Le deuxième chapitre contient une recherche bibliographique sur les propriétés des briques rouges et le procédé de fabrication.
- Le dernier chapitre contient la partie expérimentale et traite les différentes techniques expérimentales (des analyses chimiques et des essais mécaniques) utilisées, résultats et discussion.

Chapitre I:

Les matériaux de construction

I-1- Introduction :

Il existe de nombreux matériaux de construction aux caractéristiques très diverses qu'il faut prendre en compte afin de réaliser une construction durable, économique du point de vue de la consommation d'énergie et respectueuse de son environnement depuis sa construction jusqu'à sa destruction. Le matériau de construction est déterminant car il recouvre la quasi-totalité de la construction et représente la barrière entre l'intérieur habitable et le milieu extérieur.

Classiquement, on utilise des matériaux à base de ciment or le procédé de fabrication classique du ciment consomme beaucoup d'énergie et produit des déchets toxiques. Cependant, il existe des alternatives telles que le bois ou la brique qui présentent elles aussi des qualités intéressantes.

En sciences des matériaux, il est possible de classer les matériaux de base en trois catégories:

- Les métaux ,
- Les polymères ;
- Les céramiques.

Mais dans la construction, il est devenu courant de distinguer les matériaux selon des domaines d'emploi et des caractéristiques principales: les matériaux de construction et les matériaux de protection. Les matériaux de construction sont les matériaux qui ont la propriété de résister contre des forces importantes:

- Pierres ;
- Terres cuites ;
- Bois ;
- Béton ;
- Métaux ;
- Le verre.

Les matériaux de protection sont les matériaux qui ont la propriété d'enrober et protéger les matériaux de construction principaux:

- Enduits ;
- Peintures ;
- Bitumes, etc.

I-2- Les type des matériaux de construction:

1. Ciments :

Le ciment est un liant hydraulique, une matière inorganique finement moulue qui, gâchée avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit en réaction au processus d'hydratation. Après durcissement, cette pâte conserve sa résistance et sa stabilité, même sous l'eau. Le ciment est un constituant de base du béton. Le ciment sert de base aux différents bétons.

Tableau 1: les différents types de ciment et leur caractéristique.

Les types de ciment	Les caractéristiques
Le ciment supersulfaté	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Le liant est fabriqué sans calcination. ✓ Consommant une fraction de l'énergie pour la fabrication d'un ciment classique.
La cendre volante	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ce produit provient des centrales thermiques au charbon. ✓ Le haut niveau de calcium dans la cendre volante causait des problèmes. ✓ Le traitement de ces problèmes, faisant de la cendre volante un prétendant sérieux à la fabrication des géopolymères.
Le ciment géopolymère	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Il résiste à des pressions plus élevées, au feu et aux acides. ✓ C'est une solution au traitement des déchets et substances toxiques.

Classifications normalisées des ciments :

- Le ciment portland ;
- Le ciment de haut fourneau ;
- Le ciment pouzzolanique ;
- Le ciment au laitier et aux cendres.

2. Le Béton :

Le béton est un matériau composite aggloméré constitué de granulats durs de diverses dimensions collés entre eux par un liant. Dans les bétons courants, les granulats sont des grains de pierre, sable, gravier, cailloux et le liant est un ciment, généralement un ciment portland. Les composants sont très différents: leurs masses volumiques vont, dans les bétons courants de 1 (eau) à 3 (ciment) t/m³. Si le type de liant utilisé n'est pas un ciment, on parle alors, selon le liant utilisé, de béton de résine, de béton d'hydrocarboné, de béton d'argile, etc.

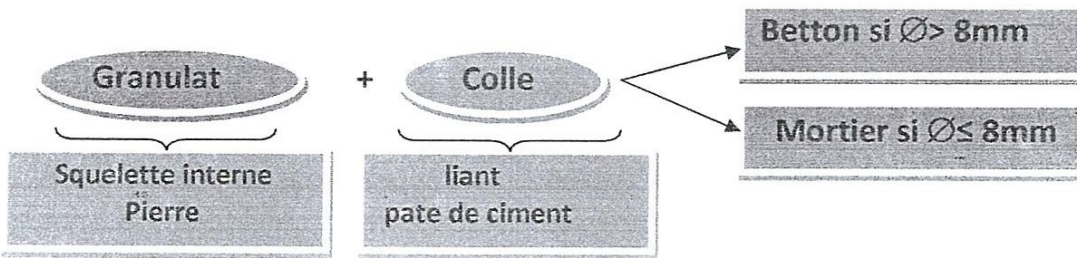


Figure 1: La différence entre le béton et le mortier.

Tableau 2: La composition des constituants de béton en poids et en volume.

Constituants	Eau	Air	Ciment	Granulats
Volume(%)	14-22	1-6	7-14	60-78
Poids(%)	5-9		9-18	63-85

Tableau 3: les différents types de béton et leur caractéristique.

Emploi		Densité	Granulats
Bétons classiques pour le chantier ou la préfabrication.		2.2 à 2.4	✓ Tous granulats roulés ou concassés avec préférence pour les siliceux, calcaires ou silico-calcaires.
Bétons apparents architectoniques.			✓ Tous granulats roulés ou concassés avec préférence pour les siliceux, calcaires ou silico-calcaires+porphyres, basaltes, granites, diorites.
Bétons légers.	De structure.	1.5 à 1.8	✓ Argile ou schiste expansé, laitier expansé.
	Semi isolants. Semi porteurs.	1 à 1.5	✓ Argile expansée, pouzzolane, ponce.
	Isolants.	0.3 à 0.8	✓ Vermiculite, liège, bois, polystère expansé, verre expansé.
Bétons lourds.		3 à 5	✓ Corindon, barytine, magnétite.
Bétons réfractaires.		2.2 à 2.5	✓ Corindon, déchets des produits réfractaires, briques silico-alumineux, laitières, granulats spéciaux.
Bétons ou chapes pour dallages industrielles.		2.4 à 3	✓ Corindon, carborundum, granulats métalliques.

3. Les briques de terre cuite:

Les briques de terre cuite sont obtenues à partir de mélange de terre et notamment d'argile. Ce mélange est ensuite moulé ou extrudé pour obtenir la forme et éventuellement les alvéoles du produit fini. Le produit est découpé à la hauteur et à la longueur voulue. Et pour finir il sèche dans des étuves. Ce procédé est donc tout à fait respectueux de l'environnement.

a. Avantage :

- bon isolant ;
- aucun impact sanitaire connu ;
- déchets de fabrication peuvent être valorisés ou recyclés dans le procédé ;
- structure porteuse.

Tableau 4: les différents types de brique et leur caractéristique

et domaine des utilisations.

Les types	Les caractéristiques	Utilisation
la brique alvéolaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Isolant thermique très efficace. ✓ Possède une inertie thermique. ✓ Solidité dans le temps. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ distingue pour ses performances accrues en matière d'isolation.
la brique pleine	<ul style="list-style-type: none"> ✓ présente une inertie thermique importante. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ utilisations plus spécifiques (hautes températures).
la brique réfractaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ résistant à des températures élevées (≥ 1000 °C). 	

4. Le bois :

Le matériau bois possède de nombreuses qualités qui peuvent être mises en valeur dans la construction de bâtiments: étable, hangar, grange et plus généralement pour tous les bâtiments de stockage ou bâtiments techniques dont la fonction principale est la protection contre les intempéries, le bois est le seul matériau de construction naturellement renouvelable. Son utilisation contribue directement à la réduction de l'effet de serre: utilisé dans la construction, il stocke du carbone et utilise peu d'énergie pour sa transformation.

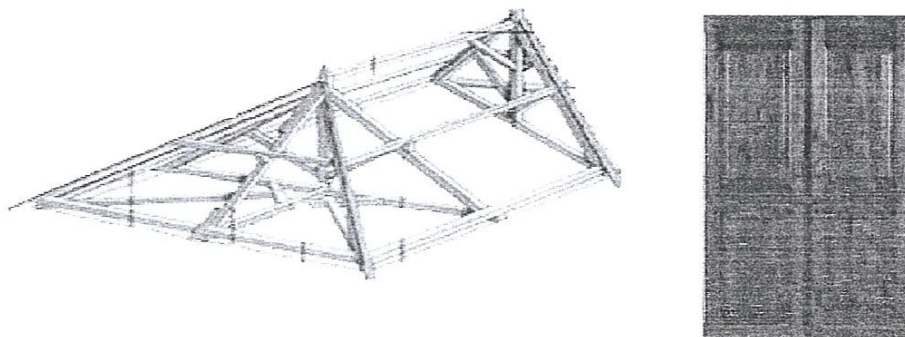


Figure 2: utilisation de bois

Tableau 5: les différents types de bois et leur caractéristique

Les types	Les caractéristiques
le bois massif abouté	<ul style="list-style-type: none"> ✓ sec à 15 % d'humidité. ✓ ossature bois, pannes en continu, charpente soignée.
le bois massif reconstitué	<ul style="list-style-type: none"> ✓ les sections importantes sans risque de déformation ou de fendage. ✓ charpente traditionnelle, structures de grande portée.
les poutres composites	<ul style="list-style-type: none"> ✓ solivage, pannes non déversées, chevrons, poteaux d'ossature ou élément de petits portiques.
le bois lamellé-collé	<ul style="list-style-type: none"> ✓ portiques, arcs, poutres et pannes de longues portées.
le lamibois ou LVL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ portiques, arcs, poutres et pannes de longues portées.

5. La pierre :

La pierre est un matériau de tradition qui est le plus en plus rare dans le gros œuvre, elle son exploitation (les carrières d'extraction et le bruit qu'elles génèrent) représente pour certains un inconvénient pour l'environnement, elle présente les avantage suivantes :

- Très bon résistant
- Très bonne capacité thermique garantie de confort



Figure 3: les pierres

Tableau 6: les différents types de bois et leur caractéristique

Les caractéristiques	Les détails
Renouvelable	✓ Disponible.
Fin de vie	✓ Recyclable.
Transformation	✓ Nulle.
Utilisations dans le gros œuvre	✓ murs, cloisons.
Mises en œuvre	✓ en moellon (avec de la maçonnerie) ou en pierre sèche.
Types de pierres utilisées	✓ granit, pierre calcaire, gneiss, schiste, lauze, meulière.
Energie grise	✓ extraction des carrières et transport (choisir local).
Coefficient de conductivité thermique (pouvoir isolant)	✓ 0,55 W/m. °C.
Capacité thermique (inertie)	✓ de 1120 kJ/m ³ . °C.

6. Le verre :

Plus sur Verre et matériaux de construction le verre utilise dans le bâtiment, pour faire des fenêtres qui son esthétique et pour faire aussi des halls de gare, On l'utilise aussi pour ses autres caractéristiques phoniques ou thermiques pour la fabrication de serre par exemple. Au sein des **matériaux de construction**, le **verre** est très employé en architecture ainsi que dans l'industrie automobile. On le retrouve notamment dans la laine de **verre**, isolant largement utilisé dans le bâtiment.

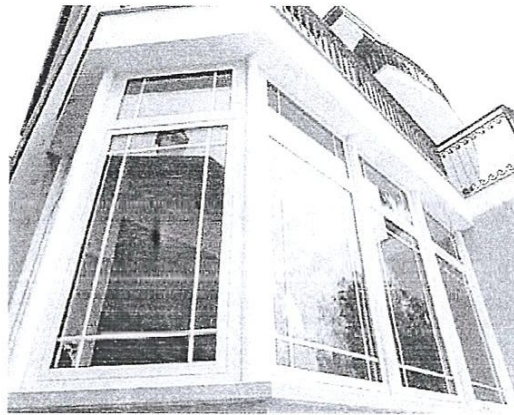


Figure 4: utilisation du verre dans la construction

7. Les métaux :

a. Acier :

Les aciers ont deux grands domaines d'utilisation dans le bâtiment et les travaux publics. Ils peuvent être utilisés seuls en tant que matériau : c'est la construction métallique. Ils peuvent être associés au béton : c'est le domaine du béton armé ou du béton précontraint.



Figure 5: utilisation d'acier dans la construction

b. Aluminium :

L'aluminium est utilisé pour beaucoup de types de matériaux de construction, les portes et fenêtres en aluminium sont très utilisées pour le recouvrement de murs et plafond qui se fixe sur le joint de construction de gypse pour donner une finition qu'il ne reste qu'à peindre et ainsi éviter l'application de plâtre ou l'installation de gorges.

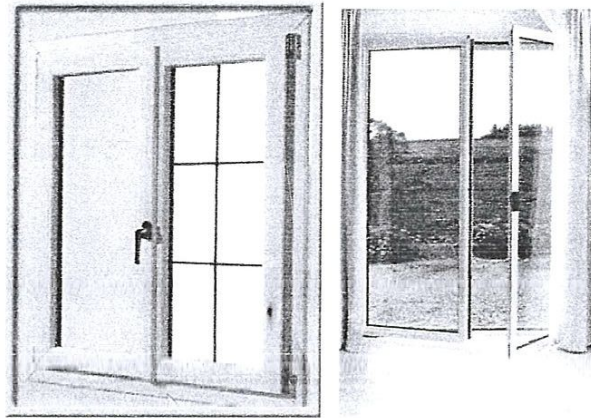


Figure 6: utilisation d' aluminium dans la construction

Les avantages l'emportent souvent sur petit inconvénient qui peut ne jamais arriver qu'ils sont :

- métal assez mou qui peut être bossé ou cassé s'il est frappé assez durement
- assez épaisse pour ne pas s'abîmer.

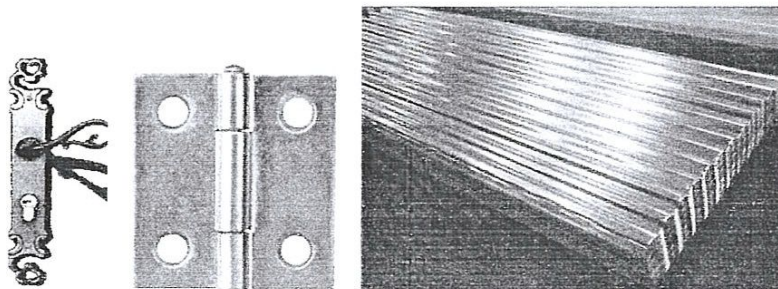
c. Le Zinc :

Figure 7: utilisation de zinc dans la construction

Le dépôt d'une mince couche de zinc en surface de l'acier le protège de la corrosion : la galvanisation consomme 47 % du zinc exploité dans le monde. L'acier galvanisé est utilisé dans l'automobile, la construction, l'électroménager, les équipements industriels, etc. comme élément d'alliages pour la fabrication des serrures.

d. Le cuivre :

Le cuivre est peut-être le plus écologique de tous les matériaux utilisés en architecture de nos jours. Il joue un rôle fondamental dans la construction d'édifices de style moderne. Les réseaux de distribution réalisés à l'aide de fils et de câbles, plomberie et l'équipement de surveillance dépendent de la fiabilité des fils de cuivre pour assurer le maximum d'efficacité.

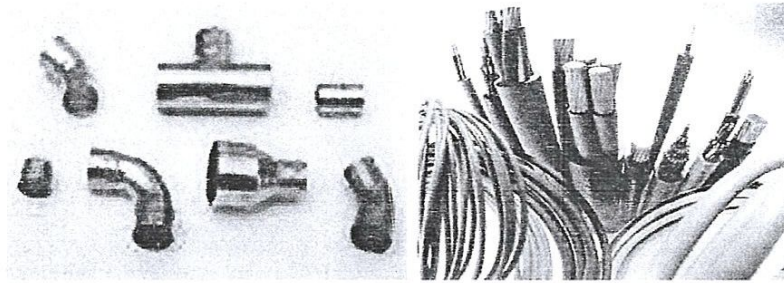


Figure 8: utilisation de zinc dans la construction

Chapitre II :

La fabrication des briques

II-1- Introduction :

Les briques sont les produits céramiques, dont les matières premières sont des argiles, avec ou sans additifs. La forme des briques est généralement parallélépipède rectangle. Elles sont couramment utilisées dans la construction des bâtiments, c'est un des plus anciens matériaux de construction.

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 (phyllosilicates) qui explique leur plasticité, ou bien une structure fibreuse (sépiolite et palygorskite) qui explique leurs qualités d'absorption.



Figure 9 : les argiles.

On les classe en trois grandes familles selon l'épaisseur des feuillets (0,7 ou 1 ou 1,4 μm), qui correspondent à un nombre de couches d'oxydes tétraédriques (Si) et octaédriques (Al^{3+} , Ni^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Na^+ , K^+ , ...). L'interstice entre feuillets peut contenir de l'eau ainsi que des ions. Il en résulte des variations de la distance entre feuillets, et donc des variations dimensionnelles macroscopiques de l'argile quand elle s'hydrate (dilatation) ou s'assèche (contraction pouvant provoquer des fissures).

La couleur rouge, orange, jaune, vert, bleu d'un sol (argileux ou non) est due à l'état du fer dans le sol (oxydé dans les 3 premiers cas et réduit dans les deux derniers).

II-2- Composition chimique des argiles :

Les matières premières utilisées dans la fabrication des briques se réarrangent en deux catégories essentielles :

- Les matières premières plastiques
- Les matières premières non plastiques.

1. Matières premières plastiques :

Les matières premières plastiques sont à la base de la fabrication des produits céramiques (ex : les briques, les tuiles), elles donnent à la pâte au cours du façonnage une certaine plasticité et une cohésion en crue.

Ces matières de base sont : les argiles et les kaolins, leurs origines découlent essentiellement des minéraux argileux aux quels sont associés des grains de quartz des carbonates des chlorures et des sulfates.

a. Analyse chimiques :

Les matières premières plastiques contiennent en générale les oxydes suivants SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO , SO_3 , Na_2O , K_2O .

o

b. Le rôle des oxydes :

Tableau 7 : les différents rôles des oxydes.

Les oxydes	Les rôles
La silice SiO_2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ C'est un élément dégraissant et réfractaire. ✓ Diminue le pouvoir liant et la résistance mécanique sur cru et sur cuit. ✓ Augmente la porosité.
L'alumine Al_2O_3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Donne une grande plasticité aux argiles. ✓ Donne une grande résistance aux produits finis.
La chaux CaO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Facilite le séchage. ✓ Diminue la dilatation à l'humidité. ✓ Provoque une fusion brutale et aussi une perte au feu (CO_2) considérable au delà de la température normale de l'argile considérée.
L'oxyde de fer Fe_2O_3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ C'est élément fondant lorsque sa teneur est élevée. ✓ Donne une couleur rouge au produit.
○ Magnésie MgO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A peu d'influence, quelque cas d'efflorescence possible avec des sels solubles (sulfates).
Soude (Na_2O), potasse (K_2O)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se sont des fondants. ✓ Diminuent la température de cuisson. ✓ Augmentent la résistance mécanique.

c. Les caractéristiques des minéraux constituant les argiles :

Tableau 8 : Les caractéristiques des minéraux.

Les minéraux	Les caractéristiques
<p>La kaolinite $Al_2(SiO_5)(HO)_4$</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Indispensable pour les argiles réfractaires. ✓ N'est pas sensible au séchage ni a la cuisson. ✓ Il n'absorbe pas beaucoup d'eau et il se gonfle très légèrement entre la température de 550°C/800°C. ✓ Elle perd l'eau qui s'accompagne par la transformation du réseau cristallin.
<p>La montmorillonite $Al_{1,6}[Na_{0,33}Mg_{0,33}]Si_2O_5(OH)_2$</p> <p>L'illite $Al_{(2-x)}Mg_xK_{(1-x-y)}[Si_{(1,5-y)}Al_{(0,5+y)}O_5]_2(OH)_2$</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elle absorbe une grande quantité d'eau. ✓ Il y a une grande quantité de la masse qui se perd due a grande quantité d'eau qui se dégage (a 150°C, 700°C). ✓ Due à la transformation de réseau cristallin a 830°C. ✓ Ils sont fusibles et sont utilisés comme fondant pour diminuer la température de fusion. ✓ Il y a départ d'eau de constitution (a 580°C). ✓ Il y a transformation des liaisons cristallines et formation de la phase liquide. ✓ Plus plastique et absorbe une quantité d'eau plus grande que la kaolinite. Lors du traitement thermique l'illite est peu sensible par rapport à la kaolinite.

2. Les matières premières non plastiques :

Les matières premières non plastiques appelées aussi les dégraissants ont pour but de modifier la plasticité, les propriétés physico-mécaniques ainsi que le comportement de l'argile au cours du traitement thermique. D'autre part les dégraissants peuvent être des sources des éléments indésirables (inconvenients) cela si on dépasse les limites tolérées.

a. Les matières premières dégraissantes :

Elles sont employées pour améliorer les propriétés naturelles des matières argileuses. Elles diminuent le retrait, favorisent le séchage et améliorent les propriétés de façonnage. Parmi ces ajouts (matériaux inertes) on distingue plusieurs types (sable, feldspath, chamotte, laitiers).

➤ Le sable :

Il est constitué généralement de silice sous forme de quartz, sa granulométrie est très importante. Pour les mélanges de tuile (70%), les grains de sable doivent avoir une taille comprise entre 0.2mm et 0.5mm, pour les briques rouges 70% de grains situés entre 0.3mm et 1mm.

➤ La chamotte :

C'est l'ajout le plus utilisé dans le domaine de la fabrication des produits de la terre cuite que celui-ci ne subit pas d'anomalies de dilatation au cours de la cuisson.

La chamotte est obtenue, en générale, à partir du rebut des produits en terre cuite, parmi les variétés connues on trouve :

- ✓ la chamotte granulée (haut qualité) dont l'absorption d'eau est de 0.4%.
- ✓ la chamotte obtenue à partir du kaolin.
- ✓ La chamotte déshydratée cuite à une température entre 700°C et 800°C appelée chamotte de basse qualité.

Cette matière présente l'avantage d'avoir une granulométrie maîtrisable et d'une bonne stabilité thermique (absence d'anomalies de dilatation).

➤ Les feldspaths :

Les trois utilisés dans les compositions céramique (seuls ou en association) sont :

- ✓ L'orthose (ou orthoclase): $6 \text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\text{K}_2\text{O}$.
- ✓ L'albite: $6 \text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\text{Na}_2\text{O}$.
- ✓ L'anorthite : $2\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\text{CaO}$.

Leur rôle est de diminuer la réflectivité de la composition céramique (porcelaine, céramique sanitaire, etc.) et en permettent le grésage à une température modérée. Les roches feldspathiques, souvent compactes exigent un broyage avant emploi.

➤ **Les laitiers de hauts fourneaux :**

Cette gamme minérale, sont des produits dans la fabrication de la fonte. Les laitiers sont des silicates d'alumine calciques refroidis. ils peuvent être broyés comme les chamottes et utilisés avec les mêmes proportions.

b. Rôle des matières non plastiques :

Les matières premières dégraissantes ont pour rôle de diminuer la plasticité des argiles et par conséquent freiner le retrait et d'augmenter la porosité de la pâte. la porosité obtenue a pour but de faciliter l'évacuation de l'eau à travers un réseau de canaux capillaires lors du séchage et la cuisson.

L'ajoute des substances dégraissantes aux matières plastiques modifie leurs comportements au séchage et à la cuisson en influant en particulier sur le retrait et sur l'humidité initiale au façonnage.

L'utilisation du dégraissant nous amène à la diminution de la teneur en eau d'où un retrait finale plus faible du mélange que celui de l'argile seule.

➤ **Influence de l'ajout des dégraissants sur le séchage :**

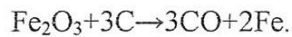
Des essais, effectués avec des échantillons d'argile seule, d'autre avec des dégraissants, ces échantillons ont été séchés dans les mêmes conditions, montrent que le départ de l'eau des échantillons formés du mélange plus dégraissant, s'effectue plus facilement ce qui est pratiquement positif de faire accélérer le processus de séchage d'une argile dégraissée.

➤ **influence de l'ajout des dégraissants lors de la cuisson :**

Le phénomène de gonflement qui est observé industriellement se produit suivant le processus ci dessous :

Les matières organiques contenue dans l'argile se cuisent dès le préchauffage (400°C) et laissent dans les échantillons un dépôt de carbone.

A une température de 900°C ; il se produit une réduction de l'oxyde de fer, contenu dans l'argile, par le carbone selon la réaction :



Cette réaction dégage donc du CO mais comme le tesson est peu poreux, le gaz ne peut pas se dégager, la matière présente alors une certaine plasticité à chaud d'où la présence d'un gonflement qui peut être évité par l'ajout de dégraissant.

➤ **influence de la granulométrie du dégraissant :**

Pour une argile donnée et un taux de dégraissant fixé, la finesse de ce dernier influence notablement sur le retrait du séchage.

➤ **influence de la morphologie (nature) du dégraissant :**

La nature du dégraissant peut modifier la courbe de retrait de l'argile considérée, se sont les conditions de granularité (forme des particules) et de texture.

Ce phénomène est beaucoup plus marqué en utilisant comme dégraissant une chamotte poreuse. En effet la porosité crée un appel d'eau bien plus important que celui obtenu avec des grains compacts de quartz, le retrait donc diminue de façon considérable. Du point de vue économique les dégraissants diminuent le temps de séchage cela est dû à la conduite de la pâte au cours de la préparation qui ne demande pas d'eau par rapport à une pâte sans dégraissants et donc cela conduit à une économie de chaleur (énergie) et pour remédier aux défauts qui peuvent apparaître lors de la cuisson tels que les fissures et le gonflement.

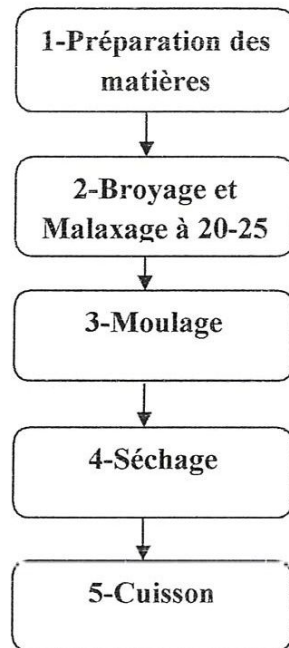
II-3- Procédé et Principe de fabrication des briques :

Figure 10 : les étapes de fabrication des briques

Les briques sont obtenues par cuisson de certaines argiles à une température d'environ 1000 C°. Par combinaison chimique à partir de 700 C°, l'argile en perdant son eau, se transforme en terre cuite. L'oxyde de fer des argiles donne la coloration aux briques.

En général la fabrication des briques se compose des cinq opérations principales comme Indiquées sur le schéma ci-dessus :

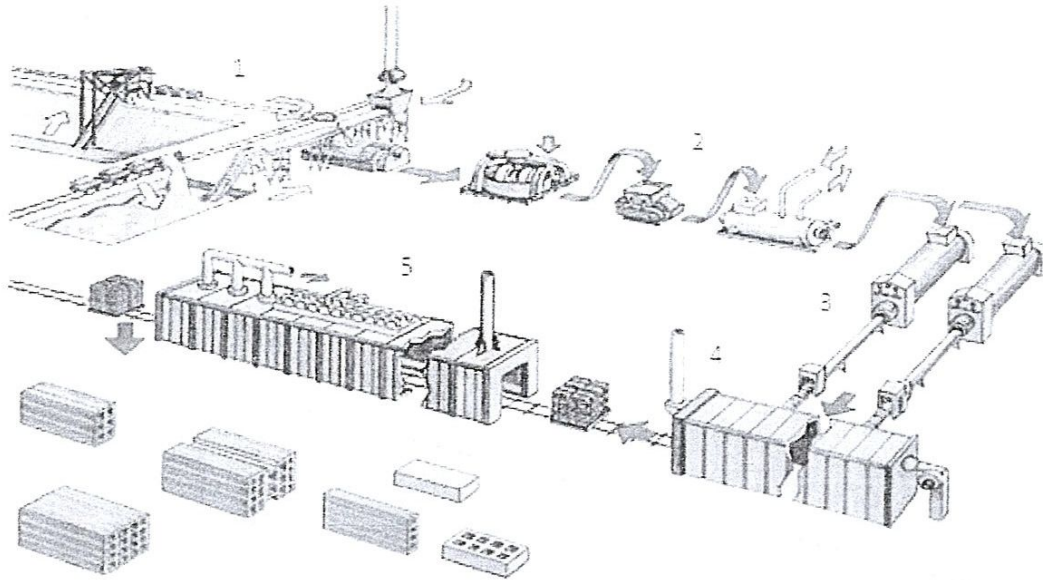


Figure 11: Schéma de la fabrication des Briques.

Il s'agit d'une briqueterie EL RYAD où la matière première s'appelle l'argile.

Pour avoir une pièce de brique finie il faut suivre les étapes suivantes:

On commence par le gisement (le champ de terre) où l'argile sera transportée par des camions jusqu'au hangar de stockage.

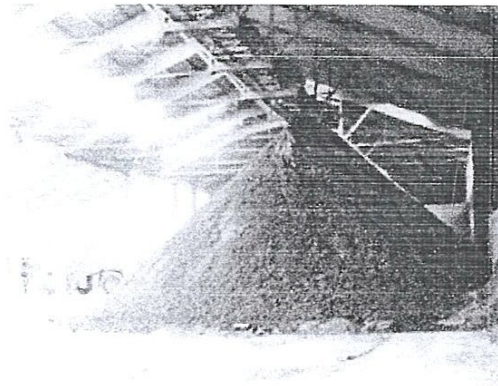


Figure 12 : stockage des argiles.

1. Préparation de la matière première :

passé par une machine qui s'appelle BRISE MOTTE ; à l'aide d'un engin(c'est le chargeur) et stocké dans des silos 1 et 2, en suite c'est la phase de broyage ou l'argile sera broyé par un broyeur a marteau a fin d'avoir un argile finie (poudre). toute cette opération se déroule par des tapis de transmission. après et a l'aide toujours des tapis cette matière finie arrive au mélangeur pour la mélanger avec un peu d'eau , a l'aide d'un autre tapis , l'argile mouillée passe au silo 3 du tapis du silo 3, l'argile passe directement par deux gros cylindres qui s'appelles LAMINOIRE a froid pour contrôler finition d'argile.

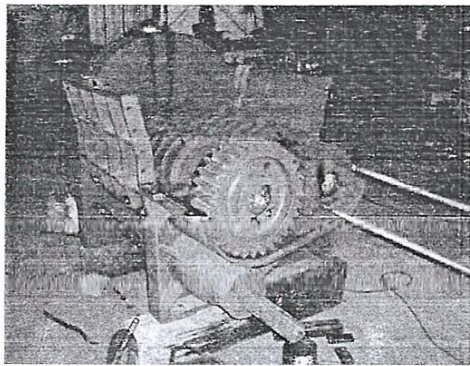


Figure 13 : Brise-mottes (concasseurs).

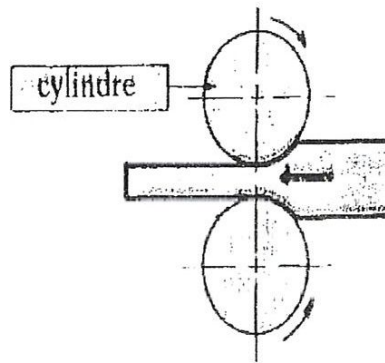


Figure 14 : schéma de fonctionnement de laminoir à deux cylindres.

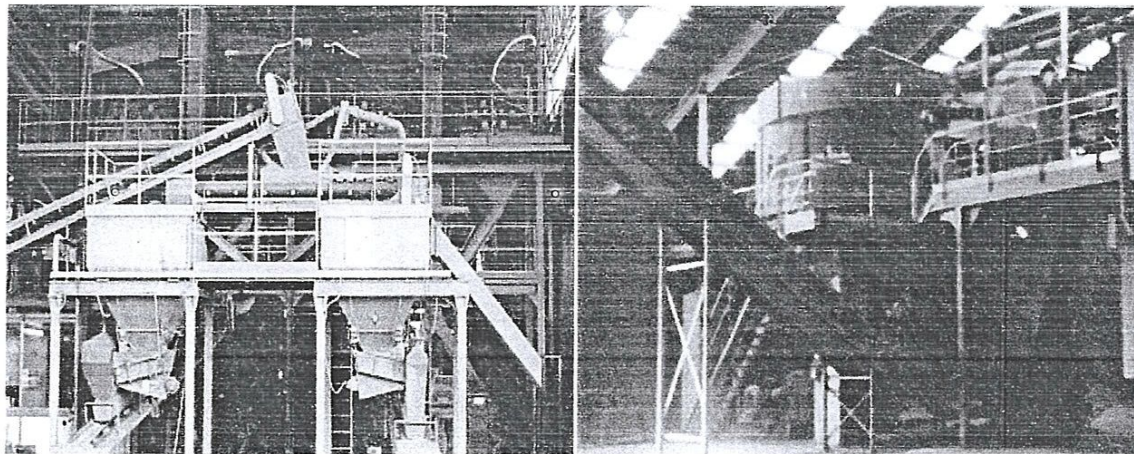


Figure 15 : photos des Silos 1 et 2(A) et des Broyeur et malaxeur (B).

Zone de moulage : c'est la zone essentielle pour le contrôle physique et mécanique de la brique. Cette machine qui s'appelle MOULEUSE se compose d'un bloc mécanique qui est menu d'un axe principal. qui fait tourner des hélices a l'aide d'un moteur de grande puissance, et a sa tête se trouve la filière(moule)et aussi une chambre a vide.

L'opération de moulage se fait dans une cuvette par les hélices qui font mélanger l'argile avec de l'eau chaude qui devient une pâte qui sera poussée avec une pression bien déterminée et dégage des bulles d'air, ce phénomène est très important pour les conditions physique et mécanique, parce que ici ou la pièce du brique prend la forme réelle soit :

- ✓ La brique de 8 trous qui a les dimensions (longueur 32cm, largeur 11cm, hauteur 21cm)
- ✓ Pour la brique à 12 trous de dimensions (longueur 32cm, largeur 16cm, hauteur 21cm)

Cela avant séchage et cuisson, permet les pièces de la mouleuse on a :

Les déchiqueteurs: le rôle du déchiqueteur c'est de couper la pâte pour la rendre homogène.

Les hélices : on a une forme hélicoïdale qui sert à mélanger la pâte avec une grande pression peut atteindre jusqu'à 24 bar

À la sortie du moule on obtient un boudin de trois pièces (pour la brique 8 trous) passe par un coupeur qui nous donne les mesures réelles du brique et transmise et chargée dans des chariots par une machine qui s'appelle chargeur de chariot.

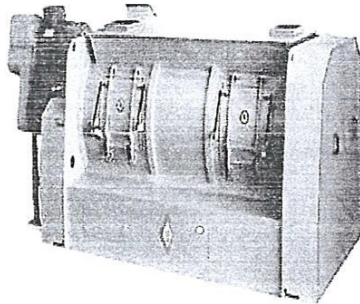


Figure 17 : Mélangeur.

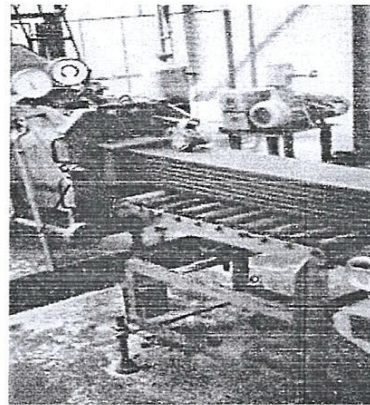


Figure 18 : Mouleuse.

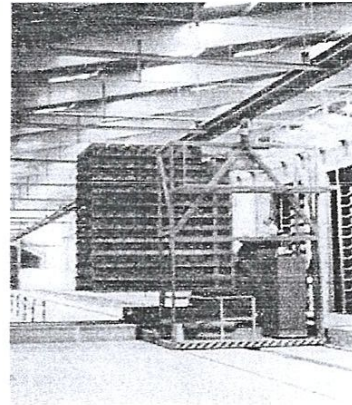


Figure 19 : Un transbordeur chargé se dirigeant vers les séchoirs (chariot).

2. Le séchage :

cette zone qui s'appelle le séchoir est très sensible pour la pièce de brique parce que c'est là où se fait le contrôle de la température et de l'humidité, le séchoir de brique comprend trois Canales chaque canal à deux voies et chaque voie à 32 chariots, le séchage de la brique se fait de manière rapide, sous une ventilation d'extraction et impulsion avec des circulateurs d'air à l'intérieur du séchoir, et ce phénomène de séchage se base sur la variation réciproque humidité et température à la sortie du séchoir la brique perd un pourcentage d'eau qui donne un peu de retrait sur la forme de brique, si la pièce de brique n'est pas bien préparée par ces conditions physiques et mécaniques la brique sera fissurée et perd sa qualité, les chariots sortants du séchoir arrivent à l'empileuse où la brique sera déchargée dans des wagons spéciaux qui sont construits par des briques réfractaires pour entrer au four.

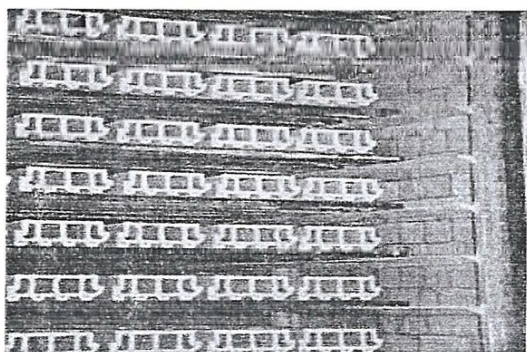


Figure 20 : Une chambre de séchage (la porte ouverte)

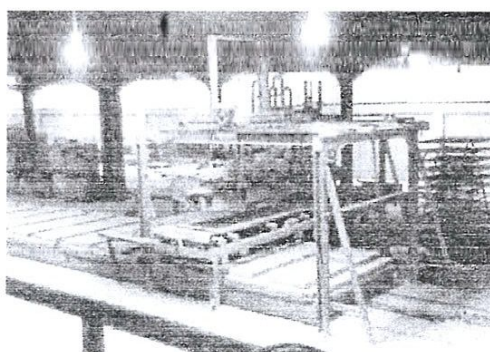


Figure 21 : Un transbordeur chargé se dirige vers le four (wagon).

3. La cuisson :

Après le séchage, la cuisson est la dernière étape à laquelle les produits séchés sont soumis à des transformations sous haute température, la cuisson des briques à base de terre cuite s'effectue dans un four tunnel qui travaille en continu de (100m de long) à température de (890 à 1000°C) pendant 24 heures/jour.

Le four est constitué d'un ventilateur de tirage qui fait dégager l'air et un ventilateur d'air qui permet la circulation d'air dans la zone de préchauffage, à la sortie de four (la zone de refroidissement) il y a un ventilateur d'impulsion (contra-vent) au milieu (la zone de cuisson) il y a un ventilateur d'air et des brûleurs latéraux qui se font un rôle secondaire et des 7 groupes des brûleurs horizontaux et chaque groupe contient 8 brûleurs.

En générale la cuisson s'effectue en trois étapes :

- Préchauffage
- Cuisson
- Refroidissement

Pour la zone de préchauffage, la brique commence à s'échauffer a des température qui augmente a un rythme constant 110,350, 400...

Durant cette opération les wagons avancent a la sortie avec un temps constant (cadence de poussée).

Dans la zone de cuisson c'est là ou la brique sera complètement cuite dans une température qui atteint la valeur de 900°C.

Après la zone de cuisson on doit refroidie la brique, et c'est la zone de refroidissement qui à des températures mois élevée.

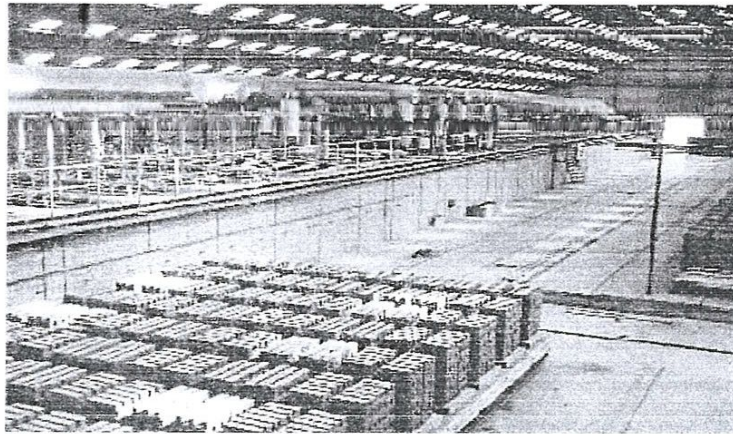


Figure 22 : four tunnel.

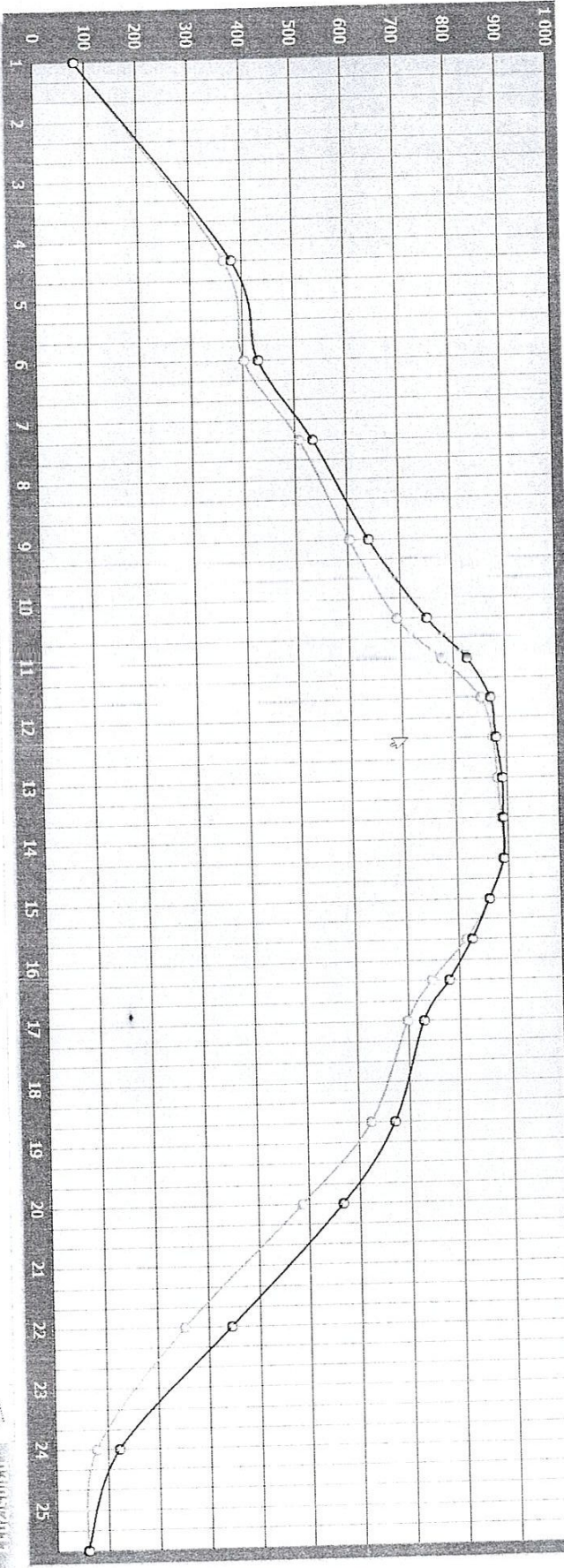
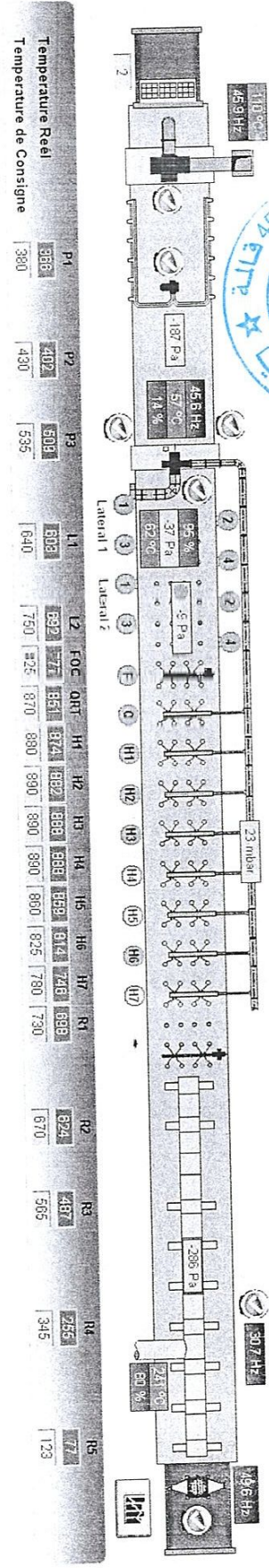
Le refroidissement des brique ce fait d'une façon rapide par un ventilateur à la sortie du four la brique sortant du four sera dépilée par la dipeleur et changer dans des camions.

3.1. Phénomènes physiques et chimique intervenants au cours de la cuisson :

a. Phénomènes physiques (Dilatation thermique):

Avec l'élévation de la température le volume augmente si au contraire d'autres argiles perdent de l'eau où les marnes du gaz carbonique, cette perte est caractérisée par diminution du volume qui se traduit par un retrait qui est le retrait de cuisson.

Beralmar



Wagons
 Synoptique
 Reglages
 Courbes
 Alarmes
 Calculer de Poussée: 57.5
 13 : 20 Sec
 12 : 58 Sec
 Wagon/Jour: 36.0
 +0-45 WAGONS.DAT (08TROU)
 11:02:52

✓ Transformation du quartz :

A la température 573°C une variation brusque du volume est à signaler suite aux transformations allotropiques du quartz de α en β . Cette réaction est réversible au refroidissement.

✓ Graissage :

Suite à la fusion de certains éléments contenus dans le mélange, il se produit une vitrification du produit fini au refroidissement qui s'accompagne par un retrait.

b. Phénomènes chimiques :

- Départ de l'eau zéolitique à 150°C
- Décompositions des matières organiques 450°C à 600°C
- Départ de l'eau de constitution : 600°C à 700°C
- Décompositions des carbonates : 800°C à 900°C
- Décompositions des sulfates : 1000°C

3.2 Défauts De Cuisson :**✓ Les fentes :**

On distingue deux types de fentes : fentes dues au préchauffage, elles sont caractérisées par une ligne droite au bord plus au moins décliné et les fentes de refroidissement, qui sont dues à l'effet quartz au cours du refroidissement brusque.

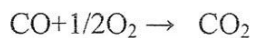
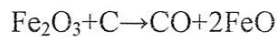
✓ Boursoufflement (gonflement):

Cet inconvénient se présente surtout dans le cas où l'argile à une texture fine, ce qui entraîne une mauvaise évacuation des gaz de l'intérieur de la pâte.

✓ Cœur Noir :

Le phénomène de cœur noir correspond au développement d'une teinte noir au cœur du produit. Ces cœurs noirs ne nuisent pas absolument la qualité du produit, ils prennent naissance à la suite d'une insuffisance de pénétration d'oxygène dans le cœur du produit, généralement ce cas se présente dans les argiles à texture fine.

Cette coloration noire provient de la réduction de la coloration rouge due au Fe_2O_3 en noir qui est FeO par le carbone non oxyde ; et cela suivant la réaction :



✓ **Eclatements :**

Il provient d'une évaporation trop rapide de l'eau résiduelle, zéolithique et de constitution au cours de la cuisson.

II-4- Les types des briques :

1. Brique ordinaire:

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 %)
- 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: ± 6 mm sur la longueur; ± 4 mm sur la largeur et ± 3 mm sur l'épaisseur. On distingue la masse volumique des briques courantes en deux groupes (Tableau 9)

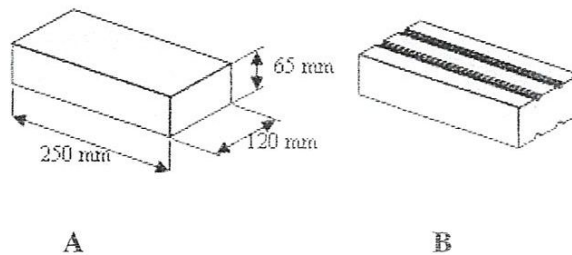


Figure 23: Briques pleines

Tableau 9 : Classes et la masse volumique des briques courantes.

Classe	A	B
Masse volumique (Kg/m ³)	700-1000	1000-1300

La capacité d'absorption d'eau d'une brique ne doit pas être inférieure à 8 %.

Tableau 10 : Dimensions et résistances des briques

	Dimensions courantes (mm)			Résistances moyennes		
	Epaisseur	Largeur	Longueur	Catégorie	Résistance	
					MPa	Bar
Briques pleines ou perforées	40	105	220	-	-	-
	55	105	220	I	20	200
	60	105	220	II	30	300
	55	105	330	III	40	400
Tolérances sur briques calibrées :				1MPa =10Bars		
➤ 3% sur longueur et largeur				1Bar =10Newton/cm ²		
➤ 3 mm sur hauteur						

2. Brique poreuses:

Les briques poreuses peuvent être fabriquées par la technologie traditionnelle en utilisant les argiles ordinaires, auxquelles on ajoute des additions fusibles (sciure de bois, tourbe pulvérisée, charbon pulvérisé).

L'emploi des briques poreuses permet de réduire les dépenses de transport et donc le prix des murs. Cependant la résistance d'une brique poreuse étant faible, ce type de briques ne peut pas être utilisé pour construire des murs supportant de fortes charges. Elles seront plutôt employées pour le remplissage des bâtiments à ossature métallique ou béton armé.

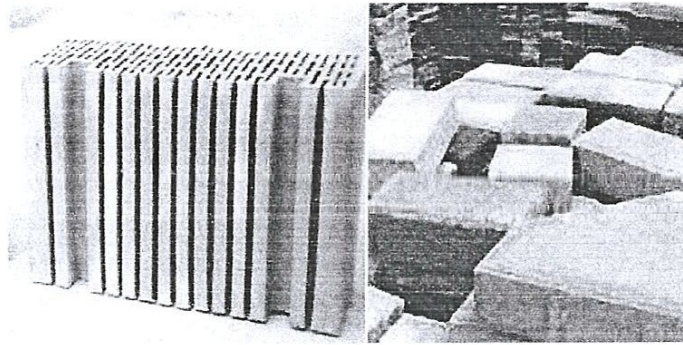


Figure 24 : Les briques poreuses

3. Briques d'argiles creuses à perforations:

Les briques creuses qui comportent au moins quatre conduits non débouchant sont fabriqués par voie demi-sèche. Ces briques doivent avoir les dimensions suivantes: 250 x 120 x 88 ou bien 65. On fabrique les briques à 8 et 18 conduits dont les diamètres sont de 35-45 mm et de 17-18 mm.

Les trous de la perforation sont faits soit verticalement dans la proportion de 60 % de la section totale, soit horizontalement avec alvéoles parallèles au lit de pose dans la proportion de 40 % de la section totale. On classe les briques creuses en quatre marques: 150, 125, 100 et 75.

La capacité d'absorption d'eau d'une brique creuse à la même valeur que pour la brique ordinaire donc $> 8 \%$.

La résistance à la flexion est de 20, 18, 16 et 14 kg/cm^2 . Toutes les autres prescriptions techniques imposées aux briques creuses sont les mêmes que pour les briques ordinaires.

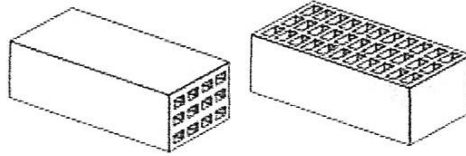


Figure 25 : briques perforée

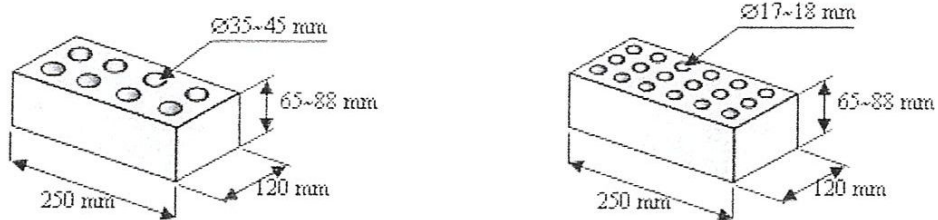


Figure 26 : Briques creuses comprimées par voie demi-humide à 8 et 18 trous.

Caractéristiques et utilisations des briques pleines ou perforées:

Elles servent à réaliser:

- des parements extérieurs ou intérieurs décoratifs (appareillages en briques),
- des murs simples ou doubles enduits ou non.

Les briques sont obtenues soit:

- par filage (passage de l'argile dans la filière),
- par pressage (compression de la pâte dans un moule)

Qualités requises:

- Résistance au gel (à 25 cycles de gel et dégel) ;
- Peu de dilatation à l'humidité (gonflement) ;
- Pas d'éclatements dus à l'expansion de grains de chaux ;
- Peu d'efflorescences (sels) pouvant former des taches ;
- Aspect suivant la destination du produit ;
- Régularisation des coloris et des dimensions.

Chapitre III :

Partie expérimentale

Partie expérimentale**III-1- Introduction :** → *provenance de l'échantillon ?*

Pour voir l'influence de l'ajout des dégraissants sur les propriétés des briques rouge, différentes techniques expérimentales (analyses chimiques, tests physiques et des essais mécaniques) ont été utilisées.

III-2- Composition chimique de l'argile :

Le but des analyses chimiques est la détermination de la composition chimique des oxydes (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O ) dans l'argile

1. Détermination de la silice (SiO_2) :

Le principe pour la détermination de la silice qui résiste à l'acide chlorhydrique ; est de solubiliser tous les autres composants, après calcination on obtient la silice seul dans le creuset selon le mode opératoire suivant :

a. Réactif nécessaires :

- ✓ Alcool éthylique : $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$;
- ✓ HCl 37%, $d=1,19$;
- ✓ Gélatine 1% (1g / 100ml d'eau distillée chaude) ;
- ✓ H_2O distillée chaude ;
- ✓ La potasse (KOH).

b. Mode opératoire :

- ✓ Peser 1g d'échantillon broyé ;
- ✓ Sécher à l'étuve dans un creuset en Nickel ;
- ✓ Verser quelques gouttes d'éthanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$;
- ✓ Ajouter 5à6 gr de KOH en grains solide ;
- ✓ Chauffer le creuset en Nickel dans un four à moufle à basse température (95°C) pendant 30 minutes ;
- ✓ Augmenter graduellement la température jusqu' à 600°C ;
- ✓ Maintenir cette température pendant 10minute ;
- ✓ Refroidir le creuset contenant l'échantillon dans un bécher de 250ml ;

- ✓ Ajouter H₂O chaude pour faire fondre l'échantillon ;
- ✓ Laver le creuset à l'aide d'un bâton en caoutchouc ;
- ✓ Ajouter 25ml HCl concentré ;
- ✓ Faire évaporer la solution sur un bain mairé à 100C° puis refroidir ;
- ✓ Ajouter 25ml HCl concentré ;
- ✓ Chauffer à une température (70-80C°) ;
- ✓ Ajouter 10ml de gélatine 1% ;
- ✓ Stabiliser la température au moyen du thermostat entre (70-80°C) durant 1 minute ;
- ✓ Ajouter 50ml de H₂O chaude ;
- ✓ Filtrer à l'aide du papier filtre courant ;
- ✓ Le filtrat est mis dans les fioles de 250ml ;
- ✓ Laver le précipité et le bécher (15-16) fois avec une solution d'HCl 2% chaude ;
- ✓ Le résidu calciné est déposé dans le creuset en porcelaine taré et calciné à 950C° pendant 30 minutes ;
- ✓ Refroidir au moyen du dessiccateur.

Le pourcentage de la silice est donné par la formule :

$$\text{SiO}_2\% = \frac{A - B}{G} \times 100$$

A: poids du creuset contenant le précipité ;

B : poids du creuset vide en porcelaine ;

G : prise d'essai.

$$\text{SiO}_2\% = \frac{26.45 - 25.93}{1} \times 100 = 52\%$$

→ Non

2. Détermination de l'Al₂O₃ :

Pour la détermination des autres oxydes on utilise le filtrat de la manipulation précédente (détermination de SiO₂) qui contient ces oxydes solubilisés.

a. Réactifs nécessaires :

- ✓ Phénolphtaléine ;
- ✓ NaOH (25%) ;
- ✓ Tartrate de sodium et potassium ($C_4H_4O_6KNa$, 25%) ;
- ✓ HCl (10%) ;
- ✓ NaOH (0,4%) ;
- ✓ Solution standard d'HCl (0,3%) ;
- ✓ KF (25%).

b. Mode opératoire :

- ✓ Prendre 25ml de solution à analyser dans un bêcher 250ml ;
- ✓ Ajouter 2 gouttes de phénolphtaléine ;
- ✓ Ajouter une solution de NaOH (25%) goutte à goutte jusqu'à virage rouge ;
- ✓ Ajouter 25ml de $C_4H_5O_6 KNa$ (25%) ensuite, goutte à goutte du NaOH à (25%) jusqu'au virage rouge foncé ;
- ✓ Laisser reposer quelques minutes ;
- ✓ Ajouter HCl (10%) goutte à goutte jusqu'à la disparition de la coloration rouge puis gouttes à gouttes du NaOH (0,4%) jusqu'à virage rouge pâle ;
- ✓ Laver les parois du bêcher plusieurs fois avec l'eau distillée et ajouter goutte à goutte HCl (0,3%) jusqu'à disparition de la couleur rouge ;
- ✓ Ajouter 1ml de KF (25%) et 3 à 4 gouttes de phénolphtaléine, titrer avec la solution standard de HCl jusqu'à la disparition du rouge ;
- ✓ Ajouter 1ml de KF (25%) ;
- ✓ Si le rouge réapparaît, continuer le titrage jusqu'à décoloration ;
- ✓ Si non le titrage est terminé ;
- ✓ On note le volume (V_{HCl}) de HCl dépensé par le titrage.

Le pourcentage de l'alumine est donné par la formule :

$$Al_2O_3 \% = \frac{T_{Al_2O_3/HCl} \times V_{HCl} \times A}{G} \times 100$$

V_{HCl} : volume de HCl consommé par le titrage ;

A : Le rapport en volume de distillat total au volume prélevé $250/25=10$;

G : Price d'essai (1g).

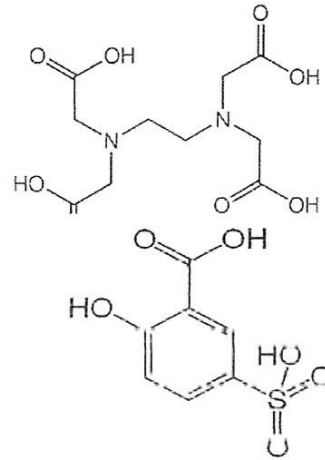
$$\text{Al}_2\text{O}_3\% = \frac{0.5652 \times 22 \times 10^{-3} \times 10}{1} \times 100 = 12.22\%$$

3. détermination du fer (Fe_2O_3) :

Pour la détermination des autres oxydes on utilise le filtrat de la manipulation précédente (détermination de SiO_2) qui contient ces oxydes solubilisés.

a. Réactifs nécessaires :

- ✓ NH_4OH (50%) ;
- ✓ HCl (1M) ;
- ✓ Acide sulfosalicylique (10%) ;
- ✓ EDTA (0,01M) dont le titre $T_{\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{EDTA}}$ est connue.



Acide sulfosalicylique

b. Mode opératoire :

- ✓ Prendre 25ml de solution à analyser dans un bêcher ;
250ml coiffé d'un verre de montre ;
- ✓ Ajouter 50-100 ml H_2O distillée ;
- ✓ Chauffer à une température de $70-80^\circ\text{C}$;
- ✓ Ajouter g à g NH_4OH (50%) pour obtenir un $\text{pH} = 7-8$ jusqu'à ce que la solution présente des troubles cotonneux ;
- ✓ Ajouter 4 ml de HCl (1M) et 2 ml d'acide sulfosalicylique $\text{C}_6\text{H}_3(\text{COOH})\text{SO}_3\text{H}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (10%) ;
- ✓ titrer avec la solution de L' EDTA à 0,01 M jusqu' à la disparition de la couleur violette.
- ✓ Le pourcentage de Fe_2O_3 est donné par la formule :

$$\text{Fe}_2\text{O}_3\% = \frac{T_{\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{EDTA}} \times V_{\text{EDTA}} \times A}{G} \times 100$$

$T_{\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{EDTA}}$ =Titre de Fe_2O_3 par rapport à EDTA ;

V_{EDTA} : volume EDTA consommé aux cours du titrage ;

A : Le rapport en volume de distillat total au volume prélevé $250/25=10$;

G : prise d'essai 1g.

$$\text{Fe}_2\text{O}_3\% = \frac{0.5482 \times 10,8 \times 10^{-3} \times 10}{1} \times 100 = 5.92\%$$

Les résultats d'analyses chimiques sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 11: la composition et le titre massique.

Composition	% massique
SiO ₂	52
Al ₂ O ₃	12,22
F ₂ O ₃	5,92
Perte au feu PF	17,82

D'après ces résultats, on remarque un taux de silice qui n'est pas élevée (52%), un taux moyen de 12% en alumine avec la présence d'oxyde de fer. La perte au feu est considérable, ceci peut être due à la forte humidité de l'argile (période humide) et à la présence de matières organiques dans l'argile.

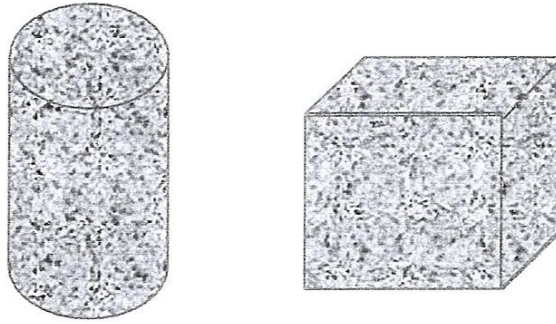
III-3- Propriétés physiques et mécaniques :

L'objectif des analyses physiques est la détermination des caractéristiques physique des produits après traitement thermique : la porosité, la densité apparente, le retrait après séchage et après cuisson, les testes mécaniques à la réflexion et à la compression.

1.3.1 Les propriétés physiques :

1. La masse volumique apparente :

C'est la masse d'un corps par unité de volume apparent en état naturel, après passage à l'étuve à 180 °C, notée γ_0 et exprimée en (gr/cm³ ; kg/m³ ; T/m³). Pour déterminer la masse volumique apparente des matériaux solides, on peut utiliser des échantillons de forme géométrique (cubique, cylindrique, ..).



$$\gamma_{cp} = \frac{M_S}{V_{ap}} \quad \gamma_{cp}: \text{la masse volumique apparente} \left(\frac{Kg}{m^3} \right)$$

M_S : la masse d'un corps sèche V_{ap} : Volume apparent

La détermination de la masse volumique apparente des matériaux qui n'ont pas de forme géométrique régulière peut se faire de façon indirecte. Dans ce cas, les échantillons étudiés doivent être enrobés de paraffine afin d'être protégés de la pénétration de l'eau, ensuite on va les peser dans l'eau. On peut aussi déterminer la masse de l'échantillon m_S séché à 180°C, le matériau immerger dans l'eau jusqu'à saturation des pores m_H , puis une deuxième immersion dans un nouveau récipient nous permet de déterminer la variation du volume totale de l'eau contenue dans ce récipient et représente le volume total V_{ap} du matériau étudié.

Pour déterminer la masse volumique des matériaux de ce type on a:

$$\gamma_0 = \frac{M_S}{\frac{(M_{S+P} + M_{(S+P)L})}{1} - \frac{g_p}{\gamma_p}}$$

$\frac{(M_{S+P} + M_{(S+P)L})}{1}$: volume apparent d'échantillon ;

$M_{S+P} + M_{(S+P)L}$: poussée d'Archimède ;

$\frac{g_p}{\gamma_p}$: Volume de paraffine ;

M_S : Masse sèche d'échantillon (g) ;

M_{S+P} : Masse sèche d'échantillon après avoir enrobé une paraffine (g) ;

$M_{(S+P)L}$: Masse sèche d'échantillon après avoir enrobé de paraffine et pesé dans l'eau (g) ;

g_p : Masse de la paraffine ayant enrobé de l'échantillon ;

γ_p : masse volumique absolue de paraffine .

Pour la deuxième méthode :

$$\gamma_0 = \frac{M_S}{V_{ap}} \quad d = \frac{\gamma_0}{\gamma_{Eau}}$$

2. La porosité :

La porosité est le rapport du volume vide au volume total, ou le volume de vide par unité de volume apparent.

$$\text{Porosité}(p) = \frac{\text{Volume du vide}}{\text{Volume total}} \times 100\% = \frac{m_H - m_S}{V_{Ap}} \times 100\% \quad \text{Résultat}$$

3. Le retrait :

C'est une diminution linéaire du volume des pièces au cours du séchage et à la cuisson.

a. **Retrait au séchage** : avec une pâte normale, on prépare des moules parallélépipédiques, on trace deux repères éloignés d'une distance L_0 , ensuite les met à une température de 40°C pendant 48 h, après refroidissement, on mesure la nouvelle distance entre les deux repères L_1 . Le retrait au séchage est calculé par la relation :

$$R_S(\%) = \frac{L_0 - L_1}{L_1} \times 100\%$$

b. **Retrait à la cuisson** : les échantillons précédents préalablement séchés, sont traités thermiquement dans un four jusqu'à 1000°C pendant 12h, après refroidissement, on mesure la nouvelle distance entre les deux repères L_2 .

Le retrait à la cuisson est calculé par la relation :

$$R_S(\%) = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100\%$$

c. **Retrait total** : le retrait total est calculé par la relation :

$$R_S(\%) = \frac{L_0 - L_2}{L_0} \times 100\% \quad \text{Résultat}$$

III-3- 2- Les propriétés mécaniques :**1. La résistance en compression :****a. Objectif de l'essai :**

L'essai a pour but de connaître la résistance à la compression, qui peut être mesurée en laboratoire sur des éprouvettes.

b. Principe de l'essai :

Les éprouvettes étudiées sont soumises à une charge croissante jusqu'à la rupture. La résistance à la compression est le rapport entre la charge de rupture (de la charge maximale (P) supportée par l'éprouvette) et la section transversale S_0 de l'éprouvette.

c. Equipement nécessaire :

- ✓ Une machine d'essai qui est une presse de force et de dimension appropriées à l'éprouvette à tester et répondant aux prescriptions aux normes ;
- ✓ Des éprouvettes ayant des surfaces régulières.

La résistance en compression, se mesure par compression axiale des matériaux de forme cylindrique ou cubique.

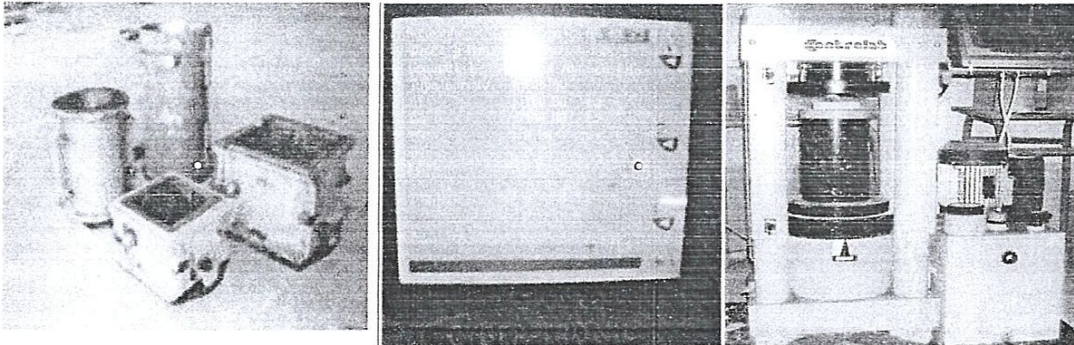


Figure 27: Les moules cylindriques, cubiques et les éprouvettes pour mesurer la résistance en compression.

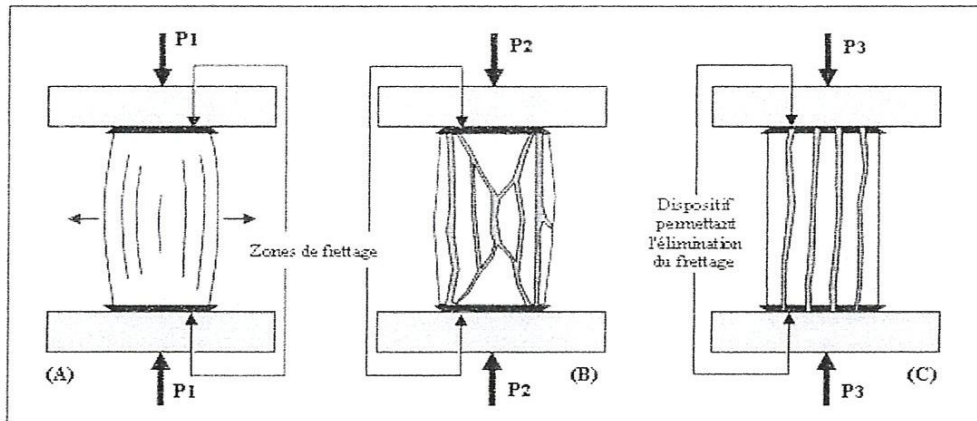


Figure 28: Mode de rupture des éprouvettes cylindriques en compression.

La résistance à la compression est calculée par la formule :

$$R_c (\text{Kgf/cm}^2) = \frac{P (\text{KN})}{S_0 (\text{cm}^2)}$$

R_c : La résistance à la compression en Kgf/cm^2 ;

P : La charge maximale supportée par l'éprouvette en KN ;

S_0 : la surface d'application de la charge en cm^2 .

2. La résistance à la flexion :

a. Objectif de l'essai :

L'essai a pour but de connaître la résistance à la flexion, qui peut être mesurée en laboratoire sur des éprouvettes.

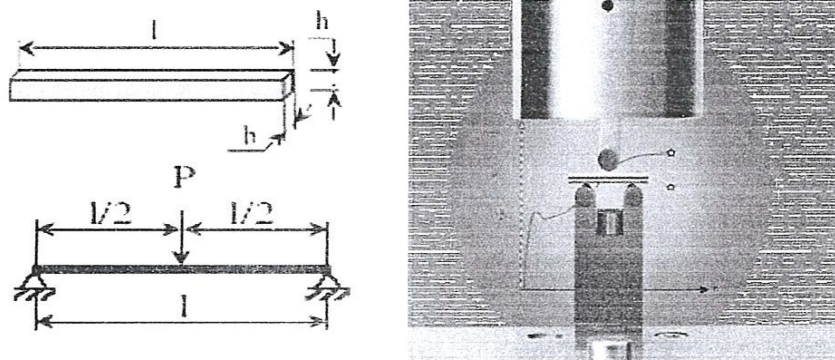


Figure 29: Différents essais sur les résistances à la flexion.

b. Principe de l'essai :

La résistance à la flexion définit la contrainte maximale en flexion quand l'échantillon est détruit. L'essai consiste à écraser l'échantillon suivant deux génératrices opposées entre les plateaux d'une presse. Les essais les plus courants sont des essais de traction par flexion. Ils s'effectuent en général sur des éprouvettes prismatiques d'élanement 4, reposant sur deux appuis:

- ✓ soit sous charge concentrée unique appliquée au milieu de l'éprouvette (moment maximal au centre) ;
- ✓ soit sous deux charges concentrées, symétriques, égales, appliquées au tiers de la portée (moment maximal constant entre les deux charges).

La résistance à la compression est calculée par la formule : $R_f = \frac{3Pl}{2bH^2}$

III-4- Effets du vieillissement de l'argile sur les propriétés des matériaux obtenus :**1- Formulation :**

Deux échantillons sont préparés en ajoutant 10% de sable à une l'argile vieillit de 4 mois (AR1) et à une argile nouvelle (AR2), Le broyage de l'argile (à 5mm) a été effectué avant du mélange au sable et malaxage avec de l'eau, moulage à vide, séchage et cuisson.

- **Essai de broyage :** par un broyeur à marteaux de laboratoire, pourvu d'un tamis de 5mm. Le broyage obtenu est équivalent à celui d'un broyeur industriel équipé d'un tamis de 8-10mm. Le broyage de l'argile a été effectué avant du mélange au sable : si le sable passait par le broyeur, l'ablatissions augmenterait et on perdrait capacité de dégraissage.
- **Essai de malaxage et, moulage à vide :** Avec détermination du pourcentage d'eau nécessaire pour tréfiler des éprouvettes à consistance normale.
- **Essais de séchage :** pour connaître :
 - ✓ La résistance du matériel sec ;
 - ✓ Le retrait du matériel sec.
- **Essai de cuisson :** de plusieurs éprouvettes à 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C et 1050°C, avec détermination du retrait de cuisson et de la résistance du matériel cuit à chacune de ces températures.
- **Essai de cuisson à la température optimale :**
D'après les essais précédents, avec détermination de :

- ✓ Retrait de cuisson.
- ✓ Perte de poids au cours de la cuisson.
- ✓ Eau de malaxage par rapport au poids du matériel cuit.
- ✓ Densité du matériel cuit.
- ✓ Résistance mécanique du matériel cuit.

➤ **Essai thermo dilatométrique :** Afin de connaître les retraits les dilatations qui ont lieu lors de la cuisson de l'argile pour en établir la courbe de cuisson appropriée.

2- Résultats des principaux essais effectués :

Tableau 12: comparaison entre AR1 et AR2.

Echantillon	AR1	AR2
Essais de reprise d'humidité		
Eau de malaxage %	22,85	19,20
Eau de réhydratation %	3,84	3,03
Charge de rupture (flexion) matériau réhydraté kgf/cm ²	13,14	13,07
Essais de séchage		
Retrait au séchage (à 110°C) %	6,38	5,87
Charge de rupture (flexion) matière sèche kgf/cm ²	65,08	39,67
Essais de cuisson		
Retrait de cuisson (à 850°C) %	0,68	1,05
Perte de poids en cuisson %	8,16	9,49
Porosité (absorption d'eau) %	13,45	9,93
Poids spécifique gr/cm ³	1,94	1,93
Charge de rupture (flexion) matière cuite kgf/cm ²	122,83	93,55

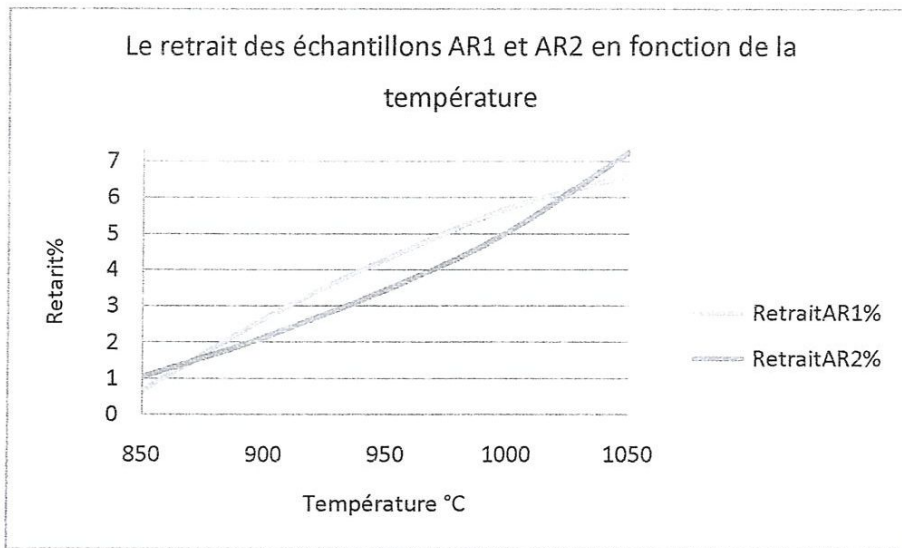


Figure 30 : Le retrait à la cuisson des échantillons AR1 et AR2 en fonction de la température.

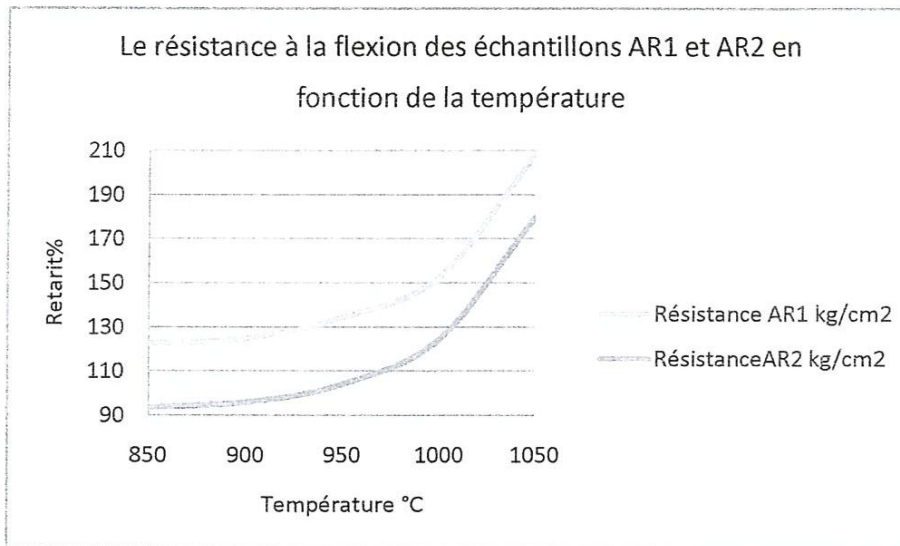


Figure 31: La résistance à la flexion des échantillons AR1 et AR2 en Fonction de la température.

3- Discussion :

D'après les résultats d'analyses physique et des testes mécaniques des deux échantillons on remarque ce qui suit :

- Les argiles utilisées pour la fabrication des briques, doivent avoir un taux d'humidité de moulage dans l'intervalle 12-24%, et un retrait de séchage entre 4-7% ; les valeurs obtenues sont conformes aux normes admises.
- Les essais de séchage ont donnée des résultats satisfaisants, spécialement avec l'argile AR-2.
- L'argile AR1 présente un retrait de cuisson et une perte en poids inférieur à celui d'AR2, une porosité et une charge à la rupture plus grandes que ceux d'AR2.
- Le matériel cuit obtenu avec l'échantillon AR-1 est de couleur rouge vif, son métallique, densité et porosité équilibrées. Par contre, AR-2 donne un couleur marronnâtes.
- Le fait que le mélange AR-2 donne des niveaux d'absorption et résistance mécanique plus bas est dû à ce que les pièces présentation le défaut de cuisson connu comme « cœur noire » ou noyau de réduction produit par une mauvaise combustion de la substance organique contenue dans l'argile.

D'après les résultats de la variation des la résistance à la flexion des échantillons AR1 et AR2 en fonction de la température :

- On observe une augmentation progressive du retrait et de la résistance mécanique à la flexion des deux échantillons lors de la cuisson entre 850 et 1050 °C, l'échantillon AR1 (celui de l'argile de 4mois) présente un retrait moindre et une résistance plus importante que l'échantillon AR2.
- La courbe de retrait en cuisson entre 850°et 950° montre une pente moins prononcée à l'échantillon AR-2, ce qui assure une meilleure stabilité dans le four.
- La charge à la rupture par flexion, augmente considérablement après séchage puis après cuisson pour les deux échantillons. L'argile vieillit AR1 présente des valeurs plus grande que ceux de l'argile AR2.
- On expliquer la faible perte de poids en cuisson et retrait au cuisson , la plus grande porosité et résistance à la flexion de l'argile AR1 par rapport à ceux d'AR2 par une plus grande concentration en oxydes minéraux ce qui favorise une plus grande résistance mécanique.

III-5- Influence de l'ajout des non liants :**1- Formulation :**

Pour la préparation des échantillons, on ajoute à l'argile extraite du gisement de BENDJERRAH- Guelma différentes concentrations en additifs non liant (sable, silice, et chamotte) selon le tableau suivant :

Tableau 13: la composition des échantillons.

Echantillon	Composition (pour 100gr de mélange)			
	Argile	sable	Silice	Chamotte
1	100	0	0	0
2	95	5	0	0
3	90	10	0	0
4	80	20	0	0
5	95	0	5	0
6	90	0	10	0
7	95	0	0	5
8	90	0	0	10
9	80	0	0	20

2- Traitement thermique :

Les échantillons sont séchés à 40 °C pendant 48h, le traitement thermique a pour but l'évaporation de l'eau et de densifier le matériau ; un traitement à une température de 300°C permet une dégradation des produits organiques, une pré-densification à 600°C et en fin une densification à 1000°C. Toutes ces étapes ont pour objectif d'éviter les craquelures. Le traitement thermique est effectué selon le diagramme suivant :

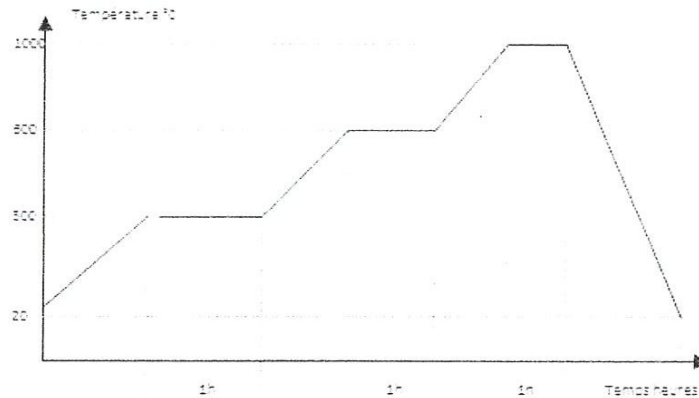


Figure 32 : diagramme appliqué pour le traitement thermique.

3- Fissuration des échantillons :

Après traitement thermique, les observations visuellement la fissuration des échantillons sont

présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 14 : Degrés de fissuration des échantillons préparés.

Ech	Composition	Fissuration remarquée
1	Argile (100%)	➤ Fissuration considérable .
2	Sable (5%)	➤ Les échantillons 2 et 3 présentent une fissuration moindre que l'échantillon 4.
3	Sable (10%)	
4	Sable (20%)	
5	Silice (5%)	➤ Sans fissuration apparente.
6	Silice (10%)	
7	Chamotte (5%)	➤ Les échantillons 7 et 8 présentent une fissuration semblable à celle de l'échantillon 2. ➤ L'échantillon 9 présente une forte fissuration.
8	Chamotte (10%)	
9	Chamotte (20%)	

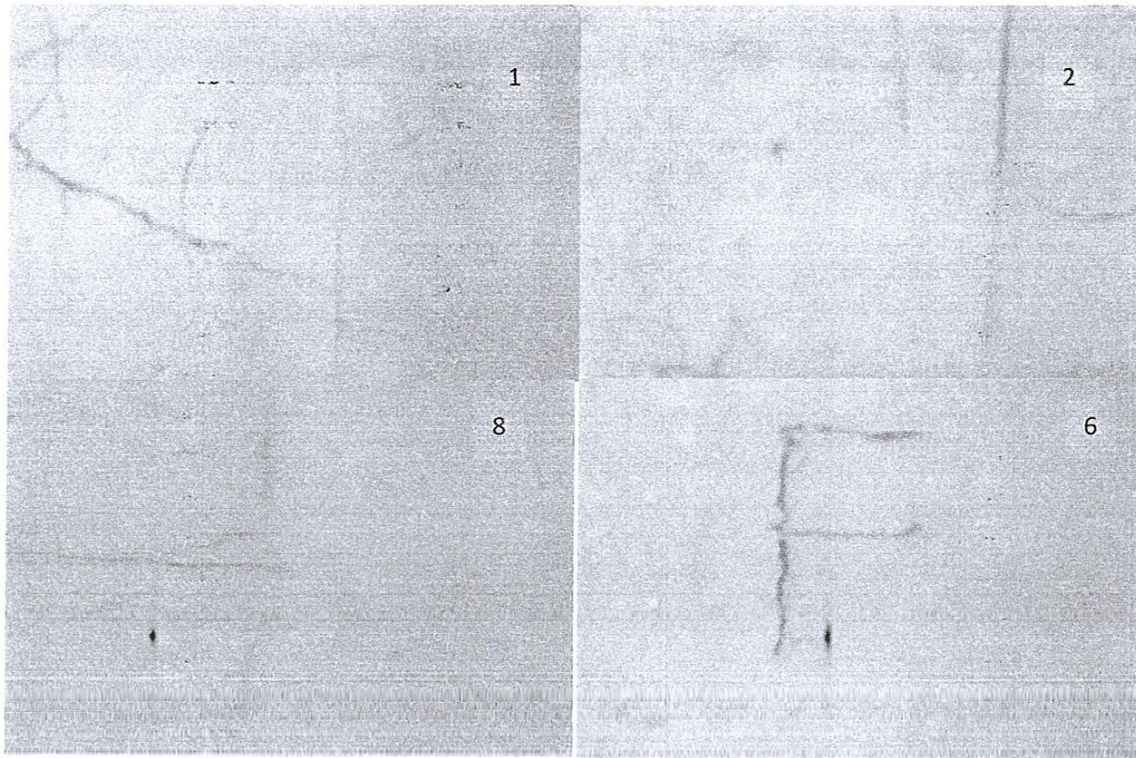


Figure 33: Fissuration des échantillons 1 (100% Argile), 2 (5% sable), 8 (10% chamotte) et l'échantillon F (10% Silice)

4- Détermination de la densité apparente et de la porosité :

La densité apparente et la porosité des échantillons préparés sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 15: la densité apparente et de la porosité.

Additif	% Argile	V_p (%)	Densité g/ml
Sans additif	100	20.80	2.28
Sable 5%	95	21.94	2.28
Sable 10%	90	22.22	2.23
Chamotte 5%	95	22.23	2.25
Chamotte 10%	90	24.27	2.19
Silice 5%	95	22.35	2.01
Silice 10%	90	17.73	2.00

5- Retrait après séchage et cuisson :

La mesure du retrait longitudinal des échantillons préparés après séchage à 40 °C 48h et après traitement jusqu'au 1000 °C pendant 12h sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 16:le retrait (au séchage, cuisson).

Echantillon	Sans	Sable (%)			Silice (%)		Chamotte (%)		
	0	5	10	20	5	10	5	10	20
Retrait au séchage (%)	6,6	6,8	3,6	5	5,2	5,2	6	7,2	4
Retrait à la cuisson(%)	0,6	0,3	0,6	0,2	0,4	0,2	0,2	0,8	0,8
Retrait total (%)	7,2	7,1	4,2	5,2	5,6	5,4	6,2	8	4,8

6- Résistance à la compression :

Les valeurs de la résistance à la compression sont représentées des échantillons préparées sont représentées dans le tableau 23 :

Tableau 17: la résistance à la compression.

Echantillon	Sans	Sable (%)			Silice (%)		Chamotte (%)		
	0	5	10	20	5	10	5	10	20
Résistance à la compression Kgf /cm2	83	92	48	39	95	67	49	45	37

7- Discussion :

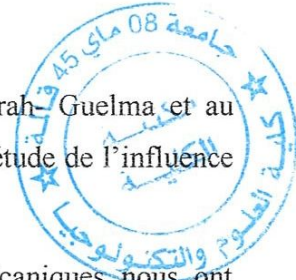
- L'échantillon constitué d'argile à 100% présente une fissuration considérable.
- Les échantillons contenant du sable et de la chamotte présente une fissuration moindre pour des concentrations (5 et 10%), l'augmentation de la concentration à 20% augmente la fissuration mais reste toujours moins importante que celui de l'argile 100%.
- Les échantillons E et F (5 et 10% en silice fine) ne présente aucune fissuration apparente.
- La densité varie légèrement en fonction de la quantité du dégraissant,
- La densité varie inversement en fonction de la porosité.
- On remarque une augmentation de la porosité avec l'augmentation de la quantité de dégraissant ajouté (sable, chamotte), ces résultats peuvent être expliqués par le fait qu'ils

possèdent une granulométrie plus grande ce qui induit des vides et les interstices entre les particules plus importants et donc une porosité plus grande.

- L'augmentation de la silice conduit à une diminution de la porosité, la valeur de la densité n'est pas très affectée. Ceci peut être expliqué par le fait que la silice qui a des dimensions très petites.
- La valeur de la porosité de tous les échantillon se trouve dans un intervalle de 18-24%.
- Le retrait total est du principalement au retrait dû au séchage, puisque le retrait à la cuisson est très faible par rapport à celui du séchage.
- On remarque un retrait minimal pour l'échantillon à 10% sable, le retrait des échantillons à 5 et 10% silice présentent un retrait qui ne varie pas après cuisson, celui de l'échantillon à 20% chamotte, il présente un plus faible retrait qui est proche de celui de l'échantillon 10% sable.
- Pour la résistance à la compression, on remarque une diminution avec l'augmentation de la quantité du sable, la chamotte et la silice, l'échantillon à 5% silice présente la plus grande valeur avec 95 Kg/cm^2 , puis l'échantillon l'échantillon à 5% sable présente la plus grande valeur 92 Kg/cm^2 , ces deux valeur sont supérieur à celui de l'argile seule ; par contre les autres échantillons ont une résistance inférieur à celui de l'argile seule.

CONCLUSION GENERALE

Le travail qu'on a effectué à la briqueterie ERYAD- Ben Djerrah- Guelma et au laboratoire du département de Génie des Procédés à été est consacré à l'étude de l'influence de l'ajout des non liants sur la fissuration des briques rouge.



Les résultats d'analyses chimiques, physiques et des testes mécaniques nous ont permis de faire les conclusions suivantes :

- ✓ L'effet de vieillissement de l'argile conduit à une réduction du taux de retrait et perte en poids et à une augmentation de la porosité et de la charge à la rupture par rapport à l'argile fraîche. L'augmentation de la résistance mécanique, la faible perte de poids en cuisson et retrait à la cuisson peuvent être due à une grande concentration en oxydes minéraux, ce qui assure une meilleure stabilité dans le four.
- ✓ L'argile fraîche donne des pièces présentation des défauts de cuisson « cœur noir » résultants d'une mauvaise combustion des substances organiques contenues dans l'argile avec des fissurations considérable; ceci est bien remarqué lors de la production des briques à l'unité et qui cause des pertes énormes.
- ✓ L'ajout des matières dégraissantes (non-liants) telles que le sable, la silice et la chamotte conduit à une diminution de la fissuration d'une façon générale.
- ✓ Les échantillons contenant 5 et 10% de silice (fine) ne présente aucune fissuration apparente. Les échantillons contenant 5 et 10% de sable (de chamotte) présentent une faible fissuration. Pour une concentration de 20% on remarque une augmentation de fissuration mais qui reste toujours moins importante que celui de l'argile 100%.
- ✓ L'ajout de sable et de la chamotte conduit à une augmentation de la porosité et la diminution de la densité.
- ✓ Les deux échantillons 5% silice et 5% sable présentent la plus grande de résistance à la compression (95 et 92 Kgf/cm²), les autres échantillons ont une résistance inférieur à celui de l'argile seule.

On peut donc conclure que l'ajout des non-liants, le vieillissement de l'argile (stockage avant utilisation) à un effet favorable sur la diminution de la fissuration et l'amélioration des propriétés mécanique des matériaux préparés, des concentrations entre 5-10% sont les plus conseillées.

Référence bibliographiques

- Mémoire de fin d'étude : Amélioration de la qualité des briques rouges en utilisation la chamotte AMAR REZAGUI et FORTAS DJEMOUAI promotion Jun 98 Geulma.
- Eléments de matériaux de construction et essais CHERAIT YAÇINE.
- construction de bois LUNDING STAGER BIRKHAUSER.
- Mémoire de fin d'étude : Elaboration d'un compositions d'un brique rouge à base d'argiles CHENANFA SALIMA promotion Jun 98 Guelma.
- Document de l'unité.

Lien internet

- www.google.com
- fr.wikipedia.org/wiki/Matériau_de_construction
- www.la.refer.org/materiaux/
- www.baksteen.be/UserFiles/Image/fabrication%20brique.pdf
- www.gvepinternational.org/briquettes
- www.briqueterie-chimot.fr/php/page.php?page=brique-rouge