

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Abderrahmane Mira de Bejaia

Faculté de Technologie

Département des Mines et géologie

Memoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Génie Minier

Option : Valorisation des Ressources Minérales

Présenté par

Mr : RAHMANI MOHAMED BELKACEM

Mr : SAID AHMED

Thème

*Influence des caractéristiques minéralogiques des
argiles sur la fabrication des briques
(Cas gisement TAMADNINE, briqueterie ADRAR)*

Soutenu le 30/06/2018 devant le jury composé de :

Président	Mr AKDIM	MAA	U.A.M.Bejaia
Promotrice	Mme K. KICHER	MAB	U.A.M.Bejaia
Examinatrice	Mme BOUNAB	MCB	U.A.M.Bejaia

Promotion : 2017-2018

Remerciements

Après ces années de labeur, d'angoisse et parfois d'appréhension, nous aimerons tout d'abord d'adresser nos plus sincères remerciements à Dieu le tout puissant et le miséricordieux de nous avoir donné la chance, la patience et le courage pour réaliser le présent travail.

Nous présentons aussi nos vifs remerciements à Madame Kicher K. d'avoir accepté de nous encadrer lors du présent travail en dépit de son emploi du temps très chargé et de la confiance qu'il nous a témoignée. et les précieux conseils qu'il a bien voulu prodiguer pour cibler les aspects traités dans ce rapport pédagogique, et pour nous avoir instigué la rigueur et le goût du défi.

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury (le président Mr Akdim Abdeghani et l'examinatrice Mme Bouneb Samia) pour l'intérêt qu'elles ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions. Nous remercions aussi nos amis Krimo et Moh Baaziz, Mourad, Souddi, Saoudi, Hamada et Amina, Sabrina qui étaient toujours présents dans ce travail et tous les étudiants de l'université de Bejaia

Les doctorants de génie civil, Houssam, Ghano et les doctorants de génie procédés, les ingénieurs d'usine de ciment Donia, Wahiba et les autres, les doctorants des mines Amina, Rima, Sahnoun, les techniciens du hall technologie.

Tous les ouvriers d'usine de brique, mlle ICHRAF MALLEM, Abdeka, Milhoud, Madame Babasi Amina technicien dans le labo de génie civil Tizi-Ouzou, les techniciens du labo GP, Ayad H, et Amir Melaz .

Nous remercions beaucoup hajj Mbareq Souddi et chikh Mostapha pour leurs soutiens qu'il nous a apporté, et les membres de la famille Saïd surtout Saleh.

Mes remerciements vont à mon frère Abdelkader et à mon Cousin Kadar.

Enfin, nous ne voudrions pas oublier de remercier tous nos amis qui nous ont été d'un soutien que ce soit moral ou matériel et qui ont contribué de près ou de loin à nous aider.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère maman qui me soutenu, et encourager

A mon père

Et mon grand-père « sidi »

Belkacem Rahmani

Dédicace

Je dédie ce modeste mémoire.

A ma très chère mère

A mon très cher père.

A mes très chers frères et mes très chères sœurs.

A toute la famille

A tous les amis.



SAID Ahmed

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviation

Introduction générale 1

Chapitre I : Présentation générale du site d'étude

Introduction 3

I.1. Aperçu géographique de la région 3

 I.1.2. Aperçu géographique local 4

I.2. Aspect géomorphologique 5

 I.2.1. Le Plateau 5

 I.2.2. L'Ergs 5

 I.2.3. Le Regs 5

 I.2.4. Les sebkhas 5

 I.2.5. Ressources hydrogéologiques 6

I.3. Climatologie et végétation 6

I.4. Cadre géologique régional 7

 I.4.1. Stratigraphie 8

 I.4.2. Tectonique 12

 I.4.3. Magmatisme 12

I.5. Géologie du gisement 12

 I.5.1. Stratigraphie du gisement 12

 I.5.2. Lithologie du gisement 13

I.6. Caractéristique du gisement 14

 I.6.1. Morphologie du gisement 14

 I.6.2. Tectonique du gisement 14

 I.6.3. La pétrographie du gisement 15

Conclusion 15

Chapitre II : Généralités sur les techniques de production des briques

Introduction	16
II.1. Les phases de fabrication de brique	16
II.2. L'extraction des matières premières	17
II.2.1. Matériaux extraits	17
II.2.2 L'extraction	17
II.3. La préparation	18
II.4. Le façonnage (Mouleuse, coupeur)	20
II.5. Le séchage (séchoir)	21
II.6. La cuisson (pré-four, four)	23
II.7. Emballage	24
Conclusion	24

Chapitre III méthode des analyses les matériaux premiers et produits finis

Introduction	25
III.1. Analyse granulométrique	25
III.1.1. But de l'essai	25
III.2. Analyse Élémentaire (Méthodes Classiques)	26
III.2.1. Les modes d'opérateur	26
III.2.1.1. La chaux (CaO).....	27
III.2.1.2. Oxyde de magnésium (MgO).....	28
III.2.1.3. Oxyde de fer (Fe ₂ O ₃)	28
III.2.1.4. Oxyde d'aluminium (Al ₂ O ₃).....	28
III.2.1.5. Dioxyde de silicium (SiO ₂)	29
III.2.1.6. Chlore (Cl)	29
III.2.1.7. Oxyde de potassium(K ₂ O) et oxyde de sodium (Na ₂ O ₃).....	30
III.3. La mesure par fluorescence X (XRF).....	31
III.4. Les Masses Volumiques.....	32
III.4.1. La masse volumique absolue	32
III.4.1.1. Mode opératoire	32
III.4.1.2. Equipements utilisés	32

III.5 Absorption d'eau, masse volumique apparente et porosité	32
III.5.1 Absorption d'eau	33
III.6 Mesure de pH	33
III.7 Essai au Blue méthane.....	34
III.7.1 Principe de l'essai	34
III.7.2 Appareillage.....	34
III.7.3 Mode opératoire.....	35
III.8. Diffraction des rayons X (DRX)	36
III.9. Analyse par Spectrométrie Infrarouge a Transformé de Fourier	36
III.10 Préparation des échantillons des briques.....	37
III.10.1 La préparation de la pâte d'argile.....	37
III.10. Les essais mécaniques	40
III.10.1. L'essai de flexion.....	40
III.10.2. L'essai de compression.....	41
Conclusion.....	42

Chapitre IV :Résultats et interprétation

Introduction	43
IV.1 Résultats de l'analyse granulométrique	43
IV.1.1 Résultats de l'analyse granulométrique de l'argile	44
IV.1.2 Résultats de l'analyse granulométrique de sable.....	45
IV.2 Résultats d'analyse Elémentaire (Méthodes Classiques).....	47
IV.2.1 Composants chimiques d'argile.....	47
IV.2.2 Composants chimiques du sable	47
IV.3 Résultats de la masse volumique absolue	48
IV.4 Résultats Absorption d'eau, masse volumique apparente et porosité.....	48
IV.4.1 Résultats Absorption d'eau	48
IV.4.2 Masse volumique apparente	49
IV.4.3 La porosité	49
IV.5 Détermination du pH.....	50
IV.6 Résultats d'essai au bleu de méthylène.....	50
IV.6.1 Méthode de calcul.....	50

IV.7 Résultats d'analyse par diffraction des rayons X.....	51
IV.7.1 Caractérisation des matières premières.....	51
IV.7.2 Caractérisation de produit fini	56
IV.4 Résultats d'analyse par Spectrométrie Infrarouge a Transformé de Fourier	60
IV.5 Résultats de la résistance à la flexion et à la compression.....	62
Conclusion :.....	63
Conclusion générale	64
Références bibliographiques	

Résumé

Liste des figures

Chapitre I : Présentation générale du site d'étude

Figure.I.1 Situation géographique de la wilaya d'Adrar	3
Figure.I.2 La situation de la zone d'étude (Commune : ADRAR) dans la Répartition Communale de la wilaya d'Adrar.	4
Figure.I.3 Traits géomorphologiques en 3D de la région d'Adrar	6
Figure.I.4 Les Bassins les plus importants de la plate-forme saharienne en Algérie	8
Figure.I.5 Carte géologique de la région d'Adrar	11
Figure.I.6 Image satellitaire montrant la piste d'accès au gisement	12
Figure.I.7 Image montrant le site « Gisement d'argile »	13

Chapitre II : Généralités sur les techniques de production des briques

Figure.II.1 Schéma expliqué le cycle de la fabrication de brique.	16
Figure.II.2 Photo Les matières premières (argiles rouge)	17
Figure.II.3 Photo montrant l'extraction des argiles à l'aide de la pelle hydraulique.	18
Figure.II.4 Photo montrant Dés agrégateur	18
Figure.II.5 Photo montrant le broyeur et mélangeur	19
Figure.II.6 Stockage du produit fini à l'air libre.	19
Figure.II.7 Photo montrant La mouleuse.	20
Figure.II.8 Photo montrant Coupeur.	21
Figure.II.9 Schéma générale de séchoir et gestion des courbe Température et humidité	22
Figure.II.10 Photo montrant Séchoir (entrez de briques et sortez de briques)	22
Figure.II.11 Photo montrant Chargement des briques	22
Figure.II.12 Schéma générale de four et gestion des courbe Température	23
Figure.II.13 Photo montrant de Briques prêt.	24

Chapitre III :Méthodes des analyses les matériaux premiers et produits finis

Figure III.1 Tamiseuse et le série tamis	26
---	----

Figure III.2 Un bain marin	27
Figure III.3 La filtration.....	27
Figure III.4 L'argile et sable dans des fioles	29
Figure III.5 Les solutions Bromophenolblue Na ₂ OH HNO ₃ diphenylcarbazonne	30
Figure III.6 Appareil de mesure le K ₂ O et Na ₂ O	31
Figure III.7 Dispositif de bleu de méthylène.	35
Figure III.8 Appareil Diffraction des rayons X	36
Figure III.9 Broyeur d'un calibre de 1mm.	37
Figure.III.10 Les machines pour la fabrication des moules (fraiseuse, perceuse a colonne, scie automatique, meule)	38
Figure III.11 Le moule 4*4*16.....	38
Figure III.12 Compresseur manuelle	39
Figure.III.13 Briques crues	39
Figure III.14 Essai de flexion	40
FigureIII.15 Appareil de la résistance à la flexion.....	41
Figure III.16 Essai de compression	42
FigureIII.15 Appareil de la résistance à la compression.....	42

Chapitre IV :Résultats et interprétation

Figure.IV.1 Rendement cumulatif du refus et cumulatif du tamisât en fonction Diamètres .	44
Figure.IV.1 Rendement cumulatif du refus et cumulatif du tamisât en fonction Diamètres .	46
Figure.IV.3 Essai au bleu de méthylène d'argile.....	50
Figure.IV.4 Spectre DRX d'échantillon de sable.....	51

Figure.IV.5 Spectre DRX d'échantillon (d'Argile 100%)	52
Figure.IV.6 Spectre DRX d'échantillon (d'Argile 90% sable 10%).....	53
Figure.IV.7 Spectre DRX d'échantillon (d'Argile 85% Sable 15%).....	54
Figure.IV.8 Spectre DRX d'échantillon (d'Argile 80% Sable 20%).....	55
Figure.IV.9 Spectre DRX d'échantillon de brique (d'argile 100%)	56
Figure.IV.10 Spectre DRX d'échantillon de brique (d'argile90% Sable10%).....	57
Figure.IV.11 Spectre DRX d'échantillon de brique (d'argile85% Sable 15%).....	58
Figure.IV.12 Spectre DRX d'échantillon de brique (d'argile 80% Sable 20%).....	59
Figure.III.13 Spectre IR de l'argile 100% après et avant calcination	60
Figure.IV.14 Spectre IR de l'argile 90% après et avant calcination	60
Figure.IV.15 Spectre IR de l'argile 85% après et avant calcination	61
Figure.IV.16 Spectre IR de l'argile 80% après et avant calcination	61

Liste de tableaux

CHAPITRE IV

Tableau IV.1 analyse granulométrique d'Argile	44
Tableau IV.3 caractéristique de la granulométrie de coefficients (Cu et Cc).....	45
Tableau IV.2 analyse granulométrique de sable.....	45
Tableau IV.3 caractéristique de la granulométrie de coefficients (Cu et Cc).....	46
Tableau IV.4 Composants chimiques sous forme d'oxydes de la matière première... ..	47
Tableau IV.5 Composants chimique du le sable	47
Tableau IV.6 masse volumique d'argile.....	48
Tableau IV.7 Coefficient d'absorption en eau des différentes Composants.	48
Tableau IV.8 La masse volumique apparente des briques en fonction de la Composants.....	49
Tableau IV.9 La porosité des briques en fonction de la composants.	49
Tableau IV.10 Le pH des matières premières.	50
Tableau IV.11 Résultats du bleu de méthylène de l'argile.....	50
Tableau IV.12 Résultats de la force(KN) à la flexion et la compress	62
Tableau IV.13 Résultats de la résistance(MPA) à la compression et la flexion.....	63

Introduction générale

Introduction générale

La fabrication des briques est très intéressante et constitue une idée majeure de progrès architectural, Les matières premières nécessaires à la fabrication des produits brique sont des argiles, roches sédimentaires formées à partir de la décomposition de roches préexistantes.

La brique est un matériau de construction qui est fabriqué en portant une petite quantité d'argile, préalablement mise en forme, à une température appropriée « la température de frittage ». Les particules d'argile commencent alors à fondre et s'agglomèrent pour former une masse à caractère pierreux. Après la cuisson, la brique conserve une certaine porosité, qui lui confère d'ailleurs des propriétés spécifiques et la distingue des autres matériaux de construction.

Les caractérisations minéralogiques de l'argile jouent un rôle principal dans la qualité des briques produites. Pour définir ces caractéristiques minéralogiques de l'argile, il convient de passer par plusieurs processus de traitement physiques et chimiques des matières premières à utiliser dans la fabrication des briques, ces traitements font l'objectif du présent travail.

Dans notre travail, nous nous intéressons à étudier l'influence des caractéristiques minéralogiques de l'argile sur la qualité de la brique cuite telle quel a été extraite du gisement Nord-Adrar situe au Sud-Ouest d'Algérie.

Le présent travail est subdivisé comme suit ;

- Dans le premier chapitre, nous allons présenter les caractéristiques géographiques, géomorphologique et géologiques de la région d'Adrar et du gisement Nord-Adrar, ainsi la climatologie de la zone étudiée ;
- Dans le deuxième chapitre, nous abordons les différentes étapes de fabrication de brique, telle que les méthodes d'extraction des matières premières, puis en passant à la préparation mécanique, cette dernière qui suit par le façonnage (Mouleuse, coupeur), ensuite l'étape de séchage dans le séchoir, et après les deux étapes de la cuisson à savoir le pré-four et four, et enfin l'étape d'emballage ;
- Le troisième chapitre, est consacré aux analyses chimiques et physiques de l'argile, et aussi aux analyses mécaniques de brique ;

Introduction générale

- Dans le quatrième chapitre, nous allons présenter et interpréter nos résultats d'analyses, et nous allons conclure les principaux constats obtenus dans le présent travail.

Enfin, nous terminons par une conclusion générale.

Chapitre I

présentation générale du site d'étude

Introduction

Ce chapitre a consacré la description physique du gisement, notamment les conditions géologiques régionales et locales de gisement tamadrine d'Adrar, commune d'Adrar, daïra d'Adrar, wilaya d'Adrar.

I.1. Aperçu géographique de la région

En plein cœur du Sahara algérien, la région d'Adrar est située au Sud-Ouest de l'Algérie à plus de 1200 km d'Alger. Elle est située entre les méridiens : 2°E et 6° W, et les parallèles : 20° et 32° Nord. Sa superficie totale est de 427. 948 km², soit environ 18 % de la superficie globale de l'Algérie.

Quatre régions constituent la wilaya d'Adrar (Figure.I.1)

Le Gourara, Le Touat, Le Tidikelt, Le Tanezrouft.

Elle est limitée :

- Au Nord, par les wilayas d'El Bayedh et Ghardaïa
- À l'Ouest, par la wilaya de Bechar et Tindouf
- À l'Est, par la wilaya de Tamanrasset
- Au Sud, par la Mauritanie et le Mali.

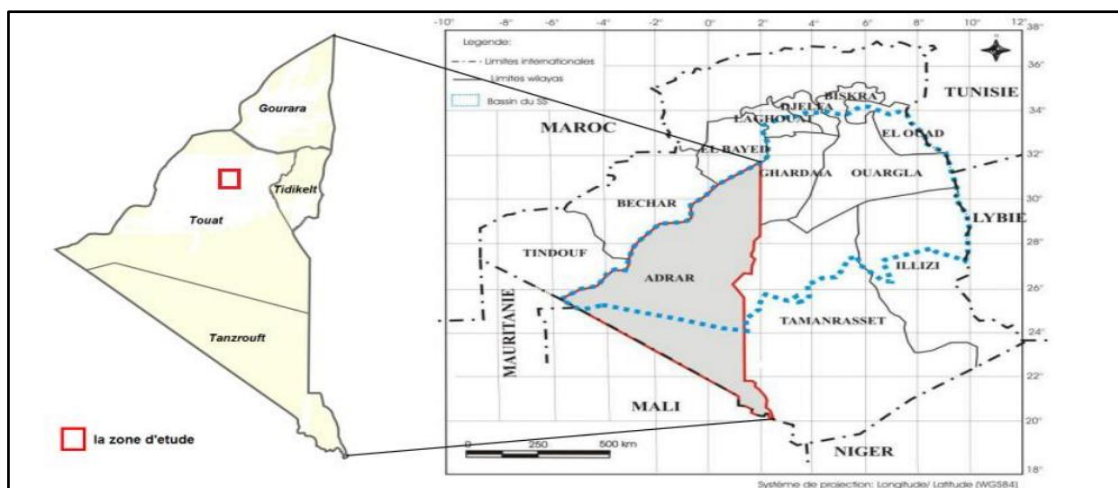


Figure.I.1. Situation géographique de la wilaya d'Adrar

I.1.1. Aperçu géographique local

La zone d'étude englobe les communes d'Adrar.se situe elle sud-ouest de l'Algérie Elle est limitée au nord par la commune Sabaa, au Sud par la commune de Timmi, à l'Ouest par la commune de Bouda, à l'Est par la commune de Tamantit.

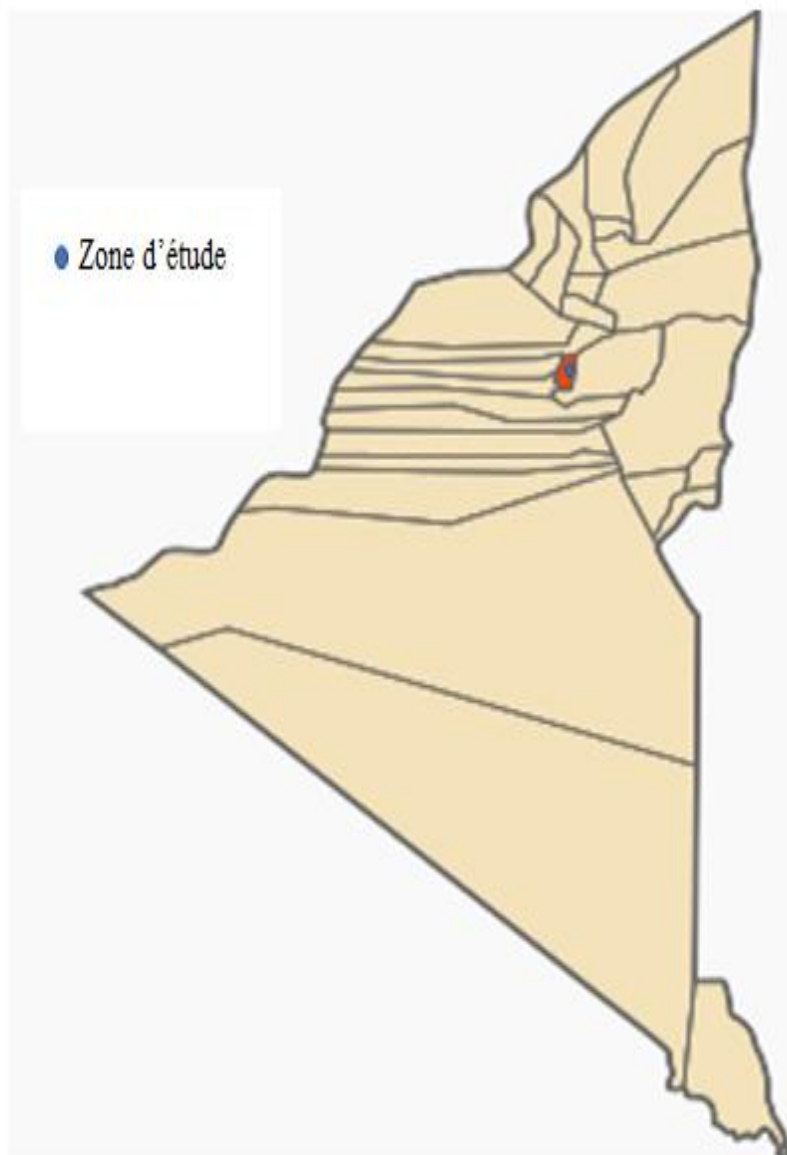


Figure. I.2. La situation de gisement tamadnine (Commune : ADRAR) .

I.2. Aspect géomorphologique

Le périmètre d'étude fait partie du terrain d'affleurement du continental intercalaire à la limite occidentale du plateau de Tademaït, représenté par des reliefs subhorizontaux de dénivelées de 5-10m de pentes douces vers l'est.

La Wilaya d'Adrar qui se caractérise par un relief d'aspect désertique se subdivise quatre grands ensembles géomorphologiques que sont (le Plateau, L'Ergs, Le Regs, et Les sebkhas)

I.2.1. Le Plateau

Couvrent de très grande surface, et sont constitués géologique différentes

- Crétacé inférieur continental intercalaire.
- Crétacé supérieur secondaire marin.
- Cuvette du mi-pliocène.
- Massif cristallin. Néo protérozoïque.

Il limite la zone d'étude à l'Est (plateau de Tademaït) d'une forme tabulaire rocheuse.

I.2.2. L'Ergs

L'Erg est constitué de Massifs dunaires s'étendant sur près de la moitié de la wilaya. Ils se sont formés au cours des temps quaternaires tels que le grand Erg occidental et l'Erg Chèche.

I.2.3. Le Regs

Du massif cristallin représentés par les régions de Chen achène erg Chech (partie orientale du massif Eglab) et la partie ouest du massif de l'Ahaggar, c'est une surface plane couverte de gravier, sable et des débris de roches, il limite la zone au Sud.

I.2.4. Les sebkhas

Correspondant aux zones les plus basses et appartiennent généralement aux anciens lits d'oueds très larges, elles sont formées de dépôts Co-fluviaux gypseux .

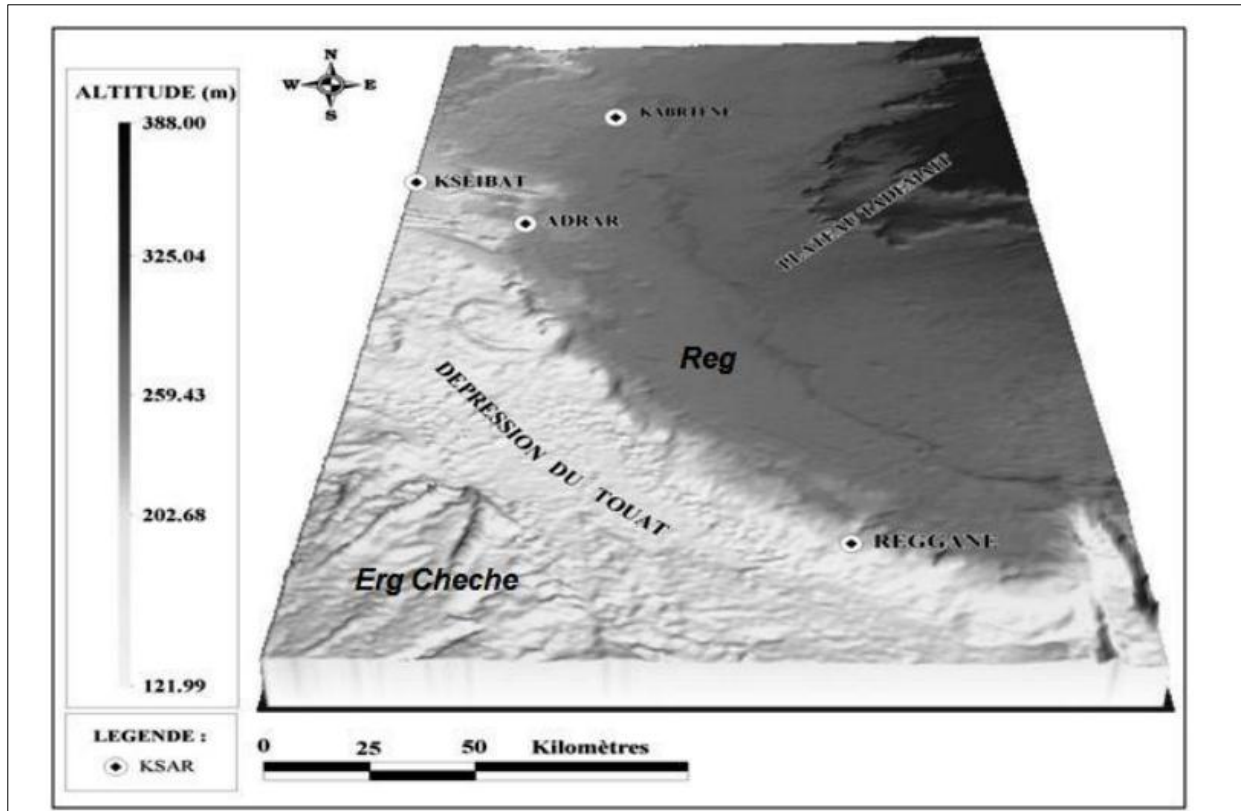


Figure.I.3. Traits géomorphologiques en 3D de la région d'Adrar [13]

I.2.5. Ressources hydrogéologiques

La quasi-totalité des besoins en eau de la région sont satisfaits par les nappes souterraines du continental intercalaire d'arg moi-pliocène. L'eau est puisée dans les nappes à l'aide du système traditionnel des foggaras. Cependant, ce dernier a tendance à laisser la place aux forages et aux puits .

I.3. Climatologie et végétation

Le climat de la wilaya d'Adrar est composé de deux zones climatiques distinctes :

- ✓ Une zone semi-désertique, qui va Timimoune à Bechar.
- ✓ Une zone désertique, qui va Timimoune à Timiaouine.

- **Température**

La wilaya d'Adrar connaît des écarts de température considérables La température est maximale, en Été (dépassé les 45°C en juin-juillet-août), et donne, lieu à un froid glacial, en hiver (atteignant parfois les 0°C décembre et janvier) .

- **Les vents**

La fréquence des vents est très grande durant toute l'année, notamment le sirocco, dont la vitesse pour atteindre les 100 km /H.

Généralement, c'est durant la période de Printemps (mars-avril), que se manifestent, le plus souvent, sont chargés de sable .

- **La Pluviométrie**

Elle est extrêmement faible, sinon insignifiante, dans la région, mise à part la daïra Timimoune, qui enregistre parfois de fortes chutes de pluies dues essentiellement à sa situation géographique (limitrophe avec la wilaya de Bechar).

- **Végétation**

La végétation est presque inexistante. Elle se limite au lit d'Oued Messaoud, et à quelques cuvettes circulaires (dolines) dans la hamada (plantes désertiques).

La faune est représentée par quelques reptiles (scorpion, vipère...) et de rares animaux sauvages (fennecs, renard et lièvre).

I.4. Cadre géologique régional

La région Adrar-Reggane est située dans la partie occidentale de la plate-forme saharienne. C'est le prolongement de la chaîne d'Ougarta que séparent deux bassins sédimentaires Reggane et Timimoune à faciès marin et continental.

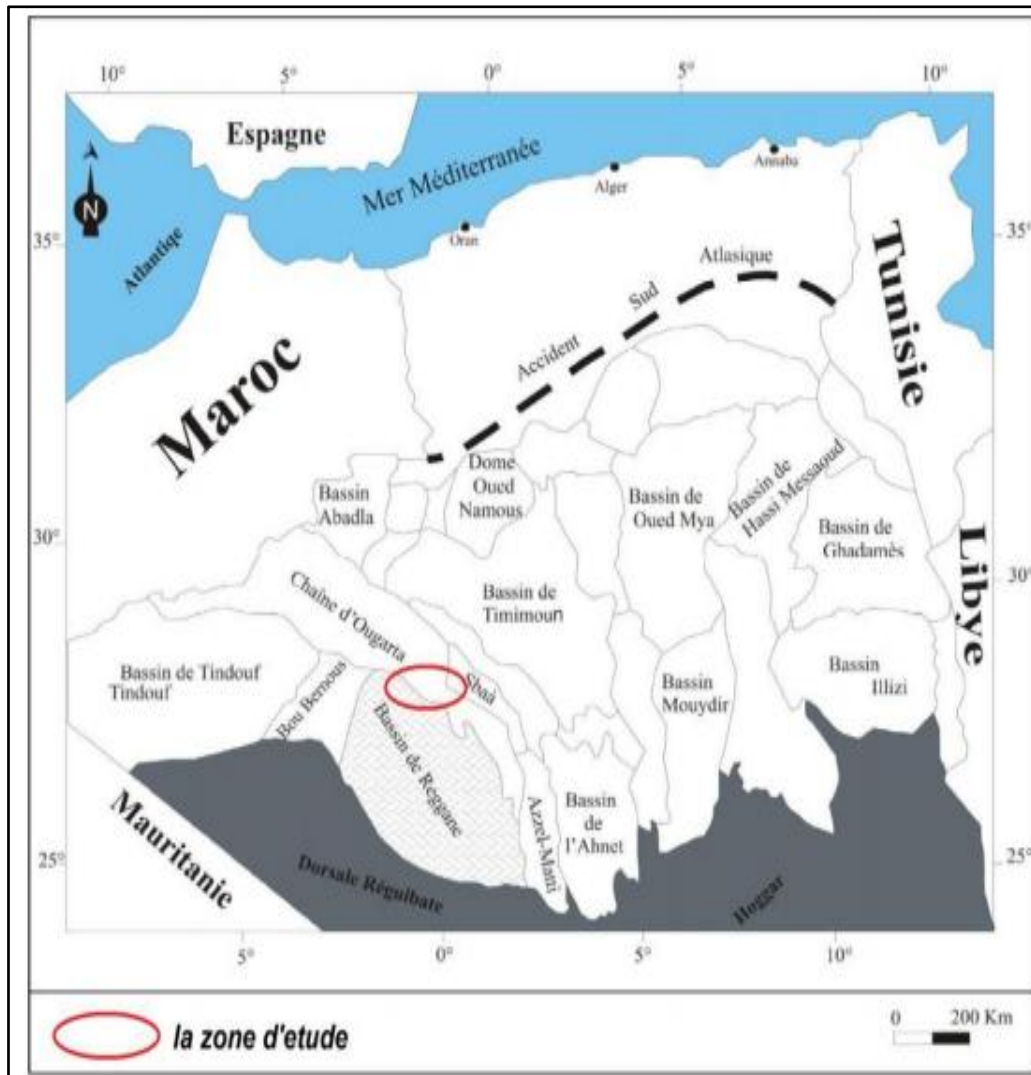


Figure.I.4 Les Bassins les plus importants de la plate-forme saharienne en Algérie [1]

I.4.1. Stratigraphie

Les formations observées dans la région sont représentées comme suit des plus récentes aux plus anciennes .

▪ Quaternaire

Dépôts alluvionnaires proluvionnaires, éolien et lacustres développés à l'Ouest de la RN Adrar- Reggane (sables, graviers et argiles sableuse) et à l'erg chech (sables dunaires) .

▪ Néogène

Ce sont les sédiments moi-pliocène affleurant dans la partie Nord de la région en gisement subhorizontal, représentés par des argilites rouge intercalés de grés grossiers, d'argilites vertes, de marnes calcaires et de calcaires à ostracodes.

▪ Mésozoïque

Crétacé il couvre une grande étendue de la région d'Adrar. Il est représenté par deux types des formations :

➤ Dépôts continentaux (crétacé inf. continental intercalaire) : représenté par quatre unités lithologiques :

- Unité de base de (25 - 300 m) d'argiles rouges avec des passées gréseuses entrecroisée à galets de quartz.
- Grés quartzeux de (1 - 2 m) surmontant des conglomérats à bois silicifiés. Ces niveaux marquent La plateau de Timimoune-in Salah –Adrar.
- Série argileuse de (40-100m) intercalée degrés à kerboub.
- Masse d'argile de (60-125m), versicolore parfois rouge appelée
- (Argile El Goléa).

➤ Dépôts marins (transgressifs): calcaires, calcaires dolomitiques et dolomies du cénoomanien sup. du plateau de Tademaït. Le crétacé sup. est représenté par une série terrigène-carbonatée dans la dépression de Tanezrouft (ép. 300m).

▪ Paléozoïque

❖ Cambrien

Il est représenté par des grés à galets, quartzites et schistes grés-argileux. Ces roches apparaissent dans le de Reggane (200 – 300 m d'épaisseur) et dans la chaîne d'Ougarta.

❖ Ordovicien

Il est représenté par des aleurolites, argilites, quartzites et grés quartzeux, développées dans les feuilles Ouallen, Reggane, El kseibet, Adrar et dans la chaîne d'Ougarta (200–300m).

❖ Silurien

Il est représenté par des Argilo-carbonatés dans le djebel Hech (500 – 1000 m) et argilites intercalées de marnes et calcaires argileux dans la feuille d'Ouallen.

❖ Dévonien

Il est représenté par trois unités

- ✓ Dévonien inférieur (région Ouallen) grés fins et argilites intercalées de conglomérats (200–300m).
- ✓ Dévonien moyen grés fins à silt stones, superposés par des calcaires micritiques (Ouallen 80m, Kseibet 200-300m).

- ✓ Dévonien supérieur argiles bariolés intercalés de calcaires organogènes injectés de dolérite.

❖ **Carbonifère**

Tournaisien argilites, silt stones intercalés de calcaires (ép.180 m) Viséen en deux étages.

- ✓ Viséen inf ; Alternance de silt stones et de grés fins (ép.800 m).
- ✓ Viséen Sup ; calcaires en plaquettes, devenant par endroits gréseux (ép.500 m)
- ✓ Namurien ; calcaires, argiles a gypse et grés fins (ép. 80 m).

▪ **Paléo protérozoïque**

Il affleure sur les feuilles Ouallen et Tessalit à l'Est de l'Eglab à l'Ouest sous forme de socle fortement disloqué et métamorphisé représenté par des granulites, schistes et divers gneiss

À l'environ d'Adrar (8 km au sud), son épaisseur est de l'ordre de quelques milliers de mètres. Il est représenté par des schistes argileux intercalés de quartzites en forme d'affleurements aplanis dominants la sebkha.

▪ **Infracambrien**

Une série volcano-sédimentaire discordant sur le précambrien. Il affleure au

- ✓ Hoggar : série pourprée de 4000 m d'épaisseur (grés rouge et conglomérats).
- ✓ Bordures dès la dépression de Reggane (Ouallen, Boubernus, Bled el Mas, Touat Adrar.
- ✓ Eglab (série de Hank : calcaire-détritique).

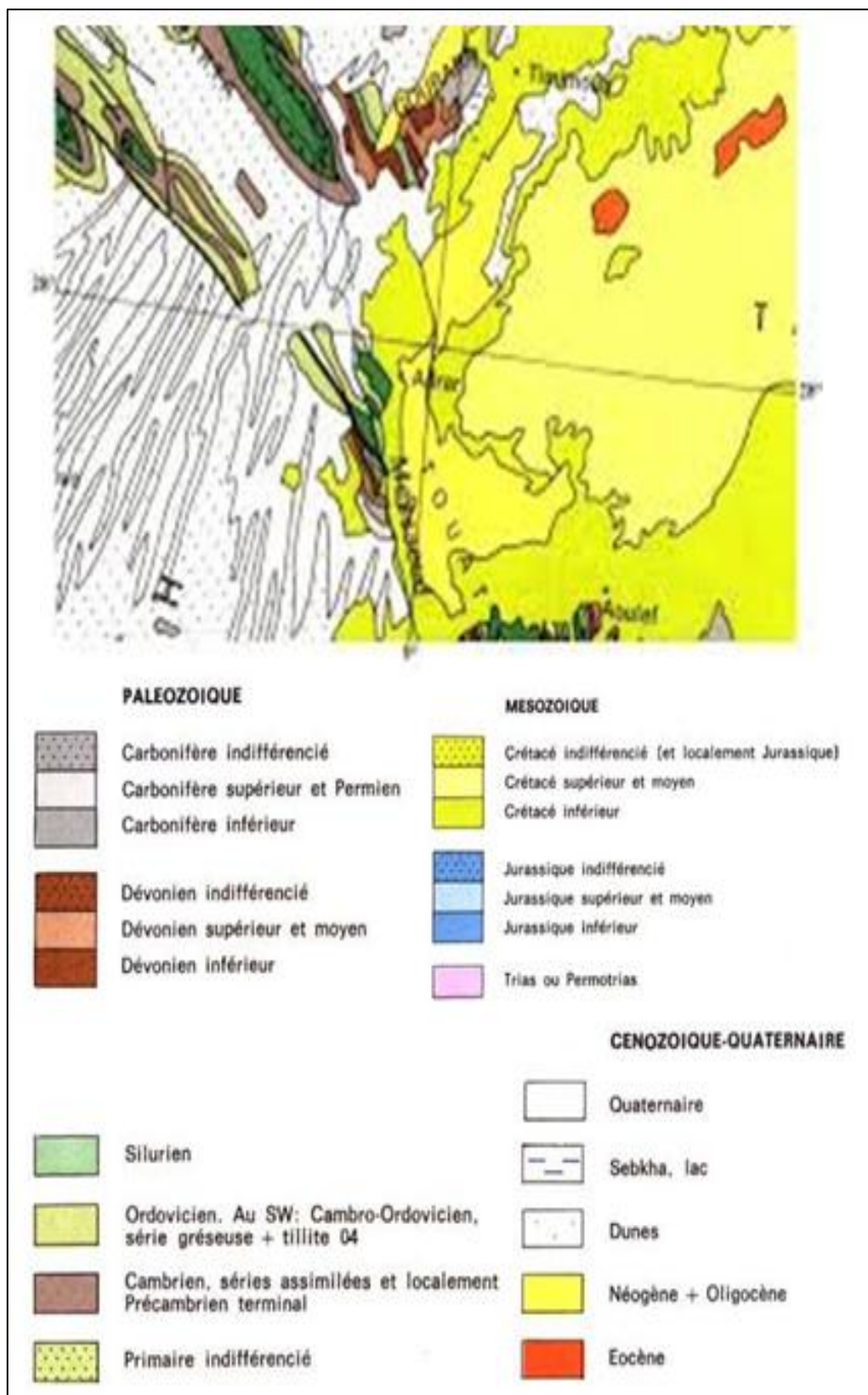


Figure.I.5. Carte géologique de la région d'Adrar (Extrait de la carte géologique du nord – ouest de l'Afrique e=1/5 000 000ème)

I.4.2. la Tectonique

La région d'Adrar fait partie de la zone de jonction entre la plateforme africaine et le craton Ouest africain. Cette zone est caractérisée par un ensemble d'événements tectoniques depuis le panafricain jusqu'à l'air Mésozoïque qui ont édifié les grandes unités structurales de la région (chaîne d'Ougarta, bassin de Timimoune et Reggane, massif Eglab...). Des grandes failles profondes et d'intrusions magmatiques limitent les bassins.

I.4.3. Magmatisme

Les roches magmatiques rencontrées en surface et dans les sondages profonds sont des dolérites verdâtres, cristallisées, d'Age Trias-Jurassique en forme de dykes et de sillons intercalés dans les formations du Paléozoïques.

I.5. Géologie du gisement

I.5.1. Stratigraphie du gisement

Le gisement d'argile d'Adrar nord est situé à 05 km au Nord de la ville d'Adrar et 1.5 km à l'Est de la route nationale N°06. Du point de vue stratigraphique et d'après la carte géologique de la région de Adrar les formations sédimentaires de ce gisement se localise dans le Crétacé inférieur, (dit continental intercalaire). Dans le périmètre de la zone d'étude, les sédiments du crétacé inférieur sont recouverts par des dépôts récents (sable, limon, débris de grés, galets de quartz, et localement anhydrite).



Figure.I.6 Image satellitaire montrant la piste d'accès au gisement Google Maps 2018



Figure.I.7 Image montrant le site « Gisement d'argile » Google Map 2018

I.5.2. Lithologie du gisement

○ **Crétacé inférieur** (dit continental Inferieur)

Le crétacé inférieur est représenté par des formations terrigènes telles que Conglomérats (poudingues), grés, aleurites et argile. Ces derniers sont associés à des grés hétérogènes mal cimentés, dominants. Les formations argileuses objet de notre étude gisent en lentilles et en couches subhorizontales leur extension varie entre quelques hectares et en plusieurs Endroits, souvent les argiles sont mises à découvert, partiellement, a la faveur de petites carrières artisanales et des puits d'eau (foggaras).

La puissance décapée varie entre 1m et 3m.

- ✓ Dans les parties supérieures des petites crêtes, les argiles passent, vers le haut, à des argiles limoneuses et a des croutes gypseuses de 3-5m.
- ✓ Dans les parties basses du relief, les argiles rouges passent vers le haut à des Argiles verdâtres couvertes par des limons sableux de 0.5-1.0m.

La carrière des argiles d'Adrar Nord se trouve dans le même contexte géologique que le site Adrar qui lui est mitoyen, par endroits les anciennes excavations montrent des niveaux d'argiles rouges découverts sur une épaisseur d'environ 3 à 4m.

La puissance visible des argiles vari de quelques décimètres a une dizaine de mètres plus précisément 14m sur gisement limitrophe d'Adrar Nord.

Cette formation renferme deux bandes d'argile et de sable argileux centimétrique à décimétrique de puissance.

- ✓ La couche inférieure d'argile rouge est plastique, compacte et carbonatée. La puissance moyenne de cette couche est d'environ 10.0 m.
- ✓ La couche supérieure caractérisée par une argile verdâtre, légèrement sableuse, plastique et compacte, d'une puissance varie de 0.2 à 1,5m. Parfois le gypse et l'anhydrite se trouvent intercaler de stratification légèrement Pleurétique sur tout à la base de l'assise mais la matière organique empreinte toujours son existence .

○ **Quaternaire supérieur**

Il est constitué des sables microgrenus de couleur doré, assez homogène qui renferment des éboulis de calcaires anguleux, de limons sableux et des cristaux de quartz arrondis avec parfois du gypse et anhydrite. La puissance moyenne du quaternaire varie de 0.8 à 1.4 m .

I.6. Caractéristique du gisement

I.6.1. Morphologie du gisement

Les paramètres géométriques du gisement d'argile d'Adrar. Montrent que l'ensemble des couches d'argiles présente une épaisseur moyenne de 11.0 m sous formes des couches stratiformes et sous formes des lentilles avec une couverture de sable stérile d'une épaisseur moyenne égale à 1.2 m. De point de vue morphologie, le relief de notre gisement est présenté de petites crêtes, de dénivelé de 2-3m couvert par des épandages de grés ferrugineux, de croutes gypseuses, de dépôts éoliens, dans les parties basses.

Il n'existe aucune faille ou un plissement visible à œil nu sur la surface de notre site, puisque les dépôts quaternaires couvrent toute l'étendue du gisement ce qui nous empêche de voir les éléments de la tectonique.

I.6.2. Tectonique du gisement

La série sédimentaire du gisement d'argile d'Adrar est caractérisée par un pendage presque nul. Dans cette série subhorizontale, on n'observe aucune structure disjonctive ou plissée, Il n'existe aucune faille ou un plissement visible à œil nu sur la surface de notre site,

puisque les dépôts quaternaires couvrent toute l'étendue du gisement ce qui nous empêche de voir les éléments de la tectonique .

I.6.3. La pétrographie du gisement

L'assise argileuse d'Adrar, de puissance qui peut dépasser les 11,00 m de moyenne, est composée de deux couches Une couche inférieure caractérisée par une argile rouge, compact, plastique et Carbonatée d'environ 10,00 m de puissance, renfermant des passées d'argile verdâtre et de sable argileux Une couche supérieure d'argile verdâtre, légèrement sableuse, plastique et Compacte, d'environ 2,00 m de puissance Parfois le gypse et L'anhydrite se trouvent intercale de stratification légèrement Pleurétique sur tout à la base de l' assise .

Conclusion

À travers ce chapitre, nous avons conclu que la wilaya d'Adrar possède l'une des grandes carrières en argile existantes ici en Algérie qui domine la partie sud-ouest algérienne cette argile est destinée à la fabrication des matériaux de construction et plus précisément les briques cuites.

La présente carrière située à proximité du chef-lieu de la wilaya d'Adrar et étendue sur une superficie de 10^6m^2 l'équivalent de 1km^2 et atteint jusqu'à 12 mètres de profondeur.

Chapitre II

Généralités sur les techniques des production des briques

Introduction

Les briques cuites fabriquées industriellement, sont classées parmi les matériaux de construction les plus largement utilisés dans la construction des infrastructures puisqu'elles sont facilement à combiner au mortier et se caractérisent par leur poids le plus léger en le comparant avec d'autres produits, elle peut assurer toutes les fonctions classiques dans un bâtiment. Dans le présent chapitre, nous allons exposer toutes les étapes de fabrication de la brique dans une briqueterie [3].

II.1. Les phases de fabrication de brique

La fabrication de la brique comprend plusieurs stades dont les principaux sont [3]

- L'extraction des matières premières ;
- La préparation ;
- Le façonnage (Mouleuse, coupeur) ;
- Le séchage (séchoir) ;
- La cuisson (pré-four, four) ;
- Emballage.

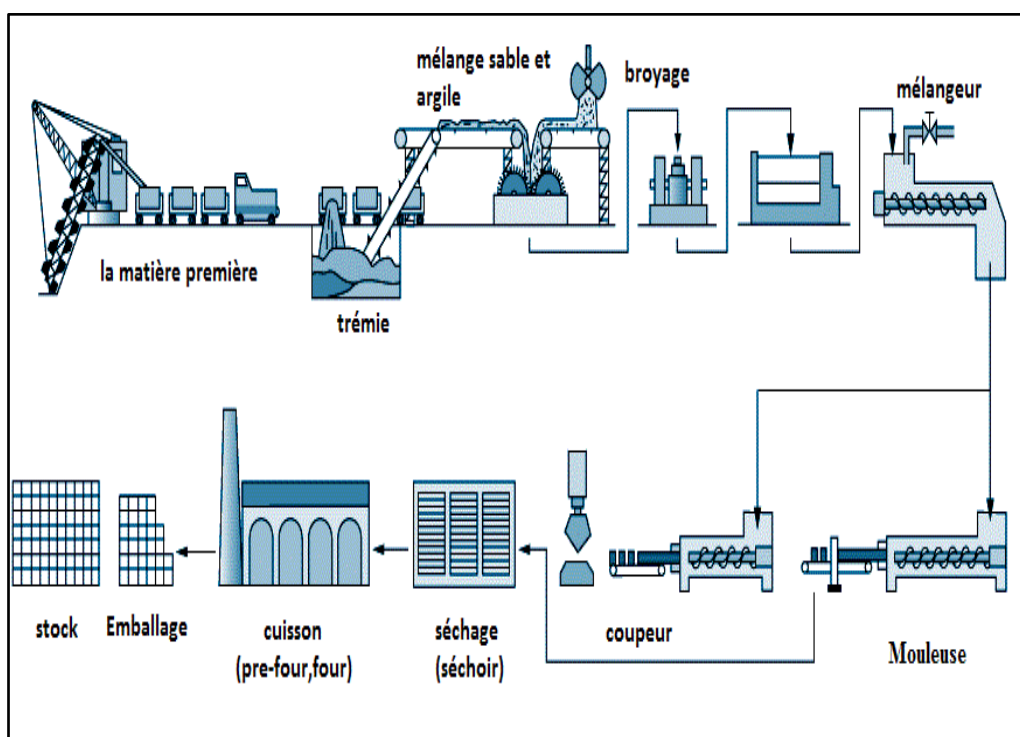


Figure.II.1 Schéma explicatif du cycle de la fabrication de brique [4]

II.2. L'extraction des matières premières

II.2.1 Matériaux extraits

La matière première naturelle de la brique de terre cuite est l'argile. Il faut entendre 'argile' au sens large et considérer également les terres limoneuses et schisteuses, matières premières de même composition minéralogique que l'argile, l'argile est extraite dans des argilières situées en zone d'extraction, l'argile est omniprésente dans le sous-sol et ses propriétés diffèrent en fonction de l'origine géologique.

Un type d'argile est extraire et utiliser dans de la fabrication argile rouge.



Figure.II.2 Les matières premières (argiles rouge)

II.2.2. L'extraction

C'est exploitation d'une carrière à ciel ouvert a paramètre important. L'extraction se fait par un seul gradin de 03 mètres de hauteur a un seul bord (l'exploitation du sommet vers le bas). Cette opération se faisait par le décapage par bulldozer de la couverture sur 0.3- 0.5 m et le creusement et chargement par une pelle mécanique sur une profondeur de 03 m.

Le matériels d'extraction utilisés sont les pelles mécaniques, les excavateurs, les draglines, les scrapers, les bulldozers, les pelles chargeuses et la raboteuse à schiste ; Le choix du matériel d'extraction dépend de la nature du gisement [3].



Figure.II.3. Photo montrant l'extraction des argiles à l'aide de la pelle hydraulique (carrière d'Adrar nord).

II.3 La préparation

La préparation comprend deux opérations principales : le broyage, Dés agrégateur et le malaxage d'une part, le dosage et le mélange des matières premières d'autre part, le but est d'obtenir une masse argileuse bien homogène et malléable qui sera facilement transformée en produit fini [3].

▪ Dés agrégateur

C'est une machine à deux cylindres de rotation opposés, lisse et a coteau (Figure.II.2). Il joue le même rôle que la Brise-motte, la différence est dans le diamètre de braisage.



Figure.II.4 Photo montrant Dés agrégateur (briqueterie tamadnine Adrar).

▪ **Broyage et malaxage**

Ces opérations ont pour but de rendre la masse d'argile homogène et de lui conférer la plasticité nécessaire au moulage des briques, cette opération a également pour but de réduire les inclusions solides éventuellement-présentes dans l'argile, pouvant influencer négativement la structure du produit en terre cuite.

La matière première doit être mélangée de fréquence de (80% ou 85%) d'argile brisée et (15% ou 20%) sable pour obtenir une qualité optimale de la matière première sous un contrôle permanent [3].



Figure.II.5. Photo montrant le broyeur et mélangeur (briqueterie tamadnine Adrar).

Après préparation mécanique l'argile est transférée dans des bandes transporteuses à un hangar (surface couverte).



Figure II.6. Stockage du produit fini (briqueterie tamadnine Adrar). .

II.4. Le façonnage (Mouleuse, coupeur)

Le mélange est repris par un excavateur à godets (la drague) et dirigé vers une trémie de dosage pour l'alimentation la pâte est extrudée au travers une filière au profil de la brique désirée, de la trémie de stockage, le mélange est dirigé vers un mouilleur mélangeur permettant une bonne humidification avant le procédé final.

Le mélange est ensuite acheminé vers un broyeur à cylindres finisseur, ce dernier lamine très finement l'argile en éliminant les grains pouvant encore subsister avec un broyage final bien contrôlé aux environs de 2 à 3 mm à la sortie du broyeur finisseur, on obtient une pâte homogène et plastique apte au façonnage, celle-ci est dirigée vers le groupe d'étirage, le groupe d'étirage est composé d'un alimentateur malaxeur et d'une mouleuse, l'alimentateur malaxeur permet d'affiner l'humidification de la pâte avant de la propulser dans la mouleuse [3].

- **Malaxeur**

C'est un appareil qui sert à malaxer l'argile avec l'eau (le débit de l'eau est très élevé par rapport au mouilleur), le malaxeur est constitué de deux cylindres à plusieurs pales qui sert à propulser l'argile moue vers la Mouleuse

- **Mouleuse**

C'est une Machine qui fait sortir le mélange dans un moule sous forme de brique (le moule est réglable selon la demande) Elle est constituée d'un arbre hélicoïdal qui tourne dans une chambre compacte afin de pousser le mélange vers la filière à la sortie(Figure.II.7).

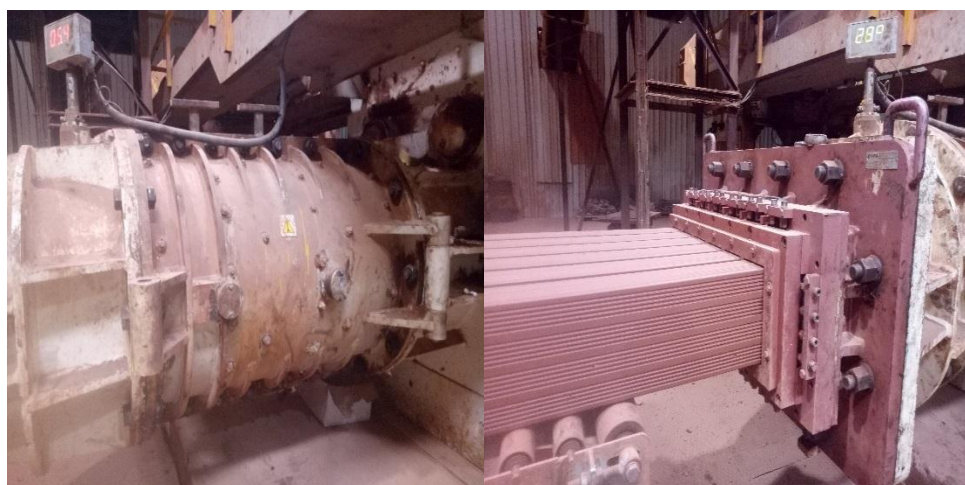


Figure II.7 Photo montrant La mouleuse (briqueterie tamadnine Adrar).

- **Coupeur**

Il coupe les briques avec une lame, qui se déplace en haut et en bas a un délai précis, commander par un système mécanique et un moteur a frein dans le but de détache le brique de la Mouleuse et donner des morceaux égaux.

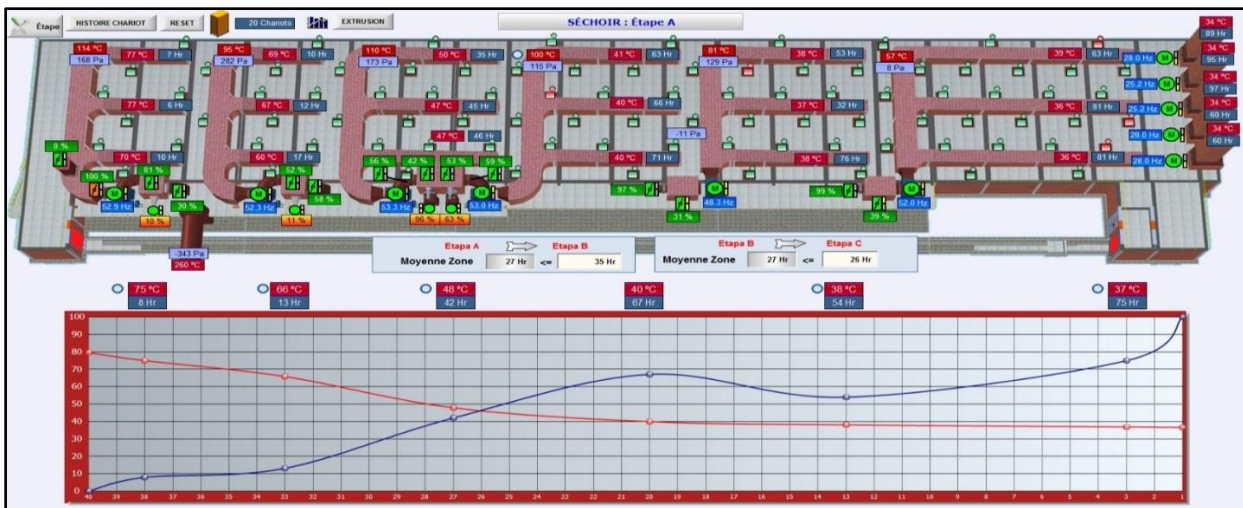


Figure.II.8 Photo montrant Coupeur (briqueterie tamadnine Adrar).

II.5. Le séchage (séchoir)

Le séchage est une étape importante qui doit être très bien contrôlée afin d'éviter que la brique ne se fissure et devienne donc inutilisable. Il faut retirer les 15 à 30% d'eau qu'il reste dans le produit par rapport à sa masse sèche, pour cela, il est nécessaire de bien coupler vitesse de séchage, température et humidité [4].

On commence par retirer l'eau colloïdale, qui est l'eau séparant les micelles d'argile. Cette eau intervient dans la plasticité du produit, ensuite, on s'attelle à retirer l'eau dite d'interposition. Cela crée de la porosité et l'argile perd alors complètement sa plasticité.



Figur.II.9 Schéma générale de séchoir et gestion des courbe Température et humidité (briqueterie tamadnine Adrar).

Après cette phase, il restera tout de même 1 à 2% d'eau résiduelle dans le produit final.



Figure.II.10. Photo montrant Séchoir (briqueterie tamadnine Adrar).

- **Manutention automatique des produits**

La manutention des produits au chargement et déchargement du séchoir est entièrement automatique au moyen des wagons.



Figure.II.11. Photo montrant Chargement des briques (briqueterie tamadnine Adrar).

II.6. La cuisson (pré-four, four)

C'est la dernière étape que doit subir la brique d'argile façonnée et séchée, avant de pouvoir devenir une brique de terre cuite proprement dit, c'est une phase d'une grande importance qui doit se dérouler très progressivement, la température de cuisson est comprise généralement entre 800 et 1200°C en fonction du type d'argile. Dans le cas pratique de la briqueterie, la température de cuisson est de l'ordre de 845°C suivant une courbe d'étalonnage (Figure.II.12) [3].

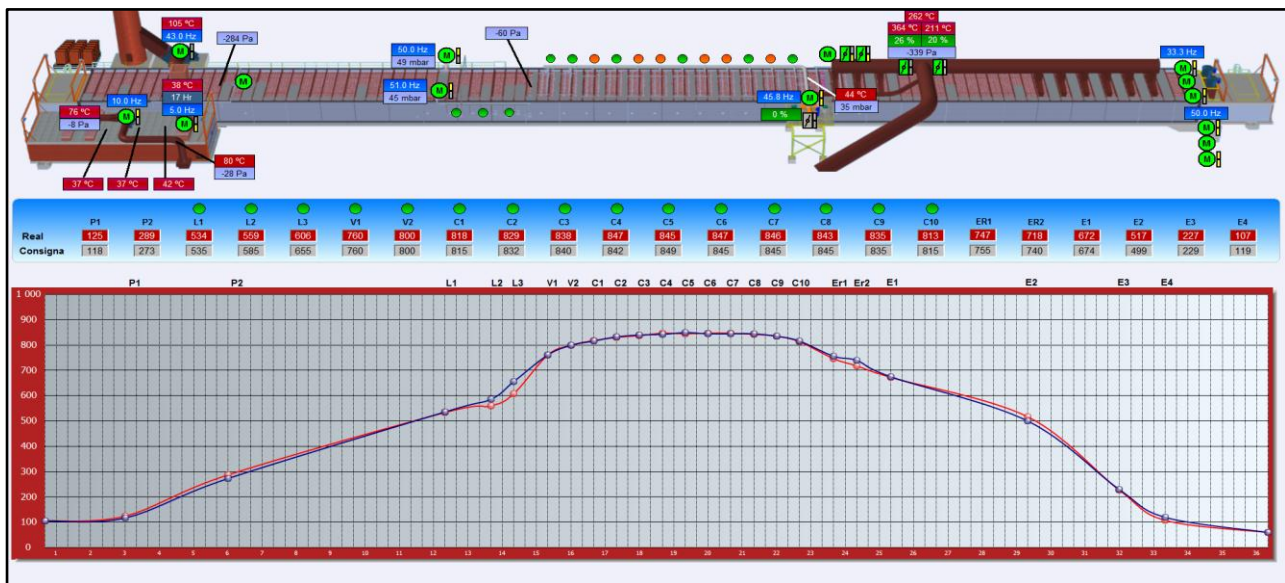


Figure.II.12. Schéma générale de four et gestion des courbe Température (briqueterie tamadnine Adrar).

La cuisson s'effectue dans un four dont les principales caractéristiques sont :

- ✚ Longueur de wagons 5.30 m ;
- ✚ Nombre de wagons dans le pré four 3 ;
- ✚ Nombre de wagons dans le four 37 ;
- ✚ Nombre total de wagons de l'usine 58 ;
- ✚ Température de cuisson : environ 845°C.

Principes généraux de fonctionnement du four

- **Pré four**

Préparant la cuisson en échauffant les produits et en éliminant l'eau résiduelle. Epuisse les fumées.

- **Brassage basse température**

Homogénéisation dans la hauteur de l'empilage, progressivité des températures.

- **Refroidissement**

Le produit est soumis à un refroidissement progressif afin d'éviter toute fissure sur les pièces due à un changement brusque de la température à la sortie du four.

- ✓ Un refroidissement rapide à l'arrière du feu ;
- ✓ Récupération de l'air répartie sur tout l'arrière ;
- ✓ Suppression permettant une meilleure homogénéisation des températures et évitant les rentrées d'air sous les wagons.

II.7. Emballage

Après la cuisson, les briques sont prêtes à être transportées ou livrées sur les chantiers. Pour des raisons de facilité et de sécurité, elles sont préalablement empilées sur des palettes et emballées de façon à minimiser la quantité d'emballage utilisé.

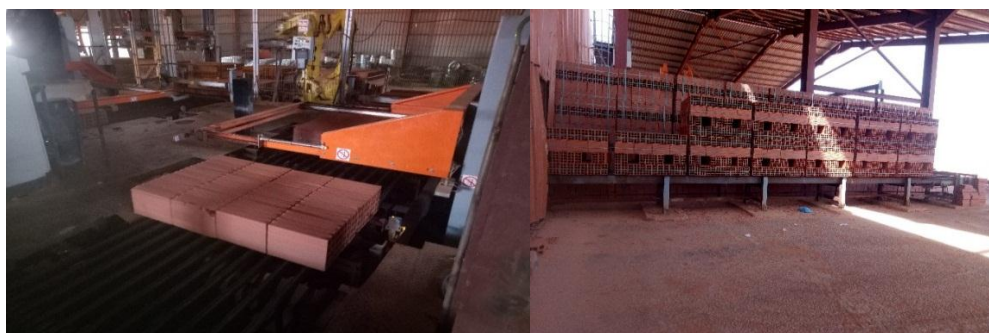


Figure II.13. Photo montrant de Briques prêt (briqueterie tamadnine Adrar).

Conclusion

La préparation des argiles présente une grande importance pour les opérations de fabrications des matériaux en terre cuite c.-à-d. les argiles extraites des carrières ne peuvent être utilisé telles que pour former une pate propre à la fabrication et doivent être travaillées et passer par différents stades : Élimination des impuretés, Émottage de l'argile, formation des mélanges, homogénéisation et humidification et régularisation des débits.

Chapitre III

Les méthodes d'analyse des matières premières et produits finis

Introduction

Dans les briqueteries, on trouve que l'argile est l'élément principal comme une matière brute et naturelle qui entre dans la fabrication de briques. Les caractéristiques des constituants minéralogiques de l'argile employée représentent les points essentiels qui définissent les qualités physiques et mécaniques des briques produites.

Dans ce chapitre, nous allons étudier les caractéristiques minéralogiques des matières premières, cette caractérisation possède une analyse minéralogique par diffraction des rayons X (DRX) et analyse chimique (Méthodes Classiques), La mesure par fluorescence X (FX), Analyse granulométrique, Les Masses Volumiques, La porosité, le pH, en suite nous allons étaler le principe des méthodes utilisé dans la détermination des caractéristiques mécaniques études, à savoir compression et flexion.

III.1. Analyse granulométrique

La granulométrie est la distribution par dimension des grains d'un granulent. Elle permet de déterminer les caractéristiques géométriques des différentes familles des granulats.

L'analyse granulométrique consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis. Cet essai est régi par la norme iso 3310-1 :2000.

Les courbes granulométriques des différents granulats peuvent être déterminées par les résultats de l'essai de l'analyse granulométrique [5].

III.1.1. But de l'essai

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains, en utilisant généralement les tamis 0.063, 0.125, 0.250, 0.500, 1, 2 et 4mm.



Figure III.1 Tamiseuse (laboratoire génie des procédés université Bejaia).

III.2. Analyse chimique (Méthodes Classiques)

L'analyse élémentaire représente la détermination des éléments chimiques et en quelles quantités se sont réunis pour former une matière ou d'une substance donnée. La quantité des différents éléments présents est généralement exprimée sous la forme de pourcentage.

Les analyses chimiques pour chaque Composant de la matière première été réalisées au niveau du laboratoire STG (cimenterie de Adrar).

III.2.1. Les modes opératoires

Les matériaux de base utilisés, sont le sable et l'argile.

On prépare la mise en solution

- ✚ Mettre 0.5000 g d'argile et de sable (dans une creuse en platine) ;
- ✚ 3g de Na_2CO_3 dans le sable et 2g de Na_2CO_3 dans l'argile ;
- ✚ Mettre les mélanges dans le four à 960 °C pendant 10min ;
- ✚ Une fois sorti du four, ajouter une quantité de l'eau distillée ;
- ✚ Verser les solutions dans un plat, ajoutez 10ml de HCl concentré et 3 gouttes de HNO_3 dans un bain marie ;



Figure III.2 Un bain marie (laboratoire STG cimenterie d'Adrar).

- + Ajouter 1 g de NH_4Cl ;
- + Filtrer les échantillons à l'aide d'un papier filtre ;
- + Après cette étape on titre les solutions obtenues ;



Figure III.3 La filtration (laboratoire STG cimenterie d'Adrar).

- + Remplir la fiole avec l'eau distillée jusqu'on le tré de jauge ;
- + Passer à l'agitation de 15 à 20 fois.

III.2.1.1. La chaux (CaO)

Pour connaître la quantité ou bien le pourcentage de chaux(CaO)dans chaque échantillon ont sont les étapes suivantes :

- ✓ On prend 25ml d'échantillon dans un bécher de 300ml avec une pipette graduée ;
- ✓ On ajoute l'eau distillée jusqu'à 200ml ;
- ✓ On verse dans le bécher 5ml de triéthanolamine et 20ml de KOH + l'indicateur colore (rouge brique) ;
- ✓ On titre avec solution d'EDTA ($C=0.015\text{mol/l}$) jusqu'on le changement de la couleur (vert à orange clair) ;
- ✓ On prend le volume d'EDTA et on calcule le pourcentage CaO .

$$\% \text{CaO} = \frac{V(\text{EDTA}) \cdot T(\text{CaO})}{m(\text{matière})}, \text{ avec } T_{\text{cao}} = 0.8673.$$

III.2.1.2 Oxyde de magnésium (MgO)

- ✓ 25ml d'échantillon dans un bécher de 300ml ;
- ✓ On ajoute l'eau distillée jusqu'à 200ml ;
- ✓ On ajoute 1ml de potassium tartrate ;
- ✓ Et puis 5ml de triethanolamine ;
- ✓ 20ml de solution d'ammoniac ;
- ✓ On ajoute indicateur colore KB(vert) ;
- ✓ On titre avec l'EDTA, on remarque un changement de couleur marron clair vers la couleur bleu ;

$$\%MgO = \frac{(V2-V1)*TMgO}{m(\text{matière})} \text{ avec } TMgO = 0.6234.$$

III.2.1.3 Oxyde de fer (Fe₂O₃)

- ✓ On verse 25ml d'échantillon dans un bécher de 250ml, on complète le bécher avec l'eau distille jusqu'à 100ml ;
- ✓ On ajoute 10 gouttes de sodium sulfocalicylate (la couleur devient mauve) plus des gouttes d'ammoniac 1 :1 (jusqu'à le changement de couleur vers l'orange) plus quelques gouttes d'acide hydrochlorique (HCl) (la couleur devient mauve) puis on ajoute 5 gouttes pour la fixation ;
- ✓ On met le bécher sur un chauffage à la température de 70°C ;
- ✓ On titre avec la solution d'EDTA (la couleur devient transparente) ;
- ✓ On prend le volume d'EDTA et on calcule le pourcentage.

$$\%Fe_2O_3 = \frac{VEDTA * TFe_2O_3}{m(\text{matière})}; \text{ avec } T = 1.2347.$$

III.2.1.4 Oxyde d'aluminium (Al₂O₃)

- ✓ Dans le même bécher précédent (Fe₂O₃) ;
- ✓ On ajoute 15 degré de solution (20 degré dans l'argile) plus 15ml de solution tampon ph=4.3 ;
- ✓ On complète avec l'eau distillé jusqu'à 200ml et 15 gouttes de PAN ;
- ✓ On met la solution sur le chauffeur jusqu'à la température 100°C ;
- ✓ On titre avec CuSO₄ jusqu'à le changement de couleur (devient mauve).

$$\%Al_2O_3(\text{sable}) = \frac{(15 - VCuSO_4 * K) * TAl_2O_3}{m(\text{sable})};$$

$$\%Al_2O_3 \text{ (argile)} = \frac{(20 - VCuSO_4 * K) * TAl_2O_3}{m(\text{argile})}; \quad \text{Avec } T=0.7885 \text{ et } K=1.000.$$

III.2.1.5. Dioxyde de silicium (SiO₂)

Pour connaître le pourcentage de SiO₂, après la filtration des solutions

- ✓ On pèse les creuse en porcelaine vide ;
- ✓ Met les papiers filtrée qui contient une petite quantité d'échantillon dans cet creuse ;
- ✓ On met les creuse (avec les papiers filtrée) dans le chauffeurl pendant 30min et après dans le four pendant 30min ;
- ✓ On met les creuse en porcelaine à l'intérieur de refroidisseur et on pèse les.

$$\%SiO_2 = \frac{m_c - m_{\text{vide}}}{m(\text{matériau})} * 100.$$

III.2.1.6. Chlore (Cl)

- ✓ Pèser l'échantillons (argile 0.1 g, sable 0.05g) ;
- ✓ Mettre l'échantillons dans le tube ;
- ✓ Ajouter 5 goutte de H₂O₂ et 5 ml et de H₂PO₂ ;

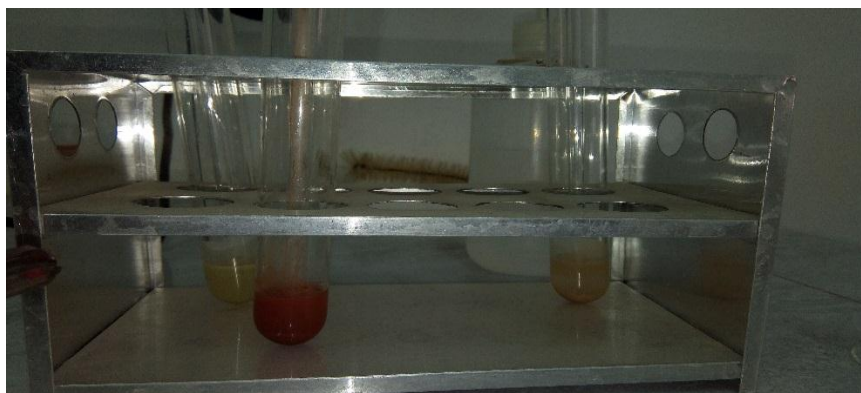


Figure III.4. L'argile et sable dans des fioles (laboratoire STG cimenterie d'Adrar).

- ✓ Mettre dans une fiole 3 ml d'eau pure ;
- ✓ Entrer dans une fiole le tube de distillation ;
- ✓ On met le tube qui contient l'échantillons dans un détecteur de Cl⁻ pendant 10 min à 255 °C dans le four ;
- ✓ Après on nettoie le tuyau par le C₂H₅OH ;
- ✓ Ajoute les solutions suivantes ;

- ❖ 1 ou 2 goutte de bromophenolblue jusqu' on le changement de la couleur vers jaune ;
- ❖ 2 ou 3 gouttes de Na₂OH jusqu'à le changement de la couleur en bleu ;
- ❖ 1 ou 2 gouttes de HNO₃ jusqu' à le changement de la couleur en jaune ;
- ❖ 10 gouttes de diphenylcarbazonne.



Figure III.5. Les solutions Bromophenolblue Na₂OH HNO₃ diphenylcarbazonne (laboratoire STG cimenterie d'Adrar).

- ✓ Après le titrage avec le Hg(NO₃)₂ jusqu' on le changement de la couleur en violet pour calculer la %Cl ;

$$\%Cl = \frac{(V_1 - V_0) \cdot TCl}{m(\text{matière})} * 0.1 TCl = 0.0689$$

Vo : volume de Hg(NO₃)₂ témoin ;

V1 : volume de Hg(NO₃)₂ l'échantillons.

III.2.1.7. Oxyde de potassium(K₂O) et oxyde de sodium (Na₂O₃)

Préparation de la mise en solution

- ✓ Dans un creuse en platine, nous pesons (argile=0.2g et sable =0.1g) d'échantillon ;
- ✓ Ajouter 5 à 7 ml de HF ;
- ✓ Ajouter 15 à 20 gouttes de H₂SO₄ ;
- ✓ Mettre le mélange sur le chauffeur jusqu'à la solution sèche complètement.
- ✓ Ajouter 40 à 50ml d'eau distillée chaude ;
- ✓ Ajouter une goutte de méthyle rouge, puis 4 gouttes de ammonie (1,1), jusqu'à la couleur change de violet au jaune ;
- ✓ Ajouter 10ml de l'ammonium carbonate ;
- ✓ On met dans le chauffeur pendant 20 à 30 min ;
- ✓ Mettre la solution dans une fiole de 100ml, puis on ajoute 2 gouttes du HCl 1.1 ;

- ✓ Mettre les fioles dans l'appareil de mesure et noter la valeur de K_2O et Na_2O .



Figure III.6. Appareil de mesure le K_2O et Na_2O (laboratoire STG cimenterie d'Adrar).

III.3. La mesure par fluorescence X (XRF)

La spectrométrie par fluorescence X est une technique d'analyse élémentaire non destructive permettant d'identifier et de doser un ou plusieurs éléments chimiques.

Cette méthode autorise la mesure d'échantillons très variés comme les alliages métalliques, les roches ou encore les biens culturels (peintures, céramiques, fresques, sculptures...)

Le principe de cette méthode consiste à bombarder la matière à analyser par un faisceau de rayons X, ce qui aboutit à une émission secondaire des rayons X. On obtient donc un spectre de rayons X émis qui présente les pics caractéristiques des différents éléments existant dans l'échantillon [5].

III.4. Les Masses Volumiques

La masse volumique est une grandeur physique qui caractérise la masse d'un matériau par unité de volume.

III.4.1. La masse volumique absolue

La masse volumique c'est la masse de l'unité de volume absolue du corps c'est-à-dire de la matière qui constitue le corps, sans tenir compte du volume du vide [7].

III.4.1.1. Mode opératoire

- On remplit l'éprouvette d'un volume d'eau de $V_1 = 200$ ml ;
- On pèse 10g de matière première (argile) ;
- On introduit une quantité de la masse dans l'éprouvette, jusqu'à le niveau du liquide soit de la partie utile de la graduation, et on lit la lecture du volume V_2 .

III.4.1.2. Equipements utilisés

- Une éprouvette graduée ;
- Une balance ;
- Eau.

III.5 Absorption d'eau, masse volumique apparente et porosité

L'absorption d'eau est déterminée par immersion d'une éprouvette de brique dans l'eau jusqu'à masse constante. Cette dernière est considérée comme constante lorsque deux pesées successives à 24 heures d'intervalle donnent une différence inférieure à 0,1 %

La masse volumique apparente et la porosité ouverte des échantillons sont déterminées par pesée hydrostatique en utilisant le dispositif montré sur la Figure IV.14. Chaque échantillon est pesé à l'air et dans l'eau. Les échantillons sont d'abord séchés dans l'étuve à une température de 105°C jusqu'à ce que le poids soit constant. Des pesées à l'état sec dans l'air ont été prises. Ces échantillons sont immergés dans l'eau jusqu'à saturation complète. des pesées hydrostatiques en état saturé immergé sont réalisées puis elles sont suivies d'une pesée en état saturé à l'air[4].

L'absorption d'eau par immersion est le résultat des mouvements capillaires dans pores de la brique qui sont ouverts sur le milieu ambiant. L'absorption d'eau donne une image

sur la porosité. Elle est donc utilisée comme un des indicateurs importants de la qualité de la brique

L'absorption d'eau, la masse volumique apparente et la porosité ouverte (porosité accessible à l'eau) ont été évaluées en effectuant les calculs suivants [4] ;

$$A\% = \frac{(Mh - Ms)}{Ms} * 100$$

$$\rho_{va} = \frac{Ms}{Mh - Me} * \rho_e$$

$$P\% = \frac{Mh - Ms}{Mh - Me} * 100$$

A : Absorption d'eau ;

Ms : masse sèche dans l'air ;

Mh ; Masse sature dans l'air ;

Me ; Masse de l'échantillon immergé dans l'eau

III.5.1 Absorption d'eau

III.5.1.1 Mode opératoire

1. On pèse les briques pour chaque pourcentage d'ajout ;
2. On met les briques dans un bassin d'eau, et les laisser pendant 24h ;
3. Après 48h on pèse encore les briques, et on calcule le coefficient d'absorption d'eau.

III.6 Mesure de pH

Le pH (potentiel Hydrogène) permet d'évaluer la concentration de l'ion hydrogène dans une solution. Cette grandeur chimique mesure le caractère acide ou basique d'une solution aqueuse. Plus la solution est acide, plus la valeur du pH est faible et inversement [2].

Le pH se mesure sur une échelle (graduée de 1 en 1) qui va, par convention, de 0 à 14.

III.7 Essai au Bleu méthylène

L'essai au bleu de méthylène permet de faire la distinction entre les différents types d'argiles contenues dans un sol ; le bleu de méthylène étant absorbé préférentiellement par :

Les argiles du types Montmorillonites (argiles gonflantes) et les matières organiques, les autres Argiles (Illites et Kaolinites) sont peu sensibles au bleu.

L'essai a pour but de révéler la présence de fines particules de nature argileuse et d'en déterminer la concentration [7].

On peut déterminer la valeur de bleu de méthylène selon l'absorbance et la turbidité :

Donc si le rapport des valeurs de bleu à la tâche est :

≤ 2 : Absence de kaolinite.

< 2 : Apparition de l'argile gonflante.

> 7 : Présence que de montmorillonite.

III.7.1 Principe de l'essai

Le principe de cette méthode consiste à contrôler l'adsorption du bleu de méthylène injecté dans un bain aqueux contenant la prise d'essai, en observant le comportement d'une goutte de suspension déposée sur une feuille de papier filtre.

La tâche formée se compose d'un dépôt central du matériau, coloré d'un bleu soutenu, entouré d'une zone humide incolore. L'excès de bleu de méthylène se traduit par la formation d'une auréole bleu clair persistante autour du dépôt central.

III.7.2 Appareillage

Une burette.

Une tige de verre.

Un bécher de 1L ou 2L.

Un agitateur à ailettes : il est capable d'une vitesse de rotation contrôlée pouvant atteindre 600 tr/min avec une balance.

Un chronomètre.

Papier filtre ;

III.7.3 Mode opératoire

- On prélève une masse $M=30g$ d'un échantillon d'argile.
- Mettre en suspension dans 500 ml d'eau distillée.
- On le met dans un bicher (environ 5min), pour agitation à une vitesse de 600 tr/min jusqu'à la disparition visuelle de tout agglomérat de particules dans la suspension et de toute accumulation sur les parois.

- On remplit la burette avec le bleu de méthylène.
- Pendant toute la durée du dosage maintenir l'agitation à une vitesse de 400 tr/min.
- Introduire dans la suspension 5ml de solution de bleu de méthylène, et on va attendre 2 minute.
- A l'aide d'une baguette en verre on extrait une goutte de mélange, on la pose dans le papier-filtre, et elle doit former un dépôt central compris entre 8 et 12mm de diamètre.
- On procède à des injections successives, on ajoute 5ml pendant chaque 5 min ; les tests'achèvent quand l'auréole périphérique bleu clair persiste autours de la zone humide de la tâche.
- Après deux minutes (2min), on prend une goutte pour confirmer la saturation.

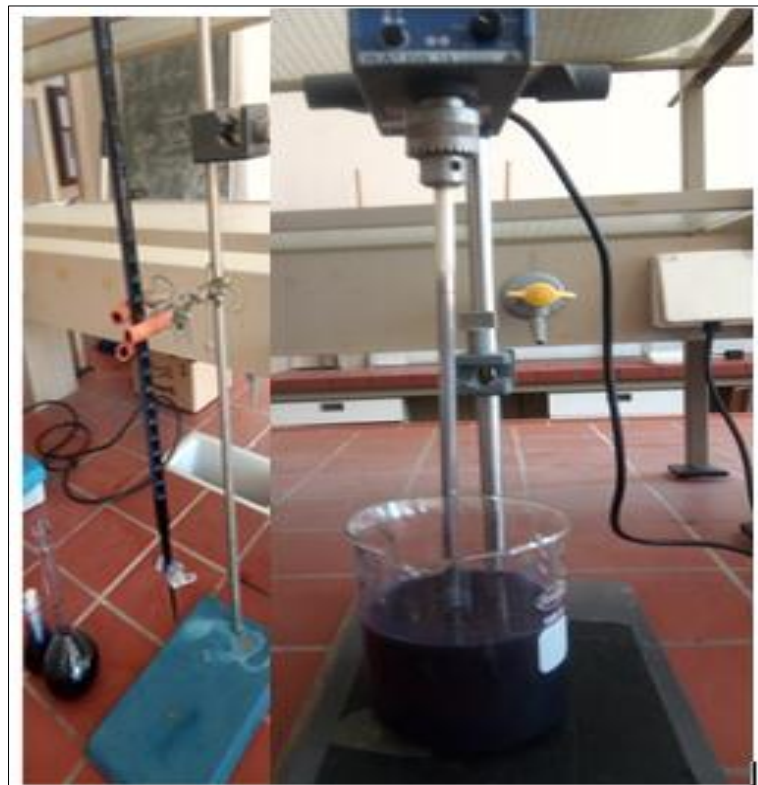


Figure III.7 Dispositif de bleu de méthylène (laboratoire génie chimie université Bejaia).

III.8. Diffraction des rayons X (DRX)

L'analyse minéralogique des argiles a été faite à l'aide de la diffraction des rayons X (DRX). Cette technique permet d'identifier les phases cristallines présentes dans l'argile et de

déterminer les paramètres de maille associés. Ces applications sont possibles grâce à l'interférence des rayons X avec la matière [7].



Figure III.8 Appareil Diffraction des rayons X (DRX)

III.9. Analyse par Spectrométrie Infrarouge a Transformé de Fourier

L'absorption du rayonnement infrarouge (IR) résulte du changement des états vibrationnels et rotationnels de liaisons moléculaires. Elle permet de révéler la présence de groupements atomiques spécifiques dans une phase donnée. C'est donc un excellent moyen de détection des composés organiques et des structures minérales (Dean, 1995). Pour effectuer une analyse de spectrométrie infrarouge, on peut utiliser le mode ATR (Attenuated Total Réflectance) ou le mode transmittance. Le mode ATR est utilisé pour le suivi de la consolidation des matériaux. Cette expérience consiste à poser l'échantillon à analyser sur le cristal en diamant du module ATR. L'intérêt de cette technique est que l'échantillon peut se trouver sous forme liquide ou solide [10].

III.10 Préparation des échantillons des briques

III.10.1 La préparation de la pâte d'argile

Pour préparer la pâte d'argile, on doit passer par plusieurs étapes essentielles qui sont les suivantes :

- Etuver l'argile : dans cette étape en faisant passer l'argile dans une étuve de 105°C et cela jusqu'à la stabilisation de poids où cette étape durera 24 heures. Le taux d'humidité mesuré sur l'argile est de l'ordre 9%.

- Concassage de l'argile : L'argile est passée par un concasseur à mâchoire dont le but est d'obtenir un diamètre maximal 2mm (c'est-à-dire l'ouverture est 2mm)
- Broyage : C'est une opération qui consiste à réduire les dimensions des grains de la matière première à une granularité assez fine pour atteindre quelques micromètres de diamètre [5].



Figure III.9 Broyeur d'un calibre de 1mm.

- Préparer les quatre variantes : on fait peser le mélange de l'argile et le sable, pour chaque variante le pourcentage de mélange sera comme suite, la première variante (10% du sable et 90% d'argile), la deuxième variante (15% du sable et 85% d'argile), la troisième variante (20% du sable 80% d'argile) et la quatrième et la dernière variante (100% d'argile), et tout celles-ci se fait à l'aide d'un malaxeur.
- Préparation de mortier : on ajoute l'eau à chaque mélange d'argile et du sable, la quantité d'eau à ajouter doit être bien choisir pour avoir une bonne pâte, par exemple pour la variante de 100% d'argile on ajoute 210ml d'eau pour 500g de mélange, et pour les autres variantes on ajoute 180ml d'eau pour 500g [2].
- Avant de commencer la préparation des échantillons, il est prérequis de fabriquer le moule à utiliser, et pour cela, on a utilisé les machines de fabrication mécanique existantes dans le hall de technologie de l'université de Bejaia. Les moule sont de forme parallélépipède avec des dimensions $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$;



Figure III.10 Les machines pour la fabrication des moules (fraiseuse, perceuse a colonne, scie automatique, meule) (laboratoire génie mécanique université Bejaia).



Figure III.11 Le moule 4*4*16 (laboratoire génie mécanique université Bejaia).

- On met le mortier préparé auparavant dans les moules en appliquant une pression là-dessus avec un compresseur pour échapper l'air et l'eau.



Figure III.12 Compresseur manuelle laboratoire génie civil université Bejaia).

- Retirer les briques crues de moules, et pour les sécher en exposant les pièces de briques à l'air libre pendant 2 jours au minimum.



Figure.III.13 Briques crues laboratoire génie civil université Bejaia).

- L'avant dernière étape est de mettre les briques après le séchage à l'étuve pendant 48 heures pour éliminer toutes sortes d'humidité.
- Dernièrement, on met les briques après le séchage dans le four pour les faire cuire pendant 5 heures à une température qui se croit progressivement de 0°C jusqu'à 900 °C. ensuite elle vient la phase de refroidissent graduel, en les exposant l'air libre et dans un endroit de température ambiante [8].

III.10. Les essais mécaniques

III.10.1. L'essai de flexion

L'essai de flexion est un essai mécanique utilisé pour tester la résistance en flexion. Appelée aussi l'essai de flexion 3 points qui permet également de mesurer la résistance à la rupture d'un matériau. L'essai consiste à soumettre le plan d'une éprouvette de dimensions (16×4×4) cm à une charge uniforme au moyen d'un vérin doté d'indicateurs de charge (capteurs de force) pour la lecture des forces appliquées [6].

Nous appliquons une charge F progressive sur la face supérieure de notre échantillon jusqu'à la rupture du prisme afin d'obtenir la charge de rupture à partir de laquelle on peut calculer la résistance à la flexion à l'aide de la formule [1] :

$$R_f = \frac{1.5 * F * l * p}{H^3} [1]$$

R_f : est la résistance à la flexion ;

F : est la force appliquée en N ;

P : Longueur qui sépare les deux appuis égale à 100mm ;

H : Côte de l'éprouvette est égale à 40mm.

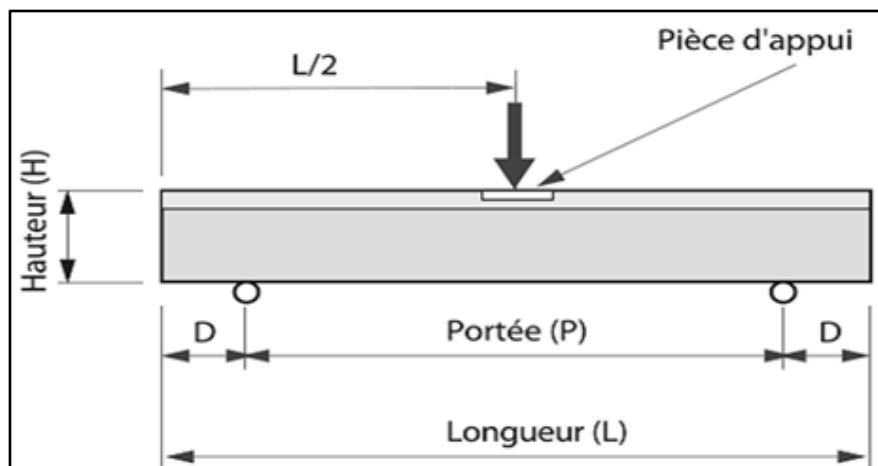


Figure III.14 Essai de flexion [4]



Figure III.15 Appareil de la résistance à la flexion (laboratoire génie civil université Tizi ouzou).

Le but de l'essai est la détermination de la résistance à la flexion sous l'action des forces appliquées perpendiculaire au plan de l'éprouvette. La rupture de chaque éprouvette en flexion est effectuée en augmentant progressivement la charge appliquée.

III.10.2. L'essai de compression

L'essai de compression consiste à soumettre les demi-échantillons obtenus après la rupture à la flexion, placés entre les plateaux d'une presse, à deux forces axiales opposées, l'un de ces plateaux est fixe l'autre est mobile, à vitesse constante le plateau mobile vient comprimer l'éprouvette, l'effort et la contrainte augmentent jusqu'à la rupture ; l'ordinateur enregistre la valeur de la résistance à la compression de l'éprouvette [6].

Pour un seul prisme de brique, on obtient deux valeurs de résistance à la compression, donc on fait la moyenne des deux demi-échantillons.

Nous appliquons une charge de compression F progressivement sur une section de $S=40 \times 40$ mm jusqu'à la rupture tout en prenant soin de noter la valeur mesurée pour calculer la résistance à la compression à partir de la formule [10] :

$$R_C = \frac{F_C}{S} [10]$$

RC : Résistance à la compression exprimée en MPa.

FC : Charge maximale supportée par l'éprouvette en N.

S : la section transversale de l'éprouvette mm².

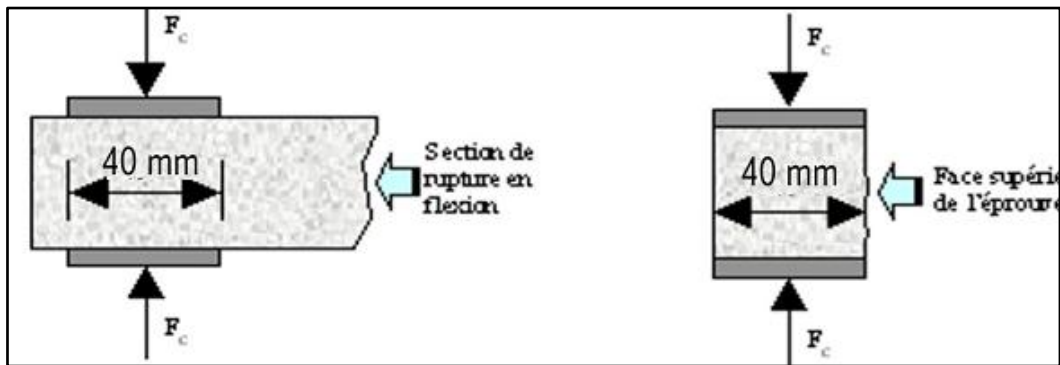


Figure III.16 Essai de compression [2]



Figure III.17 Appareil de la résistance à la compression (laboratoire génie civil université Tizi ouzou).

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé d'identifier les méthodes d'analyses physico-chimiques de la matière première, et l'analyse mécanique du produit fini (brique), et nous avons aussi présenté le mode d'opérateur de chacune de ces méthodes d'analyses.

Nous avons constaté que ces méthodes nous permettent de définir les différentes propriétés propres des matières premières, et tout cela est bien avant les processus de fabrication des briques. A la fin nous avons préparé les moyens de moulage, les moules bien après les pâtes des quatre variantes et les faire cuire.

Chapitre IV

Résultats et interprétation

Introduction

Dans ce dernier chapitre, nous allons présenter les résultats obtenus par les différentes méthodes d'analyse employées pour déterminer les principales caractéristiques de la matière première (Argile et Sable) étudiées et les produits finis (Briques), et par la suite nous allons entamer la discussion et l'interprétation de nos résultats.

IV.1 Résultats de l'analyse granulométrique

On calcule pour chaque échantillon (argile, sable)

- Le rendement pondéral 'b (%)' $b = (P_i * 100) / \sum P_i$
- Les Rendement cumulatif du refus 'gr (%)' $gr = (b_i + (b_{i+1}) + \dots + (b_{i+n}))$
- Les Rendement cumulatif du tamisât 'gt (%)' $gt = 100 - gr$

La caractérisation de la granulométrie d'un matériau se fait à l'aide de 2 coefficients.

Coefficient d'uniformité

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$Cu > 2 \rightarrow$ granulométrie étalée.

$Cu < 2 \rightarrow$ granulométrie uniforme ou serrée.

Coefficient de courbure

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}}$$

$1 < Cc < 3 \rightarrow$ matériau bien gradué (la continuité est bien répartie).

$Cc < 1$ ou $Cc > 3 \rightarrow$ matériau mal gradué (la continuité est mal répartie).

Matériau bien gradués \rightarrow matériaux plus denses

IV.1.1 Résultats de l'analyse granulométrique de l'argile

Les résultats de l'analyse granulométrique de l'argiles sont représentés dans le tableau et figure suivante

Tableau IV.1 analyse granulométrique d'Argile

Diamètres de tamis	Poids de refus	Rendement pondéral	Rendement cumulatif du refus	Rendement cumulatif du tamisât
D (mm)	Pi(g)	bi (%)	gr (%)	gt (%)
4	37.2	3.72	3.72	96.28
2	208.3	20.83	24.55	75.45
1	250.2	25.02	49.57	50.43
0.5	172.9	17.29	66.86	33.14
0.25	128.6	12.86	79.72	20.28
0.125	88.2	8.82	88.54	11.46
0.063	59.6	6	94.54	5.46
<0.063	54.3	5.43	99.97	0.03
Total	999.3	100	/	/

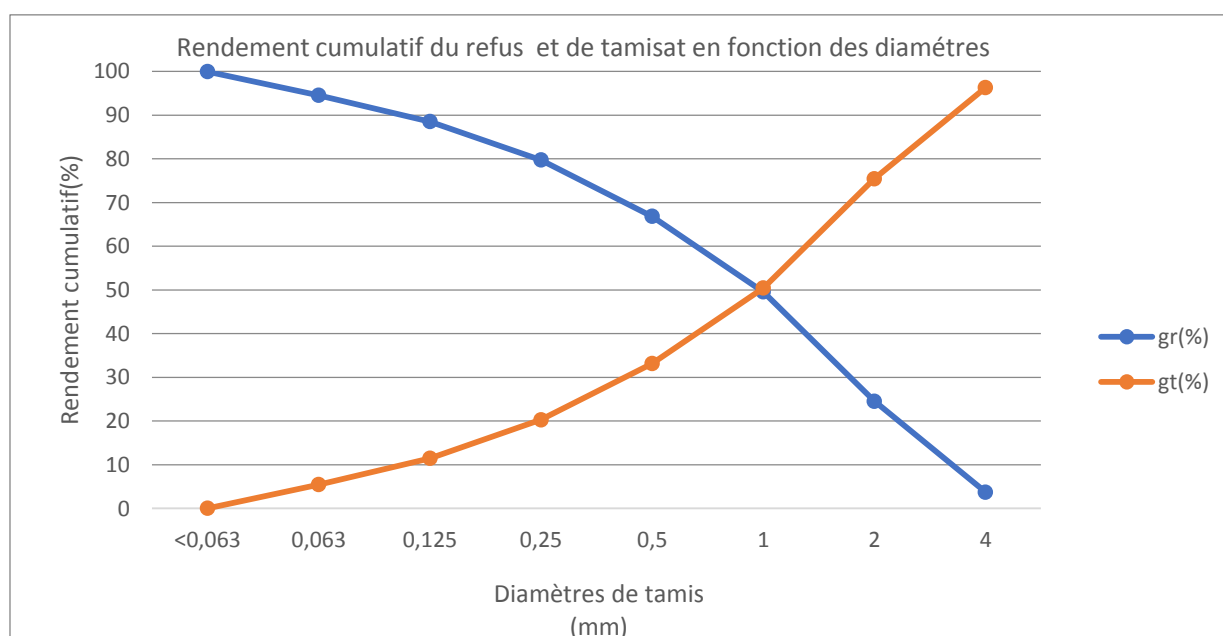


Figure.IV.1 Rendement cumulatif du refus et cumulatif du tamisât en fonction Diamètres

Résultats du calcul du coefficient

Coefficient d'uniformité (argile)

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \longrightarrow Cu = \frac{1.5}{0.099} = 15.15$$

Coefficient de courbure (argile)

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \longrightarrow Cc = \frac{(0.45)^2}{1.5 \cdot 0.099} = 1.36$$

Tableau IV.2 caractéristique de la granulométrie de coefficients (Cu et Cc)

Diamètres(mm)	D10	D30	D60	Cu	Cc
Argile	0.099	0.45	1.5	15.15	1.36

Commentaire

Pour l'argile le coefficient d'uniformité (Cu=15.15>2) indique la granulométrie étalée.

Pour l'argile le coefficient de courbure (1 < Cc=1.36 < 3) indique la matériau bien gradué (la continuité est bien répartie). Matériau bien gradués → matériaux plus denses.

IV.1.2 Résultats de l'analyse granulométrique

Les résultats de l'analyse granulométrique de sable sont représentés dans le tableau et figure suivante

Tableau IV.3 analyse granulométrique de sable

Diamètres de Tamis	Poids de refus	Rendement pondéral	Rendement cumulé du refus	Rendement cumulé du tamisât
D (mm)	Pi(g)	b (%)	gr (%)	gt (%)
4	0	0	0	100
2	0	0	0	100
1	0.23	0.024	0.024	99.97
0.5	27.6	2.76	2.78	97.22
0.25	341.7	34.17	36.95	63.05
0.125	528.8	52.88	89.83	10.17
0.063	99.5	9.95	99.78	0.22
<0.063	2.00	0.20	99.98	0.02
Total	999.83	100	/	/

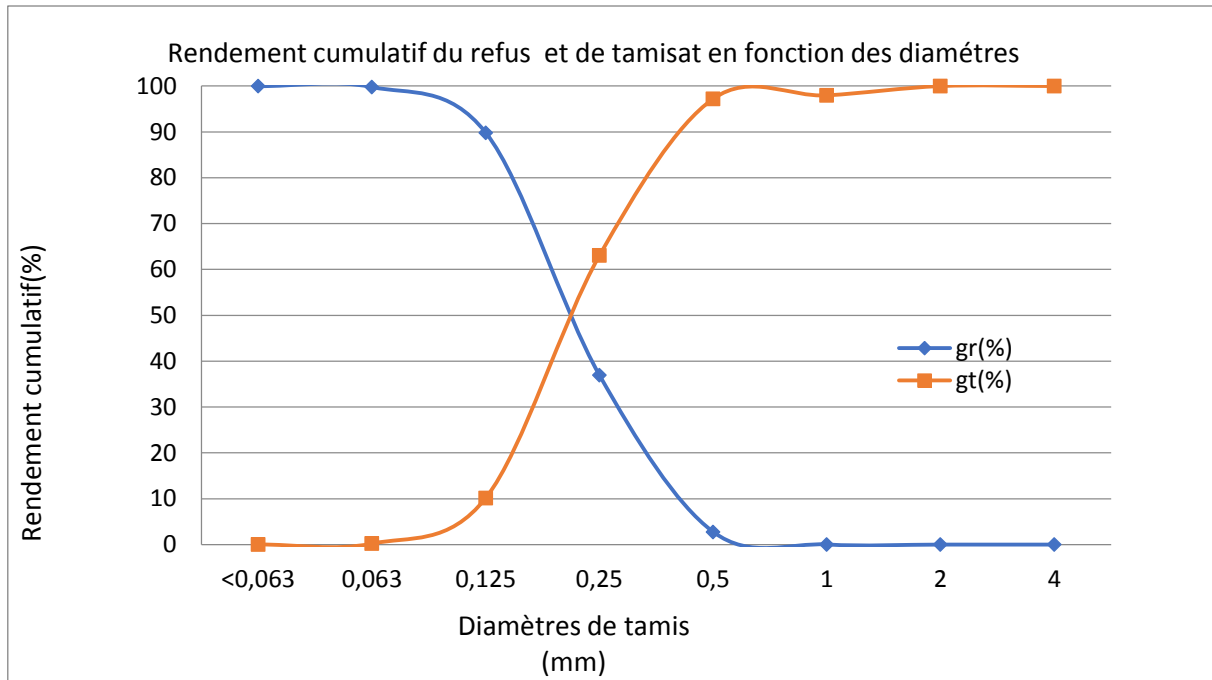


Figure IV.2 Rendement cumulé du refus et cumulatif du tamisât en fonction Diamètres

Coefficient d'uniformité (sable)

$$Cu = \frac{D60}{D10} \quad \rightarrow \quad Cu = \frac{0.24}{0.123} = 1.95$$

Coefficient de courbure (sable)

$$Cc = \frac{(D30)^2}{D10 \cdot D60} \quad \rightarrow \quad Cc = \frac{(0.187)^2}{0.123 \cdot 0.24} = 1.18$$

Tableau IV.4 caractéristique de la granulométrie de coefficients (Cu et Cc)

Diamètres (mm)	D10	D30	D60	Cu	Cc
Sable	0.123	0.187	0.24	1.95	1.18

Commentaire

Pour le sable le coefficient d'uniformité(Cu=1.95<2) indique la granulométrie uniforme ou serrée.

Pour le sable le coefficient de courbure (1 < Cc=1.18 < 3) indique la matériau bien gradué (la continuité est bien répartie). Matériau bien gradués → matériaux plus denses.

IV.2 Résultats d'analyse Élémentaire (Méthodes Classiques)

IV.2.1 Composants chimiques d'argile

Tableau IV.5 Composants chimiques sous forme d'oxydes de la matière première

Les éléments	SO ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂	Cl
Argile rouge (%)	0	0.95	2.36	12.56	15.25	2.49	0.71	54.64	0.21
Argile blanche (%)	0	1.64	2.74	4.19	12.69	2.21	0.63	69.46	0.1

L'analyse du tableau, nous permis de constater que l'argile se compose pour la plus grande majorité de silice SiO₂ avec des valeurs comprises entre 54 et 69 % entre les deux argiles, on note également qu'un très petit pourcentage de la chaux CaO à mesure entre 0.95 et 1.64 % et l'oxyde d'alumine 12 et 15%. Le pourcentage Fe₂O₃ est plus important dans l'argile rouge de 12 % par rapport à l'argile blanche qui est de 4% ce qui lui donne la couleur rouge et les autres composés sont considérés comme oxydes mineurs.

IV.2.2 Composants chimiques du sable

Les résultats de L'analyse chimique de l'échantillon de sable sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau IV.6 Composants chimique du le sable

Les éléments	SO ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂	Cl
Sable (%)	1.4	5.44	0.8	0.73	1.21	0.41	0.82	82.29	0.42

Cette analyse chimique montre que le sable est composé de 82% de silice (SiO₂) et révèle la présence d'un taux très petit de 6% de la chaux CaO, mais aussi de l'oxyde d'alumine à 1.2%, du Fe₂O₃ à 0.7%, et enfin les autres composés sont considérés comme oxydes mineurs.

On remarque que le pourcentage du SO₃ est important ; il de l'ordre de 1,4% ce qui est inapproprié. Selon les normes les valeurs admises de SO₃ sont comprises entre 0.4 et 0.6%.

IV.3 Résultats de la masse volumique absolue

Tableau IV.7 masse volumique d'argile

Les échantillons	Masse volumique(g/cm ³)
Argile 100%	1.66
Argile 90%+ sable 10%	1.66
Argile 85%+ sable15%	1.81
Argile80%+ sable20%	1.90

Nous remarquons que la masse volumique augmente avec l'augmentation de la quantité du sable ajouté.

IV.4 Résultats Absorption d'eau, masse volumique apparente et porosité

IV.4.1 Résultats Absorption d'eau

Tableau IV.8 Coefficient d'absorption en eau des différentes Composants.

Les échantillons Brique	Coefficient d'absorption d'eau A (%)
Brique (argile100%)	5.97
Brique (argile90%+sable10%)	5.88
Brique (argile85%+sable15%)	5.63
Brique (argile80%+sable20%)	4.88

Nous notons que le taux d'absorption d'eau dans le brique 100% est plus fort que les mélanges avec le sable.

Ces résultats nous permettent de constater que le coefficient d'absorption en eau diminue lors de l'augmentation de la quantité du sable pour toutes les Composants des briques, Cela s'explique par le fait que l'argile garde toujours sa capacité d'adsorption même après cuisson.

IV.4.2 Masse volumique apparente

Les résultats de la masse volumique apparente sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau IV.9 La masse volumique apparente des briques en fonction de la Composants

Les échantillons Brique (argile+sable)	Masse volumique apparente (g/cm ³)
Brique (argile100%)	1.46
Brique (argile90%+sable10%)	1.28
Brique (argile85%+sable15%)	1.26
Brique (argile80%+sable20%)	1.21

D'après ce tableau, on constate que la masse volumique diminue à chaque fois que le pourcentage d'ajout du sable augmente, On peut donc justifier ces résultats de mesures par la masse volumique d'argile est supérieure à celle des mélange sable et argile.

IV.4.3 La porosité

Les résultats de la porosité sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau IV.10 la porosité des briques en fonction du composant

Les échantillons Brique	La Porosité %
Brique (argile100%)	7.86
Brique (argile90%+sable10%)	7.55
Brique (argile85%+sable15%)	7.48
Brique (argile80%+sable20%)	7.27

La faible valeur de la porosité, démontrant que notre échantillon est considéré comme très peu poreux

IV.5 Détermination du pH

Tableau IV.11 Le pH des matières premières

Les échantillons	PH
Argile100%	6.67
Argile90%+sable10%	6.88
Argile85%+sable15%	7.05
Argile80%+sable20%	7.97

À la suite des résultats du tableau, on perçoit que le pH correspond au milieu acide.

IV.6 Résultats d'essai au bleu de méthylène

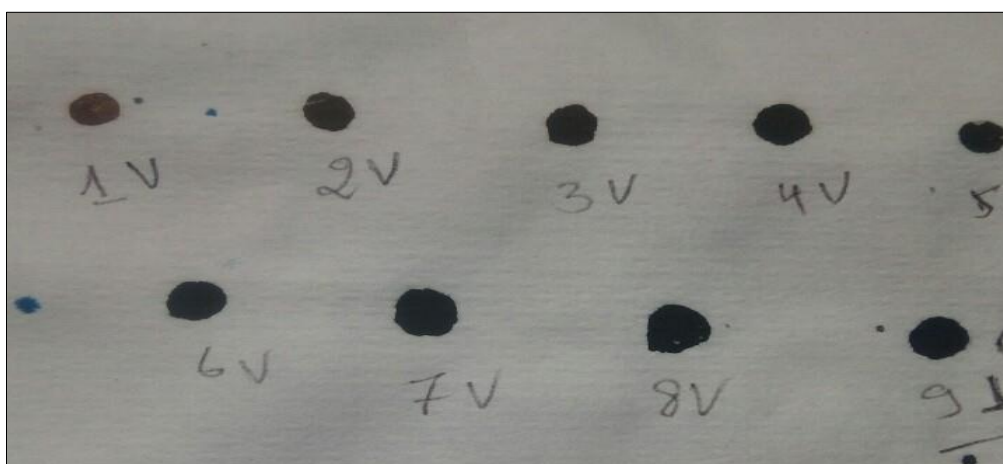


Figure.IV.3 Essai au bleu de méthylène d'argile.

IV.6.1 Méthode de calcul

$$MB = \frac{V}{M} * 1$$

Tableau IV.12 Résultats du bleu de méthylène de l'argile.

	Essai d'argile
Masse sèche d'échantillon	M=30 g
Quantité totale de solution de colorant ajoutée	V=45 ml
Valeur de bleu de méthylène	MB=15

Le bleu de méthylène, révèle que le taux d'argile est très élevé.


IV.7 Résultats d'analyse par diffraction des rayons X

IV.7.1 Caractérisation des matières premières

Les différents diffractogrammes de poudres présentés ont été obtenus sur un appareil EXPERT PRO PANALYTICAL système θ/θ . MPD, utilisant la radiation $\text{Cu K}\alpha$ ($\lambda_{\text{K}\alpha} = 1,5406 \text{ \AA}$).

Les phases cristallines présentes dans le matériau sont identifiées par comparaison avec les standards PDF (Power Diffraction Files de l'ICDD (International Center For Diffraction Data)).

Le résultat obtenu est comme suit

 Analyse par DRX d'échantillon de sable

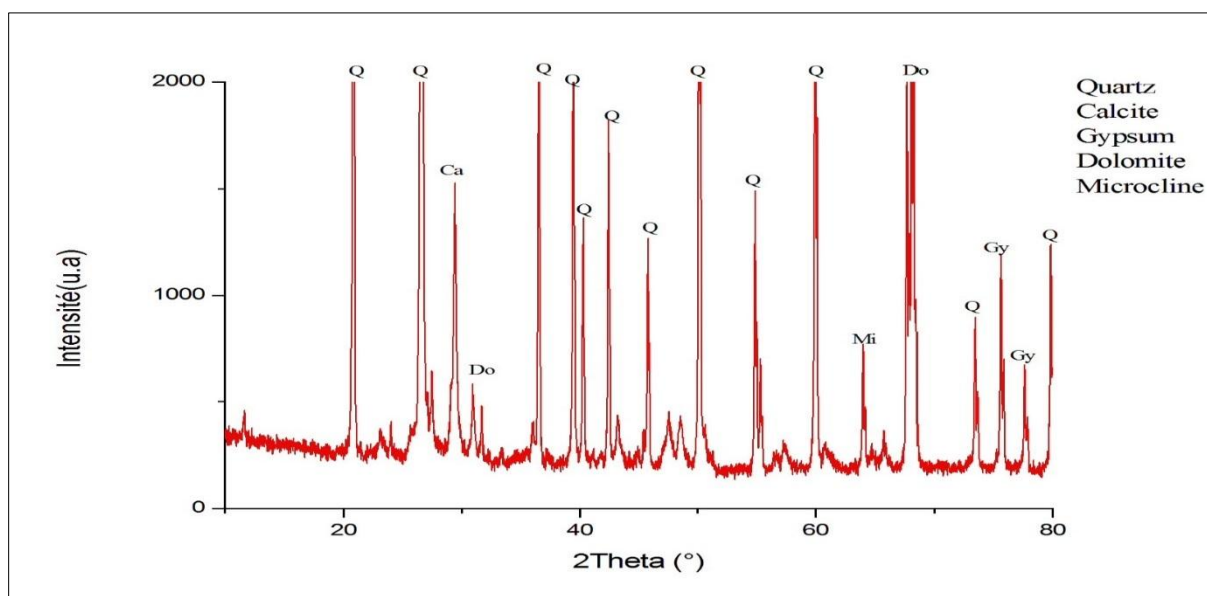


Figure IV.4 Spectre DRX d'échantillon de sable

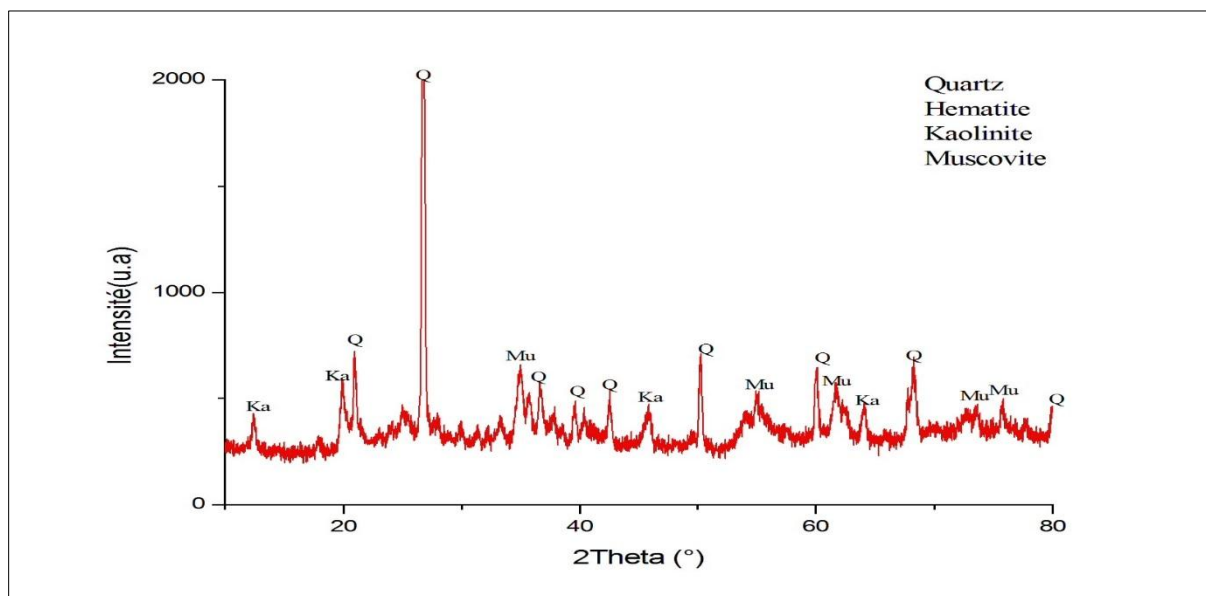
Pour les résultats de la diffraction des rayons X obtenus d'une façon qualitative, nous avons remarqués que le sable contient plusieurs phases cristallines qui sont :

- La silice comme phase importante représentée par le quartz et le microcline observé à des pics de diffractions : les pics du quartz (20.884° ; 26.657° ; 36.556° ; 39.470° ; 40.304° ; 42.455° ; 45.800° ; 46.134° ; 50.271° ; 54.878° ; 60.135° ; 73.675° ; 79.883°) 2θ ($^\circ$), et les pics du microcline (64.125°) 2θ ($^\circ$).

Résultats et interprétation

- Les carbonates représentés par la calcite, le gypse et la dolomite, observées à des pics de diffractions de : les pics du calcite (29.429°) 2θ ($^\circ$), les pics du dolomite (33.387° ; 68.511°) et
- Les sulfates représentés par le gypse observées à des pics de diffractions de : les pics du gypse 75.899° ; 77.913° ; 2θ ($^\circ$).

✚ Analyse par DRX d'échantillon d'argile 100%



FigureIV.5 Spectre DRX d'échantillon (d'Argile 100%)

Pour les résultats de la diffraction des rayons X obtenus d'une façon qualitative, nous avons remarqués que la matière première contient plusieurs phases cristallines qui sont :

- La phase qu'on considère très importante est la kaolinite et la muscovite observées à des pics de diffractions de : les pics du kaolinite (12.443° ; 19.862° ; 45.885°) 2θ ($^\circ$), et les pics du muscovite (35.067° ; 54.025° ; 61.729° ; 64.188° ; 73.544° ; 75.544°) 2θ ($^\circ$).
- La silice représentée par le quartz observé à des pics de diffractions : 20.923° ; 26.678° ; 39.589° ; 42.429° ; 50.271° ; 59.972° ; 68.298° ; 2θ ($^\circ$).
- D'autres phases minérales apparaissent sur le diffractogramme correspond à l'hématite : 77.776° , 2θ ($^\circ$).

✚ Analyse par DRX d'échantillon (d'argile90% et Sable10%)

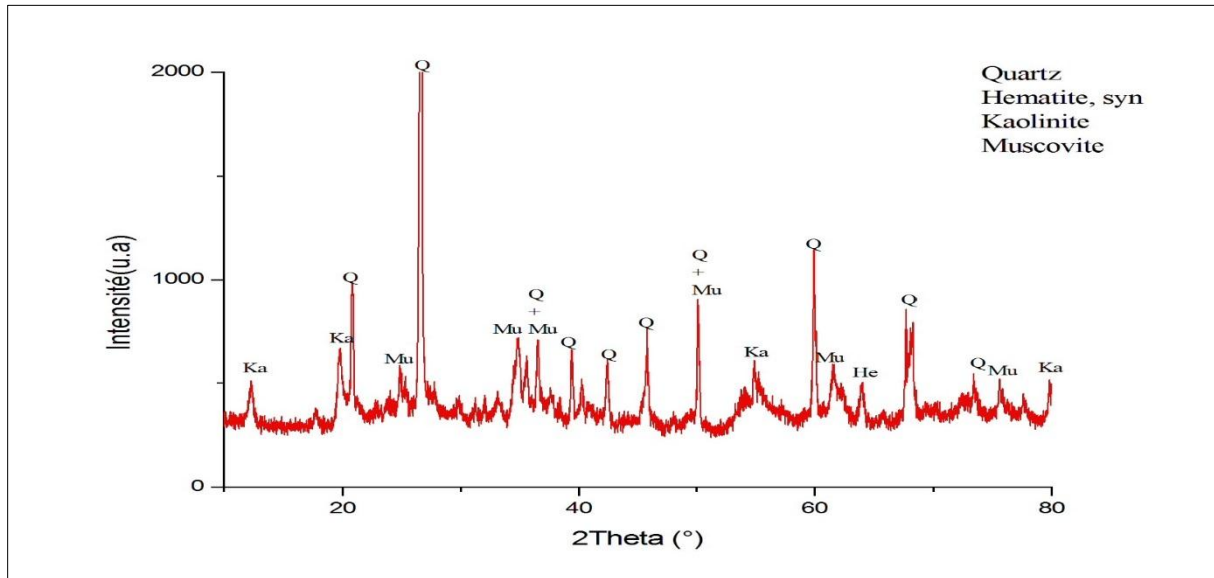


Figure.IV.6 Spectre DRX d'échantillon (d'Argile 90% sable 10%)

Pour les résultats de la diffraction des rayons X obtenus d'une façon qualitative, nous avons remarqués que la matière première contient plusieurs phases cristallines qui sont :

- Le phase qu'on considère très importante est la kaolinite et la muscovite observées à des pics de diffractions de : les pics du kaolinite (12.356° ; 19.763° ; 54.853°) 2θ ($^\circ$) et les pics du muscovite (24.884° ; 36.562° ; 61.581° ; 75.434° ; 77.600° ; 79.900°) 2θ ($^\circ$).
- La silice représentée par le quartz observé à des pics de diffractions : 20.905° ; 26.687° ; 37.721° ; 39.482° ; 40.291° ; 42.429° ; 45.809° ; 50.111° ; 59.984° ; 68.752° ; 73.434° ; 2θ ($^\circ$).
- D'autres phases minérales apparaissent sur le diffractogramme correspond à l'hématite : 64.006° , 2θ ($^\circ$).

✚ Analyse par DRX d'échantillon (d'argile85% et Sable15%)

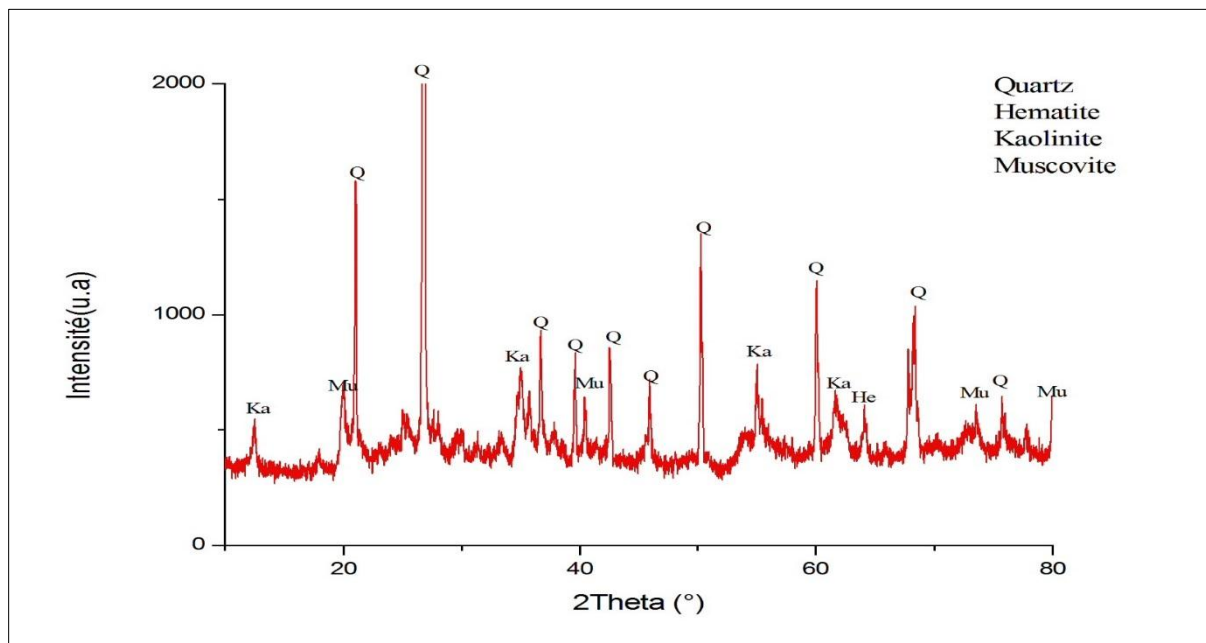


Figure.IV.7 Spectre DRX d'échantillon (d'Argile85% et Sable15%)

Pour les résultats de la diffraction des rayons X obtenus d'une façon qualitative, nous avons remarqués que la matière première contient plusieurs phases cristallines qui sont :

- Le phase qu'on considère très importante est la kaolinite et la muscovite observées à des pics de diffractions de : les pics du kaolinite (12.443° ; 39.589° ; 54.025° ; 61.729°) 2θ et les pics du muscovite (19.862° ; 45.885° ; 50.271° ; 64.188° ; 75.544°) 2θ ($^\circ$).
- La silice représentée par le quartz observé à des pics des diffractions : 20.923° ; 26.678° ; 35.067° ; 42.429° ; 59.972° ; 68.298° ; 73.544° ; 2θ ($^\circ$).
- D'autres phases minérales apparaissent sur le diffractogramme correspond à l'hématite : 77.776° , 2θ ($^\circ$).

✚ Analyse par DRX d'échantillon (d'argile80% et Sable20%)

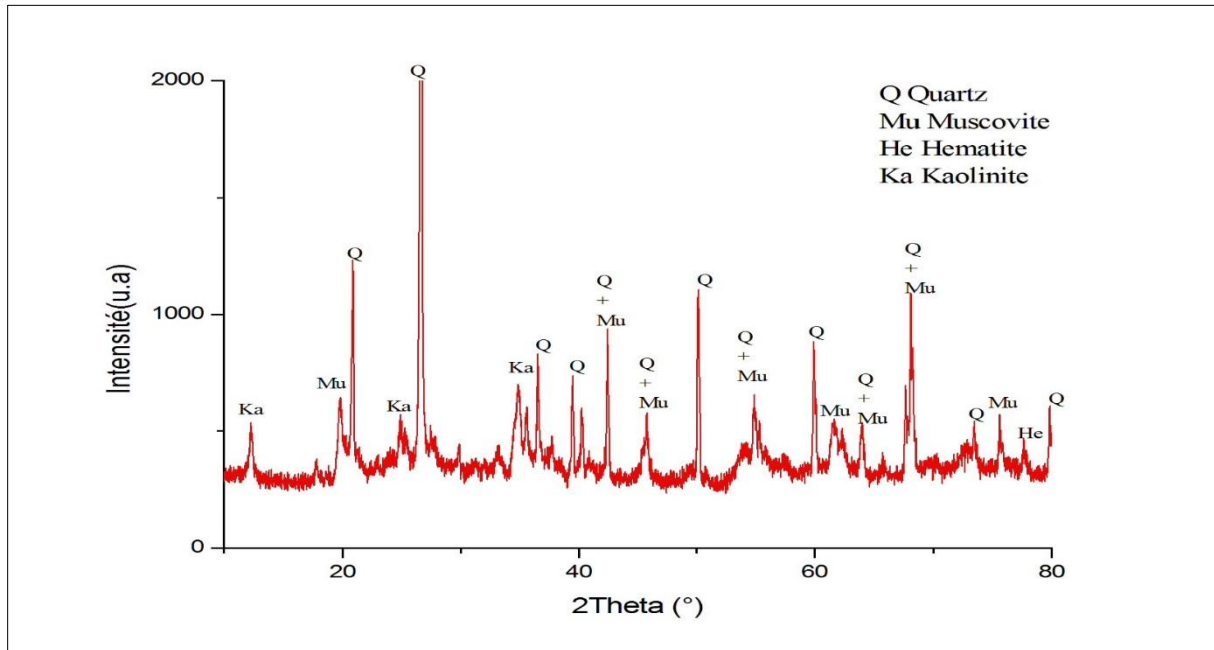


Figure.IV.8 Spectre DRX d'échantillon (d'Argile 80% sable 20%)

Pour les résultats de la diffraction des rayons X obtenus d'une façon qualitative, nous avons remarqués que la matière première contient plusieurs phases cristallines qui sont :

- La phase qu'on considère très importante est la kaolinite et la muscovite observées à des pics de diffractions de : les pics du kaolinite (12.518° ; 24.899° ; 35.630°) 2θ ($^\circ$) et les pics du muscovite (19.742° ; 54.098° ; 61.497° ; 64.023° ; 75.635°) 2θ ($^\circ$).
- La silice représentée par le quartz observé à des pics des diffractions : 20.885° ; 26.676° ; 37.740° ; 39.510° ; 42.463° ; 45.8785° ; 50.085° ; 59.969° ; 68.353° ; 73.456° ; 79.856° ; 2θ ($^\circ$).
- D'autres phases minérales apparaissent sur le diffractogramme correspond à l'hématite : 77.651° ; 2θ ($^\circ$).

Commentaire

On note que les différents diffractogramme des matières premières représenté dans les figure IV.4, IV.5, IV.6 et IV.7 ayant les mêmes phases cristallines avec des fréquences variables.

IV.7.2 Caractérisation de produit fini

✚ Analyse par DRX d'échantillon de brique (d'argile 100%)

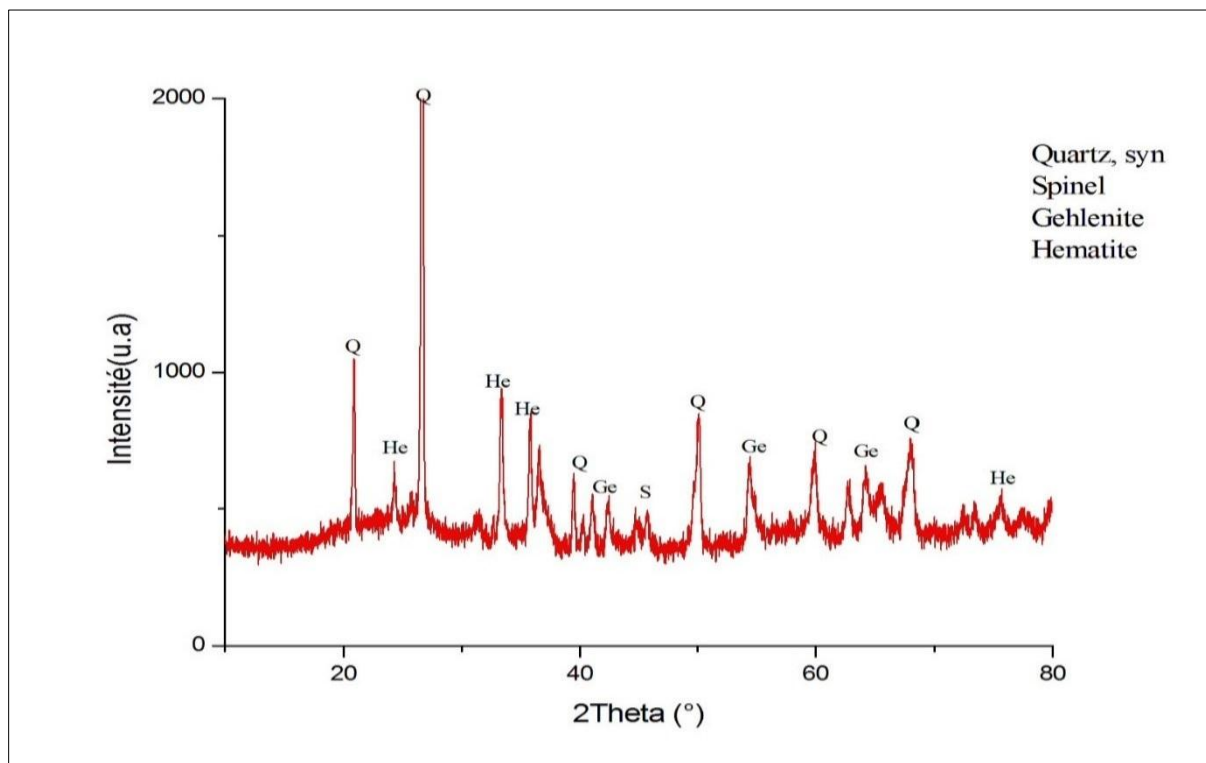


Figure.IV.9 Spectre DRX d'échantillon de brique (d'argile 100%)

Pour les résultats de la diffraction des rayons X obtenus d'une façon qualitative, nous Avons remarqués que les produits finis (brique) contiennent plusieurs phases cristallines qui sont :

- Les phases résiduelles représentées par le quartz et l'hématite observé respectivement à des pics de diffractions : les pics du quartz (20.913° ; 24.293° ; 26.700° ; 35.806° ; 36.583° ; 39.497° ; 50.158° ; 59.158° ; 68.211° ; 75.570°) 2Theta (°) et les pics l'hématite (35.806°) 2Theta (°).

- Les nouvelles phases qu'apparaissent sont représentées la gehlénite et le spinelle observés à des pics de diffractions de : les pics du gehlénite (42.425° ; 54.349° ; 64.136°) 2θ ($^\circ$) et les pics du spinelle (45.688°) 2θ ($^\circ$).

✚ Analyse par DRX d'échantillon de brique (d'argile 90%)

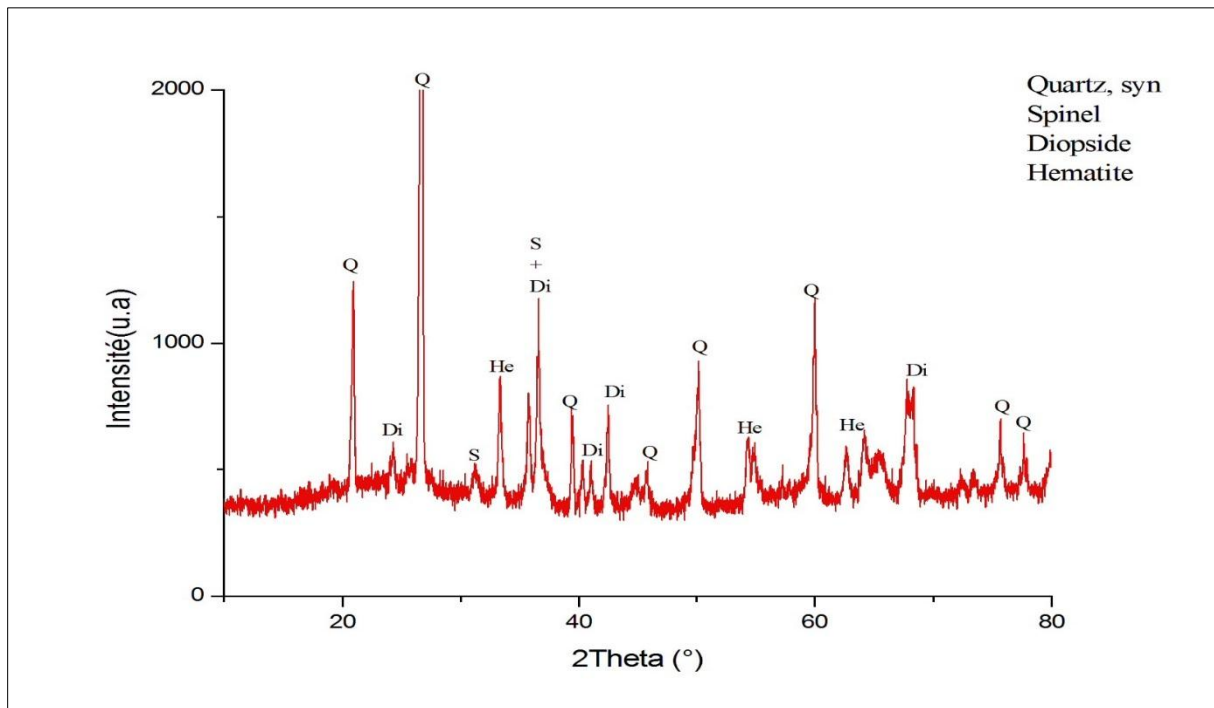


Figure.IV.10 Spectre DRX d'échantillon de brique (d'argile 90% et sable 10%)

Pour les résultats de la diffraction des rayons X obtenus d'une façon qualitative, nous avons remarqué que les produits finis (brique) contiennent plusieurs phases cristallines qui sont :

- Les phases résiduelles représentées par le quartz et l'hématite observé respectivement à des pics de diffractions : les pics du quartz (20.916° ; 26.753° ; 39.469° ; 33.346° ; 50.199° ; 54.301° ; 60.021° ; 73.382° ; 77.718°) 2θ ($^\circ$) et les pics d'hématite (45.787° ; 64.163°) 2θ ($^\circ$).
- Les nouvelles phases qu'apparaissent sont représentées le diopside et le spinelle observées à des pics de diffractions de : les pics du spinelle (24.327° ; 40.363° ; 42.497° ; 68.428° ; 2θ ($^\circ$)) et les pics du diopside (31.166° ; 36.592°) 2θ ($^\circ$).

✚ Analyse par DRX d'échantillon de brique (d'argile 85%)

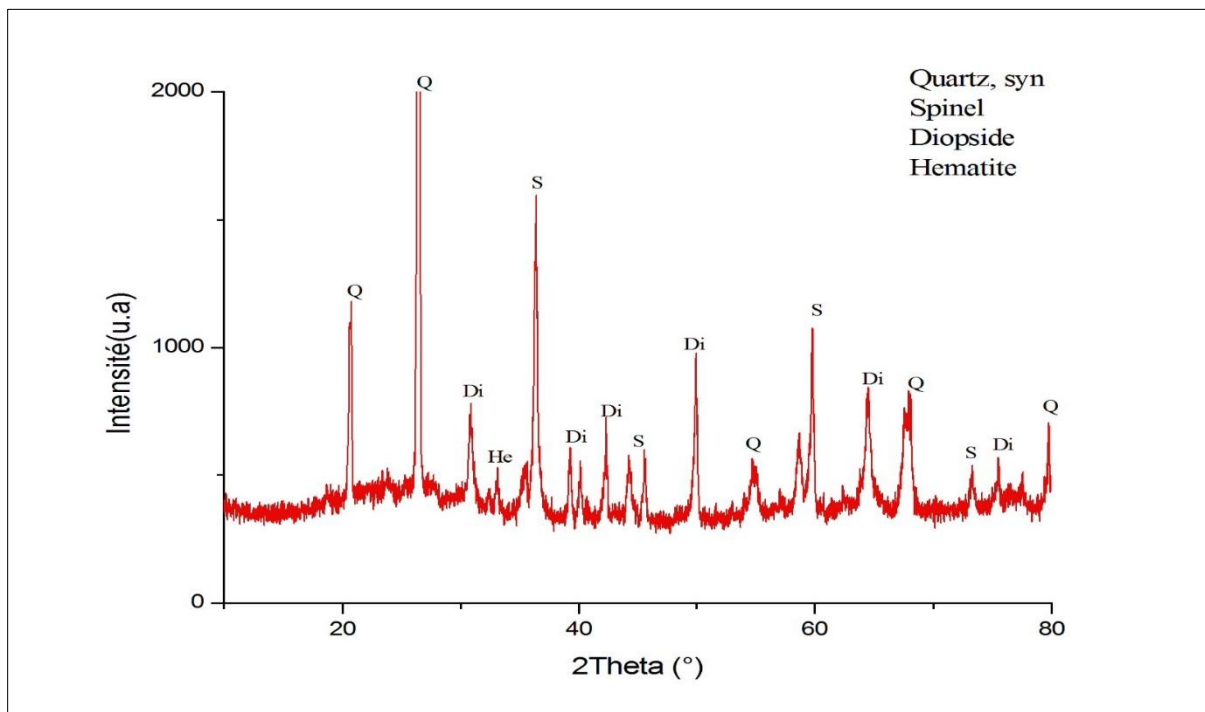


Figure.IV.11 Spectre DRX d'échantillon de brique (d'argile 85% et sable 15%)

Pour les résultats de la diffraction des rayons X obtenus d'une façon qualitative, nous avons remarqué que les produits finis (brique) contiennent plusieurs phases cristallines qui sont :

- Les phases résiduelles représentées par le quartz et l'hématite observé respectivement à des pics de diffractions : les pics du quartz (20.750° ; 26.528° ; 54.727° ; 68.157° ; 79.774°) 2θ (°) et les pics d'hématite (35.530°) 2θ (°).
- Les nouvelles phases qui apparaissent sont représentées le diopside et le spinelle observées à des pics de diffractions de : les pics du diopside (33.095° ; 39.530° ; 42.339° ; 49.938° ; 64.513° ; 75.511°) 2θ (°) et les pics du spinelle (36.406° ; 45.557° ; 59.814° ; 73.240°) 2θ (°).

✚ Analyse par DRX d'échantillon de brique (d'argile 80%)

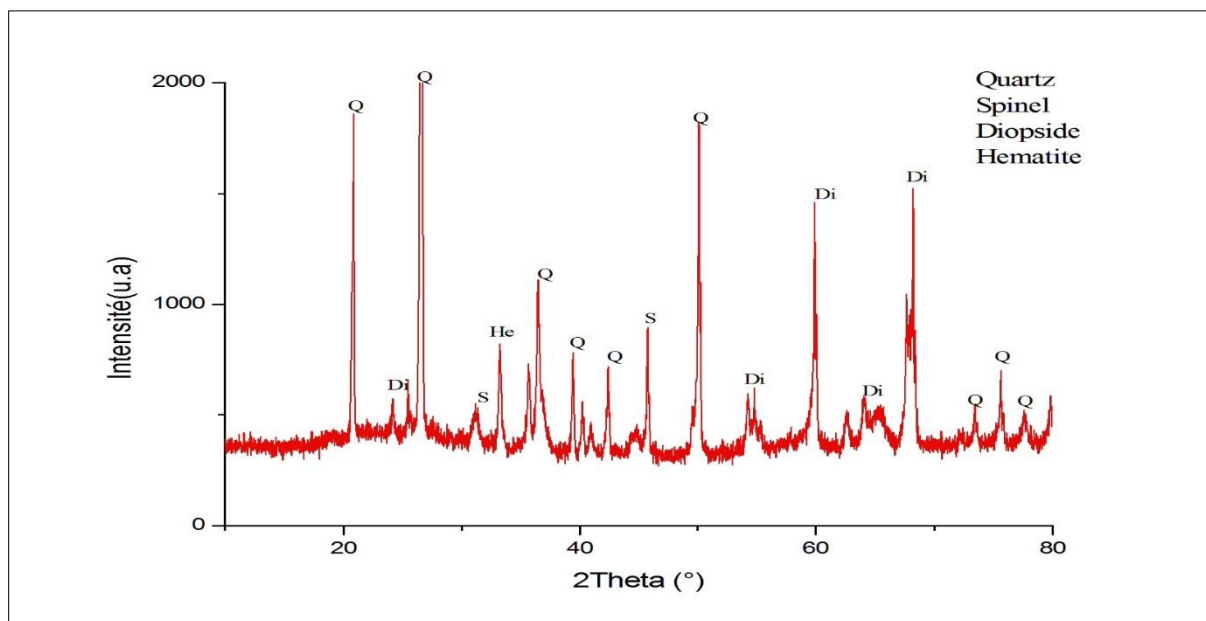


Figure.IV.12 Spectre DRX d'échantillon de brique (d'argile80% et sable20%)

Pour les résultats de la diffraction des rayons X obtenus d'une façon qualitative, nous avons remarqués que les produits finis (brique) contiennent plusieurs phases cristallines qui sont :

- Les phases résiduelles représentées par le quartz et l'hématite observé respectivement à des pics de diffractions : les pics du quartz (20.849° ; 26.597° ; 33.231° ; 36.507° ; 40.236° ; 42.439° ; 50.270° ; 73.456° ; 75.651°) 2Theta (°) ; et le pic l'hématite de (33.231°) 2Theta (°).
- Les nouvelles phases qu'apparaissent sont représentées le diopside et le spinelle observées à des pics de diffractions de : les pics du diopside (24.470° ; 54.221° ; 60.090° ; 64.101° ; 68.269°) 2Theta (°) et les pics du spinelle (31.281° ; 45.770°) 2Theta (°).

Commentaire

Après la cuisson on note la disparition totale de la muscovite et la kaolinite, et apparition de nouvelles phases minérales telles que spinelle, diopside et gehlénite, par contre le quartz et l'hématite sont toujours présents.

On remarque aussi le diopside n'apparaît que dans les échantillons contenant une quantité de sable et la gehlénite n'apparaît que dans l'échantillon à 100% d'argile.

L'apparition du diopside est favorisée par l'apport en Mg, Na et Ca provenant du sable.

La gehlénite suit à la disparition de la muscovite et la kaolinite.

IV.4 Résultats d'analyse par Spectrométrie Infrarouge a Transformé de Fourier

Les longueurs d'onde sont dans une fourchette de 400 à 4000cm

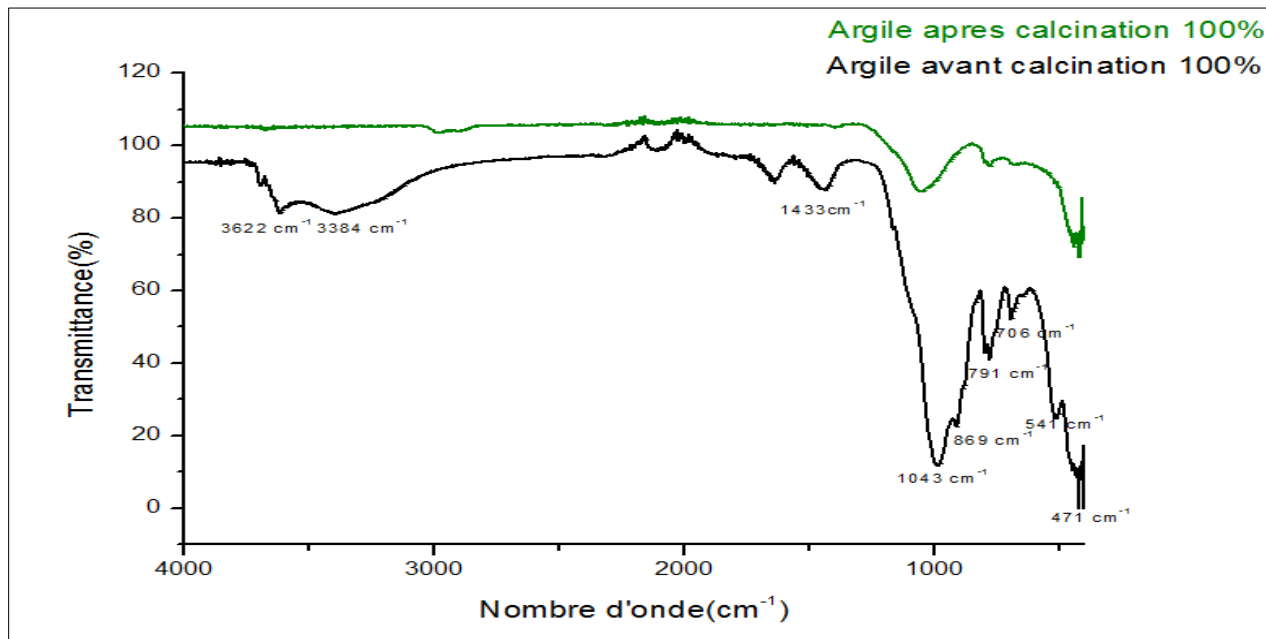


Figure.IV.13 Spectre IR de l'argile 100% après et avant calcination

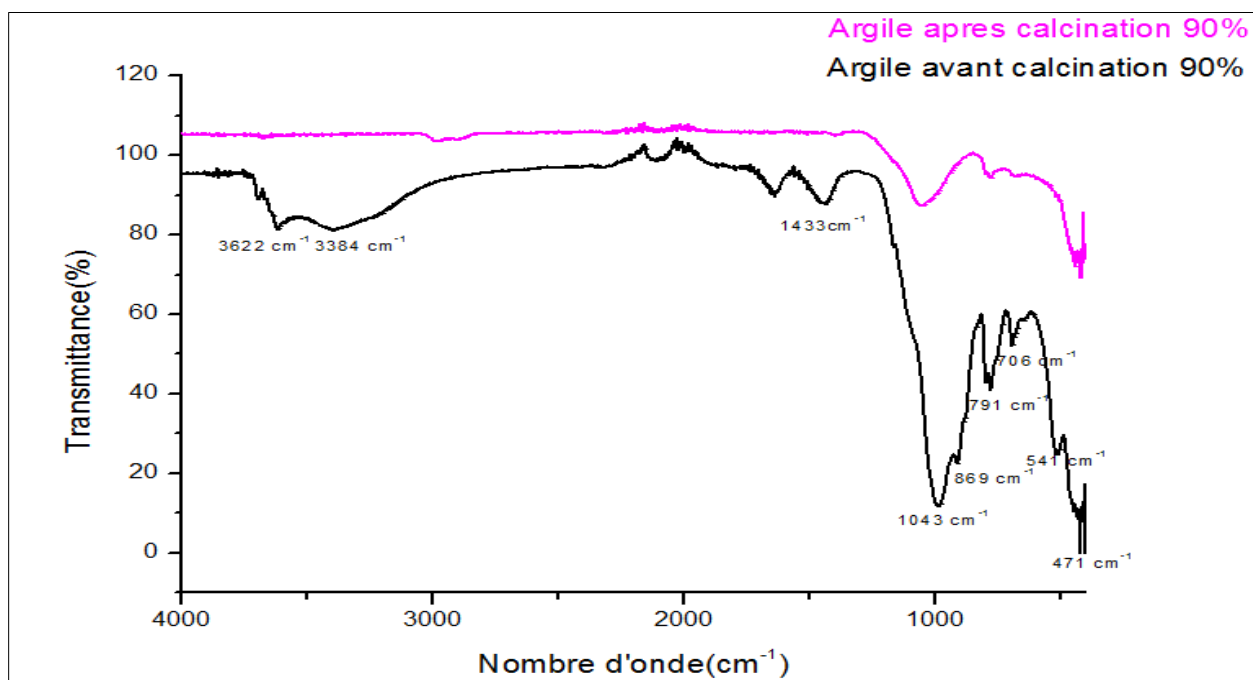


Figure.IV.14 Spectre IR de l'argile 90% après et avant calcination

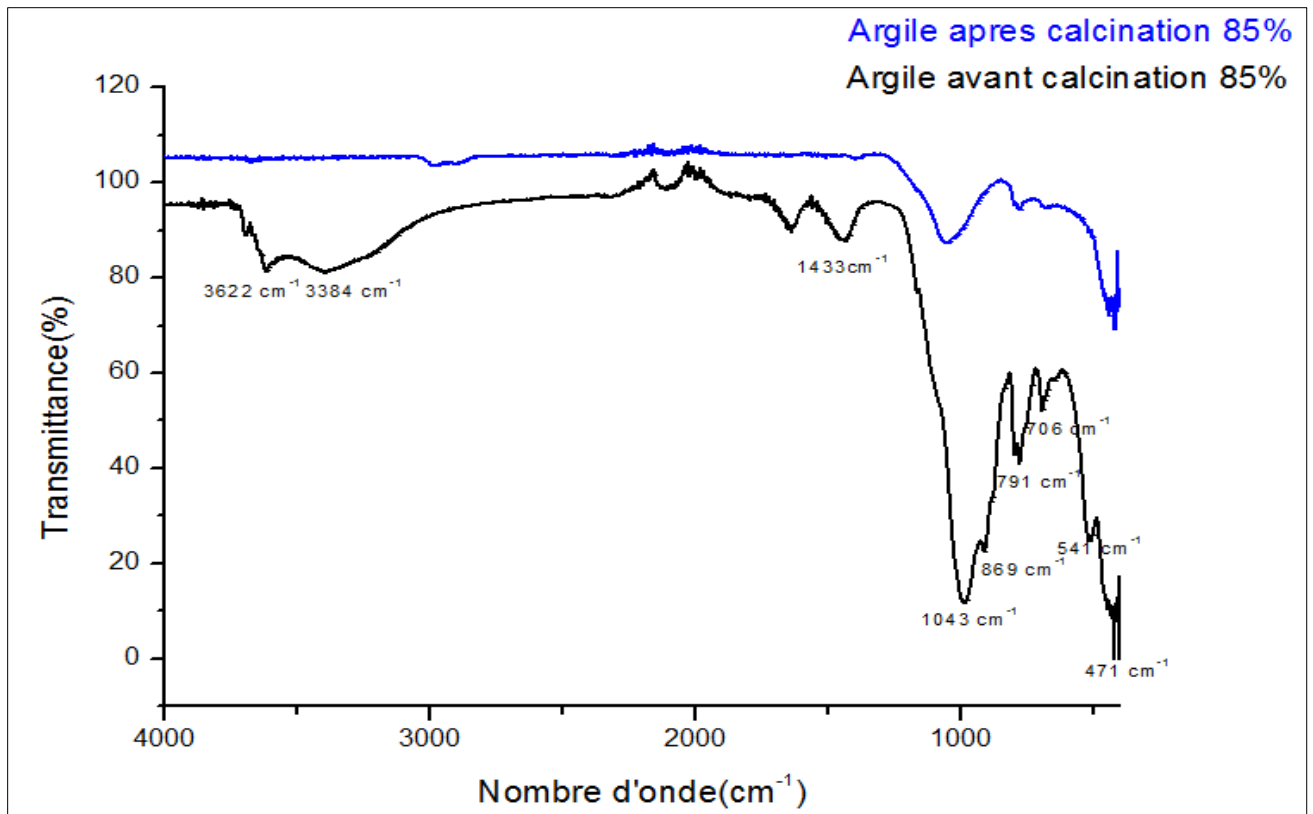


Figure.IV.15 Spectre IR de l'argile 85% après et avant calcination

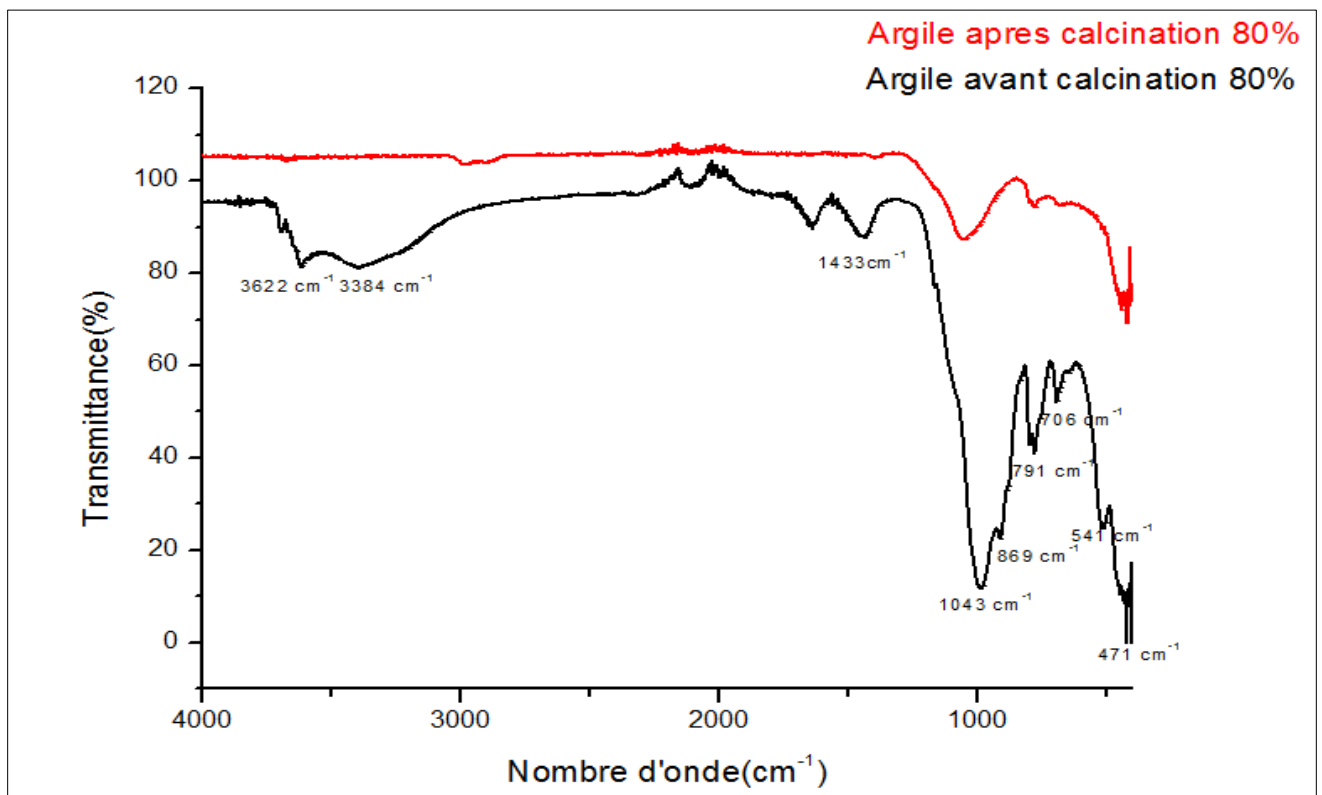


Figure.IV.16 Spectre IR de l'argile 80% après et avant calcination

D'après les figures, nous remarquons que la poudre d'argile renferme des liaisons correspondantes

1. La bande vers 3622 cm^{-1} correspond à l'élongation d'intensité variable et fine de valence de groupements OH [11] ;
2. La bande d'absorption située à 1433 cm^{-1} et 791 cm^{-1} correspondent à la vibration de la liaison C-O du carbonate $(\text{CO}_3)^{-2}$ [12];
3. La bande à 1034 cm^{-1} est attribuée à la calcite CaCO_3 [13] ;
4. La bande à 471 cm^{-1} est attribuée aux vibrations Si-O-Al [14] ;
5. La bande à 541 cm^{-1} , présente la vibration de déformation de la liaison Si-O-Al [15] ;
6. Les bandes à 706 cm^{-1} correspondent à la vibration de liaison Al-OH [13] ;
7. La bande à 869 cm^{-1} est attribuée à la vibration asymétrique de Si-O-Al [16.17] ;

Après calcination, on note la disparition des bandes correspondants à la valence de groupements OH cela est dû à la transformation de la kaolinite, et la disparition de liaison C-O du carbonate $(\text{CO}_3)^{-2}$, cela est dû à la transformation du calcite.

IV.5 Résultats de la résistance à la flexion et à la compression

Des essais sur les différents échantillons des briques ont été réalisés

Tableau IV.13 Résultats de la force(KN) à la flexion et la compression

Les échantillons Brique	Flexion	Compression
Brique (argile100%)	1.83	23.18
Brique (argile90%+sable10%)	3.25	22.01
Brique (argile85%+sable15%)	1.67	15.57
Brique (argile80%+sable20%)	2.22	14.73

D'après le tableau, on note que la force à la flexion des briques a 100 % d'ajouts est de 1.83 KN, qui s'élève jusqu'à 3.25 KN pour les briques de 90 % avant de rechuter à 1.67 KN, puis augmente à 2.22KN pour le 80%.

La deuxième colonne de tableau, montre que la force à la compression des briques de 100% est élevée à 23.18 KN, alors qu'elle diminue pour celles de 90% ,85% et 80% légèrement, à 22.01KN,15.57KN puis 14.73KN.

Tableau IV.14 Résultats de la résistance (MPa) à la compression et la flexion

Les échantillons Brique	Flexion	Compression
Brique (argile 100%)	4.28	14.49
Brique (argile 90% + sable 10%)	7.62	13.76
Brique (argile 85% + sable 15%)	3.90	9.73
Brique (argile 80% + sable 20%)	5.20	9.20

Les mêmes notes que nous obtenons à la force, la résistance à la flexion des briques à 100 % d'ajouts est de 4.28 MPa, qui s'élève jusqu'à 7.62 MPa pour les briques de 90 % avant de rechuter à 3.90 MPa pour 85%, puis augmente à 5.20 MPa pour le 80%.

La deuxième colonne de tableau, nous montre que la résistance à la compression des briques de 100% est élevée à 14.49 MPa, alors qu'elle diminue pour celles de 90% ,85% et 80% légèrement, à 13.76 MPa, 9.73 MPa puis 9.20 MPa., Le meilleur par la force et la résistance, c'est la brique 90%.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous déduisons que :

- Après calcination, on note la disparition des bandes correspondants à la valence de groupements OH et la liaison C-O du carbonate (CO_3)⁻²; dû à la transformation de la kaolinite et la calcite.
- Formation de nouvelles phases telles que spinelle, diopside et gehlénite ;
- L'absorption d'eau dans la brique 100% est plus forte que les mélanges avec le sable ;
- Le Coefficient d'uniformité d'argile est étalé mais en sable est serrée ;
- Le Coefficient de courbure d'argile et sable sont bien gradué (matériaux plus denses) ;
- Le meilleur par la force et la résistance, c'est la brique 90% ;
- Les briques possèdent une importante et forte résistance à la compression et à la flexion.

Conclusion générale

Ce travail de mémoire porte essentiellement sur la valorisation des matériaux locaux. Les matériaux valorisés sont l'argile et le sable de dune qui se trouve en très grandes quantités dans la région de ADRAR ainsi que dans d'autres régions de l'Algérie.

Le but de ce travail est l'étude influence des caractéristiques minéralogiques des argiles dans la fabrication des briques. L'objectif porté sur l'étude d'effets des différents dosages des argile et de sable dune sur le comportement physiques, chimiques et mécaniques des briques.

Après l'expérimentation, nous avons tiré les conclusions suivantes

- ✚ L'analyse par DRX, révèle que l'argile possède une composition minéralogique variée, à savoir le quartz, muscovite et la kaolinite sont les minéraux prédominants ;
- ✚ L'analyse élémentaire des échantillons, sable et l'argile montre que les minéraux prédominants ont un pourcentage de masse élevé par rapport aux autres minéraux, on remarque que le pourcentage du SO₃ est important ; il de l'ordre de 1,4% ce qui est inapproprié. Selon les normes les valeurs admises de SO₃ sont comprises entre 0.4 et 0.6% ; il est du à la présence des gypse dans l'échantillon.
- ✚ Nous remarquons que la masse volumique absolue augmente avec l'augmentation de la quantité du sable ajouté, mais contraire pour la masse volumique apparente du brique ;
- ✚ Le coefficient d'absorption en eau diminue lors de l'augmentation de la quantité du sable pour toutes les compositions des briques ;
- ✚ Les résultats de la porosité démontrant que notre échantillon de brique est considéré comme très peu poreux ;
- ✚ Le pH des matières premières Les Différents compositions correspond au milieu acide ;
- ✚ Après la cuisson on note la disparition totale de la muscovite et la kaolinite, et apparition de nouvelles phases minérales telles que spinelle, diopside et gehlénite, par contre le quartz et l'hématite sont toujours présents.
- ✚ D'après Résultats d'analyse Infrarouge, nous remarquons que Les Différents échantillons on a même liaisons, on note la disparition des bondes correspondants à la

valence de groupements OH et la liaison C-O du carbonate $(CO_3)^{-2}$ d'après la calcination dû à la transformation de la kaolinite, calcite.

- ✚ La couleur rouge des briques est due à la présence d'hématite dans les matières premières
- ✚ Les briques dévoilent une perte en masse et une perte en volume importante lors de la phase du séchage ;
- ✚ Les briques possèdent une importante force et résistance à la compression et à la flexion ;
- ✚ Nous avons ainsi établi que cette argile est constituée essentiellement de Kaolinite, le quartz, muscovite comme les minéraux argileux associés, et la brique constituée essentiellement de quartz et l'hématite spinelle, diopside et gehlénite.

En fin, grâce à ces résultats, nous observons que la brique 90% d'argile est la meilleure par sa force et sa résistance, et elle a presque les mêmes caractéristiques minéralogiques que les autres compositions.

Références bibliographiques

Références bibliographique

- [1] **BAALLAOUI. A ET MEHDI .M, [2017]**, L'importance et l'utilisation de la géologie dans l'exploitation des carrières (cas du gisement de koussan wilaya d'Adrar), mémoire master université Abou Berk Belkaïd – Tlemcen,
- [2] **Tchakoute Kouamo Hervé [2015]**, « Elaboration et caractérisation de ciments géopolymères à base de scories volcaniques » thèse de doctorat : université de YAOUNDEI,
- [3] **PROPRIETE DE LA SOCIETE BRIQUETRIE TAMADNINE [2018]**, fiche technique,
- [4] **Djadouf samia [2016/2017]**, « étude et caractérisation thermo-physique et mécanique des matériaux allèges : cas de la brique a base d'argile pauvre en chaux allégée avec l'ajout du grignon d'olive » docteur en sciences, Département de Génie Civil, Université A, Mira de Bejaia,
- [5] **Baba Arbi Ali et Mansour Noussaiba, [2016/2017]**, « Comportement du béton de sable de dunes renforcé par des fibres métalliques soumis à haute température », Mémoire de Master, Génie Civil. Université KASDI Merbah Ouargla,
- [6] **Khelifati Ahmed, [2016/2017]**, « Caractérisations physico-chimiques des briques spéciales. Département des Mines et Géologie(VRM) », Mémoire de Master, Université A, Mira de Bejaia
- [7] **Choufa Nassima, [2012/2013]**, « Epuration des eaux usées : l'élimination des micropolluants dans les eaux usées par un matériau argileux », Mémoire de magister, Département des sciences de la matière, Université Mohammed Chérif Messaadia Souk Ahras,
- [8] **Hakkoum Soumia [2015]**, « Etude Des Caractéristiques Thermiques Et Mécaniques Des Briques En Terre Cuite Traditionnelles Dans Les Régions De La Wilaya De Ouargla », Mémoire De Magister, Département De Génie Civil Et D'Hydraulique. Université Kasdi Merbah – Ouargla,
- [9] **Benaddad Sabrina et Benatsou Nacira, [2012]**, « Etude à la compression d'un Béton autoplaçant avec additions minérales (Argile cuite et broyée et Fillers calcaires) », Mémoire de Master, Département de Génie Civil, Université A, Mira de Bejaia,
- [10] **ALIA Abdelkarim et BAKHMED Ahmed [2016/2017]**, « L'effet d'ajout des fibres métalliques sur les propriétés physico-mécaniques des bétons de sable de dunes » Mémoire De Magister, Département De Génie Civil, Université Kasdi Merbah – Ouargla,

- [11] **T. Léonel [2011/2012]**, « Géopolymères obtenus a partir d'une argile kaolinite » mémoire de master en chimie, Université de youndé I,
- [12] **L. Mahtout [2009]**, « Influence de la consommation des réactifs de flottation sur la sélectivité des métaux Pb/Zn (MINE AMIZOUR) » thèse de doctorat, Université de Bejaia,
- [13] **S.leila [2011/2012]**, «Caractérisation et valorisation des rejets issus du traitement du minerai Pb/Zn (mine d'Amizour)» mémoire de magister de l'université de béjaia,
- [14] **Diaz E.I, Allouche E.N, klund S [2010]**, « Factors affecting the suitability of fly ash as source material for geopolymers» Fuel,
- [15] **R.R.Lloyd, J.L.Provis, J.S.J.Van Deventer [2011]**, « Acid resistance of inorganic polymer binders. 1. Corrosion rate » Materials and Structures, in press,
- [16] **T. N Leonel [2013]**, « Comportement thermique des géopolymère obtenus a partir d'une argile kaolinite » Thèse de master de l'université de Yaoundé I,
- [17] **O. Castellein [2000]**, « Influence de la vitesse du traitement thermique sur le comportement d'unKaolin, application au frittage rapide » Thèse de l'Université de Limoges n° 60,

Résumé

Dans le présent travail, nous avons étudié les influences des caractéristiques minéralogiques d'argile de la zone d'Adrar sur la fabrication des briques de construction.

Nous avons traité principalement la méthode de fabrication de briques, ainsi nous avons abordé les méthodes d'analyse de la matière première (argile, sable) et les produits finaux (briques) dans lesquelles l'objectif est d'étudier les caractéristiques du mélange d'argile et de sable des dunes existant dans le Sahara Algérien.

À travers cette étude, nous avons traité les analyses chimiques de sable, et l'argile, les masses volumiques, la porosité, le PH, le bleu méthylène, DRX, IR, et la résistance de compression et flexion pour l'argile.

Pour faire ces analyses nous avons étudié différentes variantes du mélange (argile sable) nous avons constaté que le mélange de 90% d'argile et 10% de sable est le plus adéquat, pour la fabrication des briques de point de vu mécanique (compression et flexion) et physique.

Mots clés : argile, sable des dunes, brique, caractéristiques minéralogiques, l'analyse, Résistance mécanique

ملخص

في هذا المذكرة، قمنا بدراسة تأثير الخصائص المعدنية الطينية لمنطقة أدرار على صناعة الاجر للبناء. نتناول الطريقة التقنية لصناعة الطوب وطرق المعاينة على الطين والاجر

الهدف من دراسة خصائص الطين الذي اضيف له الرمل المتواجد في صحرائنا الكبرى. وتم خلالها تحليل الكيماي لرمال والطين ودراسة الكتلة الحجمية وكذا المسامية وازرق الميثيلين واشعة السينية والاشعة تحت الحمراء وكذا قوة تحمل للاجر

اضفنا الرمل الى الطين بكميات متفاوتة. اتضح ان نسبة 90 بالمائة طين و10 بالمائة رمل هي الأنسب في صناعة الاجر من الناحية الميكانيكية وكذا الفيزيائية

الكلمات المفتاحية: الطين، الكتبان الرملية، الاجر، الخصائص المعدنية، التحليل، المقاومة الميكانيكية

Abstract:

In this memori, we have studied the chemical and metal properties of the clay, the brick obtained, the volumetric mass, water absorption and the chemical properties of bricks. We added sand in different proportions to make bricks with its chemical and metal properties, where we took four mixtures of mud and sand.

We found that 90% mud and 10% sand is the best combination possible due to its resistance and good endurance, after we have subjected each combination to the pressure and flexion experience

Keywords: clay, sand dunes, bricks, metal properties, analysis, mechanical resistance