

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED SEDDIK BENYAHIA JIJEL

Faculté des sciences et de la technologie

Département de Génie des Procédés

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE: Génie des Procédés

SPECIALITE : Génie des procédés des matériaux

Thème

Etude physico-chimique de l'argile de la région d'El-Milia

Présenté Par : Zemamouche Messaouda

Encadré Par : Dr. Atamnia Kamel

Kerdali Amal

Date de soutenance : 24/06/2023

Jury de Soutenance

Président : Pr LAOUIR. A

Grade : Professeur

Univ MSB jijel

Encadreur : Dr ATAMNIA. K

Grade : M.C. A

Univ MSB jijel

Examineur : Pr BOUDEGHDEGH. K

Grade : Professeur

Univ MSB jijel

Promotion : 2022 /2023

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail Nous tenons à témoigner notre reconnaissance à Dieu Tout-Puissant, de nous avoir donné le courage et la force d'achever cette étude.

*Notre remerciement les plus sincères pour notre encadreur **Mr Kamel Atamnia**, Maître de conférences à l'Université MOHAMED SEDDIK BENYAHIA de JIJEL, pour avoir bien voulu accepter de nous encadrer, et pour ses orientations*

*Nous remercions aussi les membres du jury qui nous feront l'honneur d'apprécier notre travail, **le professeur Ahmed Laouir** et **le professeur Kamel Boudeghdegh**.*

*Toutes les considérations pour le chef de laboratoire de la société des kaolins d'Algérie Mme **Delal Khedrouche**, les informateurs de laboratoire de l'usine de céramique sanitaire El-Milia-Jijel : **Nadjah Boucherite** et **Nassima Merineche** et à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation ainsi tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail de recherche.*

Nous remercions également toute l'équipe basée sur le plateau-physicochimique au niveau de l'Université de Bejaia.



Dédicace

A MON TRES CHERE MÈRE, tu es la source de ma force et la tendresse, l'affection et ma patience. et mon soutien moral et source de joie et de bonheur. Que Dieu le tout puissant te préserve. Mille fois merci mama pour tout.

A MON TRÈS CHER PÈRE : Youcef Zemamouche

Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir. Que Dieu le tout puissant te préserve. Mille fois merci papa pour tout.

Un grand merci à l'ensemble de ma famille pour leur amour, leur confiance, ainsi que leur soutien inconditionnel qui m'a permis de réaliser les études pour lesquelles je me destine et par conséquent ce mémoire.

A ma chère amie Amal.

A quelqu'un, merci beaucoup.

A tous ceux qui m'ont donné force et encouragement, même avec un seul mot.

Messaouda ❤️



Dédicace

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices,
leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs
prières tout au long de mes études,*

*A mes chères sœurs, pour leurs encouragements
permanents, et leur soutien moral,*

*A mes chers frères, pour leur appui et leur
encouragement,*

*A toute ma famille pour leur soutien tout au
long de mon parcours universitaire.*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos
vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien
infaillible.*

A ma chère amie Messaouda...et tous mes amis.

Merci d'être toujours là pour moi...❤

Amal



LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I :

Figure I.1 : Les argiles.

Figure I.2 : Structure de Kaolinite.

Figure I.3 : Structure de montmorillonite.

Figure I.4 : Structure des illites.

Figure I.5 : a) : Unité tétraédrique à cœur de Silicons ; b) : Schéma d'une couche de tétraèdre.

Figure I.6 : Unité octaédrique ; b) : Schéma en couche à base d'octaèdre de Brucite $Mg(OH)_2$ ou de Gibbsite $Al(OH)_3$.

Figure I.7 : L'argile vert.

Figure I.8 : L'argile blanche.

Figure I.9 : L'argile jaune.

Figure I.10 : L'argile rose.

Figure I.11 : L'argile rouge.

Figure I.12 : L'argile grise.

Figure I.13 : L'argile bleu.

Figure I.14 : Forme des particules argileuses.

Figure I.15 : Courbes cumulatives : 1) échelle normale, 2) échelle logarithmique.

Figure I.16 : Courbe de fréquence.

Figure I.17 : Réflexion des rayons X par une famille de plans réticulaires espacés d'une distance d

CHAPITRE III :

Figure III.1 : Broyeur à boulets "Prolabo".

Figure III.2 : Tamiseuse électromagnétique FRITSCH.

Figure III.3 : Le poids de refus de chaque tamis de KT1 et KT2.

Figure III.4 : La masse de chaque échantillant.

Figure III.5 : La masse d'essai dans l'eau distillée.

Figure III.6 : Suspension de l'argile en agitation.

Figure III.7 : Le mesure du pH par le pH mètre.

Figure III.8 : Organigramme du protocole de préparation de nos échantillons.

Figure III.9 : Plasticimètre (PFEFERCORN).

Figure III.10 : Mesure de la hauteur.

Figure III.11 : Les échantillants après écrasement.

Figure III.12 : Organigramme du protocole de mode opératoire de le retrait.

Figure III.13 : Appareil pour résistance à la flexion Nasseti.

Figure III.14 : Organigramme du protocole de mode opératoire de L'absorption en eau.

Figure III.15 : Organigramme du protocole de mode opératoire de la fusibilité.

Figure III.16 : Appareille de DRX Empréan-PANalytical.

CHAPITRE IV :

Figure IV.1 : Courbe de fréquence de KT_1 .

Figure IV.2 : Courbe de fréquence de KT_2 .

Figure IV.3 : La courbe de plasticité du KT_1 .

Figure IV.4 : La courbe de plasticité du KT_2 .

Figure IV.5 : La courbe de plasticité du KT_{2B} .

Figure IV.6 : La courbe de plasticité du KT_1 , KT_2 et KT_{2B}

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE V :

Tableau V.1 : Les résultats de la granulométrie pour l'échantillon KT_1

Tableau V.2 : Les résultats de la granulométrie pour l'échantillon KT_2

Tableau V.3 : Les résultats de mesures des pH de tous les échantillons

Tableau V.4 : Les résultats de mesures de la densité de tous les échantillons

Tableau V.5 : Les valeurs du coefficient de plasticité utilisé dans l'usine

Tableau V.6 : résultats de la pâte humide pour mesurer la plasticité de l'argile KT_1

Tableau V.7 : résultats de la pâte semi-humide pour mesurer la plasticité de l'argile KT_1

Tableau V.8 : résultats de la pâte sèche pour mesurer la plasticité de l'argile KT_1

Tableau V.9 : résultats de la pâte humide pour mesurer la plasticité de l'argile KT_2

Tableau V.10 : résultats de la pâte semi-humide pour mesurer la plasticité de KT_2

Tableau V.11 : résultats de la pâte sèche pour mesurer la plasticité de l'argile KT_2

Tableau V.12 : résultats de la pâte humide pour mesurer la plasticité de l'argile KT_{2B}

Tableau V.13 : résultats de la pâte semi-humide pour mesurer la plasticité de l'argile KT_{2B}

Tableau V.14 : résultats de la pâte sèche pour mesurer la plasticité de l'argile KT_{2B}

Tableau V.15 : Tableau de récapitulatif

Tableau V.16 : Les résultats de la plasticité de KT_1 , KT_2 et KT_{2B}

Tableau V.17 : Résultats de le retrait en cru de l'argile

Tableau V.18 : Le résumé des résultats de retrait en cru

Tableau V.19 : Résultats de le retrait en cuit de l'argile

Tableau V.20 : Le résumé des résultats de retrait en cuit

Tableau V.21 : résultats de la P.A.F l'argile KT_1

Tableau V.22 : résultats de la P.A.F l'argile KT_2

Tableau V.23 : résultats de la P.A.F l'argile KT_{2B}

Tableau V.24 : Le résumé des résultats de P.A.F

Tableau V.25 : Les résultats de la résistance en cru de KT_1

Tableau V.26 : Les résultats de la résistance en cuit de KT_1

Tableau V.27 : Les résultats de la résistance en cru de KT_2

Tableau V.28 : Les résultats de la résistance en cuit de KT_2

Tableau V.29 : Les résultats de la résistance en cru de KT_{2B}

Tableau V.30 : Les résultats de la résistance en cuit de KT_{2B}

Tableau V.31 : Le résumé des résultats de la résistance en cru

Tableau V.32 : Le résumé des résultats de la résistance en cuit

Tableau V.33 : Les résultats de l'absorption de KT_1

Tableau V.34 : Les résultats de l'absorption de KT_2

Tableau V.35 : Les résultats de l'absorption de KT_{2B}

Tableau V.36 : Le résumé des résultats de l'absorption en eau

Tableau V.37 : Les résultats de la fusibilité de KT_1

Tableau V.38 : Les résultats de la fusibilité de KT_2

Tableau V.39 : Les résultats de la fusibilité de KT_{2B}

Tableau V.40 : Le résumé des résultats de la fusibilité

Tableau V.41 : Les résultats de la DRX

LISTE DES NOTATIONS ET INDICES

KT₁ : L'argile brut

KT₂ : Kaolin traité

KT_{2B} : Kaolin traité (blanche)

A : l'absorption en eau (%).

D_v : La densité vraie

Δm: la masse de matière traversant le tamis 1 et arrêtée par le tamis 2.

x : Le poids de l'argile testée (g).

L : La longueur initiale de l'abrrette (mm)

Y : La plasticité

X : le rapport de la hauteur initiale sur la hauteur après écrasement

a : Inclinaison rectiligne obtenue à partir de l'orientation graphique

b : la projection graphique de la courbe sur l'axe des ordonnées; Ils sont également exprimée dans cette formulation.

H₁ : La hauteur initiale de cylindre (mm)

H₂ : La hauteur finale de cylindre (mm)

Rc : Le retrait

P.D.M : La perte de masse

S : Résistance à la flexion.

Pr : La charge de la rupture de la machine de résistance

h : La hauteur de l'barrette (mm)

b : La base de l'barrette (mm)

n : ordre de la réflexion (n étant entier).

λ : longueur d'onde des rayons X.

d : distance interréticulaire est la plus courte distance entre deux plans de la famille.

θ : angle d'incidenc

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	2
Chapitre I	
Généralités sur les argiles	
I.1. Introduction	6
I.2. L'argile	6
I.3. L'origine de l'argile :	7
I.4. Les compositions de l'argile	7
I.5. Les types de l'argile	7
I.6 Classification de l'argile	10
I.7 Les propriétés de l'argile	11
I.8 Les domaines d'application	22
I.9 Les avantages des argiles	22
Les références de chapitre I	22
Chapitre II :	
Traitement des argiles	
II.1 Introduction	29
II.2 Les matières premières	29
II.3 Les procédés de traitement de l'argile	29
Les références de chapitre II	32
Partie expérimentale	
Chapitre III	
Préparation des échantillons argileux et méthodes de caractérisation	
III.1 Introduction	35
III.2 Préparation des échantillons Argileux	35
III.3 Caractérisations physico-chimiques	36
CHAPITRE IV	
Résultats et discussions	
IV.1 La granulométrie	51

IV.2 Le pH	53
IV.3 La densité	53
IV.4 La plasticité	54
IV.5 Le retrait	60
IV.6 La perte au feu	61
IV.7 La résistance à la flexion	63
IV.8 L'absorption en eau	66
IV.9 La fusibilité	67
IV.10 Diffraction des rayon X	68
Les références de partie expérimentale	70
Conclusion générale	71
Annexes	72
Résumé	77

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'argile est l'un des plus anciens matériaux utilisés dans le monde, et en raison de ses propriétés uniques, c'est un matériau plastique dont les travaux sont facilement utilisés dans de nombreuses industries, telles que fabrication de la poterie brute l'industrie de la vaisselle, la construction de statues, la construction de maisons, et elle a été utilisée comme remède contre certaines maladies aussi. Et cela depuis le néolithique.

L'argile domine toutes les roches sédimentaires. Sont composées de mélanges de minéraux argileux avec des minéraux hétérogènes (quartz, feldspath, mica, minéraux lourds). Les minéraux argileux ont commencé à être connus à la suite des avancées technologiques, notamment des méthodes : La calorimétrie différentielle analytique, en particulier les rayons X, permet la détermination de la structure des minéraux. L'arrangement atomique dans le substrat minéral argileux est la seule base possible de classification. Pour cela nous devons à faire beaucoup d'études qui nous montrent l'utilisation de tous les types d'argile que nous avons à notre disposition, si l'argile ne répond pas aux conditions appropriées, ses caractéristiques sont changées par le procédé de traitement des argiles.

Le traitement des argiles est important dans le domaine industriel en raison de sa grande importance, si nous voulons obtenir une certaine propriété dans l'argile que nous traitons, nous pouvons enlever certains matériaux ou réduire leur proportion pour obtenir la propriété que nous voulons, le procédé de traitement des argiles nous permet d'obtenir un matériau plus purifié.

Aujourd'hui, L'argile est utilisée dans la fabrication comme ingrédient mineur ou comme matière première majeure dans Les matériaux de construction : bâtiment et travaux publics, tels que : granulats, colles, béton, bois, verre... etc.). En effet, le champ d'application des minéraux argileux s'élargit car il est utilisé dans plusieurs secteurs industriels, dont les plus développés sont l'industrie de la céramique.

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une étude générale des propriétés physico-chimiques des argiles par " la société des kaolins d'Algérie " et "laboratoire de l'usine de la céramique sanitaire d'El-Milia (Jijel) " .

La recherche bibliographique effectuée nous a permis de passer en revue les différents types d'argiles pouvant exister et d'identifier leurs principales composantes minérales.

Cette étude porte sur l'analyse granulométrique met en jeu des particules d'argile de petite taille, Par ailleurs, la plasticité de trois types différents de la pâte (humide, semi-humide et sèche). Pour déterminer la valeur du coefficient de plasticité, pour savoir à quel domaine qu'elles appartiennent. Après on a déterminé de la résistance à la flexion, le retrait des argiles dépend du mode de traitement thermique. D'autres caractéristiques sont également étudiées dans ce travail.

L'étude physico-chimique de cette argile a pour but ; la valorisation de ce produit local par l'élargissement de ses domaines d'application et l'exploration de nouveaux domaines d'utilisation.

Cette thèse s'articule principalement en deux parties : une recherche bibliographique et une étude expérimentale.

La première partie est bibliographique, elle est composée de deux chapitres ;

- Le premier chapitre est consacré aux généralités sur les argiles, Leurs structures et leurs propriétés.
- Le deuxième chapitre présente le traitement des argiles.

La deuxième partie est expérimentale, elle est composée de deux chapitres ;

- Dans le troisième chapitre, nous préparons les échantillants argileux, puis les méthodes de caractérisations.
- Le dernier chapitre porte sur les résultats obtenus.

Une conclusion générale est donnée à la fin de notre travail qui résume les principaux résultats obtenus dans le programme expérimental.

Partie bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les argiles

Chapitre I

Généralités sur les argiles

I.1. Introduction

L'argile est une des matières premières utilisée depuis la plus haute antiquité. En effet, grâce à sa plasticité, elle permettait de fabriquer de certaines des exigences nécessaires à la vie.

Argiles, matériaux argileux, substrat argileux, roches argileuses ces mots et expressions sont des synonymes et désignent un matériau naturel qui se trouve sous forme de gisements mais aussi en quantités plus au moins grandes dans les sols et les sédiments.

I.2. L'argile

L'argile possède plusieurs définitions, liées généralement aux domaines des études et des utilisations ;

Selon la taille des grains ; l'argile est définie comme des grains d'un diamètre inférieur à $2\mu\text{m}$ [1].

De point de vue géologique, elle fait référence à une roche sédimentaire, imbibée d'eau qui peut former une pâte plus ou moins plastique pouvant être façonnée et durcissant à la cuisson [2].

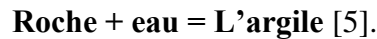
Les études structurales considèrent les argiles comme des phyllosilicates d'aluminium hydraulique, formées à partir d'autres minéraux silicatés, tels que les feldspaths et les micas, à la suite à des altérations physiques, chimiques et climatiques durant des milliards d'années [3].



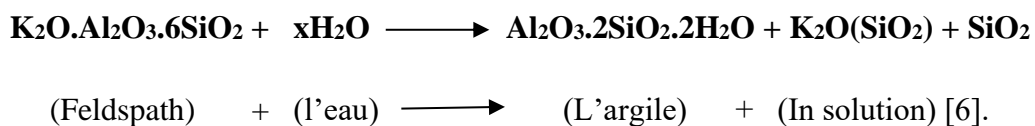
Figure I.1 : les argiles

I.3. L'origine de l'argile :

L'argile est le résultat des altérations terreux et rocheuses [4] [5], selon la réaction globale :



Lorsque le feldspath est désintégré par altération géologique, la partie alcaline, à savoir la potasse, la soude et la chaux, étant relativement soluble, est emportée par l'eau. Cela laisse l'alumine et la silice. Une partie de la silice est également séparée par des combinaisons chimiques. L'alumine et la silice restantes, après une longue exposition à l'humidité, deviennent alors hydratées ou combinées chimiquement avec de l'eau. En tant qu'équation chimique, l'ensemble du processus, qui peut prendre des millions d'années et qui ne peut être reproduit en laboratoire, est le suivant :



I.4. Les compositions de l'argile

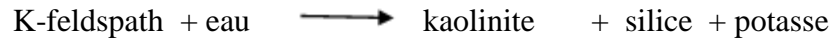
En tant que minéral, on dit que l'argile a la formule suivante : $\mathbf{Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O}$ [6]. L'argile est composée de silicates d'alumine hydratés. Elle contient de nombreux minéraux : silice (en majorité), aluminium, fer, magnésium, calcium, sodium, potassium, manganèse... Certains types d'argile sont plus riches en alumine, d'autres en fer, d'autres encore en magnésium : c'est aussi ce qui fait tout l'intérêt multiple de cette matière. [7]

I.5. Les types de l'argile

Les argiles se divisent en trois grandes familles en fonction de l'épaisseur des feuillets qui les composent : 0,7 ; 1 ou 1,4 nanomètre [8]. On distingue les types suivants :

I.5.1 La kaolinite [$\mathbf{Si_2 Al_2 O_5(OH)_4}$]

La kaolinite est de loin le minéral le plus commun du groupe des kaolins et se trouve comme produit résiduel d'altération, dans les zones d'altération hydrothermale et dans les roches sédimentaires. La transformation du feldspath de potassium en kaolinite résulte de l'altération ou de l'altération hydrothermique qui lessive le potassium et la silice selon la réaction chimique :



Tout le potassium (K) doit être perdu dans la solution, sinon l'illite se formera plutôt que la kaolinite. [9]

Le feuillet élémentaire de kaolinite est formé de deux couches :

- une couche tétraédrique (T) composée de silice au centre du tétraèdre et d'atomes d'oxygène aux sommets.
- une couche octaédrique (O) composée d'alumine avec les atomes d'aluminium au centre, les ions OH à l'extérieur et les atomes d'oxygène mis en commun avec les tétraèdres et les octaèdres voisins. [10]

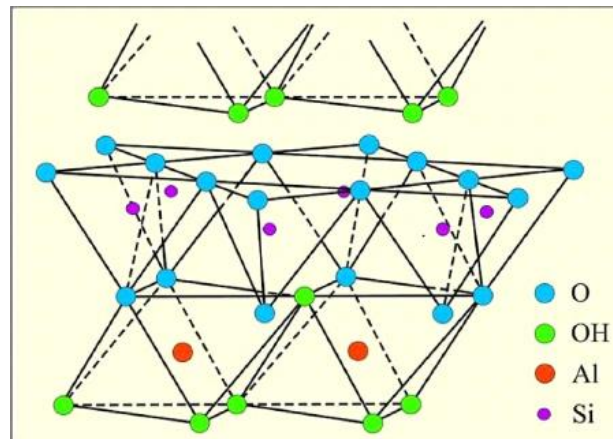


Figure I.2 : Structure de Kaolonite [11]

Ce minéral argileux présente un intérêt considérable pour la production de divers types de matériaux céramiques ayant certaines propriétés précieuses :

- 1-La plasticité, propriété utile pour la fabrication de produits céramique.
- 2-la couleur blanche après moulage.
- 3-La texture fine donne des articles fins.
- 4-La formation d'une quantité considérable de cristaux de mullite pendant le frittage, qui rend le produit dur et de bonne résistance mécanique. [12]

I.5.2 La montmorillonite $[\text{Si}_4 \text{Al}_{(2-x)} \text{Mg}_x \text{O}_{10}(\text{OH})_2, n\text{H}_2\text{O}]$

La montmorillonite est un minéral composé de silicate d'aluminium et de magnésium hydraté, Il appartient au groupe des smectites, de la famille des phyllosilicates. Elle a été découverte en 1847 près de Montmorillon par le géologue Mauduit, dans le département de la Vienne (France), Elle possède une granulométrie très fine $< 2 \mu\text{m}$. [13].

La structure de la montmorillonite est constituée de deux couches de tétraèdres centrées sur le silicium entre les quelles se trouve une couche octaédrique centrée sur l'aluminium. Deux couches sont séparées par l'espace interfoliaire dont l'épaisseur est de l'ordre de 14 \AA , épaisseur qui peut varier selon la teneur en eau

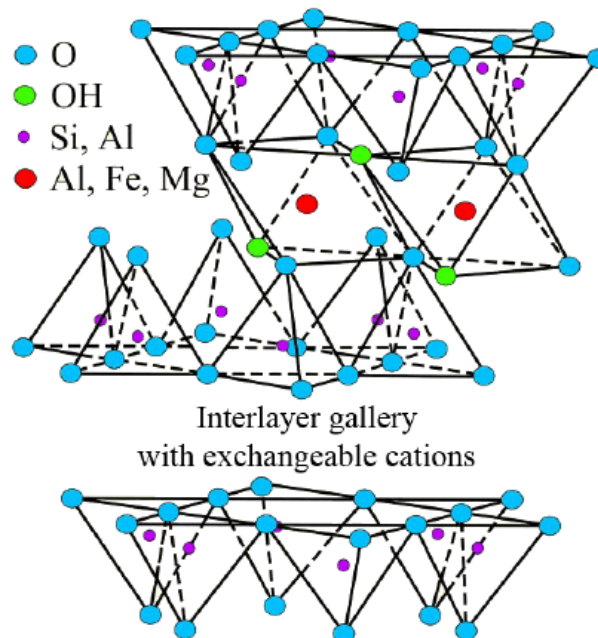


Figure I.3 : Structure de montmorillonite [14]

I.5.3 Les illites $[\text{Si}_{(4-x)} \text{Al}_x \text{Al}_2 \text{O}_{10}(\text{OH})_2 x\text{K}]$

Les illites sont des minéraux argileux TOT dans lesquels les charges négatives des couches argileuses sont compensées par des ions K non échangeables, qui sont situés dans la région intercalaire intégrée dans les trous trigonaux du plan atome d'oxygène. Les illites ont un caractère non gonflant, qui est attribué à l'interaction électrostatique spécifique de liaison des couches par les ions de potassium. Ces ions sont de la bonne taille pour établir une coordination de 12 avec les atomes d'oxygène qui peuvent former des anneaux avec les couches voisines. [15]

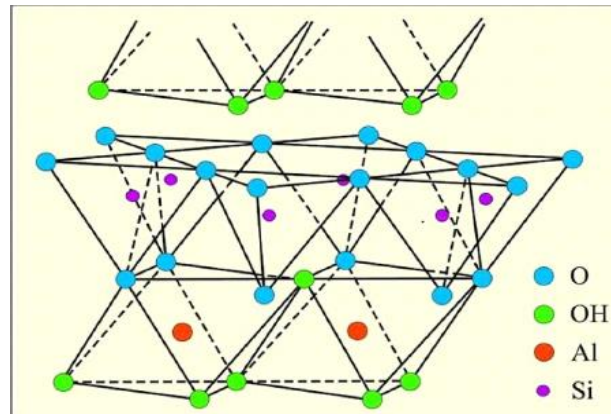


Figure I.4 : Structure des illites [11]

Les argiles n'étant pas chimiquement « pures », elles peuvent contenir au sein d'une même famille des éléments d'une autre. On tient donc compte des constituants prédominants pour les identifier. [8].

I.6 Classification de l'argile

On trouve dans la bibliographie plusieurs types de classification :

I.6.1 Selon la structure chimique

Une argile est un assemblage entre divers cations et des atomes d'oxygène ou des groupements hydroxyles. Cet assemblage est effectué selon des conditions électriques et géométriques afin de générer deux types de structures ; les couches tétraédriques (T) et les couches octaédriques (O).

I.6.1.1 La couche tétraédrique

Est formée de tétraèdre Si^{4+} entouré de quatre anions O^{2-} aux sommets. Son épaisseur est $4,6 \text{ \AA}$ et sa charge (-1). [16]

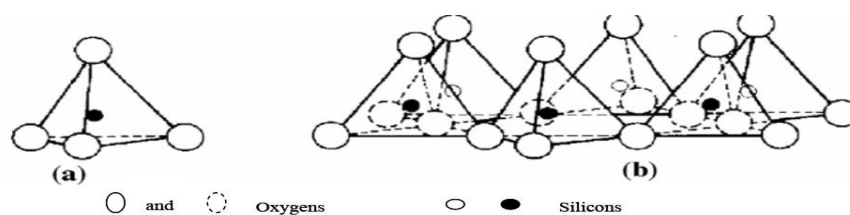


Figure I.5 : a) : Unité tétraédrique à cœur de Silicons ; b) : Schéma d'une couche de tétraèdre [16]

I.6.1.2 La couche octaédrique

Est constituée par des ions Al^{3+} ou Mg^{2+} entourés de six groupes hydroxyle OH. Son épaisseur est $5,05 \text{ \AA}$ et sa charge (+1). [16]

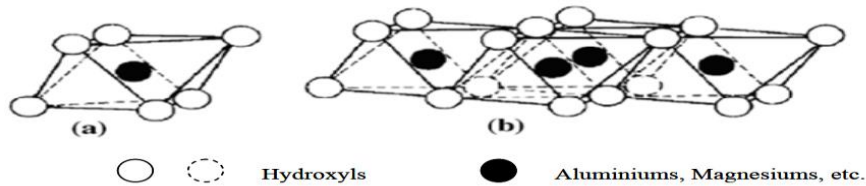


Figure I.6 : a) : Unité octaédrique ; b) : Schéma en couche à base d'octaèdre de Brucite $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ou de Gibbsite $\text{Al}(\text{OH})_3$ [16]

I.6.2 Selon la couleur

I.6.2.1 Vert

Particulièrement riche en silice, en oxyde d'aluminium, en oxyde de fer et en oxyde de magnésium. Elle contient également des phosphates, de la potasse, de la soude, de l'oxyde de titane, de l'oxyde de manganèse et de la chaux. Elle a un fort pouvoir d'absorption et est reminéralisante. [17]



Figure I.7 : L'argile vert

I.6.2.2 Blanche

Riche en silice et en alumine [17], Ces argiles ne contiennent aucune substance colorée. Leur formation n'a donc pas été perturbée, elle a été uniforme. On retrouve le plus souvent des kaolinites mais également des smectites [18]



Figure I.8 : L'argile blanche

I.6.2.3 Jaune

Ce sont les illites, riches en oxyde de fer et magnésie [18].



Figure I.9 : L'argile jaune

I.6.2.4 Rose

Ce n'est pas une argile que l'on a extraite, mais un mélange de kaolin blanc et d'illite rouge. À réserver pour un usage cosmétique. [8]



Figure I.10 : L'argile rose

I.6.2.5 Rouge

La montmorillonite est riche en oxydes de fer, d'où sa coloration. Elle est peu absorbante. [8]



Figure I.11 : L'argile rouge

I.6.2.6 Grise

C'est une argile volcanique. [8]



Figure I.12 : L'argile grise

I.6.2.7 Bleu

Membre du groupe des smectites, elle contient en grande quantité des minéraux qui sont utilisés par l'organisme pour produire des enzymes ou l'aider à accomplir diverses fonctions physiologiques. [8]



Figure I.13 : L'argile bleu

I.7 Les propriétés de l'argile

I.7.1 La forme

Les argiles se présentent sous trois formes principales :

I.7.1.1 En flocons

Avec une même dimension dans deux directions et une épaisseur d'environ le vingtième de la longueur.

I.7.1.2 En lattes

Avec une dimension plus longue et toujours une épaisseur d'environ le vingtième de la longueur.

I.7.1.3 En aiguilles

Avec deux dimensions identiques et la troisième beaucoup plus grande. [19]

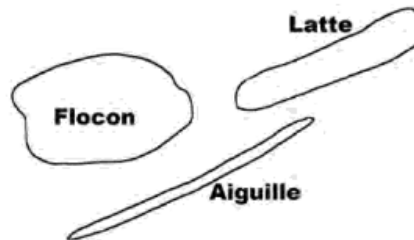


Figure I.14 : Forme des particules argileuses [19]

I.7.2 La surface spécifique

Les argiles sont des minéraux de petite taille qui leur confère une surface importante par rapport au volume des particules. La surface des argiles est supérieure à celle des minéraux de même taille mais de forme différente. Le rapport épaisseur/largeur est de l'ordre de 1/20. Ainsi, les propriétés des argiles sont principalement contrôlées par leur surface. [19]

I.7.3 L'absorption

Cette propriété est extrêmement importante, l'argile peut absorber non seulement l'eau, mais aussi des gaz. [20]

L'absorption est le pourcentage d'eau absorbée par le matériau cuit et sec après immersion dans l'eau bouillante. Elle est déterminée selon la formule :

$$A = \frac{P_f - P_i}{P_i} \times 100 \text{ (\%)}$$

A : l'absorption en eau (%).

P_i : le poids initial de l'échantillon (g).

P_f : le poids final de l'échantillon (g).

I.7.4 L'adsorption

L'adsorption est un phénomène qui se traduit par la concentration et aussi l'adhésion de matières à la surface d'une substance. L'argile possède précisément ce pouvoir. C'est ainsi qu'elle peut attirer certains corps mêlés à un liquide. Elle ne pourra pas les absorber, mais elle les retiendra, elle les fixera à son voisinage, à sa surface. Cette action a une certaine

analogie avec les catalyseurs dont la seule présence modifie ou perturbe la composition de certaines substances, sans être eux-mêmes modifiés. [20]

I.7.5 La granulométrie

Elle consiste à déterminer la proportion des diverses classes de grosseur des particules. La méthode consiste à passer une quantité connue de l'argile sur des tamis d'ouverture de mailles déterminées, pour obtenir le pourcentage de refus.

Si, P le poids des résidus sur le tamis.

$$\% \text{ de refus} = \frac{P}{x} \times 100 (\%)$$

x : Le poids de l'argile testée (g).

P : Le poids des résidus sur le tamis (g).

Pour rendre les résultats significatifs et comparables, on est amené à les mettre sous forme de courbes :

I.7.5.1 Courbe cumulative

Dite aussi courbe de sommation des restes ou diagramme intégral. [21]

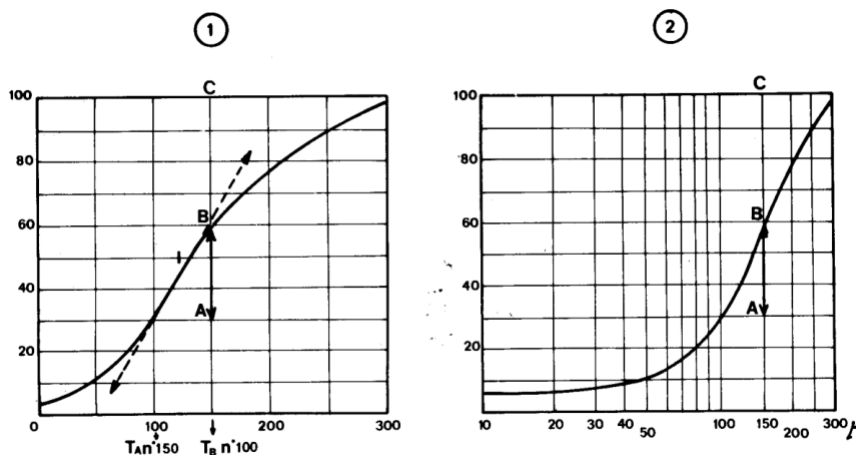


Figure I.15 : Courbes cumulatives : 1) échelle normale, 2) échelle logarithmique [21]

Elle s'obtient en portant en abscisse les ouvertures des mailles des différents tamis utilisés (ou leur logarithme). On porte en ordonnée la masse totale de matière franchissant chaque tamis. Ainsi la matière passée au tamis n°100 (ouverture des mailles, 150 μ) laisse CB de résidus sur ce tamis, tandis que BTB traverse ses mailles. Cette partie fine passée au

travers d'un tamis n° 150 (ouverture des mailles, 100 μ) y laissera un refus égal à AB tandis que ATB le franchiront. Certains auteurs portent en ordonnées la masse totale de matière ne franchissant pas le tamis déterminé. [21]

I.7.5.2 Courbe de répartition expérimentale

On porte en ordonnée les masses de matière arrêtée par chaque tamis et ayant franchi celui de la maille immédiatement supérieure dans la série de tamis utilisés. En somme, au lieu de porter en TA la quantité de matière passée à ce tamis, on porte une longueur proportionnelle à AB, quantité de matière arrêtée par le tamis TA après passage au tamis TB.

Cette masse AB dépend évidemment de la répartition granulométrique de la matière, mais aussi de l'écart des deux tamis successifs. Ces courbes ne peuvent donc permettre que des comparaisons dans le cas où l'on sert d'une série de tamis qui est toujours la même ; autrement la forme des diagrammes résulte autant des toiles choisies que de la constitution des matières étudiées. Ces courbes n'ont donc aucune signification théorique. [21]

I.7.5.3 Courbe de fréquence

Dite encore courbe théorique de répartition. [21]

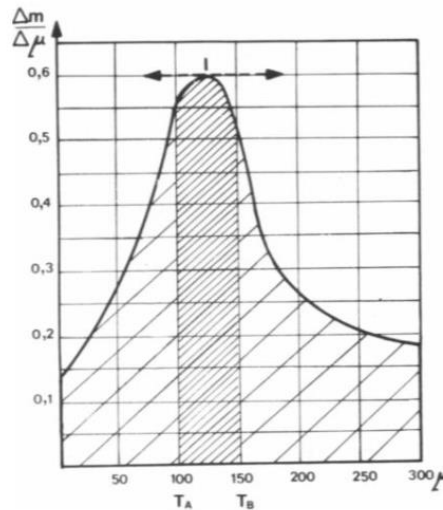


Figure I.16 : Courbe de fréquence [21]

Soit M la masse totale étudiée et m la portion de cette masse passant à un tamis de maille μ . La courbe $m=f(\mu)$ est la courbe cumulative. Son dérivé $dm/d\mu$ est la courbe de fréquence

$$m = \int_0^{\mu} \frac{dm}{d\mu} d\mu.$$

On trace la courbe de fréquence en déterminant pour chaque point de la courbe cumulative, soit la pente de la tangente en ce point, soit la pente moyenne de la courbe entre ce point et le suivant. On peut aussi la construire à partir des données du tamisage. Soit μ_1 et μ_2 les dimensions de maille de deux tamis consécutifs avec $\mu_1 > \mu_2$.

Δm : la masse de matière traversant t_{μ_1} et arrêtée par t_{μ_2} .

$\Delta\mu = \mu_1 - \mu_2$ et le diamètre moyen des grains est $\mu_m = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$. On portera on abscisse les valeurs successives des μ_m et en ordonnées les valeurs correspondantes de $\frac{\Delta m}{\Delta\mu}$. [21].

I.7.6 Le gonflement

Le gonflement d'une argile est défini comme l'écartement des feuillets par l'entrée d'eau dans l'espace inter-foliaire. Les propriétés de gonflement d'une argile de nature et de densité de charge données dépendent fortement de la nature du contre ion. [22]

I.7.7 L'échange ionique

Une autre propriété des argiles est la possibilité de substituer un cation interfoliaire par un autre de nature différente. L'échange cationique peut avoir lieu entre ions de même valence (par exemple Cs^+ pour Na^+) ou de valences différentes (par exemple un Ca^{2+} pour deux Na^+). La quantité d'ions échangeables pour une argile donnée est appelée capacité d'échange cationique (CEC) et se mesure en milliéquivalents (mmol de charge) par 100 grammes d'argile (meq/100 g). Une montmorillonite sodique a une CEC de l'ordre de 100 meq/100 g, soit environ 1 mole de Na par kg d'argile. [22]

I.7.8 Le pH

Les mesures de pH peuvent répondre à deux buts bien distincts :

- Celui du praticien qui les envisager comme un moyen de control de ses matières premières.
- Celui du chercheur qui y voit un moyen d'investigation capable de lui donner une connaissance plus intime des matières argileuses.

Le pH des argiles correspond sensiblement à leur point de stabilité maximum dans l'eau, mais non forcément à leur pH de formation. Si nous faisons artificiellement une suspension d'argile et que nous la portions à divers pH nous remarquons les résultats suivants :

Au pH = 8 à 8,5 : stabilité maximum de la suspension, mais celle-ci se dépose en deux phases et il en résulte deux couches, celle du dessus contenant 1/5° environ de l'argile est plus claire et plus plastique, elle contient davantage d'éléments colloïdaux.

Au pH=7 : dépôt plus rapide, toujours en deux phases.

Au pH = 6 et au-dessous : floculation rapide en une phase. Formation d'une structure floconneuse différente sous le microscope de la formation naturelle.

Au pH = 9 : stabilité moyenne, dépôt en une phase, même aspect sensiblement que l'argile non traitée.

Au pH = 10 à 12 : dépôt très rapide, l'argile obtenue est moins plastique qu'avant traitement.
[23]

I.7.9 La densité vraie (absolue)

Elle est égale au poids d'un volume de la suspension divisé par le poids d'un même volume d'eau dans les mêmes conditions de mesures.

Elle se détermine par la formule suivante :

$$D_v = \frac{M_1 - M_0}{(M_1 - M_0) + (M_2 - M_3)}$$

M₀ : masse de pycnomètre vide avec son bouchon (g).

M₁ : masse de pycnomètre avec son bouchon + la poudre (g).

M₂ : masse de pycnomètre avec son bouchon + l'eau distillée (g).

M₃ : masse de pycnomètre avec son bouchon + la poudre + l'eau distillée (g).

I.7.10 La plasticité

Est l'aptitude d'une pâte argileuse à se déformer et conserver la forme acquise lorsque l'effort cesse.

Elle est exprimée selon les formules suivante : $Y = a.X + b$

Sur l'axe des abscisses en (mm) :

$$X = \frac{H_1}{H_2}$$

X : est le rapport de la hauteur initial sur la hauteur après écrasement.

H₁ : la hauteur initiale du cylindre (mm).

H₂ : la hauteur finale du cylindre (mm).

Sur l'axe des ordonnées en (%) :

$$Y = \%H_2O = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100 \quad (\%)$$

Y : représente le taux d'humidité de la pâte (%).

P₁ : est le poids de cylindre avant séchage (g).

P₂ : est le poids de cylindre après séchage (g).

I.7.11 Le retrait

En général, le retrait signifie la diminution des dimensions d'une substance en raison de sa déshydratation ou de sa cuisson. Les pièces d'argile qui sont faites d'argile quand elles sèchent sont plus petites que quand elles sont formées, en raison de la perte d'eau entourant leurs grains, qui se traduit par le rétrécissement dans toute la forme. [24] il est exprimé en (%) selon la formule suivante :

$$Rc = \frac{L_i - L_f}{L_i} \times 100 \quad (\%)$$

L_i : la longueur initiale (cm).

L_f : la longueur finale (cm).

Il s'agit de deux types de retrait :

I.7.11.1 Retrait en cru

Est la diminution des dimensions d'un matériau après séchage.

I.7.11.2 Retrait en cuit

Est la diminution des dimensions d'un matériau après traitement thermique.

I.7.12 La perte de masse

L'argile rétrécit pendant la cuisson pour de nombreuses raisons. D'abord, elle perd de l'eau. Deuxièmement, il subit des changements chimiques et physiques qui le rendent plus dense que dans son état d'origine.

La perte de feu est le pourcentage du poids perdu pendant le traitement thermique.

Elle est exprimée en (%), selon la formule suivante :

$$P. D. M = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad (\%)$$

P_i : le poids de l'barrette séchée avant cuisson (g).

P_f : le poids de l'barrette après cuisson (g).

I.7.13 La résistance à flexion

Est le poids maximal supporté par un matériau cru ou cuit jusqu'à sa rupture. Elle est exprimée en (Kgf /cm²), selon la formule suivante :

$$S = \frac{3 (P_r \times L)}{2 (b \times h^2)}$$

S : Résistance à la flexion en cru/cuit (Kgf /cm²).

P_r : la charge à la rupture (Kgf).

L : la longueur initiale (cm).

h : la hauteur (de l'barrette) (cm).

b : la base (largeur de l'barrette) (cm).

I.7.14 La fusibilité

Il consiste à déterminer la tendance à la fusion des échantillons conçus sous forme conique après traitement thermique.

I.7.15 La diffraction des rayons X

La diffraction des rayons X par les échantillons polycristallins est aujourd'hui une des techniques les plus puissantes et les plus largement répandus en science des matériaux pour étudier et caractériser la structure d'un solide cristallin. Elle permet de déterminer les

distances interatomiques et l'arrangement des atomes dans les réseaux cristallins. Comme les rayons X sont diffractés de façon différente par les éléments du réseau suivant la construction de ce dernier, l'irradiation de la matière par des rayons X permet de connaître sa nature cristallographique [25].

Par ailleurs, elle permet d'avoir accès à des informations physiques sur les cristaux, notamment leur taille et leur orientation. Elle se décline sous différents principes et techniques.

- **Le principe de fonctionnement**

La technique est basée sur la diffraction d'un faisceau de rayons X monochromatique de manière constructive par les plans réticulaires d'un matériau cristallin. La condition d'interférence constructive est donnée par la loi de Bragg.

Un cristal peut être vu comme la répétition périodique tridimensionnelle d'éléments (atomes ou molécules), appelés nœuds, repérés par des disques noirs sur la figure 3. Le schéma représente une coupe de plans réticulaires passant par les centres de ces éléments, espacés d'une distance d . L'angle θ (angle de Bragg) détermine l'incidence d'un faisceau parallèle de rayons X sur ces plans réticulaires. Notez que θ est le complémentaire de l'angle d'incidence usuel en optique. La différence de chemin optique entre les deux rayons lumineux particuliers représentés vaut $AC + CB = 2 d \sin\theta$. Ils interfèrent de manière constructive lorsque la différence de marche est égale à un nombre entier p de longueur d'onde. [26]

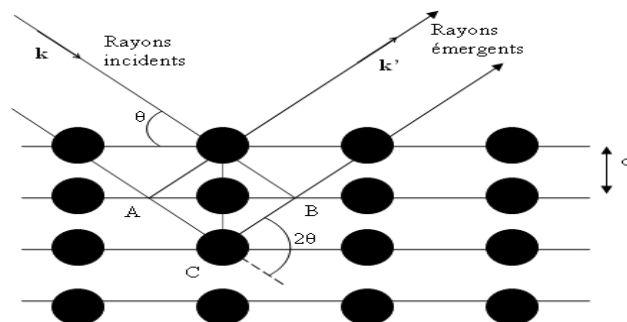


Figure I.17 : Réflexion des rayons X par une famille de plans réticulaires espacés d'une distance d

[26]

C'est la loi de Bragg :

$$n \lambda = 2d \sin\theta$$

Où

n : ordre de la réflexion (n étant entier).

λ : longueur d'onde des rayons X.

d : distance interréticulaire est la plus courte distance entre deux plans de la famille.

θ : angle d'incidenc

I.8 Les domaines d'application

I.8.1 Le domaine industriel

L'emploi des argiles est connu depuis longtemps, elles étaient utilisées dans la fabrication artisanale comme par exemple la poterie, les produits céramiques etc. La première utilisation industrielle des argiles a été la décoloration des huiles.

Plusieurs études montrent ses propriétés remarquables tels que l'échange d'ion, la plasticité etc., offrent aux argiles un vaste champ d'application par exemple : dans le traitement des eaux résiduelles, dans la préparation de la boue de forage, comme catalyseur. Elle est également utilisée dans l'industrie du papier, des peintures, dans la fabrication du savon et en chromatographie. [27]

L'argile est notamment employée dans les processus de transformation et de raffinage du pétrole et la purification des essences, elle sert dans la fabrication du caoutchouc synthétique ou naturel ainsi que de peintures. Elle est également utilisée comme dépolluant des eaux industrielles contenant de métaux lourds, dans l'industrie alimentaire pour clarifier certaines boissons (huiles, eaux...), etc. [8]

I.8.2 Le domaine médical et cosmétique

L'argile est largement employée dans les domaines médicaux, vétérinaires et cosmétiques ; elle possède des propriétés anti- inflammatoire, un pouvoir antiseptique et décontracturant. Ainsi, elle soulage les douleurs musculaires ou rhumatismales.

L'argile est utilisée comme un traitement de la sphère digestive, en orthodontie, comme un traitement de l'ulcère, ainsi dans le domaine vétérinaire comme : anti-mottant, excipient, anti-infectieux et stimulant, purifiant intestinal, reconstituant du manteau céphalique...etc. [28]

Parmi les utilisations de l'argile en cosmétique on distingue : Nettoyage en profondeur de la peau, élimination des points noirs et des pilules, éclaircir et hydrater la peau, pour lutter contre les rides...

I.9 Les avantages des argiles

L'argile est l'un des minerais les plus appropriés et les meilleurs en raison de :

- Leur présence est abondante dans les mains.
- Sa facilité et sa flexibilité dans le façonnage.
- Reformulation possible.
- C'est une source de sécurité et d'assurance pour ses utilisateurs qu'il n'y a pas de risque.
- Facile à ajouter ou supprimer des pièces pendant le processus de formage.
- Il a des processus séquentiels et à chaque étape a une expertise multiple.
- Il peut être mélangé avec d'autres argiles pour trouver un échantillon avec de nouvelles caractéristiques.
- Leur production répond aux besoins de l'humeur et du goût de la communauté. [24]

Les références de chapitre I :

- ✚ [1] **B. Velde, (2012)**. Introduction to clay minerals, chimistry, origines, uses and environmental significance, page 01. Livre
- ✚ [2] **Stéphane Tesson, (2016)**. " Un champ de force polarisable pour l'étude des argiles à l'échelle moléculaire", Thèse de doctorat Pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université Pierre et Marie Curie.
- ✚ [3] **Galina St George, (2021)**. How clays work, Science and Applications of Clays and Clay-Like Minerals in Health and Beauty GALINA ST GEORGE, page 17. Livre
- ✚ [4] **Carl Bischof, (1906)**. Les Argiles réfractaires gisements, composition, examen, traitement et emploi au point de vue des produits réfractaires en général, Paris, page 1,2. Livre.
- ✚ [5] **Marthe Tatiana DIATTA, (2016)**. "Matières premières argileuses du Sénégal caractéristiques et applications aux produits céramiques de grande diffusion", THESE Préparée dans le cadre d'une cotutelle Pour obtenir le grade de docteur de l'université de Limoges.
- ✚ [6] **Daniel Rhodes, (2015)**. Clay and Glazes for the Potter, page 8, 9. Livre.
- ✚ [7] **Alix Lefief-Delcourt, (2012)**. L'argile, c'est malin. Edition Leduc. Livre.
- ✚ [8] **Pascal Labbé, (2019)**. L'argile qui guérit, éditions revue et augmentée. Livre
- ✚ [9] **Jacob Klopogge, (2018)**. Spectroscopic Methods in the Study of Kaolin Minerals and Their Modifications, page 08. Livre.
- ✚ [10] **Charles N., Colin S., Gutierrez, T., Lefebvre G. (2018)**. Mémento Kaolin et argiles kaoliniques. Rapport final. Rapport BRGM/RP-67334-FR, 93 p. 44.
- ✚ [11] **Abdelhadi El Hachmi, (2013)**. " Argile et minéraux argileux : propriétés physico-chimiques et propriétés et propriétés colloïdales", Mémoire de master fondamentale en chimie de l'Université Abdelmalek Essaadi.
- ✚ [12] **Akshoy Kumar Chakraborty, (2013)**. Phase Transformation of Kaolinite Clay, page 03. Livre.
- ✚ [13] **Amna Ahmed, (2019)**. "Étude des propriétés physico-chimiques de nouveaux supports argileux modifiés par des liquides ioniques dans la perspective d'applications au traitement de déchets toxiques". Thèse de Doctorat Mention Physique, présentée à l'Ecole Doctorale en Sciences Technologie et Santé (ED 585) de l'Université de Picardie Jules Verne.

- ✚ [14] **David Richard Steinmetz, (2017)**. " Texture Evolution in Processing of Polystyrene-Clay Nanocomposites", Thesis Submitted for the degree of Master of Science to the Faculty of Drexel.
- ✚ [15] **Arthur T. Hubbard, (2002)**. Encyclopedia of Surface and Colloid Science - Volume I, page 308.
- ✚ [16] **Khenifi Aicha, (2010)**. "Elaboration des matériaux à base d'argiles, caractérisation, et application à la l'élimination des polluants organiques", thèse pour l'obtention du diplôme de doctorat en science, université des sciences et de la technologie D'Oran Mohamed Boudiaf.
- ✚ [17] **Nathalie Semenuik, (2008)**. Bienfaits de l'argile en 70 recettes maison, Page 03. Livre.
- ✚ [18] **HERNOT François, (2016)**. "L'argile, son utilisation à l'officine", Thèse pour l'obtention du Diplôme d'État de Docteur en Pharmacie.
- ✚ [19] **Jean Shimatu Mbuyi, (2012)**. Caractérisation et mise en œuvre des sols argileux destinés aux matériaux de construction cuits Cas de la Province du Kasai oriental en République démocratique du Congo, page 29, université catholique de Louvain. Livre.
- ✚ [20] **Robert Andeani, (2022)**. L'ARGILE Comment L'employer, page 20, 21. Edition votre santé. Livre.
- ✚ [21] **Kamel Atamnia, (2023)**. Support de cours chimie des silicates, faculté des Sciences et de la technologie, Université Mohammed-Seddik Benyahia-Jijel.
- ✚ [22] **Benjamin Rotenberg, (2007)**. "Modélisation multi-échelles du comportement de l'eau et des ions dans les argiles", Thèse de doctorat de l'université pierre et Marie Curie -Paris 6 pour obtenir le grade de docteur de l'université Paris 6.
- ✚ [23] **Robert de Joly, (1960)**. L'Aven d'Orgnac (Ardèche) Vues et dessins. Livre.
- ✚ [24] **محمد سعيد عبد الله (2015)**، كتاب تعلم... الخزف.. فن وعلم، دليل الهواة والدارسين والفنانين
- ✚ [25] Méthode Spectrométriques d'analyse et de caractérisation Diffraction X, pp 7-8, Axe « Génie des procédés », Centre SPIN, Ecole des Mines de Sai.
- ✚ [26] Ressources scientifiques pour l'enseignement de la physique 28/10/2009, par Christophe Aronica, publie par Catherine Simand, École Normale Supérieure de Lyon).

- ✚ [27] : **Bouid Samia, (2010)**. "Adsorption des différents polluants sur des argiles", Mémoire Pour l'obtention du diplôme de magister. Université d'Oran, Mouhamed Boudiaf.
- ✚ [28] : **HERNOT François, (2016)**. "L'ARGILE, SON UTILISATION A L'OFFICINE", Thèse pour le Diplôme d'État de Docteur en Pharmacie, Sous la direction de Mme Le Ray Anne-Marie.

CHAPITRE II

TRAITEMENT DES ARGILES

CHAPITRE II :**TRAITEMENT DES ARGILES****II.1 Introduction**

Les argiles brutes et les minéraux argileux sont des matières premières abondants dans le monde entier mais ne sont jamais purs, sauf les vermiculites ou les micas. La présence d'impuretés complique la caractérisation scientifique complète des minéraux argileux. Des techniques relativement simples sont utilisées dans le traitement industriel des argiles. [1]

II.2 Les matières premières

Les matières premières sont des matières issues de la nature utilisées directement ou transformées en biens de consommation par l'homme. Toutes les matières servant à la fabrication de biens sont considérées comme une matière première. Elles entrent dans l'établissement des prévisions financières des entreprises. Il s'agit par exemple des argiles, du gaz naturel, du pétrole, du sable, des minerais.

Parmi les matières premières les plus importants on distingue les argiles, cette dernière qui se trouve dans la nature pure, et pour l'exploitations nous faisons un processus de traitement.

II.3 Les procédés de traitement de l'argile

La matière brute ne contenant en général que 30 à 60 % environ de matière utile, il est donc indispensable de la purifier pour obtenir une argile pure. [2]

II.3.1 un traitement mécanique de l'argile brute (broyage)

Le broyage des argiles a pour but : 1° de réduire les parties volumineuses ; 2° de donner de la plasticité aux argiles qui n'ont qu'insuffisamment cette propriété, comme les argiles schisteuses. Pour les argiles plastiques douces, le broyage et la diffusion des impuretés minérales sont seuls nécessaires.

Le broyage est effectué soit humide, soit sec. Le broyage humide, employé pour les argiles schisteuses dures et les argiles réfractaires, est le procédé qui développe le mieux la plasticité latente ; mais il est inefficace pour maintenir l'homogénéité physique. Le broyage à sec est pratiqué lorsque la matière est naturellement hétérogène.

Le traitement humide est plus lent, plus coûteux et offre moins de contrôle sur l'homogénéité du produit. Le traitement à sec est plus rapide, meilleur marché ; il donne une pâte plus homogène, mais de plasticité faible.

Le rouleau est l'appareil de broyage le plus simple ; est constitué en deux cylindres ou cônes, dont les surfaces sont en contact étroit ou maintenues parallèles. Les rouleaux servent à deux fins : d'abord comme broyeur humide pour le concassage des pierres, argiles plastiques et pour rejeter les parties dures trop volumineuses ; en second lieu, comme broyeur à sec pour la pulvérisation de grandes quantités de grains de dimensions uniformes.

Des rouleaux différentiels servent à broyer l'argile d'alluvion finement grainée. Un des rouleaux est petit et tourne à une grande vitesse (500 tours par minute, diamètre .020 m à 0.25 m) ; l'autre est plus grand et de vitesse moindre (150 tours, diamètre 0.45 m). Cette machine travaille convenablement l'argile, soit sèche, soit humide. [3].

II.3.2 La mise en suspension dans l'eau

Afin de permettre la purification de l'argile par voie humide suivie d'un traitement granulométrique qui permet de réduire l'argile en particules suffisamment fines pour être distinguée des particules étrangères encore présentes mais de dimensions plus grandes ; [2] qui séparent l'argile pure de tout le gravier ou sable qui s'y trouve mêlé. Les grains quartzeux dont ce sable est formé ayant en général une grosseur bien plus considérable que celle des grains de l'argile elle-même, tombent plus rapidement au fond de l'eau. Si l'on délaie une argile brute dans l'eau, qu'on laisse la liqueur en repos pendant quelques instants et que l'on décante ensuite, l'argile pure ou presque pure s'écoulera avec l'eau, et le sable restera. On obtiendra le même résultat en tamisant le liquide. Le tamis laissera passer l'argile et retiendra au contraire le sable. On conçoit qu'à l'aide d'une décantation longue et répétée, ou avec le tamisage, on peut arriver à purifier les argiles. [4]

II.3.3 Un traitement chimique

Afin d'éliminer les matières non argileuses.

II.3.4 Un traitement physique

Incluant décantation / centrifugation, ce qui permet une sélection progressive de l'argile brute. [2]

II.3.5 Un traitement thermique

Le traitement thermique ou le séchage, qui permet d'avoir une argile pure et stérilisée. [2]

Les références de chapitre II :

- ✚ [1] **Faïza Bergaya, Gerhard Lagaly, (2013)**. Developments in Clay Science Volume 5.
- ✚ [2] **Denise Fayolle**, Brevet FR 2346017.
- ✚ [3] **Bibliothèque municipale de Lyon, (1903)**. Le Mois scientifique et industriel revue universelle de la Documentation technique · Volume 32-1914. Numérisé le :21 janvier 2013, page 92. Livre
- ✚ [4] **Jean-Baptiste Dumas, (1848)**. Traité de chimie appliquée aux arts, page 484. Livre.

PARTIE
EXPERIMENTALE

Chapitre III

Préparation des échantillons argileux et méthodes de caractérisation

Chapitre III

Préparation des échantillons argileux et méthodes de caractérisation

III.1 Introduction

L'utilisation des argiles traitées de toutes sortes peut être utilisée dans les matériaux de construction, la Céramique sanitaire, les Carreaux Sols, le Grès Céramique et le Faïence (c'est pour KT_2) ; la Céramique Fine, les Vaisselles, les Papier et les Emaux (c'est pour KT_{2B}). Ce qui nous amène à étudier ses propriétés physico-chimiques. Par conséquent, dans ce chapitre.

III.2 Préparation des échantillons Argileux

Nous avons les matières suivantes : KT_1 , KT_2 , KT_{2B} .

- **KT_1** : est la matière première brute, prélevée au niveau de la région de la montagne de Tamazert-El Milia.
- **KT_2** : issue du traitement par flottation de KT_1 , elle subit les opérations suivantes :
 - **Stockage et homogénéisation** : Le minerai est transporté par camion de la carrière à la plateforme de stockage et d'homogénéisation.
 - **Lavage** : il consiste à mouiller l'argile de manière consécutive, afin d'avoir une séparation granulométrique.
 - **Filtration** : Ce processus se fait en insérant la matière traitée dans les stations de filtration, puis en la pressant très fortement afin de retirer la grande quantité d'eau qu'elle contient.
 - **Séchage** : la matière filtrée est introduite dans un séchoir industriel pour enlever l'eau en excès.
- **KT_{2B}** : elle subit les mêmes opérations de traitement que celles de KT_1 jusqu'à l'opération de lavage, puis on l'ajoute un mélange des acides (acide hydro sulfite de sodium $Na_2S_2O_4$ et acide sulfurique H_2SO_4) pour le blanchissement. Enfin elle aura une opération de filtration et de séchage.

Finalement, une classification des matières traitées, selon la couleur aura lieu.

Après la préparation des échantillons à étudier, nous procédons à leur caractérisation physico-chimique.

III.3 Caractérisation physico-chimique

Plusieurs essais ont été effectués, tels que : l'analyse granulométrique, la détermination du pH, la densité, la plasticité, le retrait, la perte au feu, la résistance à la flexion en cru et en cuit, l'absorption en eau et la fusibilité.

Dans le laboratoire de "la société des kaolins d'Algérie" nous avons préparé des matières premières pour étudier les caractéristiques suivantes : L'analyse granulométrique, la densité et la détermination du pH.

L'échantillon prélevé a subi les traitements suivants :

Concassage, Séchage et broyage

- Concassage des roches en morceaux par un mortier,
- Séchage dans l'étuve pendant 24 h ($T = 105\text{ °C}$),
- Broyage des morceaux argileux dans un broyeur à boulets "Prolabo" (40 tours/1 min), pendant 2 heures.



Figure III.1 : Broyeur à boulets "Prolabo"

- Tamisage de la poudre.

III.3.1 L'analyse granulométrique

Il consiste à déterminer la proportion des diverses classes de grosseur des particules des échantillons étudiés.

Mode opératoire

- ✓ Peser 500 g de chaque échantillon.
- ✓ Placez-le dans un tamis de 1600 μm de diamètre, puis installer le tamis sur la tamiseuse et mettre en vibration pendant 2 minutes.
- ✓ Répéter les mêmes étapes avec les autres tamis (1000 μm , 500 μm , 200 μm , 100 μm , 63 μm , 45 μm) avec une augmentation de 3 minutes à chaque opération.



Figure III.2 : Tamiseuse électromagnétique FRITSCH

- ✓ Le poids de refus au tamis intermédiaire sera égal à la somme des refus à sa maille et aux mailles supérieures.

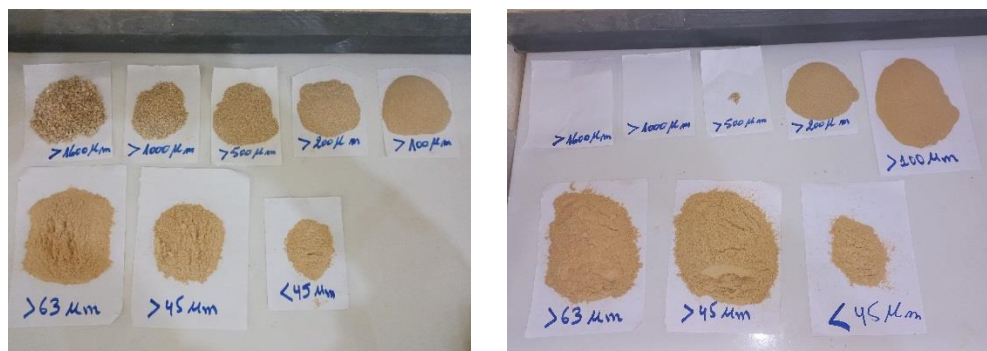


Figure III.3 : Le poids de refus de chaque tamis de KT_1 et KT_2

III.3.2 Détermination du pH

Est quantification de l'apport de l'acidité lorsque le solide est en contact avec la solution. Les mesure de pH ont été effectué au laboratoire pédagogique du département de génie des

procédés, à l'aide d'un pH-mètre de type "Consort C860". Le pH-mètre est initialement étalonné par de solutions tampons sur des pH : 2, 7 et 10.

Mode opératoire :

- ✓ Préparation d'échantillon : KT₁, KT₂, KT_{2B}.
- ✓ Mesurer à l'aide de la fiole jaugée 100 ml d'eau distillée.
- ✓ Verser dans trois béchers de 150ml.

- ✓ Peser 10g du KT₁, KT₂ et KT_{2B}.



Figure III.4 : La masse de chaque échantillant

- ✓ Introduire la masse d'essai dans l'eau préparée.



Figure III.5 : La masse d'essai dans l'eau distillée

- ✓ Agiter sur agitateur magnétique pendant une heure (1H) pour homogénéiser la suspension.



Figure III.6 : suspension de l'argile en agitation

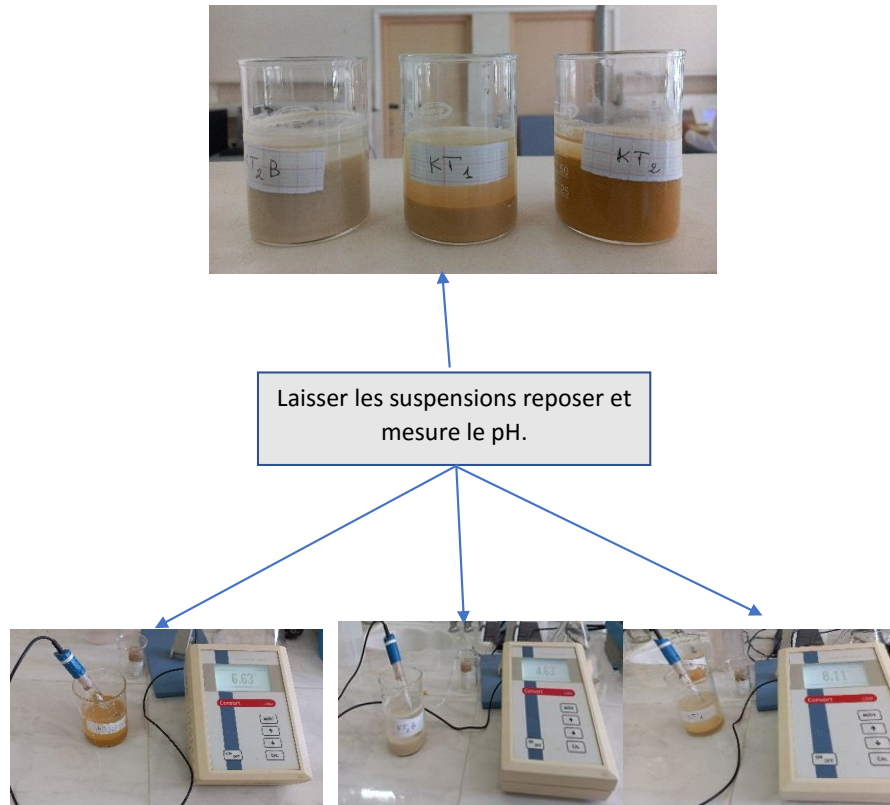


Figure III.7 : La mesure du pH par le pH mètre.

III.3.3 La densité

Elle se détermine par la formule suivante :

$$D_v = \frac{M_1 - M_0}{(M_1 - M_0) + (M_2 - M_3)}$$

M_0 : masse de pycnomètre vide avec son bouchon.

M_1 : masse de pycnomètre avec son bouchon + la poudre.

M_2 : masse de pycnomètre avec son bouchon + l'eau distillée.

M_3 : masse de pycnomètre avec son bouchon+ la poudre + l'eau distillée.

Mode opératoire

- ✓ On pèse un pycnomètre vide avec son bouchon (M_0).
- ✓ On pèse le pycnomètre rempli de l'eau distillée avec son bouchon (M_2).
- ✓ Introduire une masse connue de KT_1 obtenue par le broyage et le tamisage.

- ✓ Verser une petite quantité d'eau distillée et mettre le pycnomètre dans de l'eau bouillante pendant 15min pour le dégagement des gaz contenus dans la poudre, puis laisser refroidir un peu. Ensuite on doit remplir le pycnomètre avec l'eau distillée jusqu'au son bouchon.
- ✓ Répéter le même protocole avec les autres échantillons.

En ce qui concerne les propriétés restantes (la plasticité, le retrait, la résistance à la flexion, la perte au feu, l'absorption et la fusibilité) nous avons les réalisés dans le laboratoire de l'usine de la céramique sanitaire d'El-Milia (Jijel), la barbotine est préparée comme suit :

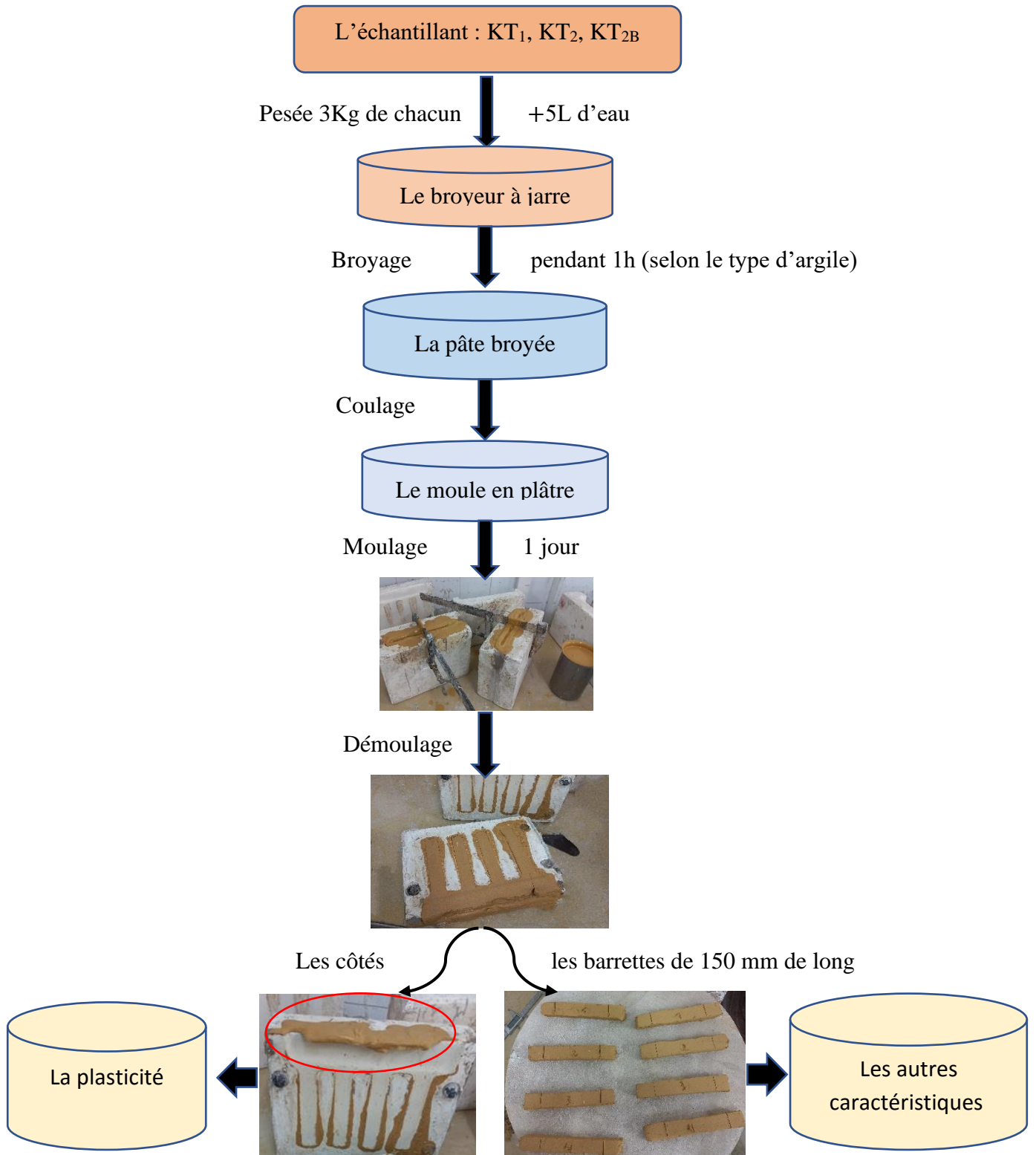


Figure III.8 : Organigramme du protocole de préparation de nos échantillons

III.3.4 La plasticité

Pour cette analyse nous avons besoin de trois types différents de la pâte (humide, semi-humide et sèche).

On divise la pâte en trois parties.

- La première partie est la pâte humide, obtenue juste après le démoulage.
- Nous avons étalé la deuxième partie sur un support en plâtre pour le sécher pendant 5 minutes dans le but d'obtenir la pâte semi-humide.
- La pâte sèche subit un temps de résidence sur le support de plâtre durant 15 minutes.

Mode opératoire

- ✓ Dans le moule métallique de forme cylindrique, on introduit des pâtes d'humidité différente (humide, semi-humide et sèche) et mettre chaque cylindre sur un porte échantillon.



Figure III.9 : Plasticimètre (PFEFERCORN)

- ✓ Lire la hauteur initiale (H1) du cylindre.



Figure III.10 : Mesure de la hauteur

- ✓ Écraser avec le plasticimètre PFEFFERCORN.
- ✓ Lire la hauteur finale (H_2) du cylindre après écrasement.
- ✓ Peser le cylindre (P_1) après écrasement.



Figure III.11 : Les échantillants après écrasement

- ✓ Sécher dans une étuve à 110°C durant 24 heures, puis repeser le cylindre (P_2) après séchage pour déduire la teneur en eau (humidité).

III.3.5 Le retrait

Les barrettes obtenues après démoulage sont sujettes à l'étude de retrait après séchage et après traitement thermique.

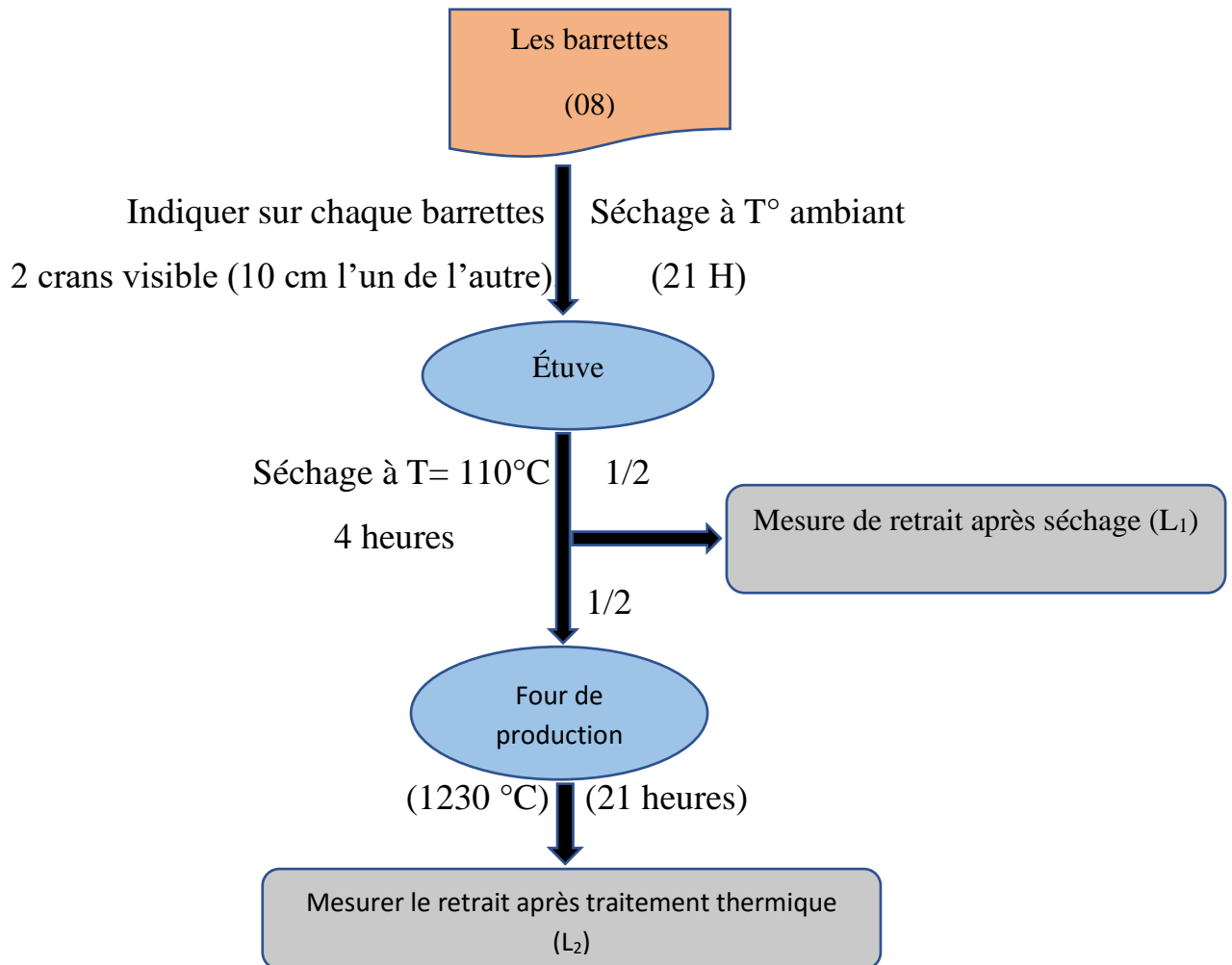
Mode opératoire

Figure III.12 : Organigramme du protocole de mode opératoire de le retrait.

III.3.6 La perte de masse

Il s'agit de connaître la perte de poids des barrettes après traitement thermique.

Mode opératoire :

- ✓ Les barrettes sont séchées et pesées.
- ✓ Enfourner les barrettes séchées dans le four de production (durant 21 heures, 1230°C).
- ✓ Repeser les barrettes après cuisson.

III.3.7 La résistance**III.3.7.1 La résistance à la flexion en cru**

Après le séchage, les barrettes sont soumises à l'étude de résistance à la flexion afin connaître la charge maximale à la rupture.

Mode opératoire :

- ✓ Démouler les barrettes, et sécher pendant 24 heures à température ambiante, puis dans une étuve à 110°C pendant 4 heures.
- ✓ Mesurer la distance (L) entre les 02 crans.
- ✓ Mesurer la hauteur h et la base b.
- ✓ Placer la barrette sur deux supports distants de $L = 10$ cm.
- ✓ Mettre l'appareil en marche.
- ✓ À la rupture lire la valeur obtenue P affichée sur l'écran.



Figure III.13 : Appareil pour résistance à la flexion Nassetti

III.3.7.2 La résistance à la flexion en cuit

Cette étude est soumise aux mêmes étapes que l'étude précédente en plus du traitement thermique :

- ✓ Sécher les barrettes pendant 21 heures à température ambiante, puis dans une étuve à 110°C pendant 4 heures.
- ✓ Les enfourner dans le four de la production (1230°C pendant 21H).
- ✓ Mesurer la hauteur h et la base b.
- ✓ Placer la barrette sur deux supports distants de $L = 10$ cm

- ✓ Mettre l'appareil en marche
- ✓ À la rupture lire la valeur obtenue P affichée sur l'écran.

III.3.8 L'absorption en eau

L'argile de par sa nature, a la capacité d'absorber l'eau, et pour connaître le pourcentage de cette capacité, nous réalisons cette mesure.

Mode opératoire :

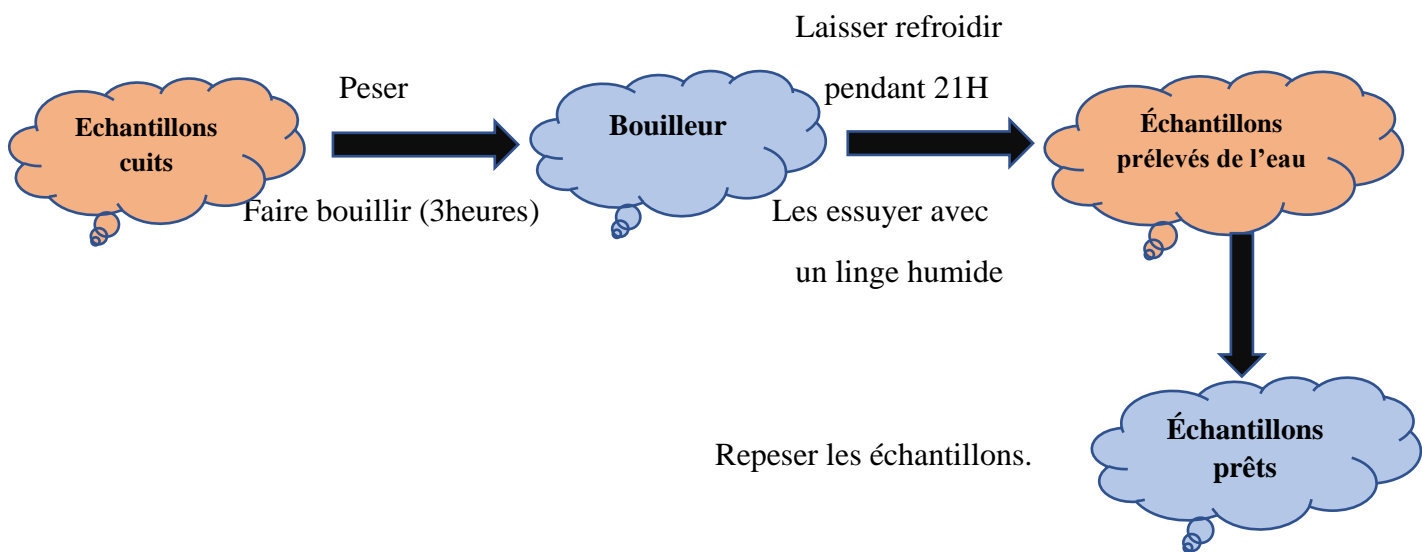


Figure III.14 : Organigramme du protocole de mode opératoire de L'absorption en eau

III.3.9 Fusibilité

Mode opératoire :

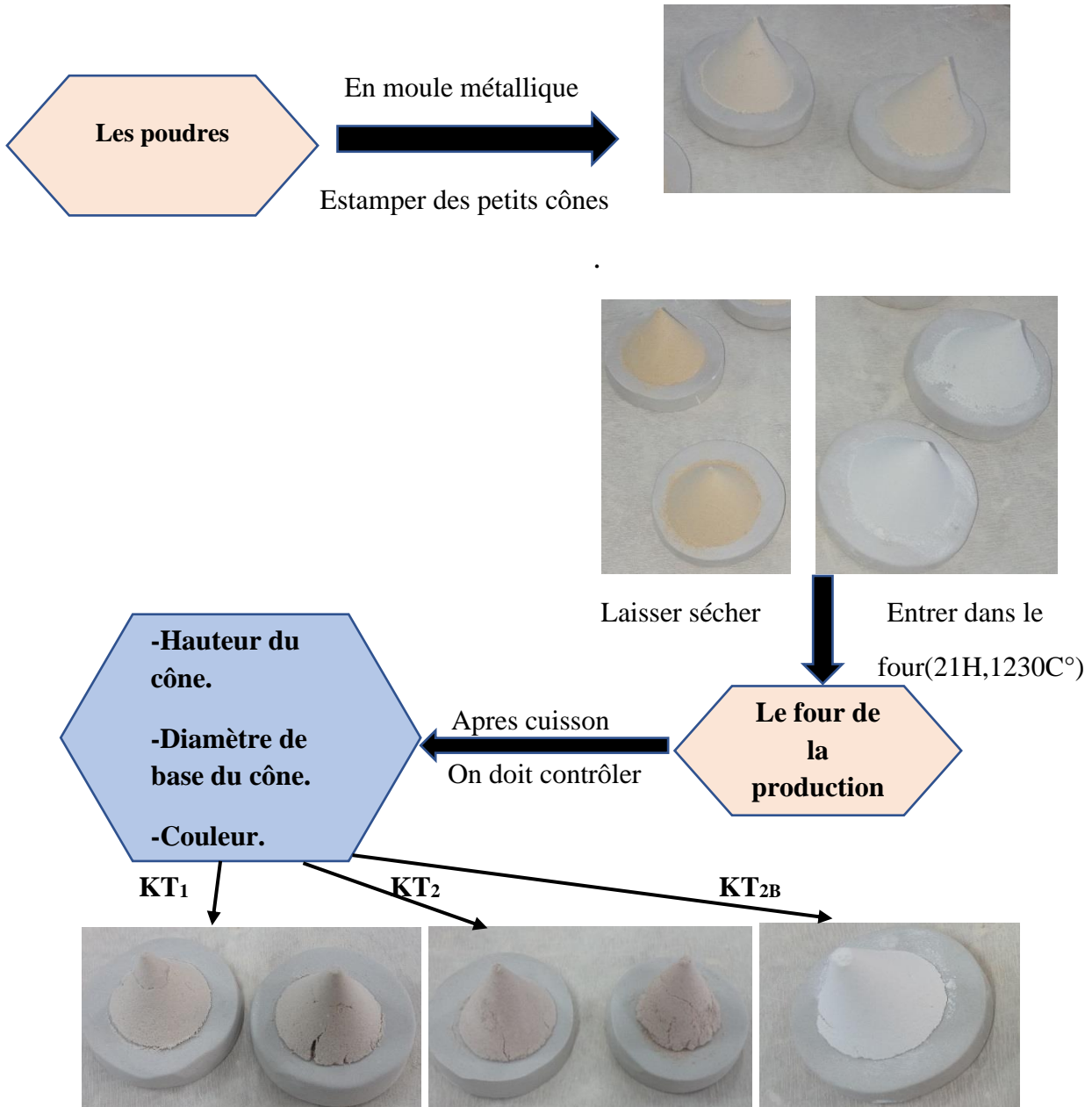


Figure III.15 : Organigramme du protocole de mode opératoire de la fusibilité

III.3.10 Caractérisation structurale des échantillons par DRX

Les échantillons ont été analysés par diffraction des rayons X sur poudre à température ambiante afin de juger de leur pureté et de leur bonne cristallinité.

Choix des conditions d'enregistrement :

Les analyses de la diffraction des rayons X ont été effectuées dans un diffractomètre Empyrean-PANalytical de l'université de Bejaia, qui utilise le rayonnement $K \alpha_1$ (1.54056 Å) du cuivre et la géométrie Bragg-Brentano, équipé d'un monochromateur arrière de graphite qui permet d'éliminer la contribution de la fluorescence et du rayonnement. Le générateur a été utilisé à 40 kV et 40 mA. Balayage entre 20 et 80° (2 θ) avec un pas de 0,03° et un temps de comptage 3s par pas.



Figure III.16 : Appareille de DRX Empyrean-PANalytical

Chapitre IV

Résultats et discussions

Chapitre IV

Résultats et discussions

IV.1 La granulométrie

Les résultats obtenus de la granulométrie pour les échantillons des trois types d'argile (KT₁, KT₂ et KT_{2B}), sont mentionnés dans Tableau.

➤ **KT1 :**

Masse totale 500g

Tableau IV.1 : Les résultats de la granulométrie pour l'échantillon KT₁

Tamis (mm)	1,6	1	0,5	0,2	0,1	0,063	0,045	0,03
Masse(g)	80,85	45,74	58,83	60,90	67,36	106,53	56,45	23,34
$\frac{\Delta m}{\Delta \mu}$		76.23	117.66	203	673.6	2879.18	3136.11	1556
$\Delta \mu$		0.6	0.5	0.3	0.1	0.037	0.018	0.015
Δm		45,74	58,83	60,90	67,36	106,53	56,45	23,34
μ_m		0.3	0.25	0.15	0.05	0.0185	0.009	0.0075

Δm : la masse de matière traversant le tamis 1 et arrêtée par le tamis 2.

On ajoute à chaque étape 3 minutes pour chaque tamis inférieur.

$$\Delta \mu = \mu_1 - \mu_2$$

$$\mu_m = \frac{\mu_1 - \mu_2}{2}$$

Nous avons choisi la courbe de fréquence pour représenter graphiquement les résultats obtenus.

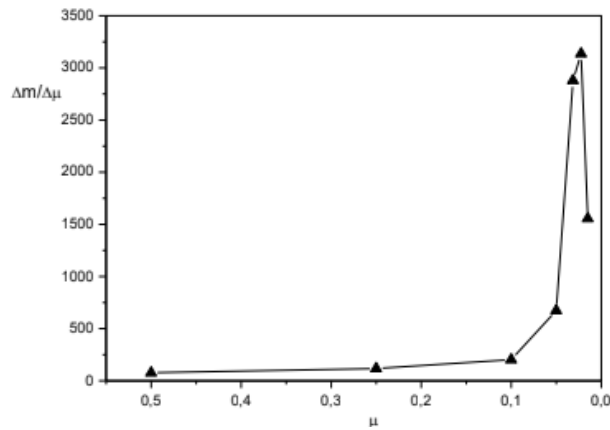


Figure IV.1 : Courbe de fréquence de KT₁

➤ **KT₂** :

Masse totale =500g

Tableau IV.2 : Les résultats de la granulométrie pour l'échantillon KT₂

Tamis (mm)	1,6	1	0,5	0,2	0,1	0,063	0,045	0,03
Masse (g)	0	0	0.15	69.79	131.65	125.43	139.62	33.36
$\frac{\Delta m}{\Delta \mu}$		0	0.3	232.63	1316.5	3390	10756.66	2224
$\Delta \mu$		0.6	0.5	0.3	0.1	0.037	0.018	0.015
Δm		0	0.15	69.79	131.65	125.43	139.62	33.36
μ_m		0.3	0.25	0.15	0.05	0.0185	0.009	0.0075

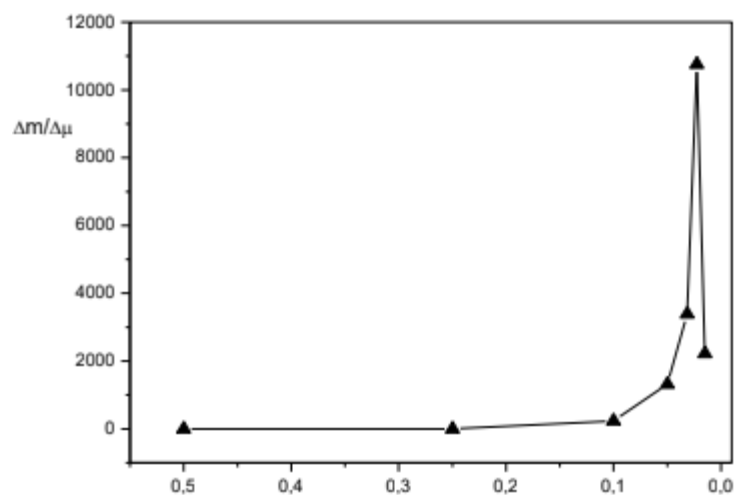


Figure IV.2 : Courbe de fréquence de KT₂

- **NB** : Les résultats de l'analyse granulométrique de KT_{2B} est similaire à celle KT_2 ; nous satisfaisons à représenter les résultats de ce dernier.
- Les courbes de fréquence KT_1 et KT_2 possèdent une large distribution, la plus grande quantité se trouve localisée dans le domaine des grains fins.

IV.2 Le pH

Les résultats de mesures des pH de tous les échantillons sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.3 : Les résultats de mesures des pH de tous les échantillons

	KT_1	KT_2	KT_{2B}
PH	8,11	6,63	4,63

Le pH de l'argile brut est basique (8,11), il devient acide (6,63) dans l'argile traitée ; les micelles de l'argile traitée retiennent par adsorption des ions OH^- , les ions H^+ se trouvent libre dans le milieu inter-micellaire. [1]

Dans l'échantillon KT_{2B} , le pH est largement inférieur au deux précédents, cela est dû au traitement de l'argile d'une part et aux traces des acides (hydro sulfite de sodium $Na_2O_4S_2$ et sulfurique H_2SO_4) utilisés dans le traitement de blanchissement et qui restent dans le produit en d'autre part.

IV.3 La densité

Elle se détermine par la formule suivante :

$$D_v = \frac{M_1 - M_0}{(M_1 - M_0) + (M_2 - M_3)}$$

Tableau IV.4 : Les résultats de mesures de la densité de tous les échantillons

	KT_1	KT_2	KT_{2B}
La densité	2,2685	1,9938	1,9882

On remarque une diminution de la densité absolue avec le traitement cela est dû à l'élimination des minéraux lourds comme le quartz.

IV.4 La plasticité

Afin d'étudier la plasticité, on a besoin de trois types de pâte (Humide, semi humide et sèche) pour chaque argile.

Les valeurs du coefficient de plasticité utilisé dans l'usine sont données dans le tableau suivant :

Tableau IV.5 : Les valeurs du coefficient de plasticité utilisé dans l'usine

18 – 22	Basse plasticité
22 – 26	Basse - moyenne plasticité
26 – 30	Moyenne plasticité
30 – 34	Moyenne - haute plasticité
> 34	Haute plasticité

➤ Pour l'argile **KT₁** :

- **La pâte humide :**

Tableau IV.6 : résultats de la pâte humide pour mesurer la plasticité de l'argile **KT₁**

Paramètre Échantillant	H ₁	H ₂	H ₁ /H ₂	P ₀	P ₁	$\frac{(P_0-P_1)}{P_0} * 100$
1	37	7	5,29	58,7	41	30,15
2	35	7	5	59,9	41,7	30,38
3	38	8	4,75	60,8	42,5	30,10
4	37	7	5,29	58,1	40,5	30,29
/	/	Moy	5,08	/	Moy	30,23

- **La pâte semi-humide :**

Tableau IV.7 : résultats de la pâte semi-humide pour mesurer la plasticité de l'argile **KT₁**

Paramètre Échantillant	H ₁	H ₂	H ₁ /H ₂	P ₀	P ₁	$\frac{(P_0-P_1)}{P_0} * 100$
1	38	16,5	2,30	62,5	44,6	28,64
2	39	17	2,29	62,9	44,9	28,62
3	39	18	2,17	62,5	44,8	28,32
4	38	17	2,24	62,3	44,6	28,41
/	/	Moy	2,25	/	Moy	28,5

- La pâte sèche :

Tableau IV.8 : résultats de la pâte sèche pour mesurer la plasticité de l'argile KT₁

Paramètre Échantillant	H ₁	H ₂	H ₁ /H ₂	P ₀	P ₁	$((P_0-P_1)/P_0)*100$
1	39	26	1,5	63,8	47,1	26,18
2	40	27	1,48	64,7	47,7	26,28
3	40	27	1,48	65	48	26,15
4	40	27	1,48	64,5	47,6	26,20
/	/	Moy	1,49	/	Moy	26,20

➤ Pour l'argile KT₂ :

- La pâte humide :

Tableau IV.9 : résultats de la pâte humide pour mesurer la plasticité de l'argile KT₂

Paramètre Échantillant	H ₁	H ₂	H ₁ /H ₂	P ₀	P ₁	$((P_0-P_1)/P_0)*100$
1	38,5	5	7,7	50,5	29,2	42,18
2	38	6	6,33	48,7	28,1	42,30
3	39	5,5	7,09	52	30	42,31
4	39	5	7,8	51,7	29,9	42,17
/	/	Moy	7,23	/	Moy	42,24

- La pâte semi-humide :

Tableau IV.10 : résultats de la pâte semi-humide pour mesurer la plasticité de KT₂

Paramètre Échantillant	H ₁	H ₂	H ₁ /H ₂	P ₀	P ₁	$((P_0-P_1)/P_0)*100$
1	39,5	13,5	2,93	55,1	34,6	37,21
2	39	14	2,79	55	34,6	37,09
3	39	13,5	2,89	54,8	34,3	37,41
4	39,5	12	3,29	52,1	32,6	37,43
/	/	Moy	2,97	/	Moy	37,28

- La pâte sèche :

Tableau IV.11 : résultats de la pâte sèche pour mesurer la plasticité de l'argile KT₂

Paramètre Échantillant	H ₁	H ₂	H ₁ /H ₂	P ₀	P ₁	$\frac{(P_0-P_1)}{P_0} * 100$
1	40	25,5	1,57	58,1	38,8	33,22
2	40	25,5	1,57	58,4	38,8	33,56
3	40	24	1,67	57,1	38,2	33,10
4	39,5	24,5	1,61	57,3	38,2	33,33
/	/	Moy	1,60	/	Moy	33,30

➤ Pour l'argile KT_{2B}

- La pâte humide :

Tableau IV.12 : résultats de la pâte humide pour mesurer la plasticité de l'argile KT_{2B}

Paramètre Échantillant	H ₁	H ₂	H ₁ /H ₂	P ₀	P ₁	$\frac{(P_0-P_1)}{P_0} * 100$
1	39,5	6	6,58	51,5	30,7	40,39
2	38	5,5	6,91	51,9	31,2	39,88
3	38	5	7,60	50,8	30,5	39,96
4	39	5,5	7,09	50,6	29,9	40,91
/	/	Moy	7,05	/	Moy	40,29

- La pâte semi-humide :

Tableau IV.13 : résultats de la pâte semi-humide pour mesurer la plasticité de l'argile KT_{2B}

Paramètre Échantillant	H ₁	H ₂	H ₁ /H ₂	P ₀	P ₁	$\frac{(P_0-P_1)}{P_0} * 100$
1	39	14	2,79	53,7	34,5	35,75
2	39,5	14,5	2,72	53,4	34,3	35,77
3	39	13,5	2,89	53,7	34,3	36,13
4	39,5	14	2,82	54,8	35,1	35,95
/	/	Moy	2,81	/	Moy	35,9

- La pâte sèche :

Tableau IV.14 : résultats de la pâte sèche pour mesurer la plasticité de l'argile KT_{2B}

Paramètre Échantillant	H ₁	H ₂	H ₁ /H ₂	P ₀	P ₁	$\frac{(P_0-P_1)}{P_0} * 100$
1	40	23,5	1,7	57,5	38,7	32,7
2	40	25	1,6	58,4	39,2	32,88
3	39,5	24,5	1,61	57,7	38,9	32,58
4	40	24,5	1,63	57,5	38,7	32,7
/	/	Moy	1,64	/	Moy	32,71

Les résultats de toutes les argiles étudiées sont résumés dans le tableau récapitulatif suivant.

Tableau IV.15 : Tableau de récapitulatif

H et % L'état de la matière	H ₁ /H ₂	%H ₂ O
KT ₁	1,49	26,20
	2,25	28,5
	5,08	30,23
KT ₂	1,60	33,30
	2,97	37,28
	7,23	42,24
KT _{2B}	1,64	32,71
	2,81	35,90
	7,05	40,29

A partir du tableau ci-dessus on trace les graphes suivants :

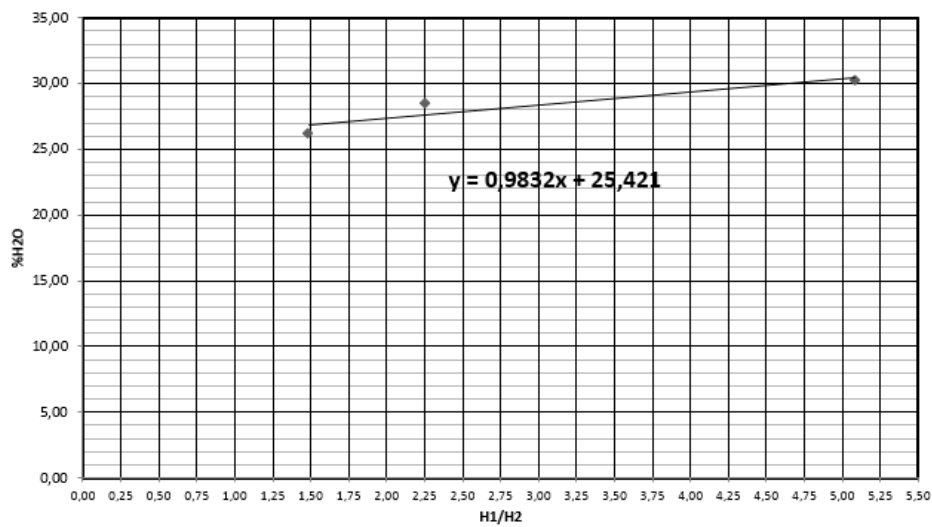


Figure IV.3 : La courbe de plasticité du KT₁.

Y = a X + b

X représente : $\frac{H_0}{H_1}$

Y est %H₂O

a :Inclinaison rectiligne obtenue à partir de l'orientation graphique

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

b : est la projection graphique de la courbe sur l'axe des ordonnées; Ils sont également exprimée dans cette formulation.

$$b = y_0 - (x_0 \cdot a) \quad (\text{Où } X_0 = 0)$$

$$a = \frac{30,5-27}{5,10-1,5} \quad \longleftrightarrow \quad a = 0,97$$

$$b = 25,42 - (0 \times 0,97) \quad \longleftrightarrow \quad b = 25,42$$

X= 2,94 : coefficient de correction

$$Y = 0,97 X + 25,42$$

$$\%H_2O = 28,27 \%$$

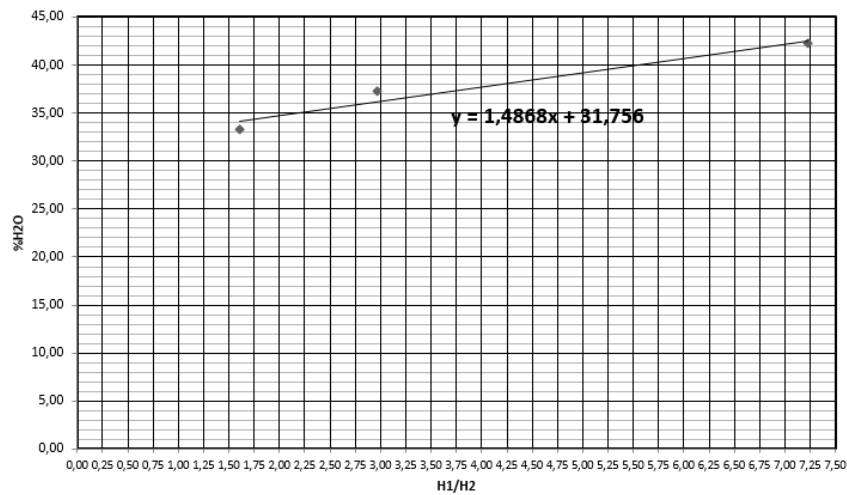


Figure IV.4 : La courbe de plasticité du KT₂.

X = 3,93 (coefficient de correction)

$$Y = 1,4868X + 31,756$$

$$\% H_2O = 37,6 \%$$

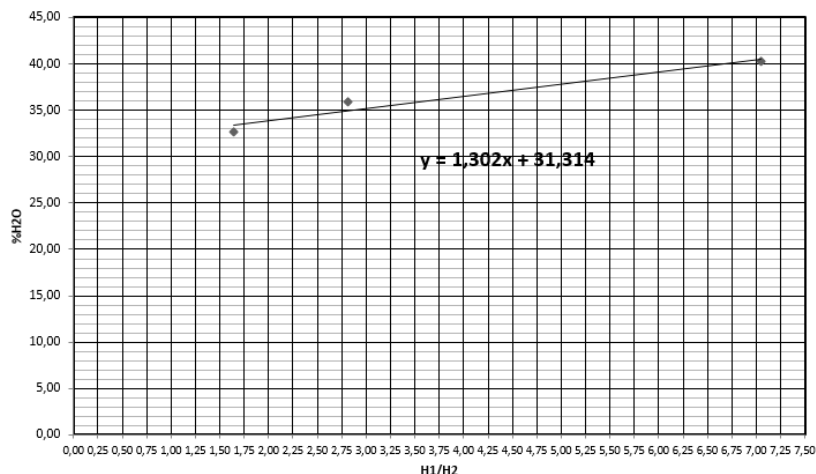


Figure IV.5 : La courbe de plasticité du KT_{2B}.

x = 3,83 (coefficient de correction)

$$Y = 1,302x + 31,314$$

% H₂O = 36,3 %.

Nous recueillons les graphs à un niveau.

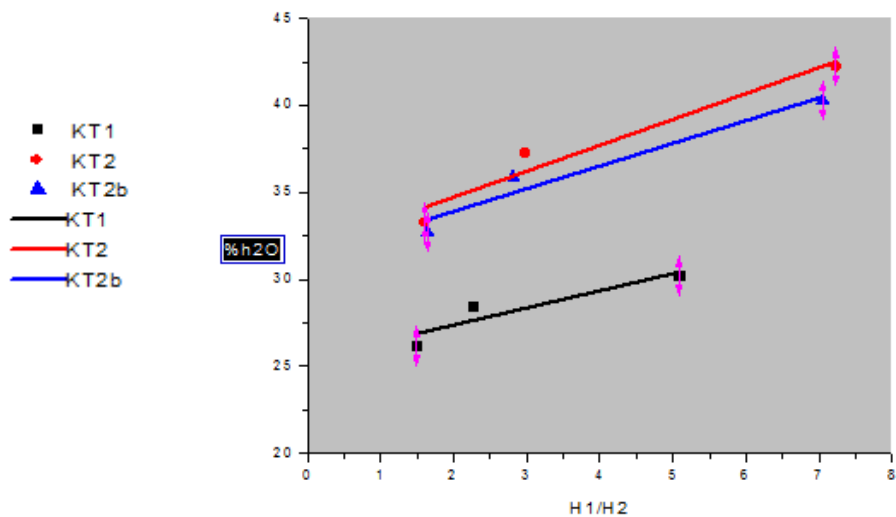


Figure IV.6 : La courbe de plasticité du KT₁, KT₂ et KT_{2B}.

Le résumé des résultats de la plasticité est dans le tableau suivant :

Tableau IV.16 : Les résultats de la plasticité de KT₁, KT₂ et KT_{2B}

	KT ₁	KT ₂	KT _{2B}
La plasticité	28,27	37,6	36,3

Les argile KT_2 et KT_{2B} sont considérées de haute plasticité, l'argile KT_1 est de moyenne plasticité à cause de la présence d'un taux important de quartz.

IV.5 Le retrait

$$Rc = \frac{L_i - L_f}{L_i} \times 100 \quad (L_i : 10 \text{ cm}).$$

- En cru :

Tableau IV.17 : Résultats de le retrait en cru de l'argile

	L_i	L_f	RC (%)
KT₁	10	9,7	3
	10	9,75	2,5
	10	9,7	3
	10	9,75	2,5
KT₂	10	8,4	16
	10	8,35	16,5
	10	8,3	17
	10	8,3	17
KT_{2B}	10	9	10
	10	9	10
	10	9	10

Le résumé des résultats de retrait en cru est présenté dans le tableau suivant :

Tableau IV.18 : Le résumé des résultats de retrait en cru

	RC moy
KT₁	2,75
KT₂	16,63
KT_{2B}	10

On remarque que le retrait en cru est plus faible dans l'argile brut et augmente rapidement dans les argiles traitées ; cela est dû l'existence de matières dégraissantes dans la KT_1 qui ralentit le retrait. La différence importante entre les argiles traitées est peut-être due à l'effet de traitement avec les acides qui provoque des changements sur la structure de l'argile (élimination du fer et des matières organiques).

- **En cuit :**

Tableau IV.19 : Résultats de le retrait en cuit de l'argile

	L_i	L_f	RC (%)
KT₁	9,7	8,75	9,8
	9,75	8,6	11,8
	9,7	8,65	10,8
	9,75	8,6	11,8
KT₂	8,4	7,3	13,1
	8,35	7,5	10,2
	8,3	7,55	9,04
	8,3	7,4	10,8
KT_{2B}	9	8,3	7,8
	9	8,25	8,3
	9	8,4	6,7

Le résumé des résultats de retrait en cuit est représenté dans le tableau suivant :

Tableau IV.20 : Le résumé des résultats de retrait en cuit

	RC moy
KT₁	11,05
KT₂	10,79
KT_{2B}	7,6

On remarque que le retrait en cuit de l'argile brut est le plus important par rapport aux argiles traitées. La fusion de dégraissants (quartz) et leur retrait après refroidissent provoque ce rétrécissement. Le retrait dans les argiles traitées suit la même allure que celle du retrait en cru et pour les mêmes raisons.

V.5 La perte au feu

La perte au feu correspond à la perte de masse d'une poudre portée au four à 1230°C. selon la formule suivante :

$$P. A. F = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \text{ (\%)}$$

Dans notre cas nous avons trouvé :

➤ **KT₁** :

Tableau IV.21 : résultats de la P.D.M l'argile KT₁

	P_i	P_f	P.A. F
1	100	95,6	4,40
2	93,1	89,1	4,30
3	97,7	93,4	4,40
4	98,1	93,8	4,38
/	/	P.D.M_{moy}=	4,37%

➤ **KT₂** :

Tableau IV.22 : résultats de la P.D.M l'argile KT₂

	P₀	P₁	P.A. F
1	66,4	60,1	9,49
2	68,1	61,6	9,54
3	67	60,6	9,55
4	65,8	59,6	9,42
/	/	P.D.M_{moy}=	9,50%

➤ **KT_{2B}** :

Tableau IV.23 : résultats de la P.D.M l'argile KT_{2B}

	P₀	P₁	P.D.M
1	71,1	63,5	10,69
2	74,2	66,3	10,65
3	77,8	69,5	10,67
/	/	P.D.M_{moy}=	10,67%

Le résumé des résultats est représenté dans le tableau suivant :

Tableau IV.24 : Le résumé des résultats de P.D.M

	KT₁	KT₂	KT_{2B}
P.D.M(%)	4,37	9,50	10,67

On remarque que la perte au feu à 1230 °C de l'argile brut est la plus basses par rapport aux argiles traités, cela est dû à la fusion des dégraissants qui retiennent l'eau de constitution et les matières organiques et ne les permettent pas de se dégager.

IV.7 La résistance à la flexion

Est exprimée en (Kgf /cm²), selon la formule suivante :

$$S = \frac{3(P \times L)}{2(b \times h^2)} \quad (\text{Kgf /cm}^2)$$

Grâce à notre étude de cette propriété, nous avons trouvé les résultats suivants :

➤ **KT₁** :

- **En cru :**

Tableau IV.25 : Les résultats de la résistance en cru de KT₁

Paramètre Échantillant	L	b	H	P	S(Kgf/cm ²)
1	10	2,4	2,2	3,6	4,65
2	10	2,4	2,2	3,7	4,78
3	10	2,5	2,4	3,2	3,33
4	10	2,5	2,3	3,5	3,97
/	/	/	/	<i>S moy=</i>	4,47

- **En cuit :**

Tableau IV.26 : Les résultats de la résistance en cuit de KT₁

Paramètre Échantillant	L	b	H	P	S(Kgf/cm ²)
1	9,7	2,1	2,1	117,5	184,6
2	9,75	2,2	2	133,3	221,5
3	9,7	2,2	2	134,8	222,9
4	9,75	2,2	2,1	145,3	219
/	/	/		<i>S moy=</i>	212

- **KT₂** :
 - **En cru :**

Tableau IV.27 : Les résultats de la résistance en cru de KT₂

Paramètre Échantillant	L	b	H	P	S(Kgf/cm²)
1	10	1,9	1,9	8,9	19,46
2	10	2,1	2	10,4	18,57
3	10	1,9	2	11,2	22,11
4	10	2,1	2	11,4	20,36
/	/	/	/	<i>S moy=</i>	20,12

- **En cuit :**

Tableau IV.28 : Les résultats de la résistance en cuit de KT₂

Paramètre Échantillant	L	b	H	P	S(Kgf/cm²)
1	8,4	1,8	1,6	84	229,7
2	8,35	1,9	1,7	94,9	216,5
3	8,3	1,8	1,7	73,1	175
4	8,3	1,8	1,65	83,5	212,1
/	/	/		<i>S moy=</i>	208,3

- **KT_{2B}** :

- **En cru :**

Tableau IV.29 : : Les résultats de la résistance en cru de KT_{2B}

Paramètre Échantillant	L	b	H	P	S(Kgf/cm²)
1	10	2,1	2,1	5,8	9,39
2	10	2	2	5,7	10,69
3	10	2,2	2	6,9	11,76
/	/	/		<i>S moy=</i>	11,22

- **En cuit :**

Tableau IV.30 : Les résultats de la résistance en cuit de KT_{2B}

Paramètre Échantillant	L	B	H	P	S(Kgf/cm²)
1	9	1,9	1,75	100,2	232,5
2	9	1,9	1,9	57,1	112,4
3	9	1,9	1,95	88,6	160,6
/	/	/		S moy=	168,5

Le résumé des résultats de la résistance est représenté dans les tableaux suivants :

- **En cru :**

Tableau IV.31 : Le résumé des résultats de la résistance en cru

	S moy (Kgf/cm²)
KT₁	4,47
KT₂	20,12
KT_{2B}	11,22

On remarque que la résistance en cru dans l'argile brut est la plus faible, cela est dû à la plus basse plasticité de cette dernière par rapport aux argiles traitées. Le traitement par les acides rend l'argile moins résistante comparée à une argile traitée par le procédé de flottage et sédimentation avec l'eau.

- **En cuit :**

Tableau IV.32 : Le résumé des résultats de la résistance en cuit

	S moy (Kgf/cm²)
KT₁	212
KT₂	208,3
KT_{2B}	168,5

La fusion du quartz dans l'argile brut augmente considérablement sa résistance à la flexion en cuit. Le traitement avec les acides élimine les métaux (M-SO₃, P₂O₅ et une partie de TiO₂) qui renforcent la résistance à la flexion.

IV.8 L'Absorption en eau

Elle est déterminée selon la formule :

$$A = \frac{P_f - P_i}{P_i} \times 100 \quad (\%)$$

Les résultats qui nous l'on a sont représentées dans les tableaux suivants :

➤ **KT₁** :Tableau IV.33 : Les résultats de l'absorption de KT₁

Paramètres Échantillant	P ₀	P ₁	%
1	30,9	33,5	8,41
2	28,5	31,1	9,12
3	28,7	31,2	8,71
/	/	Moy	8,75

➤ **KT₂** :Tableau IV.34 : Les résultats de l'absorption de KT₂

Paramètres Échantillant	P _i	P _f	%
1	54,7	61,6	12,61
2	57,9	65,1	12,43
3	51,2	57,5	12,30
4	54,1	61,3	13,31
/	/	Moy	12,67

➤ **KT_{2B}** :Tableau IV.35 : Les résultats de l'absorption de KT_{2B}

Paramètres Échantillant	P ₀	P ₁	%
1	34,2	40,5	18,42
2	39,6	46,5	17,42
3	38,8	44,9	15,72
4	29,3	34,5	17,75
/	/	Moy	17,33

Le résumé des résultats de l'absorption en eau est représenté dans le tableau suivant :

Tableau IV.36 : Le résumé des résultats de l'absorption en eau

	KT₁	KT₂	KT_{2B}
ABS	8,75	12,67	17,33

L'échantillon brut possède la plus basse valeur à cause de la présence du quartz qui forme un verre après traitement thermique et ciment les pores. Cette propriété est largement importante dans l'échantillon traité par les acides qui éliminent les métaux existants.

IV.9 La fusibilité

➤ **KT₁** :

Tableau IV.37 : Les résultats de la fusibilité de KT₁

Démentions Les cônes	D	H
Avant cuisson	44	40
Après cuisson	38,5	25,8
	39	26,22

➤ **KT₂** :

Tableau IV.38 : Les résultats de la fusibilité de KT₂

Démentions Les cônes	D	H
Avant cuisson	44	40
Après cuisson	38,5	30,36
	35,5	29,65

➤ **KT_{2B}** :

Tableau IV.39 : Les résultats de la fusibilité de KT_{2B}

Démentions Les cônes	D	H
Avant cuisson	44	40
Après cuisson	39	28,5

Le résumé des résultats de la fusibilité est représenté dans le tableau suivant :

Tableau IV.40 : Le résumé des résultats de la fusibilité

	D		H	
	Avant	Après	Avant	Après
KT₁	44	38,75	40	26
KT₂	44	37	40	30
KT_{2B}	44	39	40	28,5

L'argile brut possède une diminution de la hauteur plus grande que celle des argiles traitées ; la fusion du quartz provoque cette diminution. Le traitement avec l'acide élimine les métaux qui facilite la fusion.

IV.10 Diffraction des rayons X

Pour connaître les différents minéraux que renferment nos trois échantillons le laboratoire de SOALKA nous a fourni l'analyse chimique de ces échantillons :

Tableau IV.41 : Les résultats de la DRX

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	P.A.F	
KT ₁	71,95	17,39	0,96	0,26	0,29	0,01	4,15	0,63	0,06	0,32	3,98	99,74
KT ₂	48,96	31,93	3,94	0,29	0,42	0,02	3,63	0,29	0,28	0,31	12,52	102,59
KT _{2B}	48,60	33,90	0,90	0,21	0,80	/	2,70	0,08	/	/	10,80	98,71

La diffraction des rayons x a lieu dans le laboratoire de génie des procédés de l'université de Bejaia.

En se basant sur l'analyse chimique et la diffraction des rayons x, on remarque l'existence des minéraux suivants : quartz, kaolinite, illite et olivine.

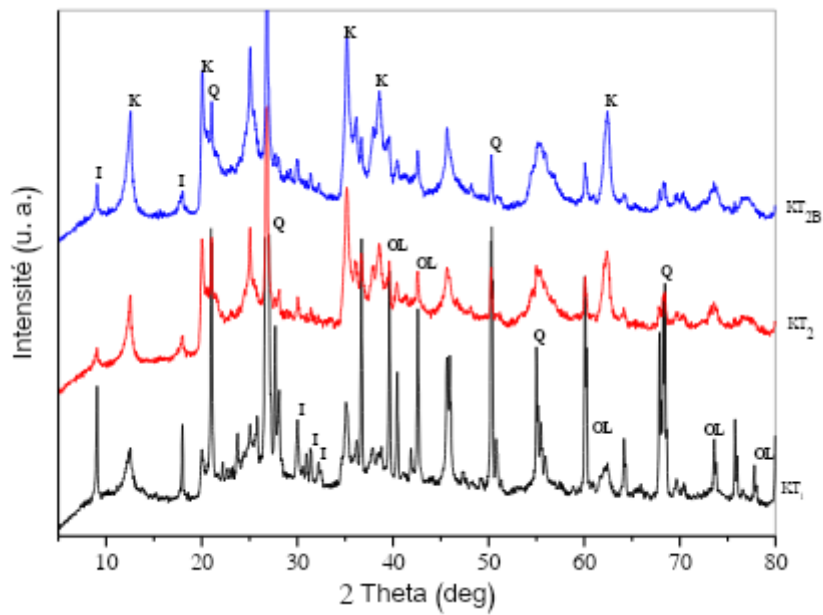


Figure IV.7 : La courbe de la diffraction des rayons X du KT_1 , KT_2 et KT_{2B} .

I= illite, **K**= kaolinite, **Q**= quartz, **OL**= Olivine.

Les pics relatifs au quartz évoluent dans l'ordre décroissant (KT_1 , KT_2 et KT_{2B}) ; par contre les pics relatifs à la kaolinite évoluent dans le sens inverse.

L'interférence des pics de l'illite et de l'olivine avec les autres minéraux rend leur suivi (KT_1 , KT_2 et KT_{2B}) pour l'interprétation difficile.

Les références de partie expérimentale

Les références de chapitre IV :

- ✚ [1] : C. A Jouenne, (1990). Traité de céramique et matériaux minéraux, Editions Septima. Paris. Livre

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de ce travail expérimental est d'étudier les caractéristiques physico-chimiques d'une argile locale.

Le travail dans cette mémoire présente les méthodes de caractérisation d'une argile brute.

Le travail présenté aussi un ensemble de méthodes et de processus de traitement de l'argile.

Le traitement de l'argile modifie ses caractéristiques et nous permet d'obtenir des caractéristiques qui correspondent à nos exigences.

Nous avons travaillé sur trois échantillons de la même original, le premier est brut (KT1) et les autres sont des résultats de traitement de ce dernier (KT2, KT2b).

Grâce à cette étude, nous avons constaté que l'argile réfléchie est une argile kaolinite.

D'après la DRX on observe la richesse de cette argile en Quartz dont résulte une forte proportion en Silice qui nous montre qu'il a un rôle essentiel dans la détermination des caractéristiques de l'argile.

Nous avons noté qu'après le processus de traitement le taux de quartz a diminué rendant l'argile plus plasticité et absorbant l'eau tandis que sa résistance à la flexion a diminué.

Le traitement avec l'acide élimine les métaux qui facilite la fusion de l'argile.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Produits utilisés

-Les matières premières



KT₁

KT₂

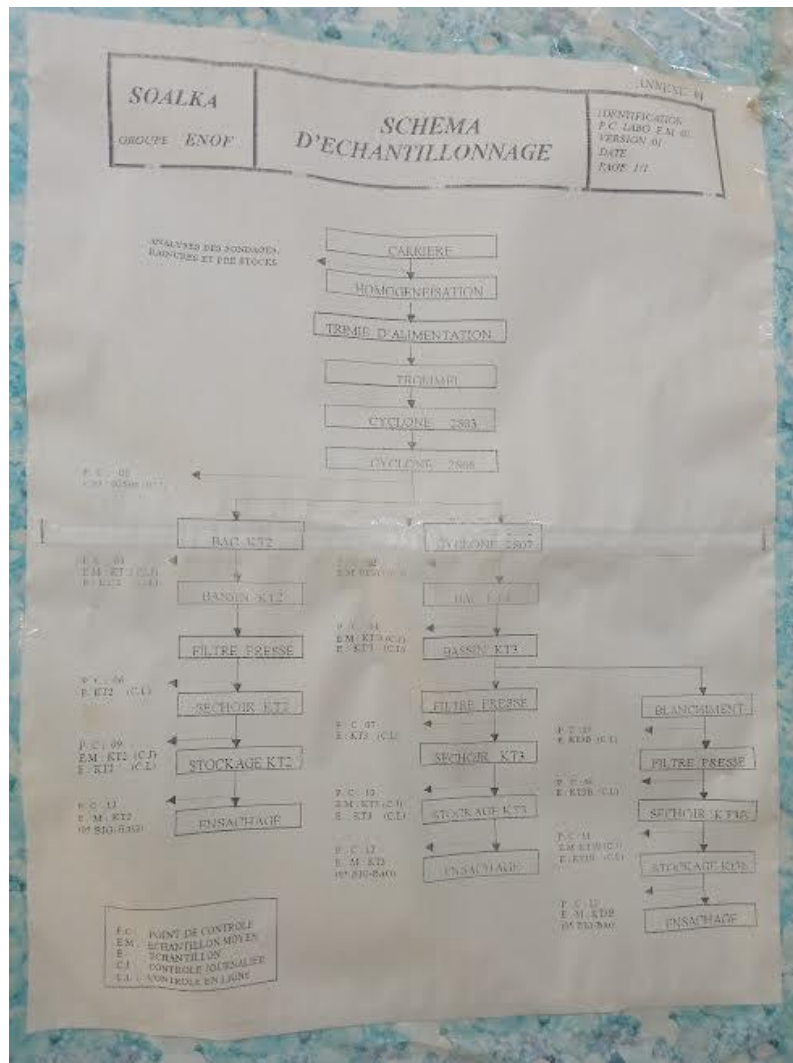
KT_{2b}

-poudre des argiles sèches et pulvérisées.

-eau distillée.

-solution tampons à pH 2-7-10.

ANNEXE 2 : Traitement des argiles



ANNEXE 3 :

Matériel utilise

- balance 0,001g.
- pinceau.
- spatule.
- assiette.
- cristallisoirs tarés.
- pH-mètre.
- fiolle jaugée 100ml.
- béchers 150 ml.
- agitateur magnétique.
- pycnomètre.
- plaque chauffante.
- plasticimètre (PFEFERCORN)
- moule cylindrique
- moule en plâtre.
- raclette.
- four de la production
- pied à coulisse.



-Etuve



-Appareil pour résistance à la flexion Nassetti.

-Tamis et tamiseuse électromagnétique FRITSCH.



-Bouilleur.

- moule métallique sous forme d'un cône
(D=43.5mm, H=40mm) - support en céramique -
raclette - four de production



Résumé

Résumé :

Dans ce travail, nous avons étudié de nombreuses propriétés physiques et chimiques que nous mentionnons : analyse de la taille des particules, détermination du pH, densité, ion, résistance, fusion... etc.

Pour trois échantillons de l'argile locale : argile brut (KT₁), argile traité (KT₂ et KT_{2B})

Élargir leurs domaines d'application et explorer de nouveaux domaines d'utilisation

Dans cette étude, nous avons effectué une analyse par diffraction aux rayons X des structures cristallines de nos composés, qui a révélé la présence de quartz, de kaolinet, d'alite et d'olphine.

Mots-clés : matières premières, argile, kaolin.

Abstract:

In this work, we studied many physical and chemical properties that we mention: particle size analysis, pH determination, density, ion, resistance, fusion... etc.

For three samples of local clay: crude clay (KT₁), treated clay (KT₂ and KT_{2B})

Expand their areas of application and explore new areas of use

In this study, we performed an X-ray diffraction analysis of the crystalline structures of our compounds, which revealed the presence of quartz, kaolinite, alite and olphine.

Keywords: raw materials, clay, kaolin.

ملخص:

في هذا العمل قمنا بدراسة العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية نذكر منها: تحليل حجم الجسيمات، تحديد الرقم الهيدروجيني، الكثافة، اليونة، المقاومة، الانصهار ... الخ

لثلاث عينات من الطين المحلي :

الطين الخام KT₁، الطين المعالجة KT₂ و KT_{2B}.

وذلك لتوسيع مجالات تطبيقها واستكشاف مجالات استخدام جديدة

في هذه الدراسة أجرينا تحليل عن طريق حيود الأشعة السينية للهياكل البلورية لمركباتنا، الذي كشف عن وجود الكوارتز، الكاولينيت، الاليت والاولفين.

الكلمات المفتاحية: المواد الأولية، الطين، الكاولين.