

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Abderrahmane Mira de Bejaia  
Faculté de Technologie  
Département des Mines et Géologie

## *Mémoire de Fin d'Etudes*

En vue de l'obtention du Diplôme de Master  
Filière : Génie Minier  
Option : Valorisation des Ressources Minérales

*Présenté par*

ARFI Mounia

ZEGAGH Hafida

## Thème

**Caractérisation physico-chimique et valorisation du kaolin de  
Tamazert en vue de son utilisation dans le domaine de la céramique**

Soutenu le 03 /07 /2024 devant le jury composé de :

Présidente : Mme SOUCI Zahia

MCA Université de Bejaia

Promoteur : Mr BOUABDALLAH Soufiane

MCA Université de Bejaia

Examineur : Mr TIOUR Fahem

MAB Université de Bejaia

Année Universitaire : 2023/2024

# Remerciements

*Nous remercions DIEU le tout-puissant de nous avoir aidé et fourni le courage nécessaire, qui nous a permis de réaliser ce mémoire, qui est un aboutissement à de longues et difficiles années d'études universitaires.*

*Nous exprimons notre grande reconnaissance à notre encadrant Mr **BOUABDALLAH Soufiane** qui nous a fait l'honneur d'accepter l'encadrement de ce mémoire et qui nous a donné son support, sa disponibilité, ses conseils et surtout sa confiance à notre égard tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Nous remercions également Mme **SOUICI Zahia** pour avoir accepté de présider le jury de la soutenance, ainsi que Mr **TIOUR Fahem** d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Notre grand honneur et l'immense plaisir de transmettre nos chaleureux remerciements à tous nos enseignants de nous avoir formé, guidé, encouragé et dirigé. Nous les remercions pour leurs efforts fournis durant notre cursus.*

*Nous souhaitons aussi remercier notre chef de département de Mine et Géologie Mr. **MAZA Mustapha**.*

*Nos plus sincères remerciements vont également à : Mr **AIT MERZEG Farid** le Directeur de CRAPC de Bejaia et Mr le Directeur de la Cimenterie de Ain El-Kbira pour leur aide, le bon suivi. Nous tenons aussi à exprimer nos plus grands respects et nos vifs.*

*De nombreuses personnes ont contribué scientifiquement intellectuellement ou techniquement à la rédaction de ce mémoire.*

*Que toutes les personnes qui ont participé à ce projet de près ou de loin en soient pleinement remerciées.*

*Enfin, nous tiendrons à remercier nos chères camarades de de la promotion « 2023/2024 », et tous ce qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.*

# *Dédicace*

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers :

*A ma très chère mère*

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

*A mon très cher père*

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager tout au long de ces longues années d'étude. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

**A mes très chers frères Raouf, Rinas, Ishak et à ma plus belle sœur Kamilia.**

**A ma chère binôme Hafida.**

**A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.**

**A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.**

**A tous ceux que J'aime.**

**Mounia**

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour :*

*À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon cher **PERE**.*

*À celle qui m'a inséré le goût de la vie, ma source d'inspiration, la lumière de ma vie, la flamme de mon cœur ma chère **MERE**.*

*À mes plus belles sœurs : Sara, Nawel, Lyna, Silvia et Sofi.*

*À mes petits beaux neveux : Liyan, Ghazline et Owais.*

*À tous mes proches de la famille **ZEGAGH**.*

*Aux personnes les plus chers à mon cœur, qui étaient autrefois une source de ma joie et qui étaient toujours à mes côtés.*

*A mes chers cousins : Khalef et Hamza.*

*À ma chère binôme **Mounia**.*

*À tous mes amis et collègues au nom de l'amitié qui nous réunit et au nom des souvenirs inoubliables.*

## *Hafida*

# Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale.....	2
Chapitre I : Généralités sur les kaolins	
I.1 Introduction .....	5
I.2. Définition des Argiles .....	5
I.3. Types de minéraux argileux .....	5
I.3.1. Montmorillonite .....	5
I.3.2. Illites .....	6
I.3.3. Chlorites.....	6
I.4. Kaolins .....	6
I.4.1. Kaolinite .....	7
I.4.2. Structure de la kaolinite .....	7
I.4.3. Propriétés physico-chimiques de la kaolinite .....	8
I.5. Kaolin dans le monde .....	10
I.6. Kaolin en Algérie .....	10
Conclusion.....	11
Chapitre II : Usages industriels du kaolin	
Introduction .....	13
II.1. Application dans les céramiques .....	13
II.1.1. Définition des céramiques .....	13
II.1.2 Type de céramiques.....	13
II.1.2.1 Céramiques naturelles.....	13
II.1.2.2 Céramiques traditionnelles .....	14
II.1.2.3 Céramiques techniques .....	14
II.1.3 Propriétés de la céramique .....	15
II.1.3.1 Propriétés physiques .....	15
II.1.3.2 Propriété mécanique .....	15
II.1.3.3 Propriétés chimiques.....	15
III.1.4 Procédé de fabrication.....	16
II.2. Autres domaines d'utilisations des kaolins .....	17
II.2.1. Emaux.....	17
II.2.2. Papier.....	17

II.2.3. Réfractaires.....	18
II.2.4. Peintures .....	18
II.2.5. Caoutchouc.....	18
II.2.6. Matériaux de construction .....	18
II.2.7. Applications médicales et cosmétiques.....	19
Chapitre III : Aperçu sur les kaolins de Tamazert	
III.1. Situation du gisement du kaolin de Tamazert .....	21
III.2. Géologie locale .....	21
III.2.1. Morphologie de gisement .....	22
III.2.2. Conditions de formation de gisement .....	22
III.3. Exploitation du Kaolin d’El Milia .....	23
III.4. Enrichissement du kaolin Tamazert.....	25
III.5. Différentes étapes de traitement des Kaolins .....	25
III.5.1. Homogénéisation – Stockage.....	26
III.5.2. Séparation voie humide.....	26
III.5.3. Épaississement .....	28
III.5.4. Blanchiment .....	28
III.5.5. Filtres presses.....	28
III.5.6. Caisse doseuse /déchetueur.....	28
III.5.6. Séchage des produits KT2 et KT3 .....	29
Chapitre IV : Méthodes physico-chimique et essais de traitement de kaolin de Tamazert	
IV.1. Méthode de préparation et caractérisation physico-chimique.....	32
IV.2 Prélèvement et préparations des échantillons.....	32
IV.2.1. Concassage .....	33
IV.3. Homogénéisation et quartage .....	34
IV.3.1. Homogénéisation .....	34
IV.3.2. Division de l’échantillon initial .....	34
IV.3.3. Quartage.....	35
IV.4. Analyse granulométrique par tamisage .....	36
IV.5. Caractérisation de minerai.....	37
IV.5.1. Broyage des échantillons .....	37
IV.5.2. Caractérisation minéralogique par DRX .....	38
IV.6. Essai de séparation du kaolin par agitation magnétique.....	39
IV.6.1. Agitateur magnétique.....	39
IV.6.2. Processus d’agitation magnétique du kaolin.....	40
IV.6.3. Analyse chimique des échantillons par FRX :.....	42

## Chapitre V : Résultats et discussion

V.1. Analyse granulométrique.....	44
V.2. Analyse par DRX.....	46
V.3. Analyse chimique de l'échantillon brut par FRX.....	47
V.4. Résultats d'analyse par FRX des concentrés et rejets du kaolin .....	47
Conclusion générale .....	53
Références bibliographies	
Résumé	

## **Liste des d'abréviations**

**ST** : Stone

**ENOF** : Entreprise national des produits minière non ferreux

**NE** : Nord Est

**SOALKA** : Société des kaolins d'Algérie

**TV** : Tout- venant

**CRAPC** : Centre de Recherche scientifique et technique en analyses physico-chimiques

**DRX** : Diffraction des Rayon X

**FRX** : Fluorescence des Rayon X

**CC** : Coefficient de courbure

**CU** : Coefficient d'uniformité

## Liste des Tableaux

<b>Tableau I.1</b>	Propriétés générales du kaolin	10
<b>Tableau I.2</b>	Production mondiale du kaolin	11
<b>Tableau V.1</b>	Résultats de tamisage de minerai de kaolin de Tamazert	45
<b>Tableau V.2</b>	Résultats de l'analyse par FRX pour l'échantillon brut	48
<b>Tableau V.3</b>	Résultats de l'analyse chimique par FRX des concentrés et des rejets du kaolin de Tamazert	49

## Listes des Figures

<b>Figure I.1</b>	Kaolin blanc	<b>8</b>
<b>Figure I.2</b>	Représentation schématique de la structure de la kaolinite	<b>9</b>
<b>Figure II.1</b>	Exemples des céramiques traditionnelles	<b>15</b>
<b>Figure II.2</b>	Céramique techniques	<b>16</b>
<b>Figure II.3</b>	Etapas de fabrication de céramique	<b>18</b>
<b>Figure III.1</b>	Situation géographique d'El Milia	<b>22</b>
<b>Figure III.2</b>	Méthodes d'exploitation de kaolin de Tamazert	<b>25</b>
<b>Figure III.3</b>	Schéma technologique de traitement du kaolin par voie humide	<b>28</b>
<b>Figure III.4</b>	Schéma technologique d'égouttage du minerai	<b>31</b>
<b>Figure IV.1</b>	Schéma représente les différentes étapes pour la caractérisation du minerai de kaolin	<b>33</b>
<b>Figure IV.2</b>	Image des échantillons pris sur le site de gisement de Tamazert	<b>34</b>
<b>Figure IV.3</b>	Image de concasseur a mâchoire de laboratoire de Mine et Géologie	<b>35</b>
<b>Figure IV.4</b>	Division de minerai du kaolin de Tamazert	<b>35</b>
<b>Figure IV.5</b>	Etapas d'homogénéisation et quartage de minerai du kaolin de Tamazert	<b>37</b>
<b>Figure IV.6</b>	Tamiseuse de type FRITCH de laboratoire de Mine et géologie	<b>38</b>
<b>Figure IV.7</b>	Kaolin broyé avec mortier	<b>39</b>
<b>Figure IV.8</b>	Appareil d'analyse diffractométrie Rayon X (DRX)	<b>40</b>
<b>Figure IV.9</b>	Agitateur Magnétique (PHYWE)	<b>41</b>
<b>Figure IV.10</b>	Suspensions de kaolin	<b>42</b>
<b>Figure IV.11</b>	Séchage du concentrées et rejets dans l'étuve	<b>43</b>
<b>Figure V.1</b>	Courbe granulométrique du kaolin de Tamazert	<b>46</b>
<b>Figure V.2</b>	Analyse par DRX de l'échantillon brut de kaolin de Tamazert	<b>48</b>
<b>Figure V.3</b>	Teneur d'alumine ( $Al_2O_3$ ) en fonction de temps d'agitation	<b>50</b>
<b>Figure V.4</b>	Teneur de la silice ( $SiO_2$ ) en fonction de temps d'agitation	<b>51</b>
<b>Figure V.5</b>	Teneur d'oxyde de fer ( $Fe_2O_3$ ) en fonction de temps d'agitation	<b>52</b>

# *Introduction générale*

### Introduction générale

Les argiles sont des matériaux naturels composés principalement de minéraux phyllosilicates, connus pour leur finesse et leurs propriétés plastiques lorsqu'elles sont mélangées avec de l'eau. Utilisées depuis des millénaires, les argiles jouent un rôle essentiel dans divers industriels, allant de la céramique à la construction, en passant par les cosmétiques et la médecine.

Les kaolins sont des matières premières argileuses naturelles qui sont généralement des mélanges hétérogènes des minéraux accompagnent la kaolinite. Le kaolin est l'élément fondamental dans la plupart des argiles employées dans l'industrie des céramiques [1].

Les travaux réalisés dans le cadre de cette étude portent sur la caractérisation et la valorisation du kaolin de Tamazert. Ce kaolin présente une teneur élevée en impuretés, notamment en oxyde de fer et en silice libre sous forme de sables quartzeux, des concentrations bien supérieures aux valeurs admissibles pour la fabrication de la céramique. La présence de ces impuretés réduit la qualité du kaolin, le rendant inapproprié pour de nombreuses applications céramiques.

L'objectif principal de cette étude est double : d'une part, il s'agit de caractériser précisément la nature et la concentration des impuretés présentes dans le kaolin de Tamazert ; d'autre part, il s'agit des méthodes de traitement pour réduire ces inclusions nocives. Les techniques de purification envisagées comprennent des procédés de séparation physique et chimique, tels que le tamisage, la séparation magnétique, la flottation, la lixiviation et l'utilisation de réactifs spécifiques pour dissoudre ou précipiter les impuretés.

Ce travail de mémoire de fin d'étude sera structuré de la manière suivante :

Partie générale: cette partie comporte trois chapitres

- Chapitre I : Généralités sur le Kaolin ;
- Chapitre II : Usages industriels du kaolin
- Chapitre III : Étude géologique du gisement et méthodes de traitement du kaolin de Tamazert;

## **Introduction générale**

---

Partie expérimentale : cette partie comporte deux chapitres:

- Chapitre IV : Caractérisation physico-chimique et essais de traitement de kaolin de Tamazert
- Chapitre V : Analyses, résultats et interprétations
- Conclusion Générale

***Chapitre I***  
***Généralités sur les kaolins***

## Chapitre I : Généralités sur les kaolins

### I.1 Introduction

Les argiles sont des matières premières naturelles utilisées depuis l'antiquité dans de nombreux domaines. Ces matériaux argileux constituent souvent des mélanges naturels complexes des minéraux dont la granulométrie et les propriétés physico-chimiques sont très variable.

### I.2. Définition des Argiles

La roche sédimentaire de l'argile est principalement constituée de minéraux spécifiques, principalement des silicates d'aluminium plus ou moins hydratés. Elle présente une structure feuilletée (phyllo silicates) ou fibreuse (sépiolite et palygorskite), ce qui explique leurs caractéristiques d'absorption et de plasticité. Les couches de tétraèdres de  $\text{SiO}_2$  et d'octaèdres d' $\text{Al}(\text{OH})_3$  constituent les argiles. Les argiles sont classées en trois grandes catégories en fonction de l'épaisseur des feuillets (0,7 ; 1 ou 1,4 nm), correspondant à un nombre de couches d'oxydes tétraédriques (Si) et octaédriques (Al). Les cations  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  peuvent remplacer l'Al, ce qui entraîne un déficit structural de charge causé par la présence de cations  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ... hydratés dans l'espace entre les feuilles. La distance entre les feuillets varie, ce qui entraîne des variations microscopiques dans les dimensions de l'argile lorsqu'elle s'hydrate (dilatation ou gonflement) ou s'assèche (contraction pouvant entraîner des fissures). [2].

### I.3.Types de minéraux argileux

#### I.3.1. Montmorillonite

Le nom vient de la localité française de Montmorillon, dans la Vienne où existait un filon aujourd'hui épuisé et de la localité de Sommières, dans le Gard. Il s'agit de minéral phyllithe de couleur blanche à trois couches, notamment la couche octaédrique prise entre deux couches tétraédriques.

La montmorillonite est un minéral composé de silicate d'aluminium et de magnésium hydraté, de formule  $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Et appartenant au groupe des smectites, de la famille des phyllo silicates. Elle est une argile de type 2/1 [4].

### I.3.2. Illites

Le nom Illite vient de l'État américain de l'Illinois, où l'illite a été décrite pour la première fois en 1937. Les illites sont composées de trois couches de phyllo-silicates, une couche d'aluminium (Al) entourée de deux couches de silicate (Si).

Sa formule chimique est  $(K, H_3O)(Al, Mg, Fe)_2(Si, Al)_4O_{10}[(OH)_2, (H_2O)]$ . L'illite est un minéral argileux de type 2/1. Cela signifie qu'un feuillet élémentaire d'illite est formé de trois couches (tétraédrique, octaédrique, tétraédrique TOT) [4].

### I.3.3. Chlorites

Le nom « chlorite » vient du latin chloritis (« pierre de couleur verte »), lui-même transcrit de grec (khlôritis). Ce dernier terme dérivé de (chloros), «vert», en référence à la couleur de ces minéraux. Un chlorite est un minéral alumino-silicaté de fer ou de magnésium. Généralement, de couleur verdâtre, et voisin du mica par sa structure et ses propriétés physico-chimiques. Les chlorites sont produits par diverses réactions minérales, dont la décomposition du mica noir. Sa formule chimique est  $(Fe, Mg, Al)_6(Si, Al)_4O_{10}(OH)_8$  [4].

## I.4. Kaolins

Le kaolin est un minéral composé de silicates d'aluminium hydratés, de formule  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$  et fait partie de la famille des phyllo-silicates. D'origine chinoise, il vient du mot "Kaoling" signifiant terre des hautes collines. Le kaolin est blanc mais peut être coloré par les oxyhydroxydes de fer en jaune, orangé rouge ou vert. Le kaolin fait partie de la famille des phyllosilicates de type 1/1, il est constitué d'une succession alternée de feuillets en tétraèdre (silice) et de feuillets en octaèdre (aluminium) [3].

Le kaolin est un matériau argileux blanc, flexible et résistant. Cependant, il est possible que des impuretés lui donnent des couleurs et des teintes différentes : jaune, rouge, gris, brun. Il est composé de feuillets. Il fait partie du groupe minéral 7 A°. La kaolinite, qui est le principal composant du kaolin, est un ensemble moléculaire théorique de formule «  $2SiO_2, Al_2O_3, 2H_2O$  » présent dans les roches à feldspaths et les granits. Elle est constituée d'une couche de cation tétraédrique et d'une couche de cation octaédrique se superposant.

Il peut être utilisé jusqu'à une température d'environ 1750 ° C sans se fendre ni se déformer ; il fait partie des matériaux réfractaires. La décomposition du kaolin n'est pas provoquée par les acides et bases dilués, mais par l'acide sulfurique concentré [6].



**Figure I.1 :** Kaolin blanc [5].

#### **I.4.1. kaolinite**

La kaolinite, qui est le principal minéral du kaolin, se trouve également dans divers environnements. Effectivement, le kaolin peut se développer dans des environnements où l'altération est intense, tels que les sols tropicaux ou les milieux hydrothermaux. En règle générale, il est issu de l'altération in situ des feldspaths de granites. Les gisements sédimentaires sont les plus importants de kaolins (bassin de Géorgie, États-Unis, bassin Amazonien, Brésil, bassin des Charentes, France). On continue d'utiliser et de rechercher la kaolinite pour la production de céramiques de grande diffusion et de céramiques techniques. Bien que son utilisation ne soit pas recommandée dans les résines, il est employé pour obtenir des propriétés électriques et d'écoulement à l'état fondu dans les compositions de polymères. Dans les plantations mixtes de polyesters, il favorise une résistance chimique et électrique accrue et réduit l'absorption d'eau. Elle peut être ajoutée à des taux allant jusqu'à 60 % dans les compositions à base d'esters polyvinyliques, mais de 20 à 45 % dans les poudres à mouler. On utilise du kaolin calciné dans des mélanges pour isoler les câbles et dans des isolants. Le kaolin calciné est employé en association avec de l'alumine et de la silice afin de garantir la résistance aux acides. Le kaolin est de couleur blanche, mais il peut être coloré en jaune, orangé rouge (ocre) ou vert par les hydroxydes de fer. [7]

#### **I.4.2. Structure de la kaolinite**

La kaolinite est composée d'une alternance de couches de feuillets en tétraèdre (silice) et en octaèdre (aluminium), ce qui explique que la kaolinite est considérée comme un minéral

argileux 1/1. Les deux feuillets sont reliés de manière à créer une couche unique d'une épaisseur d'environ 7 Å (0,7nm) qui s'étend indéfiniment dans les deux autres directions.

Les liaisons hydrogènes assurent la liaison entre deux feuillets adjacents. Les hydroxyles de la couche octaédrique et les oxygènes de la couche tétraédrique sont liés sur ces liaisons. Les molécules d'eau, les molécules organiques ou les ions minéraux ne peuvent pas pénétrer dans les feuillets adjacents, ce qui les rapproche. Aucune gonflement ou réaction des feuillets n'est donc possible. Les kaolinites ont une capacité d'échange limitée en raison de sites de surface amphotères.

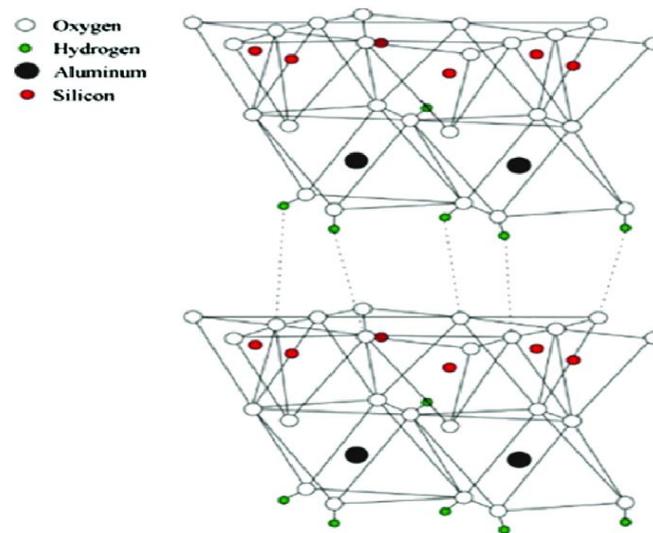


Figure I.3 : Représentation schématique de la structure de la kaolinite.

### I.4.3. Propriétés physico-chimiques de la kaolinite

#### a. Composition chimique

Le kaolin est composé de  $(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O)$  avec les concentrations massiques suivantes 36,53% d' $Al_2O_3$ , 46,50% de  $SiO_2$  et 13,95% de  $H_2O$  ; avec une masse molaire de 258 g. Ces proportions varient en fonction de la pureté du kaolin. Le meilleur type de kaolin est celui qui présente un pourcentage massique d'alumine de 45,5% et qui est rare dans la nature [8].

#### b. Couleur

Le kaolin est généralement d'un blanc ou d'un blanc proche. Toutefois, le kaolin est généralement associé à une faible quantité de minéraux auxiliaires contenant des éléments de transition tels que le fer et le titane, tels que des oxydes, des hydroxydes, des oxy-hydroxydes, des sulfures et des carbonates, ce qui entraîne l'utilisation du terme "fer libre". On peut trouver du fer dans le réseau de la kaolinite, ce qui est appelé fer structural.

La teinte obtenue par le couple fer-titane dans le kaolin blanc met en péril son utilisation dans les secteurs de la peinture et du papier. Il est crucial de bien comprendre l'état du fer et du titane avant de sélectionner la méthode de traitement [6].

### c. Forme et taille

Les cristaux de kaolinite se présentent sous la forme de petits feuillets plats d'une épaisseur de  $\sim 2\mu\text{m}$  et d'un diamètre de quelques microns, avec une forme pseudo-hexagonale, parfois en forme de livres ou de piliers vermiculés. Il est possible d'utiliser différentes mesures.

Au fil du temps, le critère utilisé pour évaluer la morphologie d'un kaolin a évolué. En 1980, il était principalement basé sur l'épaisseur des cristaux, mais dès 1990, l'aspect ratio (rapport entre le diamètre et l'épaisseur) a pris une importance accrue.

La taille des particules est un facteur déterminant de la viscosité des kaolins en suspension. De nos jours, on utilise le rapport  $d_{75}/d_{25}$  comme indicateur industriel de la morphologie des kaolins traités [6].

### a. Dureté

Les kaolins relativement purs ne sont pas abrasifs, car ils ont une dureté comprise entre 2 et 2,5 (de  $\sim 2.5$ ) sur l'échelle de Mohs. Cette caractéristique revêt une grande importance dans de nombreuses applications industrielles. Étant donné que le kaolin est plus souple que la plupart des matériaux avec lesquels il entre en contact, l'usure et l'abrasion de l'équipement sont rares [6]. La présence de quartz résiduel dans un kaolin industriel modifie bien évidemment ce paramètre, pour résumer les propriétés du kaolin on donne le tableau suivant :

**Tableau I.1** : Propriétés générales du Kaolin [6].

Propriétés	Valeurs
Masse volumique ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.60-2.63
Dureté (mohs)	2-2.5
Coefficient de délitage linéaire ( $20-700^\circ$ )	$5-7 \cdot 10^{-3}$
Conductivité thermique ( $\text{cal}/\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}$ )	$4-5 \cdot 10^{-3}$
Température d'utilisation ( $^\circ\text{C}$ )	1400
Résistance de flexion ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	20-210
Fusibilité ( $^\circ\text{C}$ )	1730-1785

### I.5. Le kaolin dans le monde

Le kaolin est présent dans la plupart des pays du monde. Cependant, il existe peu de gisements, de bonne qualité et suffisamment importants en quantité pour soutenir une grande opération de kaolin. La production mondiale de kaolin est donnée dans le tableau 1 et on remarque que la production de kaolin transformé est dominée par les États-Unis d'Amérique, le Royaume-Uni et l'Union soviétique Syndicat. Des pays comme la Tchécoslovaquie, le Brésil et la Corée du Sud proposent également produisent des quantités substantielles de kaolins de qualité et sont en constante augmentation leur production. La production mondiale de kaolin s'est progressivement améliorée. Production de 22,8 millions de tonnes en 1984 à 28,4 millions de tonnes en 1988.

Les niveaux aux États-Unis et au Royaume-Uni ont montré une croissance substantielle au cours des cinq dernières années considérant que la production dans les pays d'Europe de l'Est est restée relative relativement stable [9].

**Tableau I.2 :** Production mondiale du kaolin (\*1000 ST) (Sarkis, 1988) [9].

Pays	Année				
	1984	1985	1986	1987	1988
États-Unis	7953	7793	8549	8827	9891
Royaume-Uni	3296	3472	3211	3372	3750
Union soviétique	3100	3200	3300	3300	3300
Tchécoslovaquie	736	720	768	768	756
Brésil	536	578	750	750	849
Corée	795	726	695	695	917
Autres pays	5239	6334	8658	8658	8691
Total	22,751	24,606	25,765	26,455	28,365

### I.6. Kaolin en Algérie

En Algérie, il existe quelques gisements de kaolin mais jusqu'à présent le pays en importe une partie. La consommation de kaolin en Algérie intéresse les branches industrielles.

Parmi les gisements de kaolin en Algérie on peut citer le gisement de Djbel Debbagh Et le gisement d'el Milia Tamazert.

Toute fois des recherches sont engagées par l'ENOF en vue d'explorer et de prospector de nouveau gisement.

### **Conclusion**

Les kaolins sont des types d'argile qui sont utilisés dans diverses industries. Ils sont appréciés pour leurs pureté, leur blancheur et leurs capacité à former des pates céramiques de haute qualité. Le Kaolin est utilisé dans la fabrication de céramiques, de porcelaines et de produits réfractaires en raison de ses propriétés uniques, telles que sa plasticité, sa résistance à la chaleur et sa faible conductivité thermique.

# *Chapitre II*

## *Usages industriels du Kaolin*

## Chapitre II : Usages industriels du kaolin

### Introduction

Le kaolin est largement utilisé dans divers usages industriels. Il est essentiel dans la fabrication de papier de céramique, de produits pharmaceutiques. Son utilisation dans l'industrie papetière améliore la qualité du papier et sa brillance, tandis que dans l'industrie céramique, il aide à stabiliser les mélanges et à améliorer les propriétés des produits finis. En cosmétique et en pharmacie le kaolin est utilisé pour ses propriétés absorbantes et son douceur sur la peau.

### II.1. Applications dans les céramiques

Les céramiques sont utilisées dans nombreuses applications notamment dans l'industrie, la construction, la médecine, art et décoration, isolation thermique et électrique, etc...

#### II.1.1. Définition des céramiques

Le mot céramique d'origine grecque "keramas" qui signifie argile, la céramique qui est un matériau minérale poly cristallin car elle est constituée de grains cristallins non métallique très connus dans la vie quotidienne, apparue à la fin du paléolithique bien avant les verres, mais qui représentent aujourd'hui l'un des services tangibles indispensables aux besoins existentiels de l'homme et pourtant c'était le matériau le plus facile à fabriquer à partir de la cuisson de la croûte terrestre dite terre cuite mais le secteur de production et en amont celui de la recherche sont très actifs dans le but de générer de nouvelles technologies et domaines pour la fabrication et l'utilisation de ce matériau. Les céramiques sont clairement supérieures à la majorité [10].

#### II.1.2 Types de céramiques

Les céramiques sont des matériaux largement utilisés dans divers domaines en raison de leurs propriétés uniques, on peut les classer en plusieurs types les céramiques naturelles, les céramiques traditionnelles les conditionnelles céramiques techniques :

##### II.1.2.1 Céramiques naturelles

Les céramiques naturelles désignent les céramiques issues de matériaux naturels tels que l'argile, le sable, le kaolin et des minéraux. Souvent prisées pour leur aspect naturel et leur longévité, elles sont employées dans divers domaines tels que la poterie, la vaisselle, la décoration et la construction. En outre, ces céramiques sont généralement perçues comme écologiques car elles exploitent des ressources naturelles renouvelables et requièrent souvent moins d'énergie pour leur fabrication que d'autres matériaux céramiques synthétiques.

### II.1.2.2 Céramiques traditionnelles

Utilisant des matières premières naturelles telles que l'argile, le feldspath, le kaolin et le quartz, ils sont époustouflants. En règle générale, les ouvertures sont réalisées par moulage. Les matériaux utilisés sont la terre cuite (pour la confection de pots, les briques de construction), la céramique (pour les carrelages, les revêtements de sol), la faïence (pour la vaisselle, les décorations), la porcelaine (pour la vaisselle, les fragments) [11].



Porcelaine

Faïence



Porteries

Dalle en grés

**Figure II.1** : Exemples des céramiques traditionnelles

### II.1.2.3 Céramiques techniques

Les céramiques techniques sont des céramiques utilisées dans des secteurs particuliers comme l'aérospatiale, l'électronique, la médecine, etc. Elles se caractérisent par leur résistance à la chaleur, leur conductivité électrique ou thermique leur résistance à la corrosion, etc.



**Figure II.2 :** Céramiques techniques

### **II.1.3 Propriétés de la céramique**

#### **II.1.3.1 Propriétés physiques**

Les céramiques présentent différentes propriétés physiques selon leur composition et leur structure. Ces caractéristiques peuvent englober la résistance à la chaleur, la conductivité thermique et électrique, la densité, la porosité, la transparence et la résistance à la corrosion.

#### **II.1.3.2 Propriété mécanique**

Les caractéristiques mécaniques jouent un rôle crucial à la fois dans la fabrication et dans les applications de ces matériaux. En général, ils sont vulnérables car l'effort requis pour la fracture est inférieur à celui nécessaire pour la déformation. Il est donc très probable que leur comportement soit élastique jusqu'à la rupture, et en raison de ces fortes liaisons, les céramiques présentent des coefficients d'élasticité élevés par rapport aux métaux. Les caractéristiques qui rendent les céramiques fragiles sont également celles qui leur donnent les propriétés qu'on souhaite de dureté, de résistance et de résistance chimique [12].

#### **II.1.3.3 Propriétés chimiques**

On sait que les céramiques sont très résistantes aux agents atmosphériques tels que l'eau, l'air et les acides et bases faibles. En raison de la forte et stable nature des liaisons ioniques et covalentes, les températures de fusion des céramiques sont souvent extrêmement élevées [12].

La passivité chimique des céramiques est maintenue à température ambiante ou modérée par rapport aux acides et bases fortes. Cependant, à haute température la réactivité des céramiques augmente au point de devenir la principale cause de la destruction des réfractaires lorsqu'ils sont en contact avec des verres, des métaux et des laitiers fondus. Les céramiques

oxydées restent inertes dans l'oxygène à toute température, tandis que les céramiques non-oxydées ne le sont pas [13].

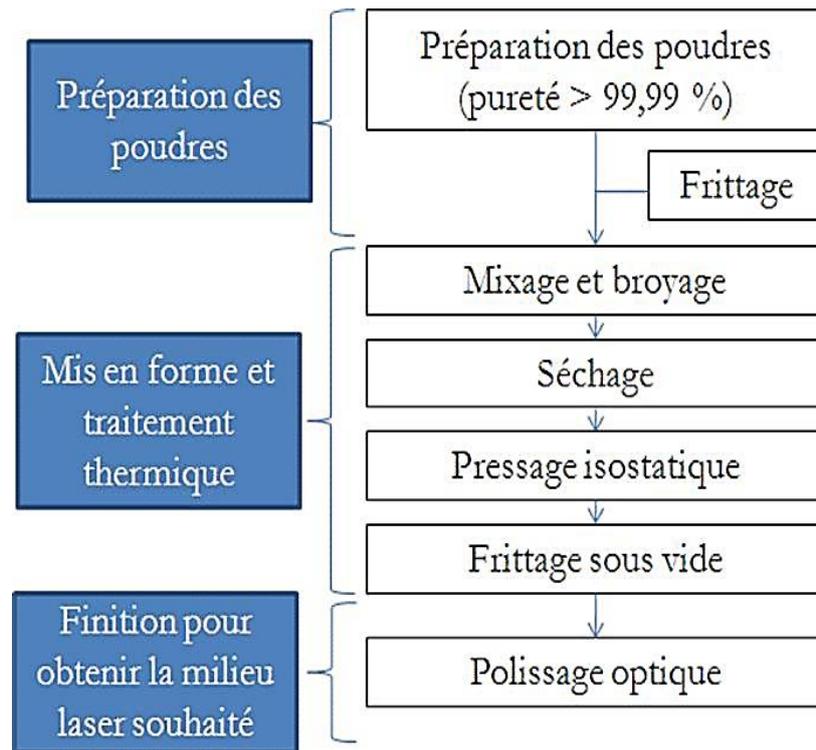
#### **II.1.4 Procédé de fabrication**

La production de céramiques utilise divers fours et une variété de matières premières afin de produire des produits qui peuvent prendre différentes formes, tailles et couleurs [14].

En ce qui concerne le procédé général de fabrication des céramiques, il est plutôt homogène, à l'exception du fait qu'une cuisson en plusieurs étapes est souvent nécessaire pour la production de carrelage mural ou de sol, d'articles domestiques, de sanitaires et de céramiques techniques [14].

Les matières premières sont généralement mélangées avant d'être mises en forme par coulage, pressage ou extraction. Il est facile de mélanger et de former avec une eau régulière. Les séchoirs évaporent cette eau et les produits sont ensuite enfournés manuellement notamment dans le cas des fours à sole mobile qui sont utilisés de manière régulière ou placés dans des chariots qui se déplacent jusqu'au four dans le cas des fours tunnels ou des fours à rouleaux, qui fonctionnent en continu. Les granulats d'argile expansée sont fabriqués à l'aide de fours rotatifs [14].

Pendant la cuisson, il est essentiel d'avoir un gradient de température très précis afin de garantir un traitement approprié aux produits. Ensuite, il est nécessaire d'effectuer un contrôle de refroidissement afin que les produits libèrent progressivement leur chaleur tout en préservant leur structure céramique. Finalement, les produits sont emballés et stockés en préparation de la livraison [14].



**Figure II.3 :** Etapes de fabrication de céramique.

## II.2. Autres domaines d'utilisations des kaolins

Le kaolin est un minérale intéressant avec de nombreuses utilisations, on le retrouve dans différents domaines comme :

### II.2.1. Emaux

Le kaolin est essentiel dans les émaux, car il peut remplacer l'apport en alumine et en silice lorsqu'ils sont absents. De plus, il joue un rôle essentiel dans la suspension des barbotines d'email en raison de leur finesse et de leur forme ( $<2\mu\text{m}$ ). Il est important de limiter l'utilisation du kaolin dans les émaux en raison de son retrait lors de la cuisson, ce qui peut entraîner des défauts sur les glaçures. Il est nécessaire de traiter physiquement et chimiquement le kaolin avant d'être utilisé dans la barbotine d'email pour éliminer une partie des impuretés (hématite, pyrite, mica, muscovite et quartz). Les kaolins riches en titane, qui renferment le moins d'impuretés colorantes comme le fer de structure et qui cuisent blanc (généralement les ball clays), sont les plus prisés dans l'industrie céramique en général, car ils renforcent l'opacité, la blancheur et l'éclat de l'email [14].

### II.2.2. Papier

Dans le secteur du papier, le Kaolin est employé à la fois comme élément de charge dans la masse du papier et revêtement de surface. Elle est une matière première parfaite pour la fabrication du papier en raison de sa blancheur, de son opacité, de sa surface spécifique élevée

et de sa très faible abrasivité. Il offre la possibilité de diminuer la quantité de pâte à papier qui est relativement couteuse et améliore les caractéristiques optiques du produit final ainsi que la qualité imprime. L'éclat et renforcés par sa blancheur tandis que la taille et la forme des particules individuelles de Kaolin lui confèrent le brillant et la quantité d'impression nécessaires pour certains types de papier. Parmi les exemples, on peut citer les papiers utilisés pour les magazines et les brochures, le papier couché certaines emballages ou boîtes, etc [16].

### **II.2.3. Réfractaires**

Les matériaux résistants sont fabriqués à partir de matériaux naturels, de mélanges de minéraux comme le kaolin. Ils servent à la construction de bâtiments exposés à des températures élevées. Il existe une variété de produits, allant des plus basiques aux plus avancés, tels que les revêtements en briques pour les maisons ou les boucliers thermiques pour les navettes spatiales. Les chaudières et les fours des réacteurs, les creusets, les installations de distillation, etc., sont également utilisées pour être revêtues [16].

### **II.2.4. Peintures**

Le kaolin est souvent utilisé comme charge dans la peinture pour améliorer la texture, la brillance et la durabilité. Il agit également comme un agent de renforcement et peut aider à contrôler la viscosité de la peinture.

### **II.2.5. Caoutchouc**

Dans le domaine du caoutchouc le Kaolin est fréquemment employé en tant qu'agent de renforcement ce qui permet d'améliorer la résistance, la durabilité et les caractéristiques mécaniques du matériau. Cela pourrait contribuer à diminuer la vulnérabilité et à renforcer la résistance à la chaleur et à l'usure.

### **II.2.6. Matériaux de construction**

Le kaolin est utilisé dans la construction ou pour fabriquer du ciment. Le méta kaolin, également connu sous le nom de kaolin calciné à basse température, possède de fortes propriétés pouzzolaniques, ce qui en fait un additif idéal pour les mortiers et bétons à base de ciment Portland. Le kaolin est une source d'oxyde d'aluminium qui remplace les argiles ordinaires riches en fer, permettant d'éviter la présence de fer dans la production du ciment blanc. Les utilisateurs de ciment blanc sont particulièrement intéressés par les méta kaolins, ainsi que pour la fabrication de mortiers et de bétons techniques [15].

**II.2.7. Applications médicales et cosmétiques**

Le kaolin est largement utilisé dans les applications médicales et cosmétiques en raison de ses propriétés absorbantes et apaisantes. En cosmétique il est souvent présent dans les masques faciaux, les poudres et les produits pour les peaux sensibles. En médecine il est utilisé dans les poudres absorbantes pour les bébés et comme ingrédient dans les traitements topiques pour les affections cutanées.

**Conclusion :**

Le kaolin est essentiel dans l'industrie de céramique grâce à ses propriétés distinctes. Il apporte des propriétés de blancheur et de résistances à la chaleur aux céramiques, ce qui les rend idéales pour de nombreuses applications industrielles.

# *Chapitre III*

*Aperçu sur les kaolins de  
Tamazert*

## Chapitre III : Aperçu sur les kaolins de Tamazert

### III.1. Situation du gisement du kaolin de Tamazert

Le gisement d'El Milia est connu depuis 1925, il se trouve dans la wilaya de Jijel au Nord-Est de l'Algérie à 17 km au Nord de la daïra d'El Milia et entoure au Nord-Ouest par Djebel Adjar à l'Ouest par le Douar Ould Boufaa, au sud par douar Boubazin et à l'Est par les collines d'azrar [17].

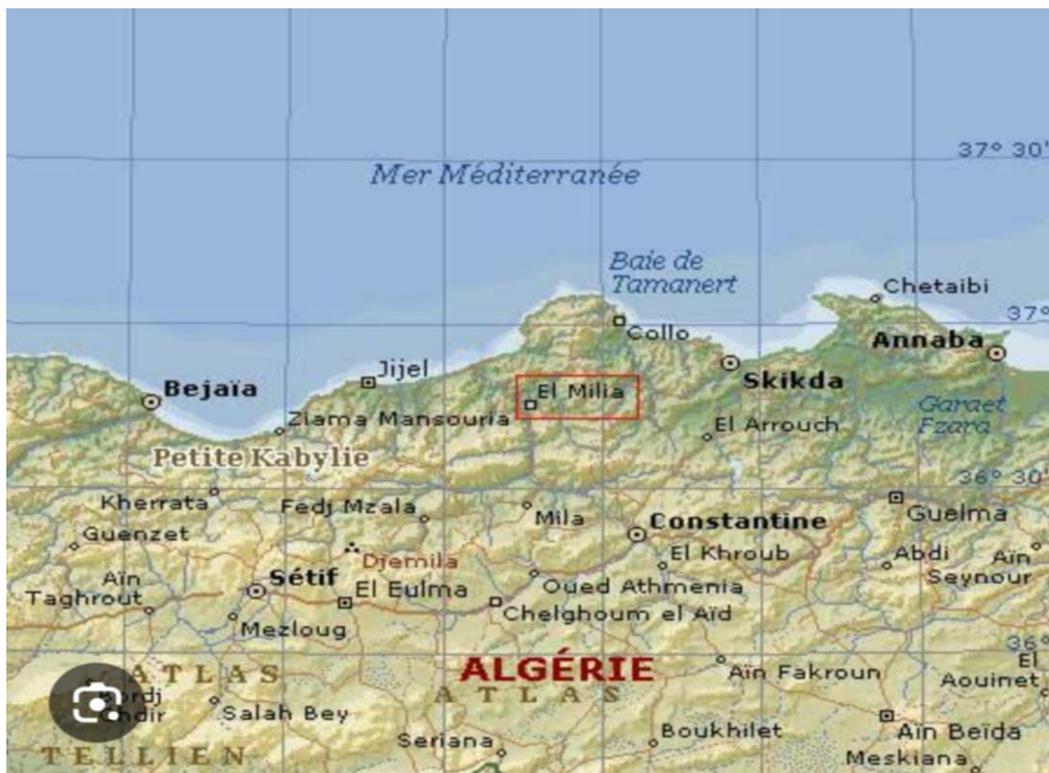


Figure III.1 : Situation géographique d'ELMilia

### III.2. Géologie locale

Le gisement de Tamazert se présente en lentilles affleurantes, leurs épaisseurs varient en fonction de l'intensité de l'altération des gneiss.

Les réserves globales du gisement en kaolins sableux sont de l'ordre de 7,4 millions de tonnes ; il s'agit de gisement dit primaire, associé à des paillettes de mica et du sable quartzitique, en effet c'est un gisement qui provient de l'altération sur place des roches granitiques, le kaolin lui-même résultant de l'altération du feldspath.

Le kaolin est le résultat donc de l'altération des aluminosilicates anhydres que l'on retrouve dans les roches riches en feldspaths, comme le granite, sous l'action de la météorisation et de processus hydrothermaux. Le processus de conversion du granite dur en une matrice tendre que l'on trouve dans les gisements de kaolin s'appelle la "kaolinisation". Le quartz et le mica du granite ne changent pratiquement pas tandis que le feldspath se transforme en kaolinite. De la smectite peut également se former en petites quantités dans certains gisements. Le raffinage et le traitement de la fraction fine du granite kaolinisé fournit de la kaolinite avec une faible quantité de mica, du feldspath, des traces de quartz et, en fonction de l'origine, des substances organiques et/ou des minéraux lourds.

Les kaolins se présentent sous différents aspects qui influencent leur utilisation finale. Le degré de cristallinité influence leur luminosité, leur blancheur, leur opacité, leur brillant, leur résistance en film mince et leur viscosité, ce qui détermine leur intérêt commercial.

### **III.2.1. Morphologie de gisement**

Le gisement de kaolin de Tamazert à la forme d'un anticlinal à flancs doux. Il est subdivisé en quatre corps (Central, Nord, Oriental et Sidi Kader). Le kaolin est lié à une zone d'altération, ou il forme une couche arénite et kaolinites.

Les formations non affectées par l'érosion ont une forme irrégulière et forment des bandes allongées avec des cotes à pentes douces vers le NE. Elles affleurent presque partout ou bien sont recouverte par des graviers et des sables argileux puissant de 0.2m à 8.6m.

**Corps central :** c'est le plus important et le mieux affleurant. Il est étudié sur une longueur de 600m du SW au NE et sur une largeur de 130 à 480m.

**Corps Nord et Oriental :** ils font suite au corps central, et se caractérisent par une même orientation de leur axe.

**Corps Nord :** 420m×240m.

**Corps Oriental :** 440m× (10 à 50m).

**Corps de Sidi Kader :** il a une position spécifique, et est encaissé dans les schistes dans un bloc tectonique. Il est de forme ovale (100m × 80m). Ses limites à l'Ouest sont presque linéaires.

### **III.2.2. Conditions de formation de gisement**

Les terrains hydrothermaux transformés par des minéraux du groupe kaolinique tels que la kaolinite, la dickite et la nacrite se caractérisent par la kaolinisation. Ces minéraux sont généralement responsables de la formation de roches feldspathes, de muscovites et de chlorites.

Dans la zone d'oxydation des minéraux sulfures, les masses kaoliniques se forment habituellement par des processus super-gènes [17]

Le minerai de kaolin contient d'autres éléments, principalement sous forme d'oxyde et de carbonate, ce qui est le plus en accord avec l'hypothèse de formation par altération. La désagrégation des roches en place dans la couche superficielle du manteau de débris est peut être l'une des principales causes de formation de kaolin de Tamazert, caractérisé par la présence de bancs sableux. L'hydrolyse décompose les silicates en minéraux argileux, d'où formation des oxydes libres et des hydroxydes d'aluminium, silicium, fer, manganisme, qui passe à la solution par lessivage [17].

### **III.3. Exploitation du Kaolin d'El Milia**

#### **a) Mode d'exploitation**

On exploite le gisement à ciel ouvert sur une superficie de 331 hectares. Une lentille apparaît, d'épaisseurs très variables en fonction du degré de kaolinisation, avec des gradins de 5 mètres de haut et de 20 mètres de large.

Le minerai est extrait mécaniquement après avoir choisi les sites d'abatage en utilisant des engins de carrière. Les minerais abattus sont chargés à l'aide de pelles chargeuses et transportés sans évacuation vers l'usine de traitement à l'aide de camions de 14 tonnes de charge.

#### **b) Extraction du kaolin**

Cinq critères doivent être respectés pour le kaolin exploité : la couleur, la quantité, la viscosité, la surface spécifique et l'abrasivité. La blancheur et la viscosité sont les critères les plus essentiels, avec une teneur moyenne de 13%. Pour répondre à ces critères, l'extraction du kaolin est réalisée par une exploitation sélective.

La pelle bute, à défaut, la pelle retro et le bulldozer sont requis pour l'exploitation sélective, où le ripage, le défonçage et l'ameublissement du kaolin exploité sont nécessaires. La pelle extrait toutes les particules du kaolin en fonction de sa qualité.

- kaolin destiné à l'usine de traitement.
- kaolin destiné à la céramique vaisselle.
- kaolin destiné aux carreaux sol et faïences.



**Figure III.2 :** Méthode d'exploitation du kaolin de Tamazert

### **c) Chargement**

Le chargement est effectué en utilisant une pelle chargeuse sur pneus CAT950, ainsi qu'une pelle ENMTP 9411. Étant donné que le chargement joue un rôle essentiel dans l'économie d'extraction, sa sélection est influencée par :

- le type de gisement (un gisement à relief montagneux) ;
- la productivité requise ;
- Les roches sont difficiles à creuser.

La capacité du godet et la durée d'un cycle de chargement déterminent la productivité de la chargeuse. Le temps d'un cycle pour la pelle retro ENMTP 9411 est estimé en moyenne à 30 secondes d'après l'expérience de l'enginiste dans la mine du kaolin. Pendant 45 secondes, la chargeuse Cat 950F est chargée.

### **d) Transport du minerai**

Le processus d'exploitation le plus coûteux est le transport du tout-venant du kaolin depuis les chantiers de travail jusqu'à l'usine de traitement. Le service dispose de (03) camions SNVIC260 de 15 tonnes pour le transport de minerai, avec une rotation de (5) camions par poste de travail.

**III.4. Enrichissement du kaolin Tamazert**

Après avoir été extrait de la mine de Tamazert, le kaolin est transporté à l'usine d'enrichissement située à 11 km de la mine. Cette usine a été mise en service en 1994 et a une capacité de traitement de 50 000 tonnes par an. Une fois arrivé à l'usine, le kaolin est traité pour améliorer sa qualité et répondre aux exigences des clients. Le kaolin de Tamazert est réputé pour ses diverses qualités, ce qui signifie que le traitement du kaolin débute par une homogénéisation sur une grande surface plane [18].

La présence de résidus de quartz et de mica est significative, ainsi que des impuretés difficiles à éliminer, notamment l'oxyde de fer. Ces impuretés entraînent des effets de couleur (coloration grisâtre) lors de la cuisson, ce qui peut être indésirable pour certaines applications, mais peut également altérer la résistance des matériaux fabriqués avec ce kaolin. Le blanchiment chimique est utilisé par l'usine de traitement pour éliminer l'oxyde de fer, ce qui permet de produire du kaolin blanchi KT3B, qui représente 25% de la capacité installée de l'usine [18].

Le schéma d'épuration adopté par l'entreprise SOALKA des Kaolins d'EL -Milia est relativement complexe et comprend de nombreuses étapes de "traitement". Elles se déroulent toujours en présence d'eau pour éviter que l'argile ne s'agglomère : criblage, cyclonage, décantation, centrifugation, tamisage. Toutes ces opérations poursuivent un même but : concentrer les particules les plus fines (kaolinite) et éliminer les plus grossières (quartz et micas). Le traitement industriel est plus ou moins poussé suivant la qualité que l'on cherche à obtenir (les industries du papier et de la céramique sont plus exigeantes).

Le kaolin est très sensible au pH de l'eau utilisée : il a tendance à flocculer en milieu acide. Au cours du traitement industriel, il est parfois nécessaire de rajouter de la soude ou encore de l'acide sulfurique suivant les effets que l'on souhaite obtenir.

**III.5. Différentes étapes de traitement des Kaolins**

Le traitement du minerai s'effectue en voie humide par méthode gravimétrique qui est axée sur la différence de densité des particules en plusieurs opérations:

- Homogénéisation TV de la carrière homogénéisation au stoker
- Alimentation la laverie (les différentes sections de la laverie)
- L'alimentation des bassins de décantation
- L'alimentation du hall de production (les différentes sections du hall)

### III.5.1. Homogénéisation – Stockage

L'homogénéisation de kaolin de Tamazert peut impliquer le mélange de différents lots ou grades de kaolin pour obtenir une composition uniforme, ce qui est important pour assurer des propriétés constantes dans les applications finales. En ce qui concerne le stockage il est crucial de choisir des installations appropriées qui préserve la qualité de kaolin en le protégeant de l'humidité, de la contamination et de tout autre facteur susceptible de compromettre ses propriétés. Des entrepôts sécurisés et des procédures de manutention adéquates sont donc nécessaire garantir la qualité de kaolin pendant toute la durée de son stockage.

### III.5.2. Séparation par voie humide

Elle comporte plusieurs ateliers correspondants chacun à une fonction précise. Dans le sens de l'écoulement du minerai on distingue :

- l'alimentation en minerai brut depuis une trémie mobile jusqu'à l'entrée du débourbeur.
- le débourbage pour l'obtention de granulométrie inférieur à 80 mm constituée d'un mélange de sable et d'argile kaolinique.

Le produit récupéré est amené jusqu'à un crible vibrant où s'effectuera la deuxième séparation à une maille égale à 2 mm. Le passant de ces cribles doit subir une troisième séparation dans les hydrocyclones à une coupure de 70  $\mu\text{m}$ . La surverse alimente les hydrocyclones secondaires à une coupure 30  $\mu\text{m}$ . La surverse de l'hydrocyclone secondaire constitué de 0 – 20  $\mu\text{m}$ , produit de base de toute la production de kaolin et s'effectuent la quatrième séparation par des panneaux tamiseurs, le passant obtenue sera déversée dans un bassin de décantation.

La sousverse du hydrocyclone secondaire constituée des micas et quartz fins et de kaolin grossier. Le dessablage qui fournit d'une part un sable d'une granulométrie de 0.07 à 2 mm. L'essorage et l'hydrocyclonage de plus en plus fin de la pulpe 0 - 0.07 mm jusqu'à l'obtention des deux granulométries kT2 et kT3 et des rejets GW1 et GW2 de 20 à 70  $\mu\text{m}$  traitement de ces rejets pour la récupération des kaolins.

L'évacuation des rejets sableux vers les filtres Philippe et de la fraction kaoliniques vers les bassins de décantation, classification pour obtention une pulpe à 220g/L

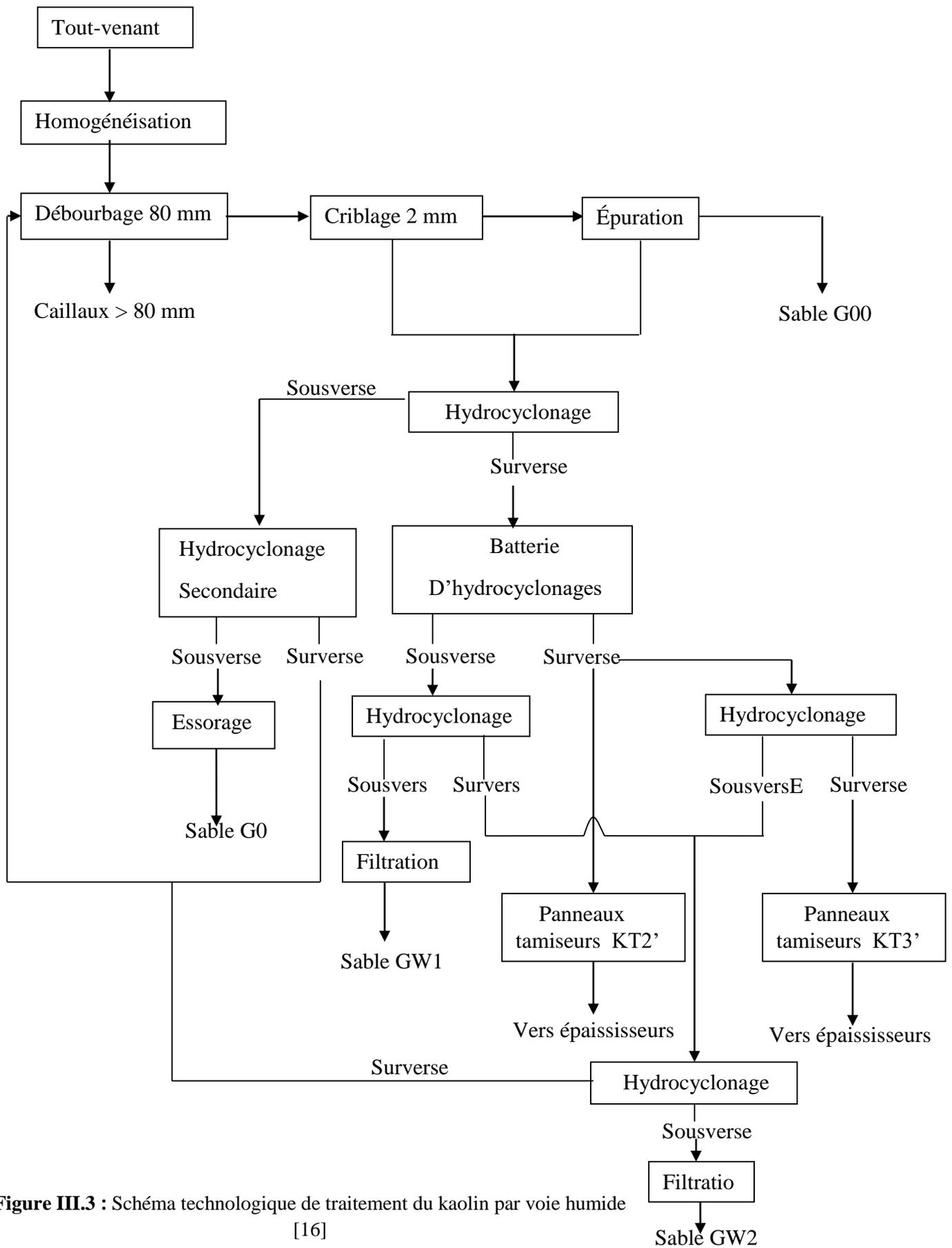


Figure III.3 : Schéma technologique de traitement du kaolin par voie humide [16]

**III.5.3. Épaississement**

Après le dernière étage de classement, les pulpes doivent être déshydratées pour subir les traitements suivants tel que le blanchiment et la déshydratation pour obtenir la sédimentation du kaolin à grains fins, ceci exige deux épaisseurs circulaires et rectangulaires à grandes surfaces, chacun d'eux et réalise à un réservoir qui joue le rôle d'une station de floculation qui alimente la pulpe en substance chimique (floculant). la pulpe épaissie est extraite par pompage.

**III.5.4. Blanchiment**

Dans le cas du kaolin de charge papetière doit avoir un indice de blancheur élevée, la coloration du kaolin est souvent liée à la teneur en minerai du fer élevée.

La suspension du kaolin extrait du réservoir à pulpe est d'abord dirigée dans un tube de mélangeur acidifiée par addition de  $H_2SO_4$  et traitée à l'agent de blanchiment qui est le hydro-sulfite de sodium ( $NaHSO_3$ ).

Le procédé de blanchiment est entièrement automatisé, il fonctionne sur la base des trois paramètres qui sont : le débit, la densité et le pH.

**III.5.5. Filtres presses**

Les filtres presses sont des appareils qui permettent la filtration sous pression de suspensions pour séparer les phases liquides et solides. Ils sont composés d'une succession de plateaux chambrés recouverts de toiles filtrantes serrés par vérin hydraulique entre un bâti fixe et un sommier mobile.

Les plateaux déterminent un volume étanche dans lequel est expédiée la boue sous pression.

L'étanchéité des joints est assurée par un groupe hydraulique qui maintient pendant toute la durée de la filtration l'équilibre entre le serrage des plateaux et la pression de la pompe d'alimentation. sous cette pression les liquides passent derrière les toiles qui retiennent les particules solides.

Les filtrats sont évacués soit par des robinets sur chaque plateau ; soit par canalisation en bout de filtre. Enfin de pressée les gâteaux de kaolin formés entre les toiles sont libérés par le recul du sommier mobile et l'écartement successif des plateaux. un système de débâchage par chariot permet l'automatisation de cette manœuvre.

**III.5.6. Caisse doseuse /déchiquteur**

La caisse doseuse est constituée d'une trémie de réception et d'un tapis transporteur à vitesse variable. Le kaolin est entraîné par le tapis vers un ciseau déchiquteur qui coupe les gâteaux en morceaux.

Le malaxeur – extrudeur traite les pâtes à sécher en formant des nouilles uniformes. Les bras malaxeurs pressent la pâte au travers de grilles tamisâtes perforées de trous de 11 ou 12 mm de diamètre.

Les nouilles se trouvent uniformément réparties sur la bande sécheuse, La cuve est formée par deux parois latérales logeant les paliers des bras malaxeurs et leurs étoupages, et par caisson renforcé à deux auges sur lequel sont fixées les grilles tamisâtes échangeables. L'intérieur de la cuve est protégé par des tôles d'usure.

Les grilles tamisâtes sont perforées sur une longueur d'environ 1200 mm pour répartir uniformément les nouilles sur une bande de même largeur  
Les bras malaxeur sont équipés de racleurs à leurs extrémités ainsi que de tôles d'usure ajustable. Le réglable du débit se fait en variant le jeu des tôles d'usure des bras et les grilles tamisâtes

### **III.5.6. Séchage des produits KT2 et KT3**

Les boues extraites de l'épaississeur sont pressées (figure 4) pour donner un gâteau d'humidité finale de 33% le gâteau de kaolin déchiquetées est évacuée vers le four sécheur pour réduire l'humidité jusqu'à  $12\% \pm 2\%$

La section séchage comprend 3 fours sécheurs à tabliers (température maximum  $150^{\circ}\text{C}$ ) ou les produits marchands sortent en bâtonnets.

La capacité de production de chaque four est :

Four 3k0: 5.3t/h

Four 3k02: 2.65t/h

Four K03: 2.65t/h

Dans chaque processus de production il faut parvenir à des objectifs qui se résument dans la réalisation d'une quantité de produit prévu d'une qualité bien déterminée en fonction de la capacité installée

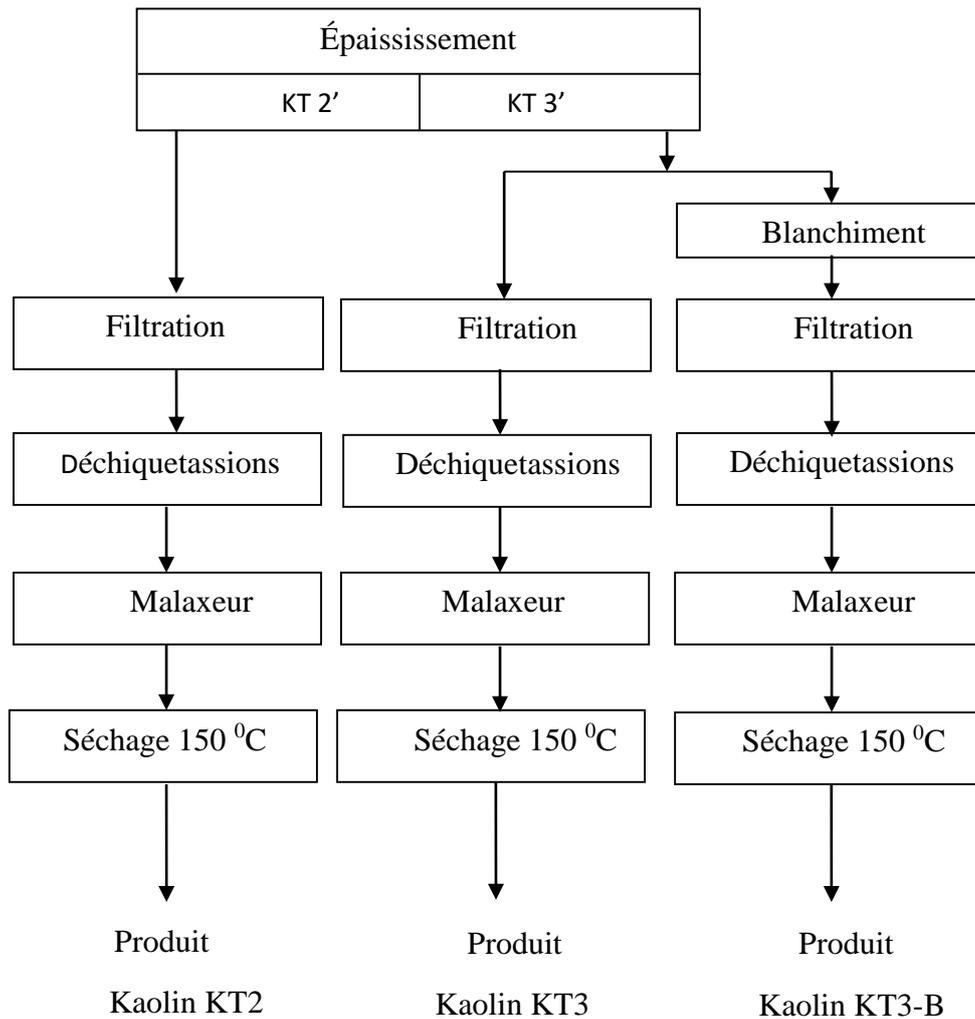


Figure III.4 : Schéma technologique d'égouttage du minerai (Épaississement, filtration et séchage)

# *Chapitre IV*

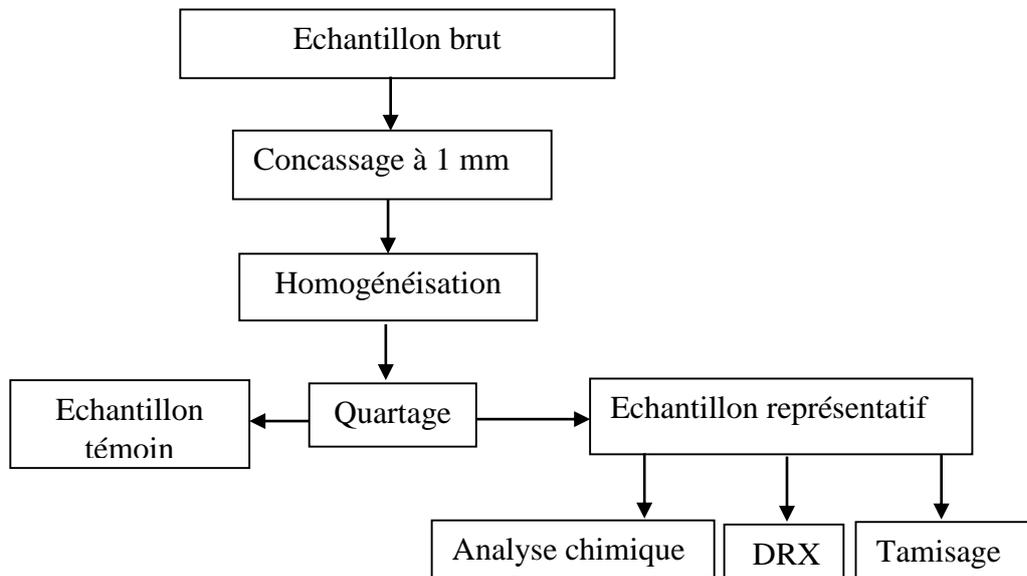
*Méthodes physico-chimique et  
essais de traitement de kaolin  
de Tamazert*

## Chapitre IV : Méthodes physico-chimique et essais de traitement de kaolin de Tamazert.

### IV.1. Méthode de préparation et caractérisation physico-chimique

La méthodologie adoptée dans cette étude vise à obtenir des informations sur la composition du minerai de kaolin. Elle comprend les étapes suivantes :

- Collecte des échantillons : Des échantillons de minerai de kaolin ont été collectés sur la mine de Tamazert, dans l'objectif d'étude.
- Préparation des échantillons : Les échantillons de kaolin ont été réduits en fragments de taille appropriée pour les différentes analyses.
- Analyse minéralogique : La composition minéralogique d'échantillon a été déterminée à l'aide de technique de la diffraction des rayons X (DRX).
- Analyse chimique : La composition chimique des échantillons a été déterminée à l'aide de la fluorescence des rayons X (FRX). La FRX permet de quantifier les concentrations élémentaires dans les échantillons.



**Figure IV.1 :** Schéma représente les différentes étapes pour la caractérisation du minerai de Kaolin

### IV.2 Prélèvement et préparations des échantillons

Dans le cadre d'un processus d'analyse et de traitement, une quantité de 25 Kg de minerai de kaolin a été prélevée au niveau de la mine de Tamazert pour être soumise à diverses procédures au laboratoire. Ces analyses et traitements peuvent inclure des mesures physiques,

chimiques, ou minéralogiques visant à obtenir des informations nécessaires sur l'échantillon étudié (figure IV.2).



**Figure IV.2 :** Image des échantillons pris sur le site de gisement de Tamazert.

En vue d'obtenir une meilleure représentativité, d'une part, et de réduire les dimensions des grains d'autre part, le minerai tout-venant est soumis à un traitement mécanique qui consiste en des opérations de concassage, d'homogénéisation, de quartage et de tamisage. Le minerai tout-venant subit un concassage jusqu'à 1 mm, une homogénéisation, ensuite une série de quartage jusqu'à l'obtention d'un échantillon représentatif (0 - 1 mm). La durée de tamisage est limitée à 25 minutes.

#### **IV.2.1. Concassage**

Le concassage est une opération de réduction de dimensions des morceaux de minerai .le processus est en général effectué par voie sèche, il se produit par écrasement des morceaux de minerai. Le concassage des échantillons étudiés est assuré par un concasseur a mâchoire de marque FRITCH (figure IV.3), il permet de réduire les dimensions des grains de 25 mm jusqu'à une dimension inférieure à 1mm.



**Figure IV.3 :** Image du concasseur a mâchoire du laboratoire de Mine et Géologie.

### **IV.3. Homogénéisation et quartage**

#### **IV.3.1. Homogénéisation**

L'homogénéisation est une opération indispensable pour avoir un bon mélange et une meilleure représentativité de l'échantillon, dans notre cas, cette opération vient juste après le concassage. Donc le matériau concassé subit une homogénéisation afin d'avoir une distribution homogène des éléments composants l'échantillon.

#### **IV.3.2. Division de l'échantillon initial**

L'échantillon homogénéisé a été divisé en deux parties égales à l'aide d'un diviseur à riffles, garantissant une répartition équitable des composants de l'échantillon. (Figure IV.4).



**Figure IV.4 :** Division de minerai du kaolin de Tamazert dans laboratoire de Mine et Géologie

Une fois l'opération de division termine, le premier échantillon a été soigneusement mélangé afin d'éliminer toute variation ou inhomogénéité éventuelle présente dans l'échantillon et à réduire au minimum les différences au sein de l'échantillon. Ensuite, cet échantillon a été soumis à trois étapes successives d'homogénéisation et de quartage.

Le deuxième échantillon a été réservé en tant que témoin. Ce témoin conserve l'état initial de l'échantillon, sans avoir subi l'homogénéisation.

### IV.3.3. Quartage

Le quartage est une opération essentielle pour une meilleure représentativité de l'échantillon. Préalablement à cette opération, une homogénéisation est nécessaire, qui est un procédé mécanique consistant à mélanger un échantillon du minerai de base et à le rendre homogène, en le convertissant en quatre égaux, prenant ainsi les deux quarts opposés, les deux autres quarts seront donc être retenus comme témoins.

Ce procédé obéit à la loi de RECHARDSE exprimée par les relations suivantes :

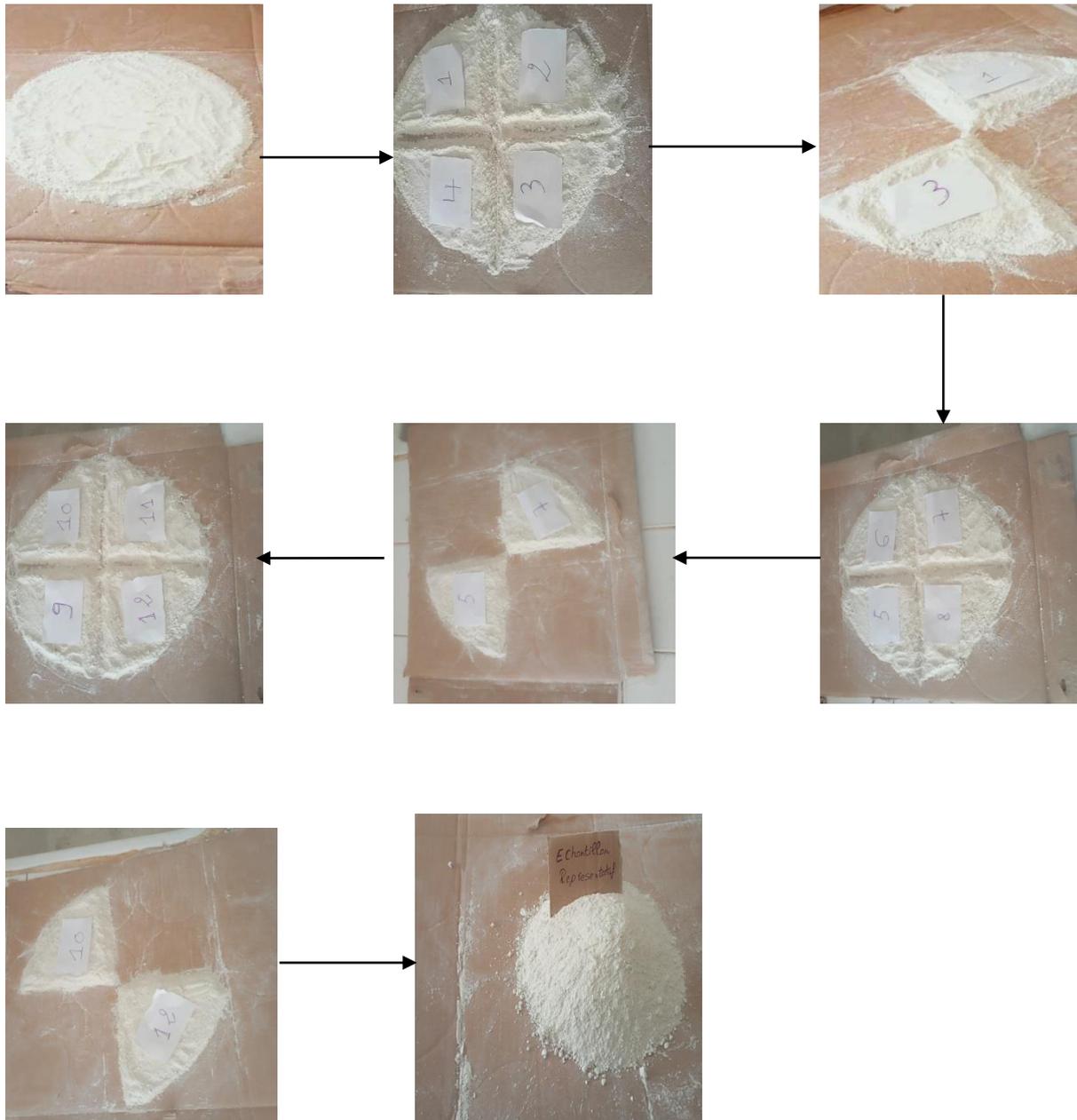
$$Q_i \geq Kd^2 ; \quad m \leq Q_i/Kd^2 \quad \text{et} \quad m=2n$$

Avec :

Q : Quantité de l'échantillon à préparer dans l'étape considérée.

K : Coefficient de la préparation de la minéralisation (pour un échantillon hétérogène  $K=0,5$  Et pour un échantillon homogène  $K=0,1$ ).

d : Diamètre de plus gros grain, n : Nombre de quartage et m : masse déterminant le nombre de quartage utilisé comme moyen de vérification.



**Figure IV.5 :** Etapes d'homogénéisation et quartage de minerai du Kaolin de Tamazert.

Une fois les opérations de division et de quartage terminées, l'échantillon initiale a été réduit à une quantité finale de 500 g, considérée comme représentative de l'ensemble. Cette quantité a été sélectionnée avec soin pour garantir une analyse chimique.

#### IV.4. Analyse granulométrique par tamisage

Le classement dimensionnel de kaolin est effectué par tamisage à voie sèche. Il permet de séparer le minerai en fractions granulaires définies par la côte de la maille carrée du tamis. Un échantillon de 500g est introduit par une série des tamis d'ouverture suivantes (4mm, 2mm, 1mm, 0,5mm 0,25mm, 0,125mm, 0,063mm 0,045mm). Le temps de tamisage est fixé a25 minutes avec une amplitude de 6Hz.



Figure IV.6 : Tamiseuse de type FRITSCH dU laboratoire de Mine et Géologie

## IV.5. Caractérisation du minerai

### IV.5.1. Broyage des échantillons

On a broyé manuellement l'échantillon de Kaolin brut avec un mortier en porcelaine, on a passé cet échantillon sur un tamis de 63  $\mu\text{m}$  et cela désigné directement pour l'analyse chimique et minéralogique. L'analyse par diffraction des rayons X permet de déterminer les phases minérales majeures et mineures qui constituent la poudre minérale.



**Figure IV.7 :** Kaolin broyé avec mortier.

#### **IV.5.2. Caractérisation minéralogique par DRX**

La caractérisation par diffraction des rayons X (DRX) a été réalisée au centre de recherche d'analyse physico-chimique (CRAPC) de Bejaia. L'échantillon brut a été broyé jusqu'à atteindre une dimension inférieure à 63 micromètre, conformément aux exigences de la méthode de préparation des échantillons pour l'analyse DRX. Une fois l'échantillon broyé, il a été soumis à une série d'étapes de préparation, notamment le séchage et le pressage, afin d'obtenir une pastille homogène et compacte. Cette pastille a ensuite été placée dans l'appareil de diffraction des rayons X, ou elle a été exposée à une source de rayonnement X.

L'analyse DRX permet d'identifier les pics de diffraction résultant de l'interaction des rayons X avec la structure cristalline de l'échantillon. Ces pics fournissent des informations sur la disposition atomique à l'échelle microscopique, permettant ainsi d'identifier les phases cristallines présentes dans l'échantillon.



**Figure IV.8 :** Appareil d'analyse Diffractionnée Rayon X (DRX).

## **IV.6. Essai de séparation du kaolin par agitation magnétique**

### **IV.6.1. Agitateur magnétique**

L'agitateur **magnétique** de type PHYWE est un instrument de laboratoire utilisé pour mélanger des solutions de manière homogène à l'aide d'un champ magnétique généré par un aimant tournant sous la plaque de l'appareil, Equipé d'un régulateur de vitesse de rotation selon les besoins de l'expérience.



**Figure IV.9:** Agitateur Magnétique (PHYWE).

#### **IV.6.2. Processus d'agitation magnétique du kaolin**

L'agitation magnétique du minerai de kaolin est une technique utilisée principalement pour la séparation et la purification de kaolin. L'agitation magnétique dans ce contexte vise à améliorer la qualité du kaolin en éliminant les impuretés magnétiques.

##### **1. Préparation de Suspensions**

Nous avons pesé quatre quantités de 200g d'échantillons de kaolin, puis mélangé chaque quantité dans 400 ml d'eau pour chaque bécher, pour former des suspensions.



Figure IV.10 : Les suspensions de kaolin.

## 2. Agitation et séparation des suspensions

Après avoir terminé la préparation des suspensions, on place le premier bécher sur l'agitateur magnétique équipée d'un aimant rotatif a fin de provoquée l'agitation de la suspension pendant (15min), ensuite le deuxième bécher pendant (30min), le troisième pendant (45min) et le quatrième bécher pendant (60min).

Cette agitation aide à séparer les impuretés présentes dans le kaolin.

## 3. Filtration et séchage

Après qu'on a terminé l'agitation, on a fait passer les suspensions par un tamis de diamètre de 63 micromètre pour séparer le kaolin purifié des impuretés et d'obtenir un concentrée et un rejet de chaque suspension, ensuite séchée dans une étuve pour réduire le taux de l'humidité et obtenir le kaolin purifié.



**Figure.IV.11** : Séchage des concentrés et des rejets dans l'étuve.

Après le séchage on a obtenu les échantillons prêts pour l'analyse chimique par FRX.

#### **IV.6.3. Analyse chimique des échantillons par FRX :**

L'analyse chimique du kaolin vise à déterminer la répartition des éléments chimiques, notamment des impuretés. Pour ce fait, Les échantillons sont séchés et pressés pour permettre l'analyse des éléments majeurs et des traces. Une pastille est ainsi obtenue et soumise à une source de rayonnement X primaire. Cette méthode permet d'étudier la composition chimique des concentrés et des rejets du kaolin. La caractérisation par fluorescence X (FRX) a été réalisée au niveau de la Cimenterie d'Ain El Kbira Sétif.

# *Chapitre V*

## *Résultats et Discussions*

## Chapitre V : Résultats et discussion

### V.1. Analyse granulométrique

Les résultats obtenus par l'analyse granulométrique par tamisage sont mentionnés dans le tableau suivant :

**Tableau V.1** : Résultats de tamisage du minerai de kaolin de Tamazert.

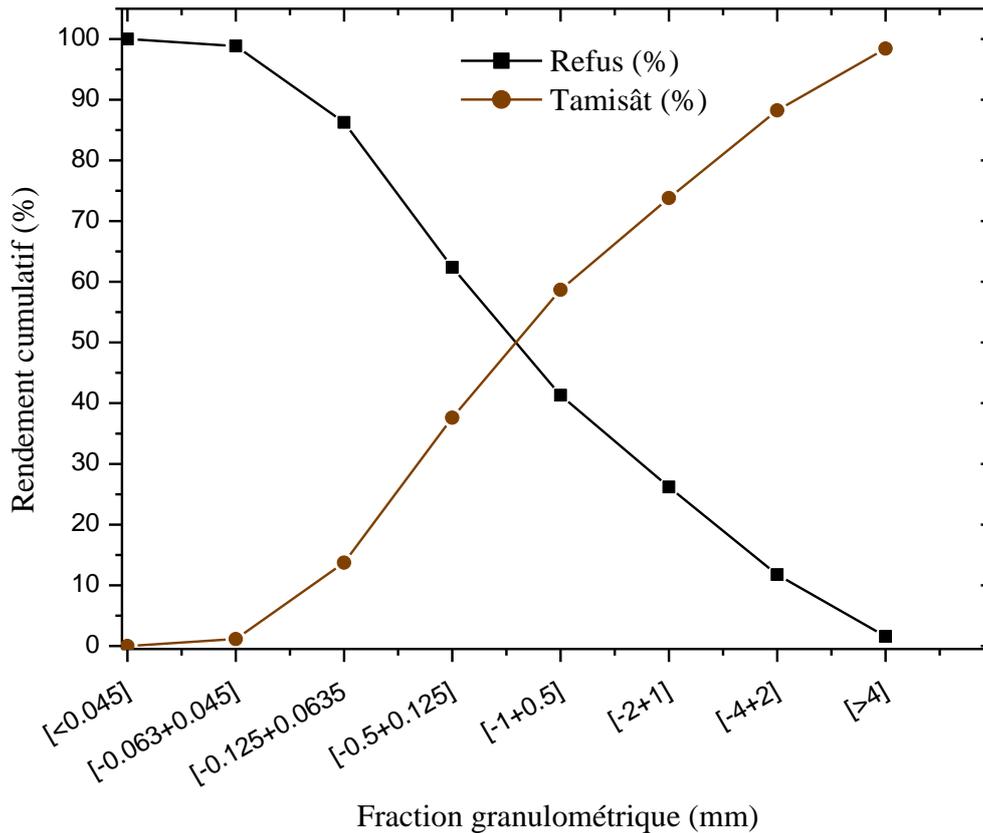
Tranches granulométriques (mm)	Masse (g)	Masse (%)	Rendement Cumulatifs Refus (%)	Rendement Cumulatifs Passant (%)
4	7,8	1,563	1,563	98,437
-4+2	50,8	10,180	11,743	88,257
-2+1	72,1	14,448	26,191	73,809
-1+0,5	75,5	15,130	41,321	58,679
-0,5+0,125	105,2	21,082	62,403	37,597
-0,125+0,063	119,1	23,867	86,27	13,73
-0,063+0,045	62,8	12,585	98,855	1,145
<0,045	5,7	1,142	99,997	0,003
Total	499	99,997		

D'après les résultats représentés dans le tableau V-1, on remarque que le produit de kaolin est majoritaire en pourcentage massique représentatif aux fractions [-2 +1mm], [-1 +0,5mm], [-0,5+0,125mm],

[-0,125+0,063mm], [-0,063+0,045mm] évalué à 437,9 g soit 87,112 % ce qui confirme la friabilité du minerai, car le reste du produit est minoritaire et reparti dans les fractions [4mm], [-4+2mm], [<0,045mm], évalué à 64,3g soit 12,855%.

Donc on distingue que la répartition des grains de minerai du Kaolin de Tamazert n'est pas homogène.

Les résultats de tamisage sont interprétés sous forme de courbe granulométrique dans la figure suivant :



**FigureV.1** : Courbe granulométrique du kaolin de Tamazert.

Pour classer nos minerais et déterminer la répartition des particules en fonction du diamètre du tamis utilisé, nous avons calculé les coefficients de courbure et d'uniformité, à savoir : Cu, CC.

#### Coefficient d'uniformité Cu :

Il représente en quelque sorte une caractéristique quantitative de l'étalement de la courbe granulométrique, qui peut être déterminée par la formule suivante :

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

Avec :

D60 : des particules pour lesquelles on a un pourcentage de passant cumulé égal à 60%.

D10 : diamètre des particules pour lesquelles, on a un pourcentage de passant cumulé égal à 10%.

D'après la valeur de Cu, la répartition des matériaux se fait en 5 classes :

- $Cu \leq 2$  : granulométrie très serrée.
- $2 < Cu \leq 5$  : granulométrie serrée.
- $5 < Cu \leq 20$  : granulométrie semi étalée.

- $20 < Cu \leq 200$  : granulométrie étalée.
- $200 < Cu$  : granulométrie très étalée.

### Résultats

D10=0,063 mm                      D60=0,5 mm

$Cu=7,93$  alors la granulométrie d'échantillon est semi étalée.

### Coefficient de courbure $C_c$ :

Cet indice permet de quantifier la répartition des particules dans la courbe de mesure des particules, il est déterminé par la relation suivante :

$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60})$$

Les matériaux avec peu de grains fins sont généralement caractérisés par un coefficient de courbure supérieur à 1, tandis que les matériaux avec une taille de grain uniforme auront une courbure d'environ 0,5.

Aussi, afin de déterminer si la granulométrie est bien graduée ou mal graduée (un sol est mal gradué si une fraction de grains prédomine):

- Si  $1 < C_c < 3$  : La continuité est bien répartie
- Si  $C_c < 1$  ou  $C_c > 3$  : La continuité est mal répartie

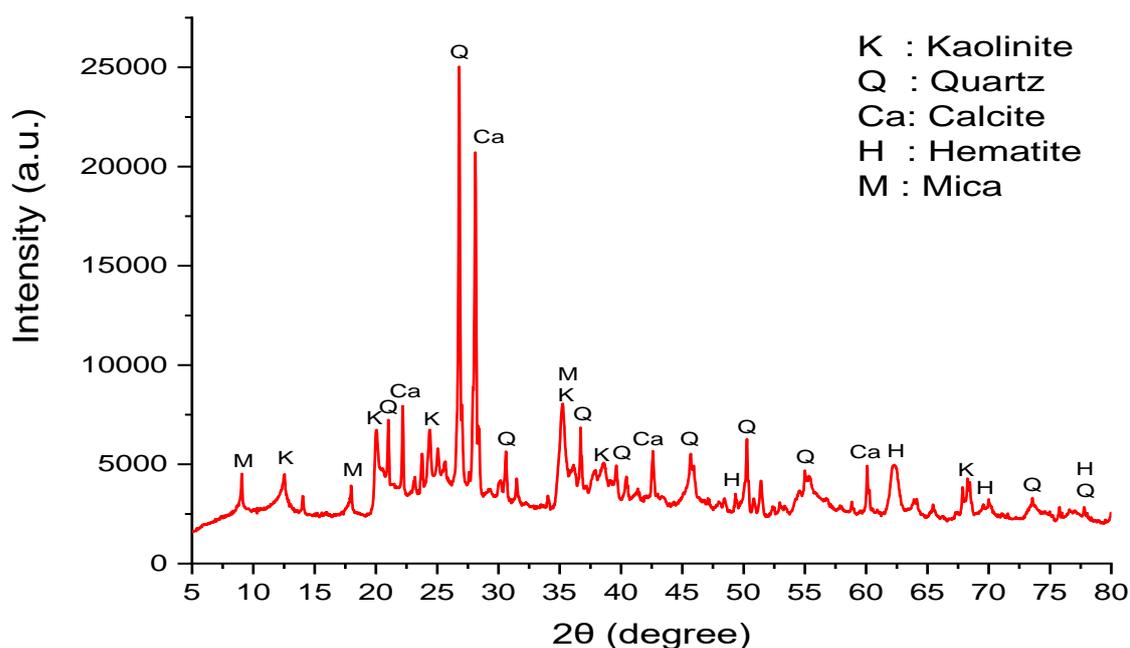
### Résultats

D10=0,063 mm                      D30=0,125 mm                      D60=0,5 mm

$C_c=0,49$  alors la continuité de l'échantillon est mal répartie.

## V.2.Analyse par DRX

Les résultats d'analyse minéralogique par diffraction des rayons X (DRX) de l'échantillon brut du kaolin de Tamazert sont représentés dans la figure V.2. Les phases minéralogiques dominantes sont constituées de quartz et de kaolinite accompagnées par des phases minoritaires de calcite de mica et d'hématite.



**Figure V.2 :** Diffractogramme de l'échantillon brut de kaolin de Tamazert.

### V.3. Analyse chimique de l'échantillon brut par FRX

La composition chimique de l'échantillon brut du kaolin de Tamazert est rapportée dans le Tableau V.2., où nous avons constaté une dominance en  $Al_2O_3$  et  $SiO_2$  de l'ordre de 83,97 %. Les oxydes restants sont partagés en deux catégories, ceux qui ont un pourcentage massique faible ( $K_2O$ ,  $Na_2O$ ) et ceux qui sont à l'état très faible considérés comme des impuretés de  $Fe_2O_3$  (0,67%). Une perte au feu de 8,05 %.

**Tableau V.2 :** Résultats d'analyse par FRX de l'échantillon brut de kaolin de Tamazert

Oxydes	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	CaO	MgO	$SO_3$	$K_2O$	$Na_2O$	PAF
Teneurs (%)	61,66	22,31	0,67	0,84	0,74	0,03	2,14	2,1	8,05

### V.4. Résultats d'analyse par FRX des concentrés et rejets du kaolin

L'analyse chimique des concentrés et rejets de kaolin a révélé des variations dans les teneurs en oxydes. Le taux de silice dans les rejets est plus élevé, avec des valeurs comprises entre 67,12 % et 69,79 %, par rapport au taux de silice dans les concentrés, dont les valeurs se situent entre 48,92 % et 50,19 %. En revanche, le taux d'alumine est plus élevé dans les concentrés, avec des valeurs comprises entre 28,25 % et 29,05 %, comparé au taux d'alumine dans les rejets, qui est plus faible, avec des valeurs comprises entre 16,19 % et 17,46 %.

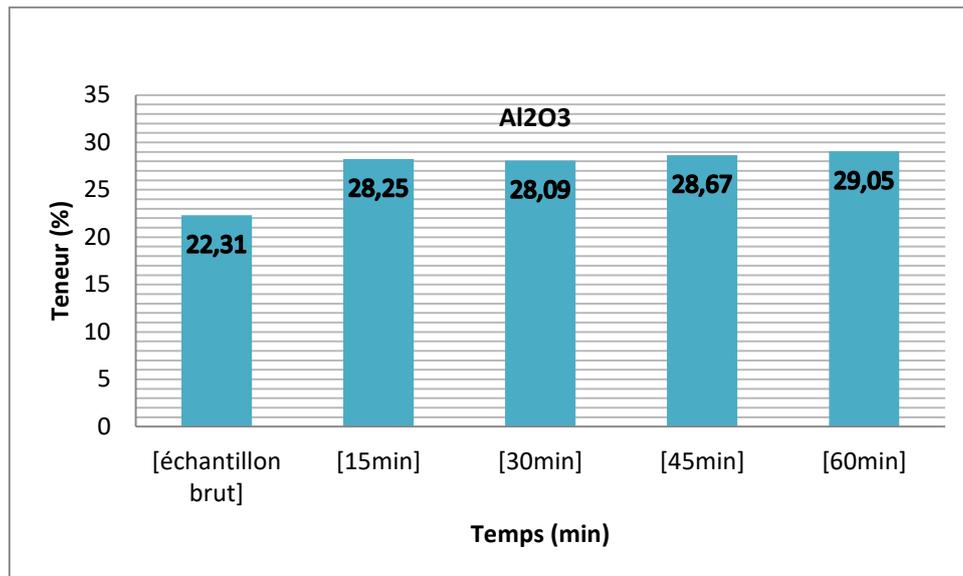
Les résultats des analyses chimiques ont montré que le kaolin de Tamazert présente une nature sablon, principalement en raison de sa teneur élevée en silice. En effet, les mesures indiquent que le kaolin de cette région contient des pourcentages de silice significativement plus élevés que ceux typiquement observés dans d'autres gisements de kaolin. Cette abondance en silice confère au kaolin de Tamazert une texture plus granuleuse et moins plastique, ce qui peut influencer ses propriétés et ses utilisations industrielles. En plus de la silice, d'autres composants chimiques et impuretés. La compréhension de cette composition chimique est essentielle pour déterminer les applications les plus adaptées pour le kaolin de Tamazert, qu'il s'agit de la fabrication de céramiques, de produits réfractaires, ou d'autres usages industriels. Les résultats d'analyse chimique par FRX dans le tableau suivant :

**Tableau V.3 :** Résultats de l'analyse chimique par FRX des concentrés et des rejets du kaolin de Tamazert

Temps (min)	Oxydes (%)								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	PAF
Concentrés (15 min)	48,92	28,25	0,56	0,70	0,89	0,03	2,03	1,76	10,93
Concentrés (30min)	48,86	28,09	0,55	0,70	0,91	0,03	2,05	1,74	11,01
Concentrés (45min)	49,98	28,67	0,58	0,72	0,92	0,03	2,10	1,79	10,71
Concentrés (60 min)	50,19	29,05	0,52	0,72	0,96	0,04	2,08	1,8	11,54
Rejets (15min)	69,79	16,19	0,86	0,83	0,55	0,03	1,84	1,79	5,92
Rejets (30min)	67,34	17,16	0,85	0,93	0,58	0,03	1,91	2,13	5,52
Rejets (45min)	67,12	19,16	0,87	0,91	0,67	0,03	2,12	2,16	5,39
Rejets (60 min)	68,19	17,46	0,88	0,91	0,59	0,03	1,96	2,13	5,75

#### a) Évaluation d'Alumine

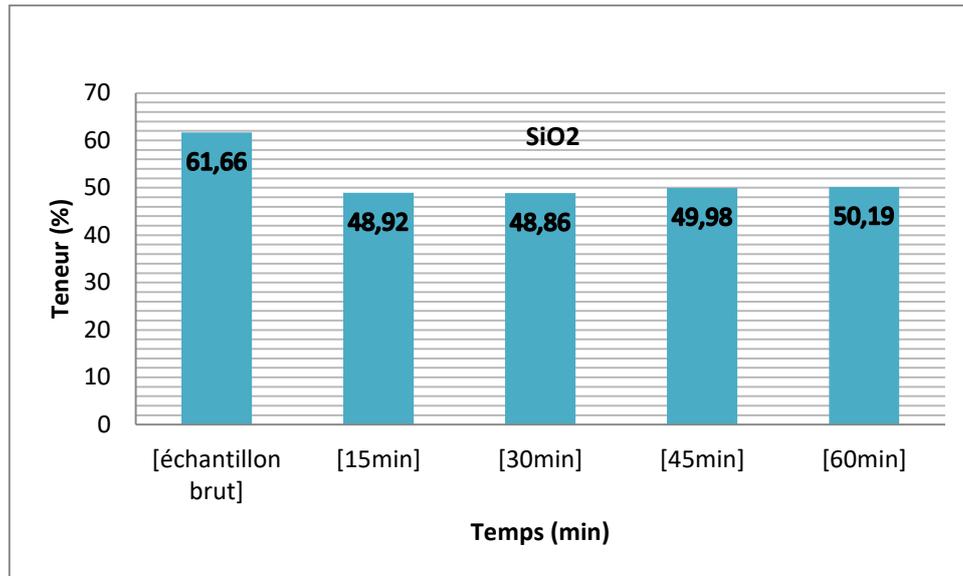
Une comparaison des résultats des analyses chimiques obtenues après l'application de cette méthode est décisive. Dans le concentré de l'opération d'agitation (figure V.3), on observe une évolution significative des teneurs en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, atteignant 29,05 % après 60 minutes, comparativement à 22,3 % dans l'échantillon brut. Cette augmentation notable indique l'efficacité de la méthode d'agitation pour enrichir la teneur en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Par ailleurs, la teneur des autres éléments présents dans le concentré se stabilise autour de 28 %, montrant une constance dans les résultats après le processus d'agitation. Ces données soulignent l'importance de l'optimisation des paramètres de l'agitation pour améliorer la concentration de kaolin.



**Figure V.3** : Teneur d'Alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) en fonction de temps d'agitation.

#### a) Évaluation de la silice

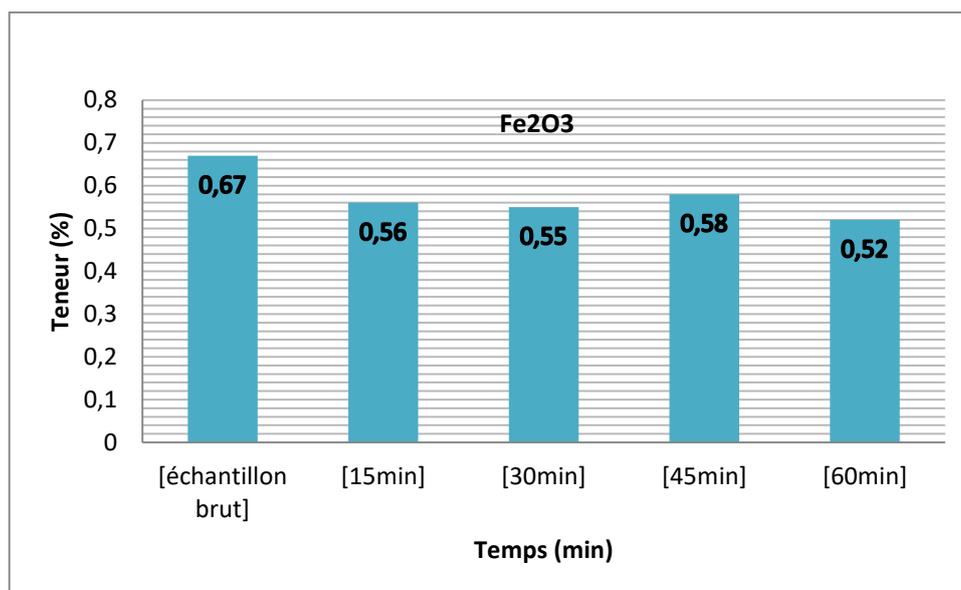
La variation des teneurs en silice se présente de manière décroissante dans les quatre durées considérées, comme illustré dans la (figure V.4) Pour une durée de 15 minutes, la teneur en  $\text{SiO}_2$  diminue significativement, passant de 61,66 % à 48,92 %. Cela indique une réduction substantielle de la teneur en silice en peu de temps. Lorsque la durée augmente à 30 minutes, la teneur en  $\text{SiO}_2$  se stabilise légèrement autour de 48,96 %. En prolongeant la durée à 60 minutes, la teneur en  $\text{SiO}_2$  présente une légère augmentation, atteignant 50,19 %. Comparativement à l'alimentation initiale de 61,66 %, ces variations montrent une tendance générale à la décroissance de la teneur en silice sur le temps. Ainsi, bien que la diminution soit plus marquée dans les premières 15 minutes, les changements entre 30 et 60 minutes sont moins prononcés, suggérant une stabilisation. Cette tendance à la décroissance de la teneur en silice est donc stable sur l'ensemble des durées étudiées.



**Figure V.4 :** Teneur de la silice ( $\text{SiO}_2$ ) en fonction de temps d'agitation

#### b) Évaluation d'oxyde de fer

Les résultats montrent une diminution significative des teneurs en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  suite à une agitation magnétique. Parmi les différentes durées d'agitation testées, une durée de 60 minutes a présenté la teneur en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  la plus basse, passant de 0,67 % dans les échantillons de kaolin brut à 0,52 % après traitement. Cette réduction représente une baisse de plus de 15 %, indiquant l'efficacité de l'agitation magnétique pour réduire la teneur en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (figure V.5). De plus, cette tendance de diminution des teneurs en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  n'est pas exclusive à la durée de 60 minutes. Des réductions similaires ont été observées pour d'autres durées d'agitation, bien que les diminutions spécifiques puissent varier. Ces observations suggèrent que l'agitation magnétique est une méthode prometteuse pour améliorer la pureté du kaolin en réduisant les impuretés ferriques.



**Figure V.5 :** Teneur d'oxyde de fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) en fonction de temps d'agitation

# *Conclusion générale*

### Conclusion générale

Les échantillons prélevés ont subi à une préparation mécanique pour leur préparation aux différentes techniques de caractérisation (minéralogique, chimique) un autre échantillon est utilisé pour effectuer des essais d'agitation magnétique.

Les travaux de recherche effectués sur le kaolin de Tamazert, dans le cadre de la préparation de ce projet de fin d'études, nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- L'analyse granulométrique du minerai a montré que le produit dans les 4 classes granulométriques [-2 +1mm], [-1 +0,5mm], [-0,5+0,125mm], [-0,125+0,063mm] est majoritaire en pourcentage massique (environ 74 %) représentatif aux fractions.

- L'analyse chimique des Kaolins brutes montre la prédominance de la silice libre et l'alumine dans leur composition chimique avec la présence de quelques oxydes considérer comme d'impuretés.

Ces résultats ont montré que le kaolin de Tamazert est sablonneux à cause de la teneur élevée en silice allant jusqu'à 61,66%.

- On constate d'après l'analyse par DRX que le kaolin de Tamazert est prédominé de quartz et de kaolinite accompagnée calcite de mica et d'hématite.

- Les résultats obtenus par l'utilisation de l'agitation magnétique montrent une significative de la récupération et de la teneur en alumine ( $Al_2O_3$ ). De plus, on observe une réduction notable des pourcentages de silice. Cependant, il est important de noter que la teneur en oxyde de fer reste relativement élevée.

- L'étude menée sur la caractérisation physico-chimique et la valorisation de la matière première pourrait s'ouvrir à d'autres perspectives d'enrichissement et de purification, afin de diversifier les applications industrielles du kaolin. En proposant un enrichissement supplémentaire par séparation magnétique à haute intensité ou par attaque chimique, il a été possible de réduire de manière satisfaisante les impuretés d'oxyde de fer.

## Références Bibliographie

- [1] Ait ouakli. N, "Modélisation et élaboration des matériaux hybrides de kaolin et de polymères. Application aux céramiques réfractaires" Mémoire de Magister 2009/2010.
- [2] Merrouche. N, Lahmer Abdou. F, "Etude théorique et expérimentale des kaolins" Mémoire de Master 2014/2015.
- [3] Meroufel. B, Adsorption des polluants organiques et inorganiques sur des substances naturelles Kaolin, racines de Calotropis procera et Noyaux de dattes, These de Doctorat Université de Lorraine 2015.
- [4] Nouioua. Kh, Belaada.H "Elaboration et caractérisation d'un matériau inorganique (destiné à la préparation des matériaux composites)" Mémoire Master 2020/2021 Université de M'sila.
- [5] HERNOT François, "L'argile, son utilisation à l'officine" Thèse 2016.
- [6] Michel Duchene, " Caractérisation, estimation et valorisation de gisement d'argiles kaoliniques du bassin des charents." Thèse doctorat, 2007.
- [7] Fayza GRIDI –BENNADJI " Matériaux de mullite a micro structure organisée composées d'assemblages muscovite – kaolinite" thèse, 4 décembre 2007.
- [8] Lalmi Khier, " Etude par diffraction des RX de matériau à base de Kaolin de KT<sub>2</sub> et DD".
- [9] Prasad, M, S, Reid, K.J. and Murray.H.H.1991.Kaolin: Processing, properties and Applications appl, Clay Sci., 6:87-119.
- [10] Ait Mrane, T. Bariche, A., "les caractérisations physico-chimiques des matières premières et paramètres technologiques de fabrication des céramiques de l'usine SCS de Bejaia". Mémoire Master 2022 .Université Bejaia.
- [11] Djallal, B., Elaboration et caractérisation d'une céramique électrique à base de palygorskite. Mémoire Master 2016.
- [12] Mokhtari, M. Bessad, O. Fabrication et contrôle de qualité de carreaux céramiques de l'entreprise SARL-TOUGRES-CERAMIC. Mémoire Master 2021.
- [13] Abdelladim, N. Abboud, F, "Comportement thermique et propriétés des composites à base de céramiques/ déchets plastiques". Mémoire Master. 2020.

[14] Document de référence sur les meilleurs techniques disponible fabrication des céramiques" (Aout 2007).

[15] Chouafa, M., "Comportement du Kaolin a l'enrichissement par flottation. Cas de la mine de Tamazert-Jijel". Thèse Doctorat 2016.

[16] Cheknoun, R. Rabia, H. "Valorisation du Kaolin de Tamazert pour les besoins de la céramique" Diplôme d'Ingénieure 2015

[17] Soualmi.Kh et Semghouni.H. "Etudes des propriétés des géo polymères élaborés à partir des kaolins de Tamazert" promo 2015.

[18] Bourbala, B. "Essais de valorisation de la kaolinite du gisement d'El Milia par blanchiment chimique et flottation" Mémoire de Magister.

## Résumé

Le gisement de kaolin de Tamazert- Jijel est situé à l'Est Algérien, il est formé lors d'un processus d'altération hydrothermale de feldspaths riches en potassium. Le kaolin est réputé pour sa blancheur, il est utilisé dans plusieurs industrie, notamment dans l'industrie céramique, il est essentiellement compose de kaolinite qui est un silicate d'alumine hydrate. Le kaolin exploité à Tamazert contient principalement des quantités variables d'impuretés telles que le quartz, les micas et l'hématite. Ces dernières influent négativement sur la qualité du produit marchand. Dans le but d'améliorer la qualité du kaolin, une étude a été réalisée. Son objectif consiste à réduire les impuretés de quartz et d'oxyde de fer.

Les échantillons de kaolin, traités par un agitateur magnétique de type PHYWE, sont analysés par fluorescence des rayons X. Les résultats obtenus confirment que la teneur en oxyde de fer ( $Fe_2O_3$ ) est réduite de 0,67 % à 0,52 %, avec une réduction de la teneur de silice de 61,66 % à 48,86 %. Les résultats attendus de cette recherche sont une amélioration significative de la pureté du kaolin, rendant ce matériau conforme aux exigences de l'industrie céramique.

**Mots clé :** El Milia, Tamazert, kaolin, caractérisation, Céramique, silice

## Abstract

The Tamazert-Jijel kaolin deposit is located in eastern Algeria and was formed through a hydrothermal alteration process of potassium-rich feldspars. Kaolin is known for its whiteness and is used in various industries, particularly in ceramics. It is primarily composed of kaolinite, a hydrated alumina silicate. The kaolin mined at Tamazert mainly contains variable amounts of impurities such as quartz, mica, and hematite, which negatively impact the quality of the commercial product. To improve the quality of the kaolin, a study was conducted aiming to reduce quartz and iron oxide impurities.

Kaolin samples, treated with a PHYWE-type magnetic stirrer, were analyzed using X-ray fluorescence. The results confirmed that the iron oxide ( $Fe_2O_3$ ) content was reduced from 0.67% to 0.52%, with a reduction in silica content from 61.66% to 48.86%. The expected outcome of this research is a significant improvement in the purity of the kaolin, making this material suitable for the ceramic industry requirements.

**Key words:** El Milia, Tamazert, kaolin, characterization, ceramic, silica

## ملخص

يقع رواسب الكاولين في تامازرت-جيجل في شرق الجزائر، ويتكون اثناء عملية التغير الحراري المائي للفلسبار الغني باليوتاسيوم. يشتهر الكاولين ببياضه ويستخدم في العديد من الصناعات أبرزها صناعة السيراميك، ويتكون بشكل اساسي من الكاولينيت، وهو عبارة سيليكات الألومينا المائية. يحتوي الكاولين المستخرج من تامازرت بشكل رئيسي على كميات متفاوتة من الشوائب مثل الكوارتز والميكا والهيماتيت. مما يؤثر على جودة الكاولين. اجريت دراسة بهدف تقليل شوائب الكوارتز وأكسيد الحديد

تم تحليل عينات الكاولين، بواسطة فاصل من نوع PHYWE باستخدام تقنية فلورية الاشعة السينية. اظهرت النتائج انخفاض محتوى أكسيد الحديد من 0.67% إلى 0.52%، مع انخفاض محتوى السيليكا من 61.66% إلى 48.86% تشير هذه النتائج إلى تحسن كبير في نقاوة الكاولين، مما يجعل هذا المادة مطابقة لمتطلبات صناعة السيراميك.

**الكلمات المفتاحية:** تامازرت. الكاولين جيجل. التوصيف. السيراميك. السيليكا