



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
المدرسة الوطنية العليا للمناجم والمعادن - عمار العسكري - عنابة  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES ET DE LA METALLURGIE  
AMAR LASKRI- ANNABA

**Département Génie Minier**

**Mémoire de Fin d'Etudes**  
*En vue de l'obtention du Diplôme d'INGENIEUR*  
**En Génie Minier**

**Thème**

**Valorisation du minerai phosphaté de Djebel Onk**

Présenté par : **Bouzenada Nasreddine**  
**Tebba Sofiane**

Encadré par : **Nettour Djamel**

**Jury de Soutenance**

<b>GHOUCHENE Hamid</b>	<b>MAA, ENSMM-ANNABA</b>	<b>Président</b>
<b>MEHTALI Houda</b>	<b>MAA, ENSMM-ANNABA</b>	<b>Examineur</b>
<b>NETTOUR Djamel</b>	<b>MCB, ENSMM-ANNABA</b>	<b>Encadreur</b>

**Juillet 202**



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Ecole Nationale Supérieure des Mines et de la Métallurgie

Département Génie Minier

AUTORISATION DE DEPOT FINAL DU  
MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Je soussigné (e) M. *Gouache Hamid*.....  
Président(e) du jury de soutenance de mémoire de fin d'études (MFE), déclare  
avoir autorisé l'ingénieur d'état Mr. *Bouzenda Nabredine*  
à déposer son mémoire de fin d'études après avoir apporté les corrections  
signalées par les membres du jury.

Avis du Promoteur :

*D. Netrou*

Avis de l'Examineur :

*Mahtali H.*

*[Signature]*

Président du Jury

*[Signature]*



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Ecole Nationale Supérieure des Mines et de la Métallurgie

Département Génie Minier

AUTORISATION DE DEPOT FINAL DU  
MEMOIRE DE MASTER

Je soussigné (e) Mme... MAH. ALI... HOUDA.....

Président(e) du jury de soutenance de mémoire de Master, déclare avoir autorisé

M. Tebba Sofiane.....

à déposer son mémoire de Master après avoir apporté les corrections signalées  
par les membres du jury.

Avis du Promoteur :

Avis de l'Examineur :

GOUCHENE. H

Président du Jury

## **Remerciement**

*J'aimerai avant tout remercier « الله » pour le courage, la patience et la santé qui m'a été utile tout le long de mon parcours. Je tiens à remercier mes parents qui m'ont soutenu tout le long de ma vie et c'est grâce à eux que je suis arrivé à ce niveau. Je profite l'occasion pour remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études. Je tiens à exprimer mes vifs remerciements pour mon grand et respectueux docteur, Mr. DJAMEL NETTOUR d'avoir accepté de m'encadrer pour mon projet de fin d'études, ainsi que pour son soutien, ses remarques pertinentes et son encouragement. Je tiens également à remercier les membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail le Président de jury Ghouchene Hamid et l'examineur Mehtali Houda Sans oublier tous les enseignants ayant contribué à notre formation de l'école primaire jusqu'à la dernière année d'études. Je remercie tous les ingénieurs et les travailleurs de SOMIFOS pour les explications et les documents qu'il m'a donné tout la durée de stage*

## *Dédicaces*

*A l'aide de Dieu tout puissant, qui trace le chemin de ma vie J'ai pu arriver à réaliser ce modeste travail, que je le dédie : A mes parents « **AHMED** » ET « **LAALYA** » qui*

*ont toujours veillé sur moi A mes frères*

*« **CHOUAIB, MOUHAMMED, AMINE** »*

*et mes sœurs*

*« **IMEN, MARIAM** »*

*A tous mes Amis. A toute la promotion de génie minier.*

*Nasreddine*

## *Dédicaces*

*Je commence par rendre grâce à dieu et à sa bonté, pour la patience, la compétence et le courage qu'il m'a donné pour arriver à ce mémoire. À mes chers parents Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien-être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitte jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder la santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive. À mes chers frères « mohamed, walid, fahem » À mes adorables sœurs À ma grande famille Succès et que Dieu, le tout-puissant, vous protège et vous garde. À mes chers petits neveux et nièces*

*À tous mes chers amis*

*Sofiane*

### ملخص:

يمر خام الفوسفات في جبل العنق على مرحلتين من مراحل التخصيب للحصول على المنتجات المركزة (الرطب والجاف). للخضوع للعلاجات من كلا الطريقتين، يجب أن يمر الخام القادم من المحجر عبر الإعدادات الميكانيكية. في العمل الحالي قمنا بالتحليل الحبيبي عن طريق غربلة ثماني عينات من جبل العنق كاف السنون خضع لعملية إعداد ميكانيكي ومعالجة بطريقتين "الطريقة الرطبة والجافة".

✓ لتنفيذ عملية التحليل الحبيبي، يجب اتباع الخطوات التالية:

- أخذ العينات
- إعداد عينات "التجانس؛ التقسيم؛ التجفيف؛ "
- تجربة التحليل حبيبي
- تسجيل الأوزان والنسب المئوية

الكلمات المفتاحية: الفوسفات، منجم جبل العنق، عملية التحليل الحبيبي. الخام

## ***Résumé :***

Le minerai de phosphate au niveau de Djebel Onk passe par deux étapes d'enrichissement pour l'obtention des concentrés (voie humide et voie sèche). Pour subir des traitements par les deux voies, le minerai brut provenant la carrière doit passer par la préparation mécanique.

dans le présent travail nous avons effectué une analyse granulométrique par tamisage pour huit échantillons de djebel el onk Kef Essennoun soumis un processus de préparation mécanique et de traitement des deux voies « humide \_sèche »

Pour réaliser le processus d'analyse granulométrique, les étapes doivent être suivantes :

- ✓ Prélèvement des échantillons
- ✓ La préparation des échantillons « homogénéisation ; quartage ; séchage ; division »
- ✓ Expérience de l'analyse granulométrique
- ✓ L'enregistrement les poids et les pourcentages

Mots clés : phosphates, mine djbal Al-Onk, d'analyse granulaire. Minerai



## **Summary:**

The phosphate ore at Jebel Onk passes in two stages of enrichment to obtain the concentrated products (wet and dry). To undergo treatments by both routes, the ore coming from the quarry must pass through the mechanical preparation.

In the present work we have carried out a granulometric analysis by sieving for eight samples of Djbel el Onk kef Essnoun subjected a process of mechanical preparation and treatment of the two ways "wet \_sech"

To carry out the granulometric analysis process, the steps must be as follows:

- Sampling
- The preparation of "homogenization; quartering; drying; division" samples
- Expérience of granulométrique analyse
- Recording weights and percentages

Key words: phosphates, Jabal Al-Onk mine, granular analysis. Ore

# Table des matières

<b>REMERCIEMENT</b> .....	<b>I</b>
<b>DEDICACES</b> .....	<b>II</b>
<b>RESUME :</b> .....	<b>V</b>
<b>LISTES DES FIGURES</b> .....	<b>X</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>XII</b>
<b>INTRODUCTION GENERAL</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ET GEOLOGIE DE KEF ESSENNOUN</b> .....	<b>3</b>
<b>I.1. Introduction</b> .....	<b>4</b>
<b>I.2. HISTORIQUE</b> .....	<b>4</b>
<b>I.3. Organisation de l'entreprise SOMIPHOS</b> .....	<b>5</b>
I.3.2 Régime de travail de la carrière de Kef Essennoun .....	7
<b>I.4. Situation géographique</b> .....	<b>8</b>
<b>I.5. Géologie de Kef Essennoun</b> .....	<b>9</b>
<b>I.6. La méthode d'exploitation :</b> .....	<b>16</b>
<b>I.7. Conclusion :</b> .....	<b>21</b>
<b>CHAPITRE II : GENERALITES SUR LE PHOSPHATE</b> .....	<b>22</b>
<b>II.1. Introduction</b> .....	<b>23</b>
<b>II.2. Types de gisement de phosphate</b> .....	<b>23</b>
II.2.1. Gisement d'origine magmatique : .....	23
II.2.2. Gisement d'origine Sédimentaire : .....	24
II.2.1. Réserve exploitable : .....	24
<b>II.3. Minerais de phosphate :</b> .....	<b>25</b>
II.3.1. Les apatites.....	25
II.3.2. Les différents types de phosphates .....	26
<b>II.4 Propriété de phosphate</b> .....	<b>27</b>
<b>II.5. Caractéristiques minéralogiques</b> .....	<b>27</b>
II.5.1. Composition minéralurgique : .....	28
II.5.2. Composition minéralogique du phosphate.....	28
<b>II.6. Production mondiale de phosphate :</b> .....	<b>29</b>
<b>II.7. Production de phosphate en Algérie :</b> .....	<b>31</b>

<b>II.8. Domaines utilisation des phosphates :</b> .....	<b>31</b>
II.8.1. Dans le domaine de construction :	32
II.8.2. Sur l'environnement :	34
<b>II.9. Conclusion :</b> .....	<b>34</b>
<b>CHAPITRE III : CHAINE DE TRAITEMENT DE L'USINE DU DJEBEL ONK KEF</b>	
<b>ESSENOUN</b> .....	<b>23</b>
<b>III.1 Introduction :</b> .....	<b>36</b>
<b>III.2 Méthodes de traitement et d'enrichissement de minerai de phosphate</b> .....	<b>36</b>
III.2.1 Préparation mécanique du minerai .....	36
III.2.2 La fragmentation.....	36
III.2.3 Classement granulométrique .....	36
III.2.4 Le débouillage .....	37
III.2.5 Le séchage .....	37
III.2.6 La calcination .....	37
III.2.7 Séparation magnétique .....	37
III.2.8 Séparation électrostatique.....	37
III.2.9 La flottation .....	37
<b>III.3. La Chaîne De Traitement de la mine de SOMIPHOS :</b> .....	<b>38</b>
III.3.1. Préparation Mécanique :	38
III.3.2. Broyage :	40
III.3.4. Criblage :	40
<b>III.4. Traitement Par Voie Humide :</b> .....	<b>42</b>
III.4.1. Débouillage :	42
<b>III.5 Séchage :</b> .....	<b>46</b>
III.5.1 Séchage par four de calcination :	46
III.5.2 Séchage par four horizontal :	47
<b>III.6 Traitement Par Voie Sèche (Dépoussiérage) :</b> .....	<b>49</b>
III.6.1 Séchage à lit fluidisé :	50
<b>III.7 Criblage à 2 mm :</b> .....	<b>50</b>
<b>III.8. Broyage par attrition :</b> .....	<b>51</b>
<b>III.9. Sélection par une turbo sélection ventilée :</b> .....	<b>52</b>
<b>III.10. Criblage à 1 mm.....</b>	<b>53</b>
<b>III.11. Criblage à 0,8 mm :</b> .....	<b>53</b>
<b>III.12. Conclusion :</b> .....	<b>55</b>
<b>CHAPITRE IV : ANALYSE GRANULOMETRIQUE DU PHOSPHATE PAR</b>	
<b>TAMISAGE</b> .....	<b>36</b>

<b>IV.1 Introduction :</b> .....	<b>58</b>
<b>IV.2. Classification des granulats par Analyse granulométrique :</b> .....	<b>58</b>
IV.2.1. Définition : .....	58
IV.2.2. Tamisage : .....	58
IV.2.3- Matériels nécessaire : .....	59
IV.2.4. But de la manipulation : .....	60
<b>IV.3. Prélèvement des échantillons (Echantillonnage au niveau de la chaine de .....</b>	<b>61</b>
<b>IV.4- Préparation préliminaire des échantillons .....</b>	<b>62</b>
IV.4.1. Mélange et quartage. ....	62
IV.4.2. Séchage.....	62
IV.4.3. Tamisage. ....	62
IV.4.4. Broyage .....	63
<b>IV. 5. Analyse granulométrique .....</b>	<b>63</b>
<b>IV. 6. Analyse physico-chimique.....</b>	<b>64</b>
IV.6.1. Dosage du P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> par la méthode spectrophotométrie automatique (Auto-analyseur) .....	64
IV. 6. 2. Dosage du Magnésium MgO par absorption atomique.....	66
IV. 6. 3.Dosage de l'anhydride carbonique (Par Calcimètre de BERNARD).....	68
<b>IV.7. Tableaux granulométriques et Commentaires : .....</b>	<b>71</b>
IV.7.1. Les commentaires sur les courbes granulométriques en fonction de rendement poids .....	74
IV.7.2. Les pourcentages des refus cumulés (croissants et décroissants).....	77
IV.7.3. Observation des tranches granulométriques.....	78
<b>IV.7. Conclusion .....</b>	<b>78</b>
<b>Conclusion Générale .....</b>	<b>80</b>
<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>82</b>

## LISTES DES FIGURES

<i>FIG. I, 1, Organigramme de l'entreprise SOMIPHOS [15]</i>	5
<i>FIG. I, 2, Organigramme de l'entreprise SOMIPHOS [15]</i>	7
<i>FIG. I, 3 Carte de la situation de la wilaya de Tébessa [15]</i>	8
<i>FIG. I, 4, Schéma procédé complexe de djebel Onk.</i>	9
<i>FIG. I, 5, Situation géographique du gisement de djebel Onk</i>	10
<i>FIG. I, 6, Colonne stratigraphique de la région de Djebel Onk. Algérie orientale [12]</i>	14
<i>FIG. I, 7, Organisation de la circulation</i>	16
<i>FIG. I, 8, Gisement de Kef Es Sennoun</i>	17
<i>FIG. I, 9, Route de déplacement des engins</i>	18
<i>FIG. I, 10, Schéma représente une sondeuse de type ATLAS COPCO ROC L8 avec des taillants de diamètre 165 mm</i>	20
<i>FIG. I, 11, Travaux de tir</i>	21
<i>FIG. II. 1, Phosphate en nodules, en grains, en débris</i>	26
<i>FIG. II. 2, Gisement économique et potentiellement économique dans le monde</i>	29
<i>FIG. II. 3, Le marché du phosphate.</i>	30
<i>FIG. II. 4, Les différents dérivés des phosphates</i>	32
<i>FIG. II. 5, Les agglomérés phosphatés</i>	33
<i>FIG. II. 6, Des images représentent la production de plâtre, de détergeant et de produits chimiques.</i>	33
<i>FIG. III. 1, Schéma d'un concasseur giratoire [15]</i>	39
<i>FIG. III. 2, Concasseur De Kef Es Sennoun [15]</i>	39
<i>FIG. III. 3, Schéma Technologique de La Préparation Mécanique de minerai de la mine de djebel Onk [15]</i>	41
<i>FIG. III. 4, Schéma d'une grille courbe [15].</i>	42
<i>FIG. III. 5, Schéma Technologique De la voie humide (Atelier Débourbage [15]</i>	43
<i>FIG. III. 6, Schéma d'un Cyclone [15]</i>	44
<i>FIG. III. 7, Schéma d'un épaisseur [15]</i>	45
<i>FIG. III. 8, Schéma technologique de l'atelier lavage</i>	46
<i>FIG. III. 9, Schéma technologique de l'atelier séchage. [15]</i>	47
<i>FIG. III. 10, l'atelier séchage.</i>	47
<i>FIG. III. 11, Schéma débouillage. [15]</i>	48
<i>FIG. III. 12, Séchage à lit fluidisé.</i>	48
<i>FIG. III. 13, Schéma débouillage. [15]</i>	49
<i>FIG. III. 14, l'atelier de dépoussiérage (DK2) [15]</i>	50
<i>FIG. III. 15, Machine de Crible à 2mm.</i>	51
<i>FIG. III. 16, La séparation à 2mm par vibrantes de marque RHEWUM [15]</i>	51
<i>FIG. III. 17, Broyeur à attrition. « Broyeur DRAGAN »</i>	52
<i>FIG. III. 18, Figure 1: Sélection par TSV</i>	52
<i>FIG. III. 19, Schéma technologique de Criblage à 1 mm</i>	53
<i>FIG. III. 20, Machine de Crible à 0,800 mm</i>	53
<i>FIG. III. 21, Schéma technologique de traitement par voie sèche [15]</i>	54

<i>FIG.III. 18, Figure 1: Sélection par TSV</i>	52
<i>FIG. IV. 1 , exemple d'une Colonne de tamis simplifiée de tamisage à sec</i>	59
<i>FIG. IV. 2, Matériels nécessaire d'analyse granulométrique</i>	60
<i>FIG. IV. 3, les différents échantillons prélevés</i>	62
<i>FIG. IV. 4, Quartage du minerai de phosphate de Djebel Onk</i>	63
<i>FIG. IV. 5, Auto Analyseur Technico</i>	64
<i>FIG. IV. 6, Schéma d'auto analyseur</i>	65
<i>FIG. IV. 7, Appareil de l'absorption atomique</i>	66
<i>FIG. IV. 8, Schéma de principe du spectrophotomètre d'absorption atomique</i>	67
<i>FIG. IV. 9, Schéma de Calcimètre de BERNARD</i>	69
<i>FIG. IV. 10, les courbes granulométriques en fonction rendement poids</i>	75
<i>FIG. IV. 11, les courbes granulométriques en fonction rendement poids</i>	76
<i>FIG. IV. 12, Les pourcentages des refus cumulés (croissants et décroissants)</i>	77

## LISTE DES TABLEAUX

TAB. II. 1, :La réserve géologique point de vue	24
TAB. II. 2, Les minerais de phosphates	25
TAB. II. 3, Propriétés de phosphate [5]	27
TAB. II. 4, Composition minéralogique du phosphate [5]	28
TAB. II. 5, La production du phosphate dans le monde [6]	30
TAB. IV. 1, Résultat des analyses chimiques des 8 échantillons après le broyage.	70
TAB. IV. 2, L'analyse granulométrique pour les 30 tout venant : alimentation sortie broyeur	71
TAB. IV. 3, L'analyse granulométrique pour 31 refus de crible ( $\varnothing = +15\text{mm}$ ; atelier débouillage)	71
TAB. IV. 4, L'analyse granulométrique pour les passants $-15\text{mm}$ après le criblage à une taille $<15\text{ mm}$	71
TAB. IV. 5, L'analyse granulométrique pour 45 Refus $+1\text{ mm}$ après le traitement par voie humide	72
TAB. IV. 6, la granulométrie pour 34 produits marchand débouillé « produit semi-fini » après le séchage, à une taille des particules $>1\text{ mm}$ ,	73
TAB. IV. 7, La granulométrie pour les refus des cribles ( $\varnothing = 1\text{mm}$ ; $2\text{mm}$ / atelier dépoussiérage).	73
TAB. IV. 8, L'analyse granulométrique des refus de TSV (Turbo Sélection Ventilée /atelier dépoussiérage).	74
TAB. IV. 9,5 L'analyse granulométrique de l'échantillon après traitement à sec, « Produit marchand ».	74

## **Introduction Général**

Dans l'avenir, le potentiel économique de chaque pays sera déterminé sur la base du niveau de production des métaux et diverses substances minérales.

En Algérie, l'exploitation des substances minérales prend de l'envergure et joue un rôle très important dans le développement économique du pays, la société des mines de phosphate (SOMIPHOS) de Djebel Onk, est l'une des plus brillantes sociétés implantées sur le territoire algérien.

L'Algérie étant l'un des principaux producteurs de phosphate cette substance indispensable et irremplaçable, couvre une partie non négligeable de la marche internationale et qui peut se faire augmenter, puisque les réserves algériennes en minerai de phosphate sont énormes. [10].

Le phosphate trouve une vaste utilisation en agriculture car il renferme dans sa gamme des produits marchands ; les engrais simples, binaires et complexes. Par ailleurs, on utilise dans l'industrie des détergents, pour l'usinage des métaux, et dans l'industrie chimique et pharmaceutique [11].

Le complexe minier de Djebel Onk est spécialisé dans l'exploitation et le traitement des phosphates. Il joue un rôle de plus en plus important dans le développement économique national, et la promotion des échanges extérieurs de L'Algérien .Les réserves algériennes sont considérées énormes et s'élèvent à quelques milliards de tonnes avec une production de 1,5 millions de tonne par an [13].

La région de Tébessa représente un district minier, car elle renferme un grand nombre des gisements métalliques et de substances utiles associés aux contextes sédimentaires. Parmi ces substances : les phosphates naturels qui se concentrent au niveau du sud de Tébessa en particulier, du bassin minier de Djebel Onk dont les ressources peuvent atteindre deux (2) milliards de tonnes avec plusieurs gisements.

C'est dans cette optique qu'on a entamé ce présent travail de mémoire d'ingénieur et qui est consacré à l'étude de la chaîne de traitement et la granulométrie du phosphate djebel-Onk gisement Kef Essennoun. Nos expériences consistent en la détermination des paramètres suivants :

- Technique d'échantillonnage.
- préparation d'échantillon.



- technique d'analyse granulométrique.
- contrôle qualité de phosphate.

Ce présent travail est divisé en deux parties, plus de l'introduction générale et la conclusion générale :

- La première partie (partie théorique), il y'a deux chapitres.
  - ✓ Le premier chapitre est consacré à généralité société des mines de phosphates.
  - ✓ Le second chapitre concerne à Généralités sur le phosphate
- La deuxième partie (partie pratique), structuré de deux chapitres :
  - ✓ Le troisième : chapitre étudie la Chaine actuelle de traitement de l'usine.
  - ✓ Le quatrième : chapitre étudie l'échantillonnage, Méthodologie et techniques d'Analyse granulométriques. Les résultats, discussions et recommandation.

Ce travaille c'est l'amélioration des qualités des phosphates, pour cela l'analyse physico-chimique des tranches granulométriques effectuée sur les phosphates s'inscrit dans le cadre d'une analyse plus détaillé pour chaque tranche qui sera l'objet de notre sujet de fin d'étude.

*Chapitre I : Présentation De  
L'entreprise Et Géologie De  
Kef Essennoun*

## I.1. Introduction

L'Algérie est l'un des principaux producteurs de phosphate, ce dernier est une substance importante sur le marché, qui est la matière première dans plusieurs secteurs d'industrie. Le phosphate Algérien se concentre au Nord-Est du pays, principalement à la Wilaya de Tébessa, là où l'industrie minière est considérée comme l'un des pôles économiques du pays. Cette richesse est exploitée par la société des mines et des phosphates SOMIPHOS filiale FERPHOS qu'est concessionnaire du gisement de Kef Essennoun.

## I.2. HISTORIQUE

L'élément phosphore a été extrait pour la première fois de l'urine humaine en 1669 par l'alchimiste allemand Henning Brandt. Le nom choisi pour cette substance dérive du grec phosphores (qui porte la lumière). En 1769 le chimiste suédois Carl Wilhem Scheele découvrit la présence de phosphore dans les os, alors un procédé d'extraction à partir des animaux fut rapidement mis au point. Au début du 19<sup>ème</sup> siècle, les engrais phosphatés furent composés d'un mélange d'os broyés et de guanos. En 1850, les phosphates naturels ont été reconnus et ont commencé à être employés d'une façon systématique.

A partir du 20<sup>ème</sup> siècle, beaucoup de gisements de phosphates ont été reconnus et identifiés un peu partout dans le monde, notamment aux Etats-Unis et en Afrique du Nord. La consommation des phosphates ne cesse de croître d'une année à une autre.

**FERPHOS** (L'entreprise nationale du fer et du phosphate) est l'une des plus importantes entreprises minières en Algérie. Dans ses activités d'exploitation des mines de phosphate, de fer et de pouzzolane.

**SOMIPHOS** (Société des Mines de Phosphates) **Filiale de FERPHOS**. Créée en Janvier 2005, suite à la réorganisation de FERPHOS spa, SOMIPHOS est une société par action à capital public. Elle a pour objet la recherche, l'exploitation, le traitement, l'enrichissement, la transformation le transport et la commercialisation des phosphates et produits connexes ou analogues. [1]

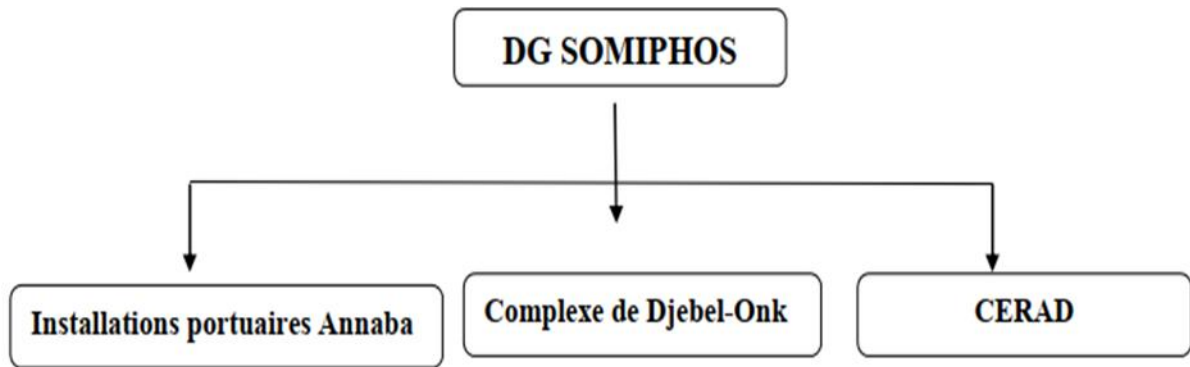


FIG. I, 1, Organigramme de l'entreprise SOMIPHOS [15]

### I.3. Organisation de l'entreprise SOMIPHOS

Cette entreprise gère et organise les différents départements, eux-mêmes structurés par différents services pour la bonne gestion et l'exploitation rationnelle de la mine.

#### I.3.1 Organigramme de l'entreprise SOMIPHOS

Elle est composée de la manière suivante :

**DCM : Direction du Complexe Minier :** Cette direction du complexe minier est rattachée aux services suivants :

- **Sécurité préventive :** DSP (garde qui assure la sécurité du complexe du danger extérieur)
- **Sécurité industrielle :** assure la sécurité à l'intérieur du complexe.
- **Service personnel :** la gestion administrative des personnels.
- **Formation :** s'occupe de la formation des syndicats, des stagiaires, etc.
- **Section paie :** Payer les personnels.
- **Section sociale :** "stabiliser" socialement (contrat, revenus, situation, consommation, croissance).
- **Service comptabilité :** gestion financière du complexe
- **Contrôle de gestion :** (comptabilité analytique)
- **MGX :** Service Moyens généraux
- **RMQE :** Responsable Management Qualité et Environnement ISO 9001-14001 En ce qui concerne les directions, on a :

##### I.3.1.1 Direction extraction :

Extraire le phosphate du gisement et le transporter Au concasseur.

- **Abattage :**
- -stérile
- -Phosphate
- **Carrière :** -Chargement -Transport
- **Sous-produit : (n'est pas lié à la production) -Vente du sable**

### I.3.1 .2. Direction traitement :

- ❖ **Voie sèche :** Elle s'occupe de la production du produit dépoussiéré.
- ❖ **Voie humide :** Elle s'occupe de la production du produit débourbé (lavé).
- ✓ **Services liés à la DT :**
  - Approvisionnement et Achats ;
  - Gestion de stocks ;
  - Technique ;
  - Statistique ;
  - Heures de marche ;
  - Production ;
  - Parc.

### I.3.1 .3. Direction de maintenance :

Composée comme suit :

- ✓ **D.E.M. R :** Département Entretien Matériel Roulant : (Bulls, Camions, Chargeuses, Sondeuses, etc....)
- ❖ **EPGR :** Entretien préventif et grosses réparations.
- ❖ **Entretien Chantier extérieur.**
- ❖ **VL/PL :** Véhicules légers et poids lourds
- ✓ **D.E.M. F :** Département entretien matériel fixe (concasseur, broyeur...)
- ❖ **BPM :** Bureau préparation et méthodes
- ❖ **ENT /Mécanique :** Réparation mécanique
- ❖ **Electrique :** Réparation électrique
- ❖ **Infrastructures :**
  - **Fours :** réparation fours

### I.3.1.4. DED : Département d'Etude et du Développement

Composé comme suit :

- ✓ **EGM** : Etude Géologique Minière. Concernant la gestion de la carrière en matière de développement.
- ✓ **Enrichissement** : Concernant la gestion de l'usine de traitement en matière de développement [1]

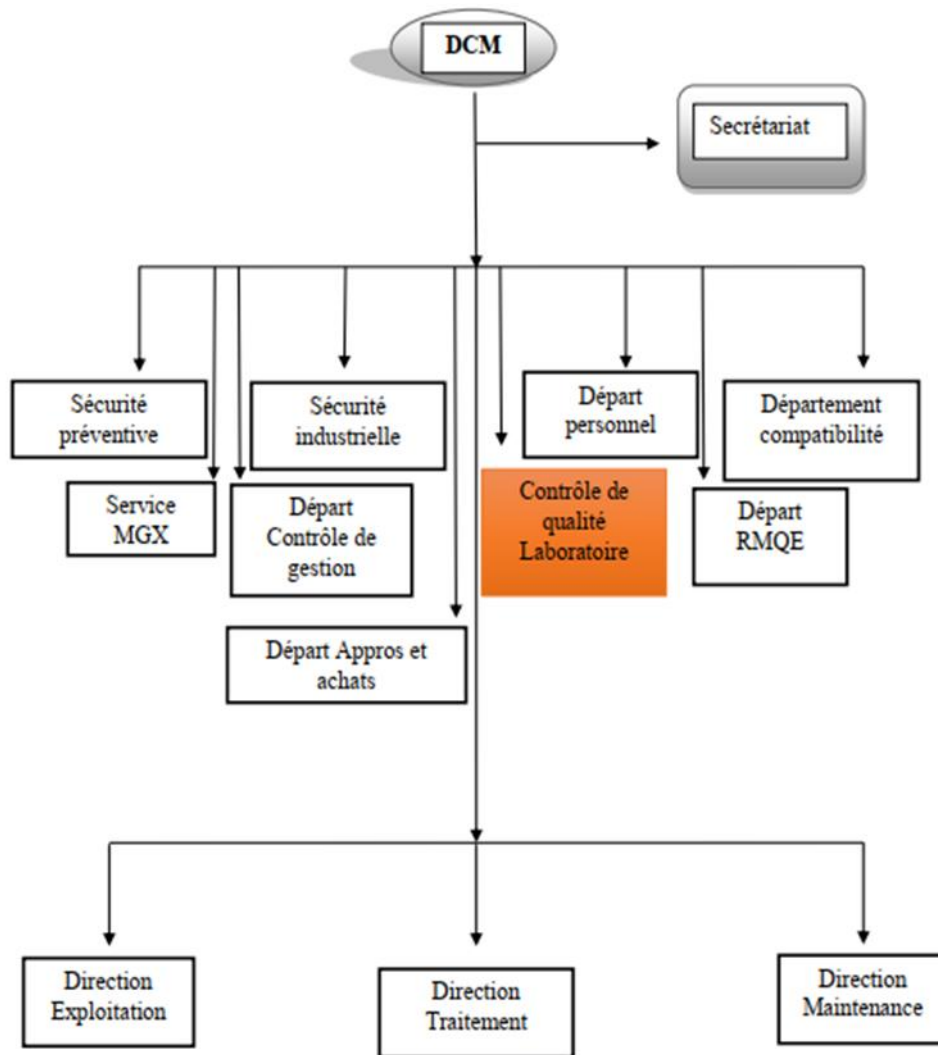


FIG. I, 2, Organigramme de l'entreprise SOMIPHOS [15]

### I.3.2 Régime de travail de la carrière de Kef Essennoun

Le régime de travail de la carrière concerne uniquement la direction d'exploitation et se présente comme suit :

#### I.3.2 .1. Département d'abattage

- **Service des travaux de forage**

Nombre de poste par jour : 02 continue (8 heures)

- **Service de chargement et tir**

Nombre de poste par jour : 01 (8 heures)

### I.3.2 .2. Département Extraction

- **Service de découverte ou de stérile**

Nombre de poste par jour : 03 continue (8 heures)

- **Service d'alimentation produit (minerai)**

Nombre de poste par jour : 03 continue (8 heures)

- **Service sous-produit (sable)**

Nombre de poste par jour : 01(8 heures) [15]

## I.4. Situation géographique

Région de Bir-Al-Ater est située au Sud-Est de l'Algérie à 100 kilomètres au Sud de la wilaya de Tébessa et à 20 km de la frontière Algéro-Tunisienne, sur la route qui relie Tébessa à El Oued. Cette région constitue la limite géographique naturelle entre les hauts-Plateaux constantinois et le domaine saharien. Le massif du Djebel Onk forme un ensemble de calcaire de 20 Km de longueur qui culmine à 1198 m d'altitude au Djebel Tarfaya. Ce massif constitue l'extrémité orientale des monts des Nememcha qui prolongent vers l'Est de massif des Aurès, les altitudes les plus basses au pied du Djebel Onk sont d'environ 635 m.

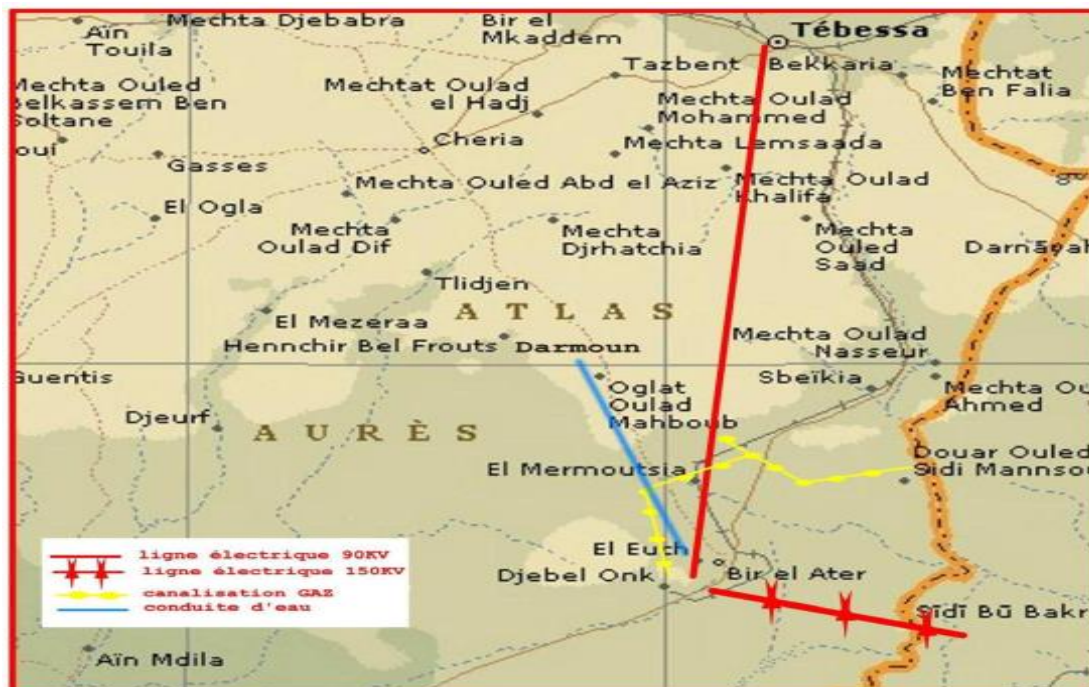


FIG. I, 3 Carte de la situation de la wilaya de Tébessa [15]

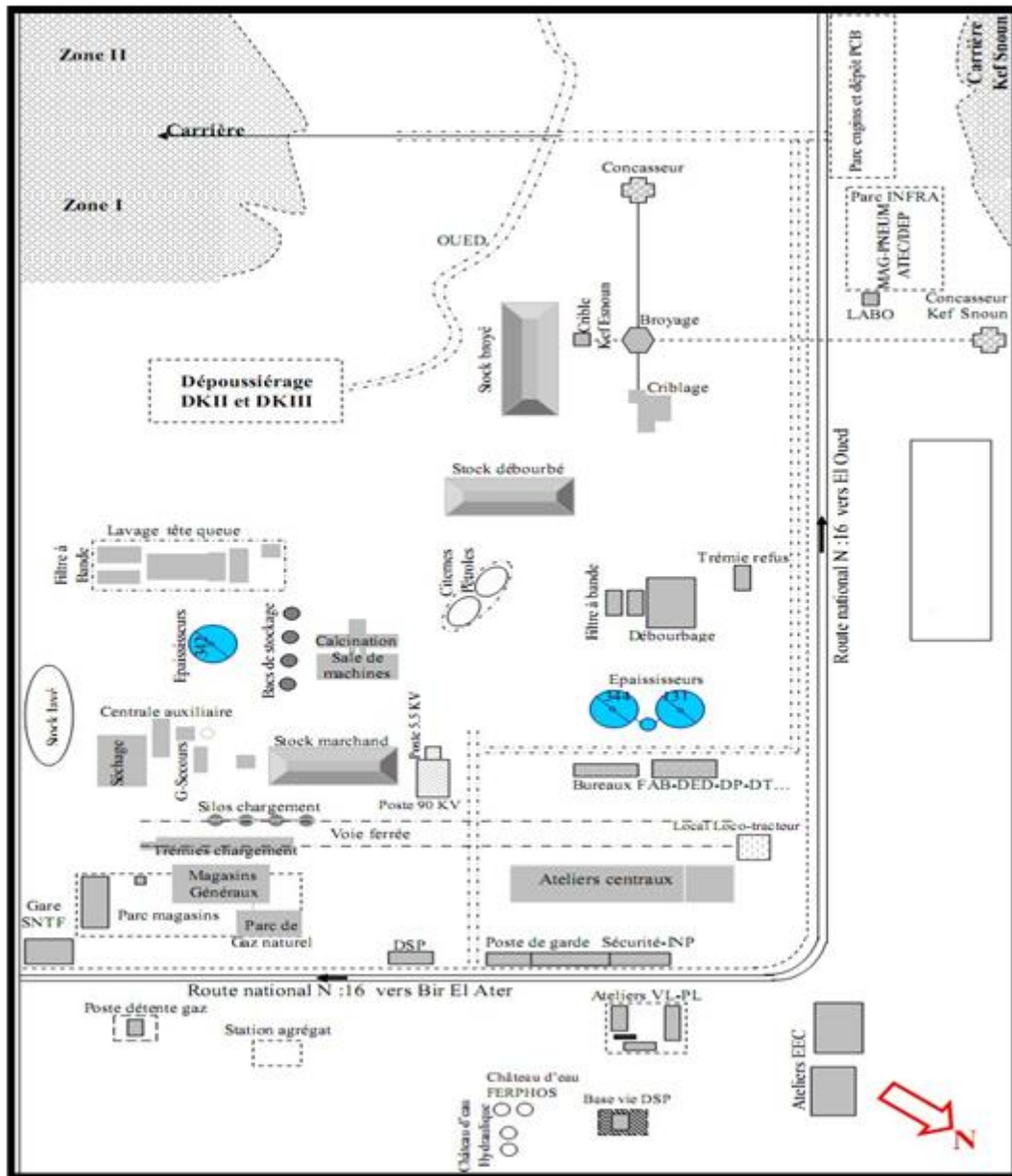


FIG. I, 4, Schéma procédés complexes de djebel Onk. [5]

## I.5. Géologie de Kef Essennoun

Situé à environ 100 Km au Sud de la ville de Tébessa et à 20 km de la frontière Algéro-tunisienne, sur la route nationale reliant Tébessa à El Oued. La région de Djebel Onk constitue la limite géographique naturelle entre les hauts plateaux constantinois et le domaine saharien. Elle est représentée par un massif calcaireux d'environ 20 km de longueur culminant à 1198 m d'altitude au Djebel Tarfaya. Cinq gisements de phosphate ont été découverts dans le bassin de Djebel Onk (Fig.4) : [14]



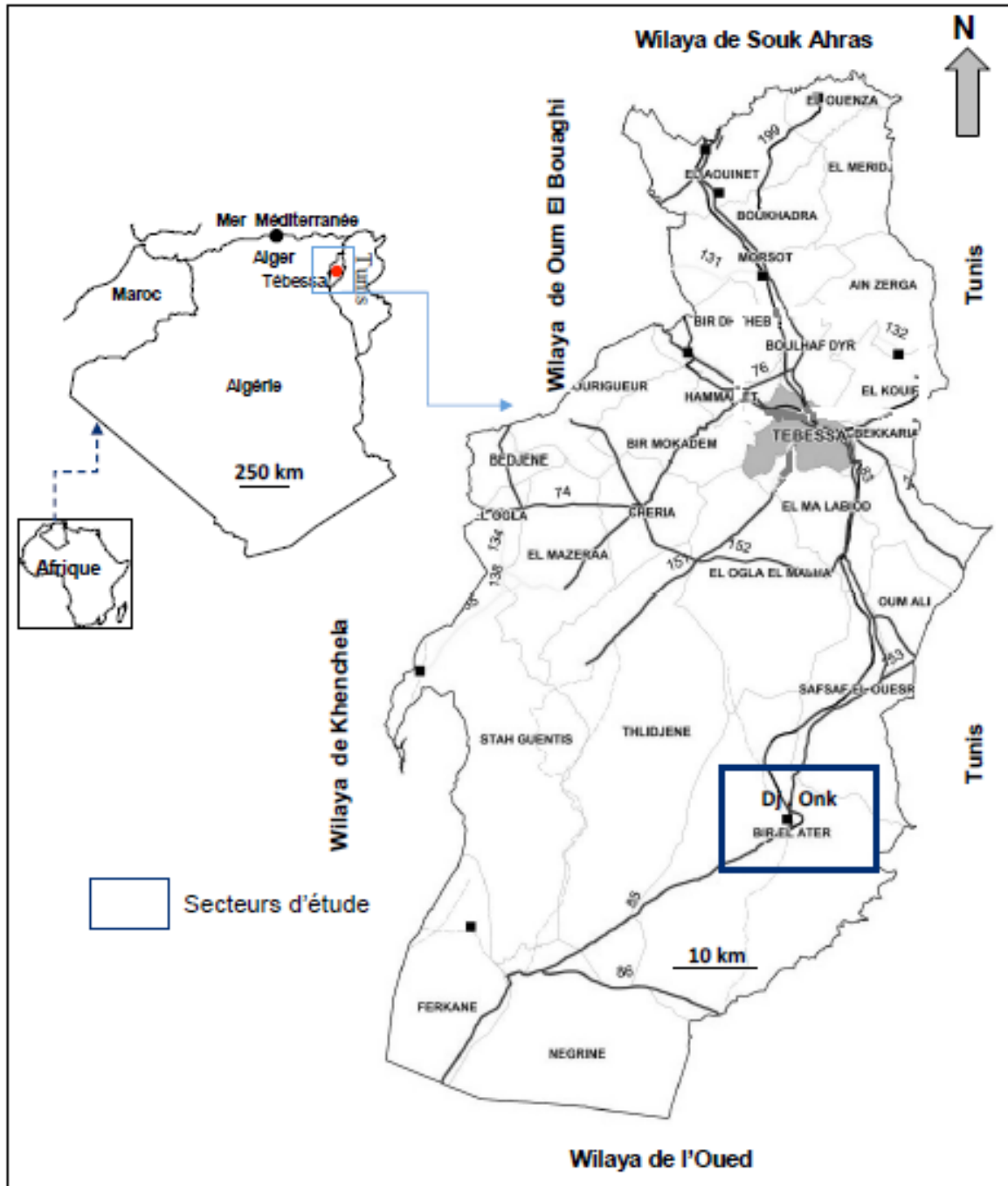


FIG. I, 5, Situation géographique du gisement de djebel Onk [6]

### I.5.1. Stratigraphie

La stratigraphie de la région de Kef Essennoun a été établie par Visse (1952). La série sédimentaire affleurant est exprimée par une succession stratigraphique allant du Crétacé Supérieur (Maestrichtien) à l'Eocène moyen (Lutétien), surmontée par une série sablo – argileuse continentale datée du Miocène et du Quaternaire

## **Crétacé**

Ce sont les sédiments les plus anciens au cœur de l'anticlinal de Kef Essonne tectoniquement très accidentés. Seuls les dépôts du Maestrichtien y affleurent.

### **A Maestrichtien**

Les sédiments de cet âge, au cœur de Kef Essonne, sont représentés par des calcaires à silex et des intercalations de marnes (de 5 à 10 m). Ils représentent à leur partie supérieure,

## **Paléogène**

Ce sont des sédiments marins représentés par des calcaires, des phosphates et de gypse, dans la région, le Paléogène atteint d'assez grandes épaisseurs de 350 m, les variations lithologiques et les restes des organismes ont permis d'en faire les subdivisions stratigraphiques suivantes :

### **A Danien**

Il est différent du Crétacé, il est conventionnellement adopté au contact calcaire Maestrichtien série argilo – marneuse. Cette différence lithologique est présentée par une subdivision en deux séries distinctes. L'épaisseur totale du Danien est d'environ 100 m. **A.1**

#### **Danien inférieur**

Il est représenté par des argiles marneuses schisteuses, de couleur gris foncé à brun, intercalé par des marnes dures et irrégulières. L'ensemble est traversé par des filons de gypses.

#### **A.2 Danien supérieur**

Il est formé par des calcaires durs blancs, très fins souvent à cassure conchoïdale, avec des intercalations de marnes tendres, argileuses et schisteuses. Dans la partie supérieure du Danien, on note la présence d'un banc caractéristique de 1 à 2 m d'épaisseur, formé de calcaire beige à lumachelles surmontées par des marnes en plaquettes blanches.

## **B Montien**

Cet étage est marqué par la présence d'une série de calcaire, calcaires détritiques, calcaires à lumachelle avec des intercalations de marne et dolomie, ces sédiments se caractérisent par une absence ou une faible quantité de silex. Les huîtres sont abondantes, en bancs gris à noirs.

### **C. Thanétien**

C'est l'horizon porteur de la minéralisation. Il est visible sur le flanc de l'anticlinale de Djebel Onk avec une épaisseur de 72 m. Il se subdivise en deux parties :

#### **C.2 Thanétien inférieur**

Caractérisé par des schistes marneux irrégulièrement intercalés de calcaire. Dans la partie supérieure du Thanétien inférieur apparaissent des intercalations phosphatées atteignant jusqu'à 2 m d'épaisseur, et très riche en matière organique surmontées par des calcaires et des marnes à gros gastéropodes. La puissance varie de 30 à 40 m

#### **C.2 Thanétien supérieur**

Il débute par un niveau dolomitique à gastéropodes, sous – jacent à une couche phosphatée de 30 m d'épaisseur en moyenne à Djebel Onk et à Bled El Hadba, et qui diminue jusqu'à la disparition vers le Nord,

La limite entre le Thanétien et l'Yprésien est obtenue seulement par le changement du faciès phosphaté à celui de calcaire marneux à une épaisseur de 0 à 50 m.

### **D Yprésien**

Il repose directement sur les dépôts du Thanétien et affleure dans la carrière de Djemi – Djema et au Nord du Kef Essennoun, il a une épaisseur de 32 m, on note :

#### **D.1 Yprésien inférieur**

Il est représenté à la base, par des conglomérats marquant la limite avec le Thanétien et sous – jacent une couche à alternance de calcaire, marne, dolomie et de la couche phosphatée. L'épaisseur moyenne de l'Yprésien inférieur est de 30 m au maximum.

#### **D.2 Yprésien supérieur**

Il est constitué par l'alternance de calcaires, sa puissance est de 2 à 3 m.

### **E. Lutétien**

Les formations de cet étage recouvrent en concordance les séries Yprésiens ; elles sont répandues dans la région de Djebel Onk, on distingue :

### **E.1 Lutétien inférieur**

Il est marqué par un changement de faciès ou les marnes remplacent le calcaire, il est assez riche en matière organique.

### **E.2 Lutétien supérieur**

Il est représenté par une alternance de marnes blanches et d'argiles, il est caractérisé par la présence de gypse, son épaisseur peut atteindre 100 m, ce type de faciès termine le cycle de la sédimentation marine Tertiaire inférieure (Paléogène).

### **Néogène**

Le Néogène est caractérisé par un faciès sablo – argileuse de type continental d'une puissance avoisinante à 600 m.

### **A. Miocène**

Il est formé essentiellement par des sédiments représentés par des roches terrigènes (conglomérats, grès, sables, argile) et des schistes argilo – gréseux. Le Miocène est subdivisé en trois unités de bas en haut :

#### **A.1. Miocène inférieur**

Débuté par des conglomérats, sable à gros grain présentant une épaisseur d'une dizaine de centimètres à quelque mètre, surmontés par des sables blancs, ou gris beige, Il est constitué d'argile marron, d'argile à structure schisteuse, brune, la puissance est d'environ 100 m.

#### **A.3 Miocène supérieur**

On constate la présence des sables, grès à blanc de graviers, le matériel est très grossier nettement stratifié.

### **Quaternaire**

essentiellement représentées par des éboulis, de dépôts sableux éoliens, des dépôts alluviaux. [3]

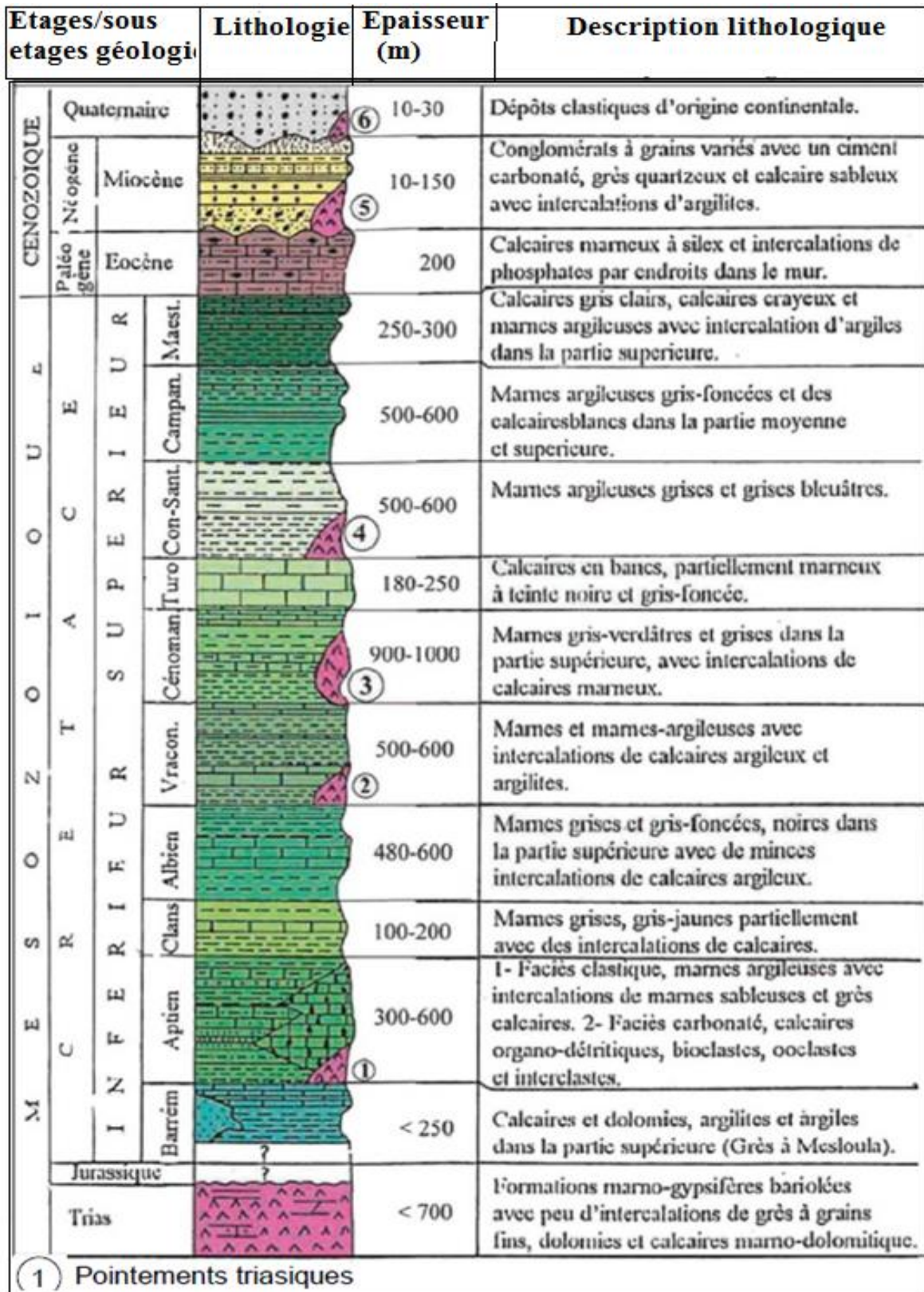


FIG. I, 6, Colonne stratigraphique de la région de Djebel Onk. Algérie orientale [12]

## **I.5.2. Contexte géologique**

La région de djebel Onk est divisé en plusieurs gisements.

### **❖ Le gisement de Djemi Djema Zone (II) Ouest, Zone(I) Est**

Situe aux deux extrémités du brachyantoclinal, ou la couche de phosphate s'enfonce progressivement vers le nord-est et le sud-ouest. L'épaisseur moyenne de la couche de phosphate est respectivement de 28m à 30m. Cet enfouissement s'accompagne d'une augmentation du recouvrement stérile, en particulier de la couverture sableuse du Miocène.

### **❖ Le gisement de Kef-Essennoun**

Est situé sur le flanc méridional de l'anticlinal crétacé de Djebel Onk. Il constitue quelque sorte la retombée synforme de la méga structure antiforme. Au Nord, on aperçoit les dressants de Kef-Essennoun qui correspondent à la zone de la flexure faille du flanc Nord de la structure synforme. Le flanc Sud est constitué par « la table de Kef-Essennoun », qui plonge monoclinalement vers le sud-ouest, sous un angle de 10 - 15°.

### **❖ Le gisement de Tarfaya**

Se singularise par une structure renversée des formations géologiques, les couches se redressent et présentent des pendages assez élevés. La couche productive et les calcaires du toit s'amincissent par les effets d'une érosion très importante.

### **❖ Le Gisement de Margueb Ettir**

Situe à 3km à l'ouest de Bir el Ater et à 750m au nord-ouest de la route N°16

### **❖ Le gisement de bled el Hadba**

Située à 14km au Sud-est de djebel ONK et à 6km de la frontière Algéro -Tunisienne. Marque par la réapparition de la couche phosphate à l'affleurement sur le flanc Sud de la mégastructure synclinal, séparent les anticlinaux des djebel Onk et du djebel Zrega.

### **❖ Le gisement de Bettita**

Est le plus éloigné de tous les gisements il est situé à 45km au Sud-est du centre minier du Djemi Djema. Et n'est distant que de 2 à 4km du gisement de Midas et Tunisie. La série de phosphate d'une épaisseur environ 35 à 45m.

### ❖ Le Gisement de Djebel ONK- Nord

Situe à 6 km au nord du centre minier de Djemi Djema. à faible pendage vers le nord cette zone se caractérise par une réduction progressive de l'épaisseur de la couche de phosphate, en allant vers l'Ouest et vers le Nord, jusqu'à sa disparition complète.

### I.6. La méthode d'exploitation :

La méthode d'exploitation du gisement dans cette mine est à ciel ouvert, consiste en la réalisation d'une succession des travaux miniers afin d'assurer la découverte et l'extraction en qualité et quantité planifiée dans les meilleures conditions. la méthode d'exploitation du gisement de Kef-Essennoun est avec un seul bord exploitable,

#### I.6.1. Les normes de la plateforme de la mine

##### I.6.1.1. Hauteur du gradin :

Il s'est avéré qu'en utilisant des gradins de 15m on peut répondre facilement aux exigences de l'usine de traitement et même si l'on prend la totalité de la couche on n'améliore guère la teneur. On signale ici que  $H_g = 15m$  répond d'avantage aux normes de sécurité (diminution des risques)

##### I.6.1.2. Largeur de la plate-forme de travail :

Elle a pour but la disposition des équipements miniers. Elle est choisie et calculée d'après ces équipements et leur disposition dans les lieux de travail. La largeur de la plateforme de travail à la mine de djebel Onk doit être supérieure à 40m. [14]

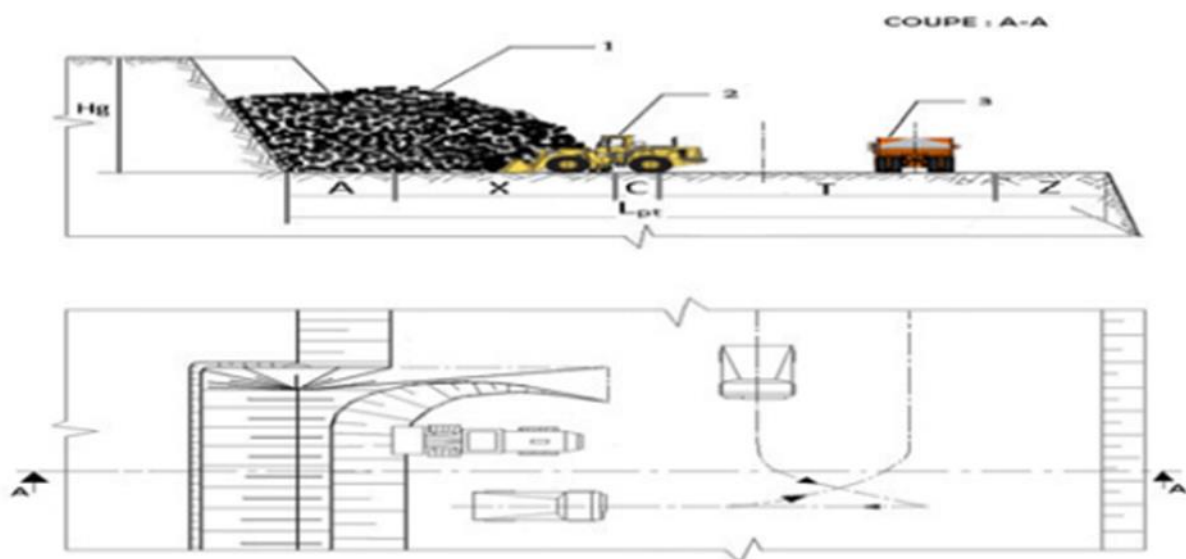


FIG. I, 7, Organisation de la circulation[10]



- 1 : tas des roches abattues, 2 : chargeuse, 3 : camion

Elle est choisie et calculée d'après le type d'engin utilisé et leur disposition dans les lieux de travail, elle est donnée par l'expression suivante :  $B=Z+T+C+X+A$

La largeur de la route de déplacement des engins : 15 à 25m.

$$L_{pt} = A + B + Z + T + C \text{ (m) Où}$$

$L_{pt}$  : Largeur de la plate-forme de travail, (m)

A : Longueur de l'enlevure en massif, (m)

B : Largeur du tas des roches abattues en dehors de l'enlevure en massif, (m)

C : Berme de sécurité, la distance entre l'arête inférieure du tas et la voie de transport ;

T : Largeur de la voie de transport, (m)

Z : Largeur du prisme éventuel d'éboulement, (m).

### I.6.1. 3. L'angle du talus des gradins

L'angle du talus des gradins doit assurer la stabilité des gradins et dépend des paramètres physico –mécaniques de la roche et des engins miniers. A la carrière de Kef Essennoun la dureté pour le minerai varie de 5 à 6 et pour le stérile de 6 à 7 selon l'échelle du professeur protodiakonov.

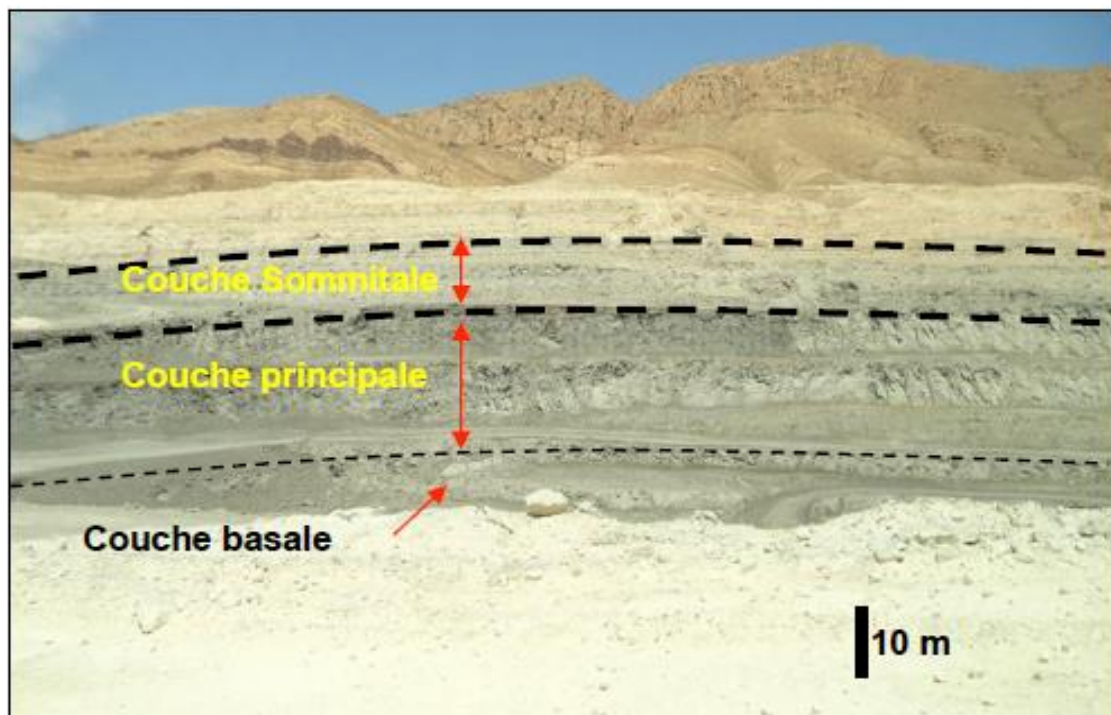


FIG. I, 8, Gisement de Kef Es Essennoun [15]





FIG. I, 9, Route de déplacement des engins

### **I.6.2. Construction de la route d'accès :**

Les paramètres de la tranchée sont :

- ❖ Longueur de la tranchée.
- ❖ Largeur de la tranchée.
- ❖ Le pendage.

#### **I.6.2. 1. Longueur de la tranchée**

La longueur de la tranchée dépend de deux paramètres principaux :

- Hauteur de gradin : il est égal à 15m
- Pendage de la tranchée : égale à 10%

#### **I.6.2. .2. Le pendage de la tranchée a été fixé à 10% car :**

- La mine a une grande extension.
- Pour assurer la sécurité.
- L'économie de l'énergie (diesel).
- Pour assurer les bonnes conditions de roulage.

#### **I.6.2.3. La largeur de la tranchée est déterminée à base de plusieurs paramètres :**

- Nombre de voix de transport : 2 voies
- Largeur de camion : 6.1 m (camion Caterpillar 777D)
- Distance entre deux camions en marche : 2.4 m
- La largeur de la berme de sécurité : 4m
- Le fossé de drainage : 3 m

Une fois la masse rocheuse abattue, le stérile dégagé est stocké dans le Terril et le phosphate est acheminé vers les 2 concasseurs (le concasseur à mâchoire et le concasseur à cône giratoire).

Le présent travail consiste en élaboration du plan d'exploitation de mine de Djebel Onk pour l'année 2020. Les objectifs cibles dans le plan d'exploitation suite aux directives et au plan action de l'entreprise ; se résumé par l'extraction de :

- ✓ Phosphate = 1500000 Tonnes
- ✓ Stérile = 20 000 000 Tonnes

### **I.6.3. Travaux de forage et de tir :**

#### **I.6.3. 1.Foration :**

Au niveau de la mine de Kef Essennoun, les travaux de forage sont réalisés en utilisant des sondeuses qui sont composé d'un assemblage de tiges de 3 mètres de longueur avec une possibilité de forer des trous de 110 ou de 165 millimètres de diamètre.

Pour réaliser des trous de mine il existe des paramètres à respecter selon la nature de la roche, le type de tir, la longueur du front, la taille désirée du produit à extraire etc... [14]

Ces paramètres sont :

- Profondeur des trous
- Diamètre des trous
- Distance entre les trous
- Distance entre la bordure et les trous
- Nombre de rangers
- Inclinaison des trous
- Nombre de trous par ranger
- La géologie du terrain

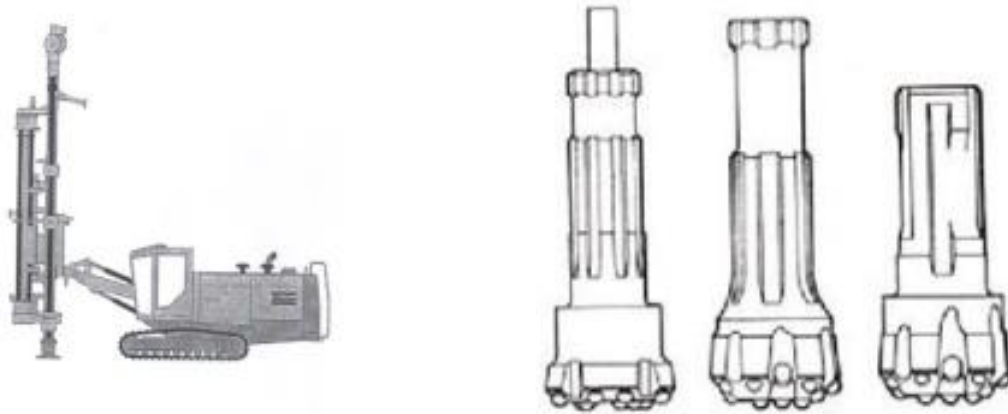


FIG. I, 10, Schéma représente une sondeuse de type ATLAS COPCO ROC L8 avec des taillants de diamètre 165 mm[16]

### I.6.3. 2. Foration secondaire :

Pour la Foration secondaire (banquette hors gabarit et pied).

### I.6.3. 3.Travaux de tir :

Il existe deux types de tire utilisés à Kef Essennoun :

- ✚ Le tir électrique
- ✚ Le tir pyrotechnique.

Le premier est destiné aux gradins des minerais de phosphate, alors que le deuxième est destiné aux gradins de stériles. La différence entre ces deux types se résume dans la mise à feu dont le premier se déclenche à l'aide d'un fil électrique et un exploseur, alors que le deuxième se déclenche à l'aide d'une mèche lente

### 1.6.2. Les explosifs utilisés :

- Explosifs brisants (Marmanite)
- Explosifs déflagrants (Anfo)

### Les accessoires d'explosifs :

- ✓ Tir électrique :
  - Cordeau détonnant
  - Détonateurs électriques :
  - Détonateurs à microretards (DMR)
  - Détonateur électrique instantané (DEI)
- ✓ Tir pyrotechnique :

- Cordeau détonnant
- Mèche lente
- Retardateur



FIG. I, 11, Travaux de tir[17]

### I.7. Conclusion :

Le phosphate algérien est une ressource minière nationale la plus exploitée, il est considéré comme une importante source d'entrer de devise d'un part et comme un élément capital du secteur minier d'autre part. La région du Djebel Onk Sud est reconnue par les sédiments de Crétacé, Tertiaire, et les dépôts du Quaternaire qui recouvrent la majeure partie des terrains. Les gisements de Djebel Onk sont classés parmi les grands gisements dans le monde à cause de la qualité de phosphate élevée.

*Chapitre II : Généralités sur  
le phosphate*

## II.1. Introduction

Le phosphore (P) (du grec Phos : lumière et Phoros : qui apporte) est un élément qui est largement distribué dans la nature. Il est considéré, avec l'azote (N) et le potassium (K), comme un constituant fondamental de la vie des plantes et des animaux. Le phosphore a un rôle dans une série de fonctions du métabolisme de la plante et il est l'un des éléments nutritifs essentiels nécessaires pour la croissance et le développement des végétaux. [1]

La découverte du phosphore remonte à 1669, par l'alchimiste hambourgeois Hennig Brandt (1669). C'est probablement le seul élément isolé initialement dans de la matière organique animale, puis végétale

Le phosphore provient de l'altération des roches, il est présent en quantités variables dans les minéraux silicatés, et surtout il entre dans la composition de près de 200 minéraux phosphatés, le principal minéral des sols est l'apatite. Il n'a été identifié dans l'apatite qu'en 1779 par Torben Bergman et Joseph Louis Proust.

Les phosphates naturels sont des minéraux formés par l'association d'ions métalliques avec l'ion phosphate  $PO_4^{3-}$ . Ils comprennent plus de 200 espèces minéralogiques. Le terme général de phosphate naturel recouvre un ensemble de minéraux complexe d'origine diverse.

Le phosphate est le composant de ces roches ayant un intérêt agronomique. Plus le contenu en phosphate ( $P_2O_5$ ) sous forme d'apatite est élevé, plus le potentiel économique du minerai est grand. Les facteurs qui sont importants dans la conversion chimique des PN en engrais (carbonates libres, fer (Fe), aluminium (Al), magnésium (Mg) et chlorure) ne sont souvent pas importants quand la roche doit être employée en application directe. [02].

## II.2. Types de gisement de phosphate

IL y'a 03 types de gisements de phosphate :

- ✓ Magmatique.
- ✓ Sédimentaire.
- ✓ Métamorphique.

### II.2.1. Gisement d'origine magmatique :

Ce type de gisement donne approximativement 15% de la production mondiale de phosphate. Ils sont situés surtout en ex-URSS, OUGANDA, AFRIQUE du NORD, BRESIL, CANADA, FINLANDE et VIET

### II.2.2. Gisement d'origine Sédimentaire :

Ces types de gisement donnent près de 85% de la production mondiale, Ils sont les plus répandus. Le minerai de ce type se distingue par leurs grandes réserves, une productivité et des schémas de traitement simple. Les plus grandes réserves se trouvent aux USA, AFRIQUE et proche orient.

On distingue 03 sortes de minerais dans ce type :

- ❖ Minerai riche (28% de  $P_2 O_5$ )
- ❖ Minerai intermédiaire (20 à 28% DE  $P_2 O_5$ )
- ❖ Minerai de basse qualité (20% de  $P_2 O_5$ )

Généralement, les phosphates les plus répandus sont ceux à gangue siliceuse et à gangue carbonaté.

TAB. II. 1.:La réserve géologique point de vue[7]

	Djemidjema	Kef Essennoun	Oued Bettita	Bled Hadba	DJ. Onk-nord
Réserves	613217634 t	510778161 t	175000000 t	799689850 t	92000000 t
Ciel ouvert	214067634 t	187278161 t		319689850 t	31000000 t
Sous terrain	399150000 t	323500000 t	175000000 t	480000000 t	61000000 t

Les gisements de phosphate de la région de Djebel Onk sud sont importants de vue :

- + -Qualité de minerai
- + Réserves géologiques
- + Conditions géo minières favorables
- + Paramètres techniques d'ouverture simple
- + La simplicité d'exploitation.

### II.2.1. Réserve exploitable :

Les réserves exploitables du gisement de Kef Essennoun au 31/12/2004 sont estimées à 112 millions de tonnes, ceux de Djemi Djema zone I à 1,50 millions de tonnes alors que ceux de Tarfaya ne dépasseront pas les 500 000 tonnes avec l'ouverture d'un deuxième niveau d'exploitation et cela dans la limite de la zone actuellement en exploitation.

### II.3. Minerais de phosphate :

TAB. II. 2, Les minerais de phosphates [8]

N°	Désignation	Poids spécifique	Dureté	Couleur	Formule Chimiques
01	Xénolite	4,4—5,1	4-5	Brun, jaunâtre	YPO <sub>4</sub>
02	Monazite	4,6-5,4	5-5,5	Brun, rouge, vert	(Ce, La, Th)PO <sub>4</sub>
03	Ambylgonite	2,9-3,1	5,5-6,5	Blanc à lait	(Li,Na)Al.(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (Fe,OH)
04	Apatite	3-3,2	5	Vert, bleu, Transparent	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (F, Cl, OH)
05	Pyromorphite	6,5-7,1	3,5-4	Variable	Pb <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> Cl
06	Turquoise	2,6-2,8	5-6	Bleu ciel, vert	Cu,Al <sub>6</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OM) <sub>8</sub> 5H <sub>2</sub> O
07	Chalcosiderite	3,25	4,5	Vert, Transparent	CuFe <sub>6</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH)8H <sub>2</sub> O
08	Libethentite	3,90	4	Vert olive	PO <sub>4</sub> OH
09	Iazulite	3,1	5-6	Bleu azure	(Mg,Fe)Al <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> 5H <sub>2</sub> O
10	Wavelline	2,3	3,5-4	Incolore, blanc	Al <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> 5H <sub>2</sub> O
11	Childrenite	3,2	5	Brun, jaune	(Fe,Mn)Al(PO <sub>4</sub> )(OH)2H <sub>2</sub> O
12	Pseudomalachite	4-4,3	4,5-5	Vert	Cu <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH)4H <sub>2</sub> O

D'autres minéraux secondaires de certain gisement de phosphate sont également signalés dans les dépôts sédimentaires tels que les phosphates de terre rares et d'uranium, cependant, les minéraux les plus répandus sont les apatites [3].

#### II.3.1. Les apatites

Les apatites sont présentes en abondance dans le milieu naturel et sont exploitées principalement en tant que source de phosphate pour l'industrie des engrais. On les retrouve généralement associées aux granites ou bien dans le fonctionnement sédimentaire argileux. L'apatite est le phosphate le plus abondant sur terre, c'est également le constituant principal des dents et des os.

Les apatites constituent une famille de minéraux définie par la formule chimique  $Me_{10}(XO_4)_6Y_2$ , où  $Me_{2+}$  représente un cation divalent généralement ( $Ca_{2+}$  ou encore  $Cd_{2+}$ ,  $Zn_{2+}$ ,  $Pb_{2+}$ ,  $Ba_{2+}$  ...),  $XO_4$  un groupement anionique trivalent comme ( $PO_4$ ,  $AsO_4$ ,  $VO_4$ ,  $MnO_4$ ...) et Y- un anion monovalent, le plus souvent ( $OH^-$ ,  $Cl^-$ ,  $F^-$ ).



L'apatite de référence est la fluorapatite de formule  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  dans laquelle le fluor (F-) peut être remplacé par l'ion chlorure ou l'ion hydroxyle pour donner respectivement la chloroapatite et l'hydroxyapatite.[3]

### II.3.2. Les différents types de phosphates

Différentes variétés de phosphate peuvent se répartir sous plusieurs formes :

#### ❖ Phosphate en grains :

Ce sont les plus répandus. La taille des grains est variable : en moyenne de quelques millimètres. La forme est également variable, la couleur la plus répandue est le jaune ou le brun. Les grains peuvent être amorphe ou cristallisés.

#### ❖ Phosphate en débris :

C'est le type de phosphate le plus frappant, mais relativement rare, il est formé de débris phosphatés : dents, écailles de poissons...etc. la structure initiale est aisément reconnaissable au microscope. Ces débris peuvent être soit amorphe, soit cristallisés, les grains sont emballés dans un ciment, plus ou moins abondant.

#### ❖ Phosphate en nodules :

Le phosphate épigénise une partie de la roche dans laquelle il est inclus, on trouve ainsi des nodules de couleur jaune dans la craie de l'Artois. Au lessivage de cette craie phosphatée à donner lieu à de petite concentration superficielle de sable phosphaté qui ont été exploités, vers l'utilisation du phosphate. [04]



FIG. II. 1 ,Phosphate en nodules, en grains, en débris[17]

## II.4 Propriété de phosphate

TAB. II. 3, Propriétés de phosphate [5]

N	Paramètres	Phosphate
1	Masse volumique	1,43
2	Résistance a la compression	500-600
3	Résistance a la traction	40-72
4	Résistance au cisaillement	75-105
5	Angle de frottement interne	50-60
6	Résistance au tirage - classe - catégorie	15,16-18,40 II 7 à 8
7	durabilité - classe - catégorie	5,026-5,936 II 7
8	Résistance a la destruction - classe - catégorie	3,79-4,6 I 4 a 5
9	Coefficient de dureté	5-6

## II.5. Caractéristiques minéralogiques

Une analyse du  $P_2O_5$  total d'un minerai potentiel n'est pas un critère sûr pour estimer la teneur en apatite et évaluer un gisement de phosphate. Les minéraux accessoires non phosphatés les plus communs liés aux phosphates naturels (PN) sédimentaires sont le quartz, les argiles et les carbonates (dolomite et calcite). Les phosphates naturels à ciment carbonaté sont particulièrement remarquables en raison de leur abondance. Le quartz peut se rencontrer en tant que grains détritiques ou en tant que variétés microcristallines. Il peut être particulièrement difficile de détecter un ciment siliceux dans des échantillons en utilisant la Microscopie optique en raison de sa nature anisotrope et de son apparence similaire à la franco lite microcristalline. Les minéraux argileux et silicatés trouvés dans les phosphates naturels sédimentaires comprennent des feldspaths et des micas (biotite et muscovite), l'illite, la kaolinite, les smectites ainsi que des zéolites. Les minéraux fréquemment liés à l'apatite magmatique comprennent la néphéline, les feldspaths alcalins, les micas, les pyroxènes et les amphiboles. Par contre, La calcite, la dolomie et la magnétite sont des minéraux souvent liés aux gisements d'apatite carbonatée. [04].

### II.5.1. Composition minéralurgique :

Les études minéralogiques préliminaires sur des essais d'enrichissements du minerai de Djebel Onk réalisés sur le phosphate beige et noir ont montré que trois composants principaux constituent le brut : -des particules de phosphates apatitiques (82%). -éxogangue carbonatée dolomitique (11.5%). -une éxogangue argilo-siliceuse (5à6%).

Au plan minéralogique l'apatite des phosphates de DO est un carbonate fluor apatite présentant les caractéristiques cristallographiques suivantes :

$CO_2 = 4.2$  à  $8\%$ . Paramètre de maille  $A = 9.37 \text{ \AA}$   $C = 6.897 \text{ \AA}$  ;  $c/a = 0.74$ .  $\text{\AA}$

Ces résultats confirment les paramètres de maille déterminés pour l'apatite du gisement de Djem djemaa Et sont les mêmes que ceux obtenus pour les apatites de Kef-Essnoun et ceux de Gafsa (Tunisie), qui indiquent Que l'apatite des phosphates est une Francolite fortement substituées avec remplacement des ions  $PO_4^{-3}$  par des ions  $CO_3^{-2}$  ET  $SO_4^{-2}$  de l'ordre  $26\%$ . En outre une surface spécifique et une porosité impotente ( $20m^2/g$  et  $15\%$  environ) caractérisent les particules phosphatées. [5]

### II.5.2. Composition minéralogique du phosphate

TAB. II. 4, Composition minéralogique du phosphate [5]

Eléments phosphatés		%POIDS
Matière phosphatée et endogangue		82.0
Exogangue	Dolomie	10.5
	Calcite	0.5
	Sulfate	0.7
Exogangue siliceuse et silicatée (quartz ; opale ; glauconie) etc.		5.0
Divers oxyde-hydroxydes métalliques ; matière organique)		1.3
Total		100

## II.6. Production mondiale de phosphate :

Les réserves prouvées et probable de minerais de phosphate naturels connu dans le monde sont considérable, d'après l'inventaire du congrès géologique international, de Madrid (1928), c'est plus de 1000 ans de vie que représentent les réserves connues.

La production mondiale évaluée en million de tonnes de concentrés marchands est d'environ 130 million de tonnes par années. La majeure partie de cette production revient aux gisements sédimentaires avec un taux de 80%. Celle des gisements magmatiques et des gisements issus des guanos représentent respectivement environ 17% et 3%.

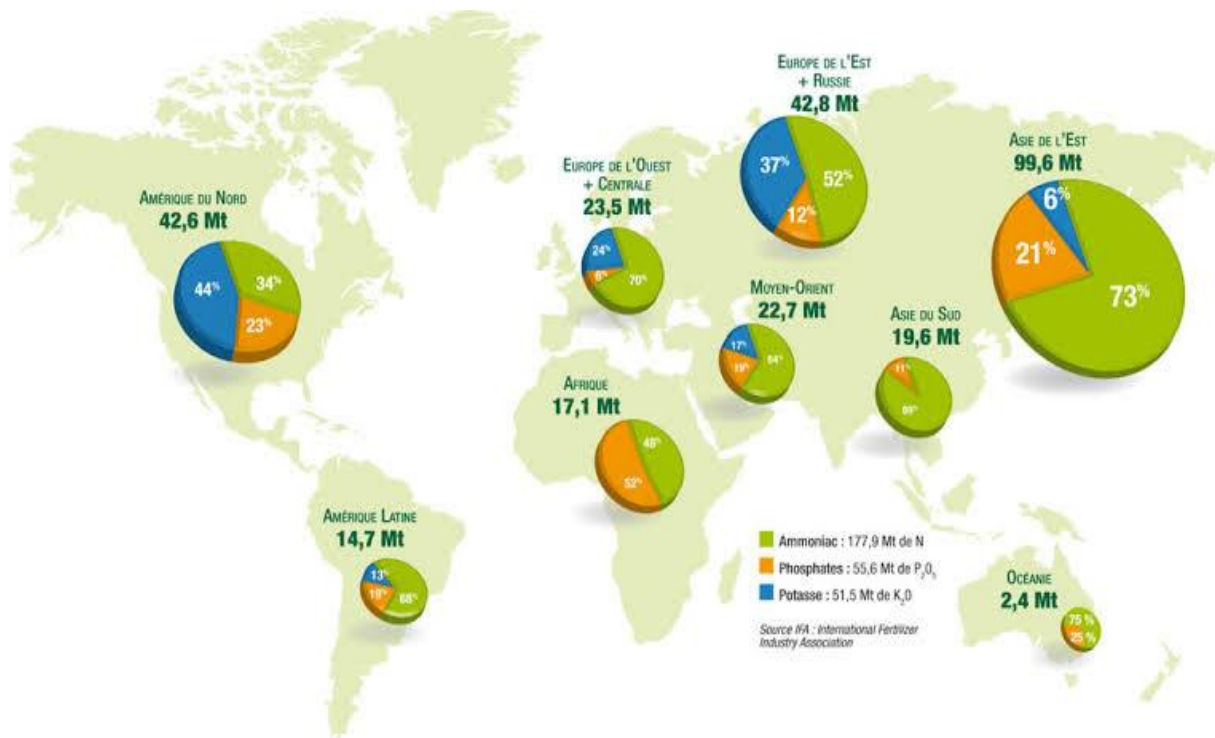






















FIG. II. 2, Gisement économique et potentiellement économique dans le monde[17]

Les quatre principaux producteurs de PN (Etats-Unis, Chine, Maroc et Sahara occidental, et Fédération de Russie) produisent environ 72 pour cent du total mondial. Les 12 principaux producteurs représentent plus de 93 pour cent du total mondial. Vingt autres pays produisent les 6 à 7 pour cent restants. [6]

TAB. II. 5,La production du phosphate dans le monde [6]

Pays	Production x (1000tonne)	Part mondiale(%)
 Chine	138 000	52,87
 Maroc	30 000	11,49
 États-Unis	27 800	10,65
 Russie	11 600	4,44
 Jordanie	8 300	3,18
 Brésil	6 500	2,49
 Égypte	5 500	2,11
 Pérou	4 000	1,53
 Arabie saoudite	4 000	1,53
 Tunisie	3 500	1,34
 Viêt Nam	2 800	1,07
 Australie	2 500	0,96
 Kazakhstan	1 800	0,69
 Afrique du Sud	1 700	0,65
 Mexique	1 700	0,65
 Algérie	1500	0,57
 Inde	1 500	0,57
 Sénégal	1 250	0,48
 Togo	900	0,34
 Syrie	-	0,34
<b>Autres pays</b>	<b>5 900</b>	<b>2,26</b>
<b>Total</b>	<b>261 000</b>	<b>100</b>

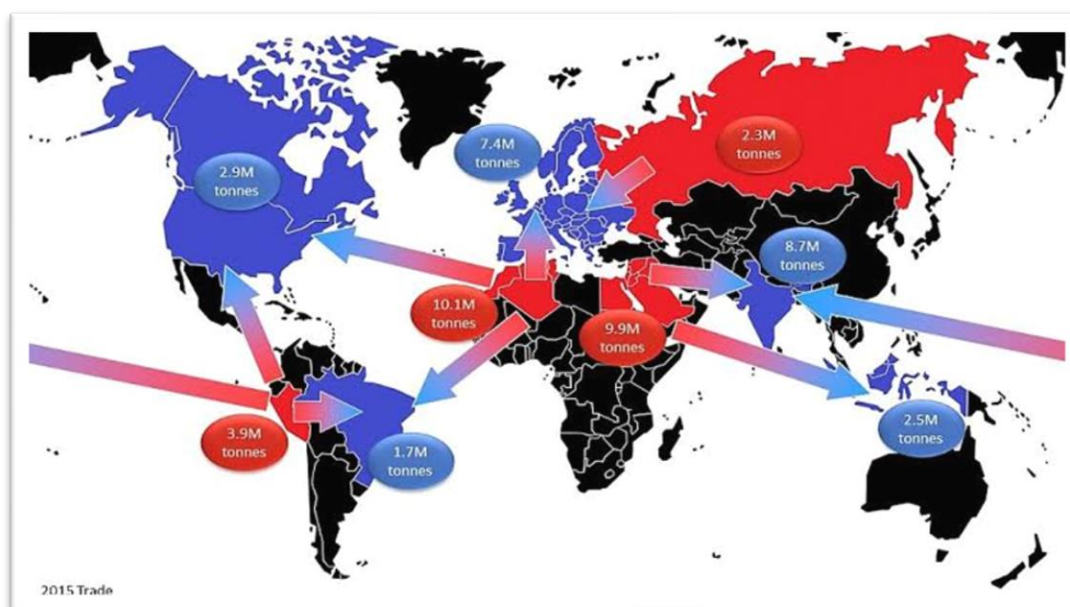


FIG. II. 3,Le marché du phosphate. [17]

---

## **II.7. Production de phosphate en Algérie :**

L'optimisation de l'exploitation des ressources en phosphate est l'objectif recherché par les initiateurs de ces projets qui s'inscrivent dans le cadre d'une stratégie de développement à moyen et long terme. Pour ce faire, il est question de transformer 2 à 3 millions de tonnes de phosphate extrait du site de Djebel Onk (Tébessa) en acide phosphorique à partir des eaux locales de Marmoutia. Deux autres complexes sont également prévus pour être réalisés au niveau desquels seront transformés près de 4 millions de tonnes de phosphate dans les environs de M'daourouch. Cette transformation se fera à partir des eaux du barrage d'Oued Charef.

Comme troisième étape de l'important programme d'investissement pour l'optimisation de la production de phosphate, Ferphos Group projette de réaliser une deuxième plateforme industrielle dans la région de Jijel. Cette dernière sera dotée de capacités de transformation de 12 à 14 millions de tonnes de phosphate. La totalité de la production sera également destinée aux marchés extérieurs et exportables à partir du port de Djendjen. Selon la même source, à partir de 2020, l'Algérie passera à un niveau de production avoisinant les 30 millions de tonnes de phosphate/an. Ainsi, elle pourra prétendre au troisième rang mondial après les USA et la Chine, les deux plus grands producteurs mondiaux de phosphate. Leurs productions respectives sont de l'ordre de 35 et 30 millions de tonnes/an. Ces projets d'envergure que compte mettre en route Ferphos Group auront un impact certain sur le marché de l'emploi. En effet, d'ici à 2020, plus de 50 000 postes, directs et indirects, seront créés sur le marché de l'emploi.

## **II.8. Domaines utilisation des phosphates :**

Actuellement, environ 90% de la production de ce minerai est utilisée par l'industrie pour fabriquer des engrais phosphatés et la fabrication de l'acide phosphorique, le reste étant employé dans la fabrication d'aliment de bétail, de détergeant et de produits chimiques. Dans la fabrication des engrais, il apporte ses qualités de fertilisation, la roche phosphatée constitue généralement la matière première pour la fabrication d'engrais phosphoré.



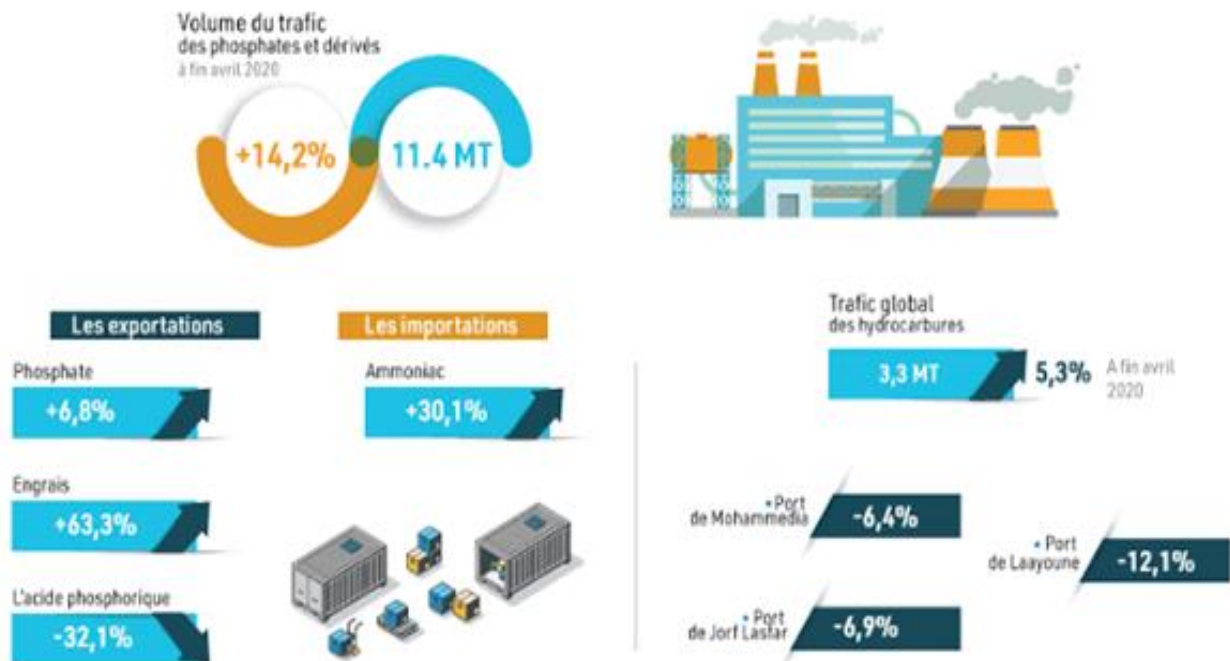


FIG. II. 4, Les différents dérivés des phosphates

- ❖ Dans l'alimentation il est employé pour les propriétés spécifiques du  $P_2O_5$  dans le métabolisme. Dans la fabrication de l'acide phosphorique qui est la source de base d'importants composés industriels.
- ❖ Le phosphate est utilisé comme catalyseur, c'est une nouvelle famille de catalyseurs phosphatés qui a été développée telles que la fluorapatite et l'hydroxyapatite. Cette dernière a une forte stabilité et affinité pour les composés organiques. En biomatériaux, les phosphates de calcium se sont imposés depuis plusieurs années, dans le domaine de biomatériaux à usage orthopédique, et pour la fabrication des verres optiques. [6]

### II.8.1. Dans le domaine de construction :

- ❖ En construction routière, ou l'utilisation du phosphogypse a été envisagée seul en terrassement comme remblai routier, ou en assise de chaussée. Dans quelque pays cette utilisation a donné des résultats satisfaisants.
- ❖ La production d'agglomérés, avec des mélanges phosphoplatre et sable ou des mélanges compactés de phosphogypse stabilisé à la chaux, la production de plâtre imitation marbre, la production de ciment anhydre.



FIG. II. 5, Les agglomérés phosphatés [17]

- ❖ La production de plâtre (ou phosphoplatre), obtenu par conversion thermique, du sulfate de calcium d'hydraté du phosphogypse en semi hydraté. Cette production fut la première application intéressante qui est passé à l'échelle industrielle grâce à la teneur élevée de phosphogypse en gypse et l'aspect thermique relativement simple de cette application. Les produits dérivés issus de cette technique sont : les enduis de plafonnage manuel ou à la machine, les plaques de plâtre cartonées avec ou sans isolant, les plâtres de collage, les carreaux de plâtre et enfin les enduits de joints. [6]



FIG. II. 6, Des images représentent la production de plâtre, de détergent et de produits chimiques. [17]



### **II.8.2. Sur l'environnement :**

Comme l'azote, le phosphore est un constituant essentiel de la matière organique et est un nutriment indispensable pour les organismes vivants. Cependant il doit être considéré comme un polluant lorsqu'il est présent à de fortes concentrations dans l'environnement. Des teneurs dans l'eau supérieures à 0,5 mg / L doivent constituer un indice de pollution. Les rejets de phosphore dans les écosystèmes aquatiques constituent l'un des plus sérieux problèmes environnementaux car ils contribuent à accélérer l'eutrophisation de ces milieux. Comme cela est précisé dans le chapitre traitant de la pollution par les nitrates, la pollution par l'azote est également à l'origine de proliférations végétales excessives dans les milieux aquatiques. Dans les eaux douces, en particulier en tête de bassin versant, ce sont cependant les apports de phosphore qui sont généralement à l'origine d'un dysfonctionnement des écosystèmes. Dans ces milieux, le phosphore est souvent l'élément qui limite la prolifération végétale. Les algues ont besoin entre autres pour leur croissance de carbone (C), d'azote (N) et de phosphore (P). Elles ont besoin de ces trois éléments selon le ratio C:N:P de 106:16:1 (exprimé en nombres d'atomes).

Dans les eaux naturelles, le ratio entre les quantités de N et de P disponibles est généralement supérieur à 16. Par conséquent, même en cas de pollution du milieu par l'azote, si aucun apport de P n'est réalisé, les algues ne pourront pas se développer.

### **II.9. Conclusion :**

D'après cette recherche on conclure que le phosphate est l'un des minéraux qui jouent un rôle très important dans l'économie des pays cela est dus à ses utilisations divers fessant augmenter sa demande. La pollution des eaux par le phosphore est donc très souvent à l'origine de développements algaux importants et conduit à la dystrophisation (eutrophisation accélérée) des lacs et rivières.

*Chapitre III : Chaîne De  
Traitement De L'usine du  
Djebel Onk Kef Essennoun*

### **III.1 Introduction :**

L'extraction du minerai de phosphate ne permet pas d'obtenir un produit marchand, le produit extrait est considéré comme brut, avant qu'il soit commercialisé il doit passer par un ensemble des procédés de traitement physiques et chimiques. Afin d'éliminer un certain nombre d'impuretés. Ce traitement peut parfois se limiter à quelques opérations simples ou à mettre en œuvre de nombreuses opérations et des procédés d'enrichissements complexes. La complexité de ces derniers donc leurs couts et leur situation géographique influent sur le choix des gisements à exploiter. Le choix de traitement est en fonction des caractéristiques minéralogiques.

### **III.2 Méthodes de traitement et d'enrichissement de minerai de phosphate**

#### **III.2.1 Préparation mécanique du minerai**

La préparation mécanique est destinée à réduire les dimensions des morceaux du minerai pour le but de libérer les composants utiles de leur gangue. Elle peut être effectuée en un ou plusieurs étapes ça dépend de plusieurs facteurs comme : les dimensions du minerai, tout-venant ainsi que sa dureté et sa composition minéralogique et le rendement des appareils utilisées et leur consommation de l'énergie

Le terme traitement ou enrichissement ou traitement de minerai recouvre toutes les opérations simples ou complexes que peut subir le minerai de phosphate pour devenir un produit commercial et utilisable dans les secteurs appropriés. L'enrichissement des minerais de phosphate permet d'augmenter leurs concentrations en phosphate (teneur en  $P_2O_5$ ) par l'élimination des éléments de la gangue considéré comme impuretés. Les méthodes de traitement les plus fréquentes :

#### **III.2.2 La fragmentation**

Est l'opération par laquelle on cherche à réduire la taille et/ou à augmenter la surface développée de l'unité de masse des particules solides. Elle consiste à réduire les dimensions des fragments de la roche exploitée afin de libérer les constituants minéralogiques. [8]

#### **III.2.3 Classement granulométrique**

Le classement granulométrique est parfois réalisable à sec, mais le plus souvent par voie humide en utilisant des appareils spécifiques. [8]

### III.2.4 Le débouillage

C'est un traitement par voie humide, qui consiste à éliminer les argiles. L'élimination de ces argiles s'effectue par lavage énergétique avec l'eau recyclée saturée en carbonates, qui aide la floculation des argiles. [8]

### III.2.5 Le séchage

C'est une technique qui peut mener à un enrichissement. On peut citer le séchage en lit fluidisé provoquant une attrition des grains et des mixte minéralogique. Comme on peut citer le séchage par transport pneumatique dans un fluide caloporteur [8]

### III.2.6 La calcination

Est pratiqué dans le but de dissocier par voie thermique les carbonates de l'exogangue et de l'endogangue du minerai dans un intervalle de température compris généralement entre 700 et 1000°C. Pour réduire les proportions de CaO et MgO par rapport aux P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, on procède à une hydratation de ces oxydes pour pouvoir ensuite les éliminer. [8]

### III.2.7 Séparation magnétique

Cette technique exploite les propriétés magnétiques des matériaux tels que l'hématite, qui est éliminé à haute intensité et magnétite qui est éliminé à basse intensité. L'organe essentiel d'un appareil de séparation magnétique est la source de champ magnétique qui est à l'origine de la force utilisée pour la séparation.

### III.2.8 Séparation électrostatique

Cette technique permet de réaliser un poste enrichissement sur le concentré obtenu par lavage. Mais son emploi est mal adapté pour la granulométrie fine, et aux produits humide. Cette méthode de séparation consiste à utiliser un champ électrique, où les particules passent dans un circuit pneumatique ou à lieu le chargement.

### III.2.9 La flottation

Est une technique de séparation des solides basée sur les différences existant entre les propriétés superficielles dans une solution aqueuse et dans l'air. Pour le faire, on disperse des bulles d'air dans une suspension aqueuse de particules solide pour récupérer l'espèce minérale à séparer, rendue préalablement hydrophobe par un ajout de collecteur (surfactant).

L'ensemble eau-particules hydrophobe est rassemblé sous forme d'une écume surnageant stabilisé par un moussant. C'est l'une des techniques les plus importantes dans le domaine de traitement des minerais. Elle permet de concentrer de façon économique les

minerais pauvres. Le principe de la flottation est basé sur les propriétés hydrophobes et hydrophiles des surfaces des minerais. [9]

### **III.3. La Chaîne De Traitement de la mine de SOMIPHOS :**

#### **III.3.1. Préparation Mécanique :**

La préparation mécanique a pour objectif de réduire les dimensions des blocs des minerais pour libérer les composants utiles de leurs gangues. Il comporte les trois opérations suivantes : Concassage, broyage et le criblage. [8]

##### **III.3.1.1 Concassage primaire :**

Cette opération a pour but de réduire la taille des blocs de 1000mm à 200 mm au maximum. Il se fait au moyen d'un concasseur à cône giratoire « BABITLESS » d'une capacité de 1000 t/h avec un rapport de réduction de cinq (5), conçu essentiellement pour les produits de la carrière de Djemi Djema. [10] Pour ce qui est tout venant de Kef Essennoun, l'équipement de concassage, broyage utilisé est un broyeur à marteaux (HAZEMAG) menu d'un système de scalpage d'une capacité de 1200 t/h. Avec un taux de réduction allant jusqu'à soixante (60). Il se fait au moyen des deux concasseurs :

##### **III.3.1.2 Caractéristique du Concasseur de Djemi Djema :**

- Marque : BABBITLESS
- Type : Giratoire (BP 38 DD)
- Débit moyen : 900 T/H
- Granulométrie à l'entrée : 0 – 1000 mm
- Granulométrie à la sortie : 0 – 200 mm
- Taux de réduction : 5

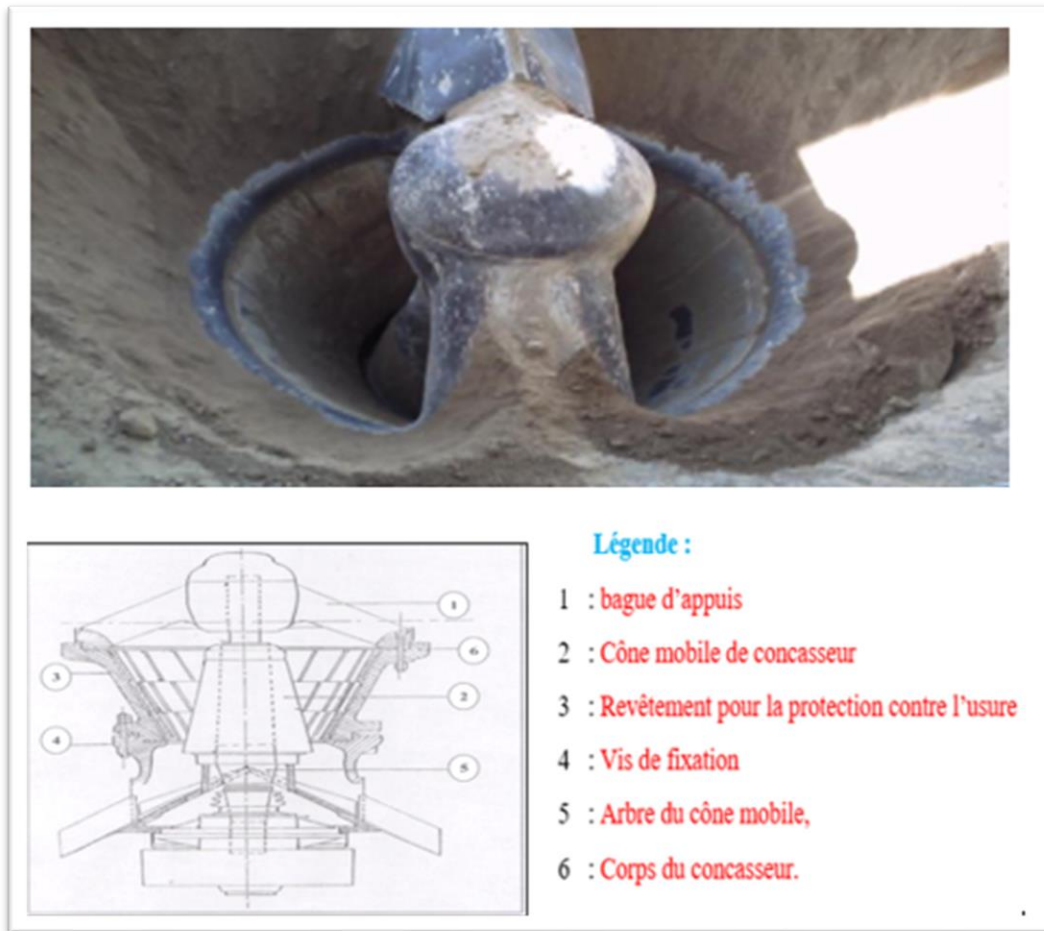


FIG.III. 1, Schéma d'un concasseur giratoire [15]

### III.3.1.3 Caractéristique du Concasseur De Kef Essennoun :

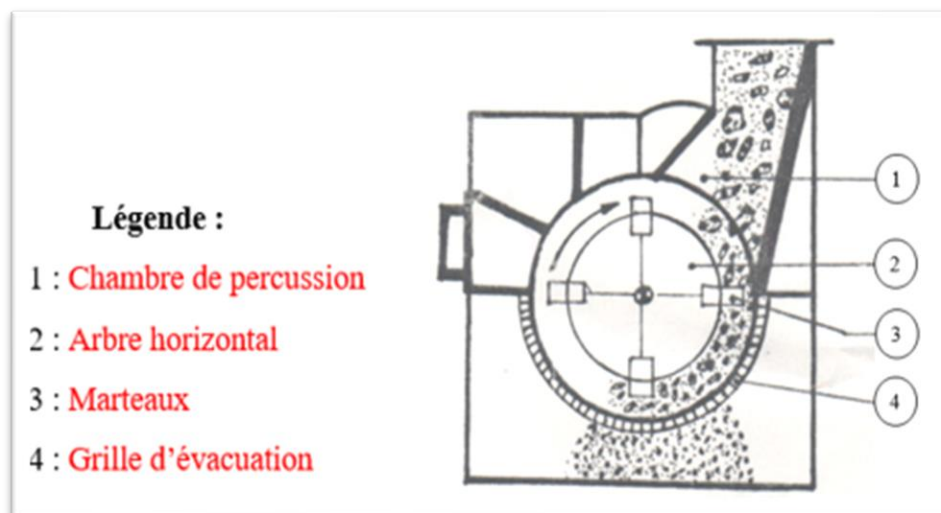


FIG.III. 2, Concasseur De Kef Essennoun [15]

Un nouveau concasseur est installé à cote  
De tranche principale qui est composé de :

- Nombre : 01
- Marque : strpactor
- Type : percussion (APP 2022Q)
- D max : 1200mm
- D min : 200mm
- Débit horaire : 400T/H
- Production journalière : 6159T/J

### III.3.2. Broyage :

Cette opération consiste à réduire la taille du produit concassé jusqu'à une dimension de 20 mm, un taux de réduction de dix (10).

Cette procédure comprend (03) broyeurs à marteaux articulés (WEDAG) d'une capacité de production de 300t/ h/ broyeur, le produit broyé sera ensuite acheminé vers l'atelier de criblage. [8]

#### III.2.2.1 Caractéristiques des broyeurs :

Nombre : 03

Marque : WEDAG

Type : A MARTEAUX

Débit moyen : 300 T/H/BROYEUR

Granulométrie à l'entrée : 0 – 200 mm

Granulométrie à la sortie : 0 – 20 mm

❖ **Degré de réduction** : C'est le rapport entre la dimension maximale des morceaux de l'alimentation et celle à la sortie du broyeur

$$I = \frac{D_{\max}}{d_{\max}} = \frac{200}{20} = 10$$

### III.3.4. Criblage :

Il Consiste à éliminer le produit dont la dimension est supérieure à 15mm au moyen de trois (03) cribles vibrants (WEDAG) en aval du BABITLESS d'une capacité de 250 t/ h/ crible. Le rendement en poids de cette opération atteint les 95%.par contre le produit concassé

de Kef Essennoun alimente (02) cribles vibrants inclinés (HAZEMAG) d'une capacité de 700t/ h/ crible, et une ouverture de 15 mm, les refus de ces cribles sont recyclés pour revenir au broyeur (WEDAG).

Les refus des cribles (WEDAG) sont acheminés vers une trémie de déchargement pour ensuite les transportés à des terrils à l'intérieur des fosses créées par l'exploitation. Le but essentiel de la préparation mécanique est d'avoir un produit de taille inférieur à 15mm pour servir les deux chaînes de traitements. [10].

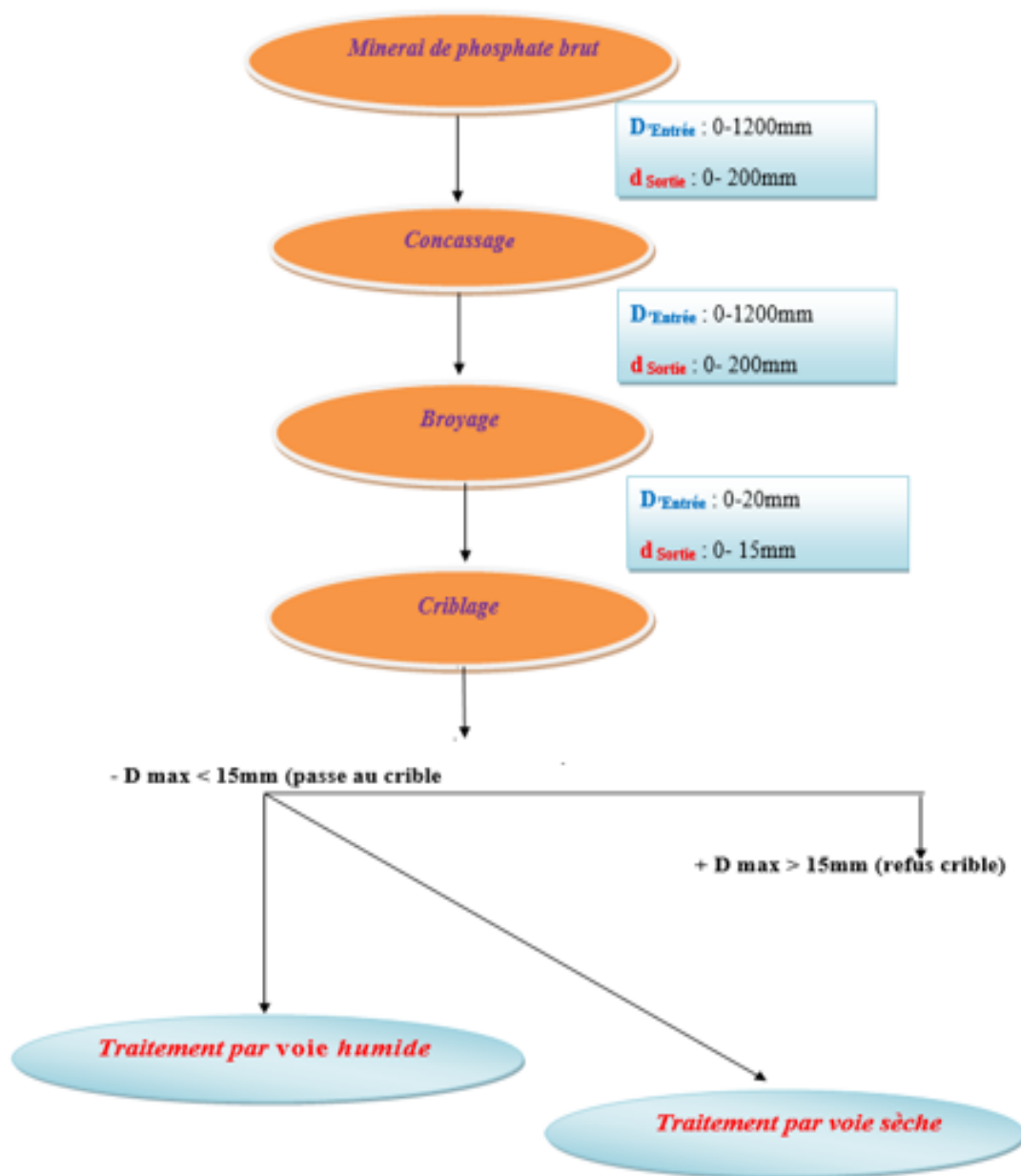


FIG.III. 3, Schéma Technologique de La Préparation Mécanique de minerai de la mine de djebel Onk [15]



### III.4. Traitement Par Voie Humide :

Cette opération s'effectue dans les ateliers de calcination (DK1), elle permet d'enrichir le minerai a une teneur au tricalcique de (69 à 77%) et (73 à 77%) TPL. Ce type de traitement comporte les opérations suivantes :

#### III.4.1. Débourage :

Le but de cette opération pour éliminer les argiles, les silicates, les matières organiques ainsi que les sels.... Il est constitué des opérations suivantes : une mise en pulpe, criblage humide (grilles courbes), classification, hydro cyclonage et une filtration. [11]

##### III.4.1.1. Principe :

Le passant crible de dimensions inférieure à 15 mm est mise pulpe avec de l'eau dans un rapport solide/liquide égale à 2/3 (T/m<sup>2</sup>), alimente les grilles courbes qui opèrent à une coupure de 1,25 mm Les hydro cyclones à mouvement hélicoïdal de rotation récupèrent le passant grilles courbes dont le but d'éliminer la tranche inférieure à 0,8mm. Les fines particules très pauvres en phosphate seront acheminées vers l'épaississeur et la qualité noble est essore aux moyennes essoreuses le produit débourbe et essore titrant de (66 à 68 %) TPL est expédié pour la deuxième opération. [11]

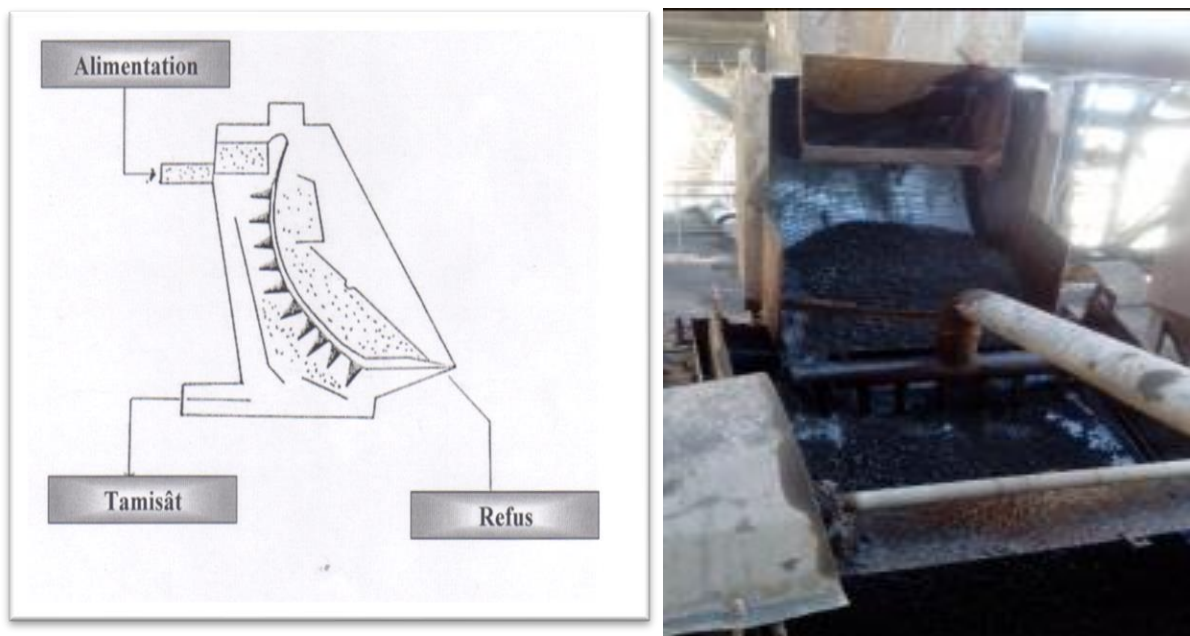


FIG.III. 4, Schéma d'une grille courbe [15].

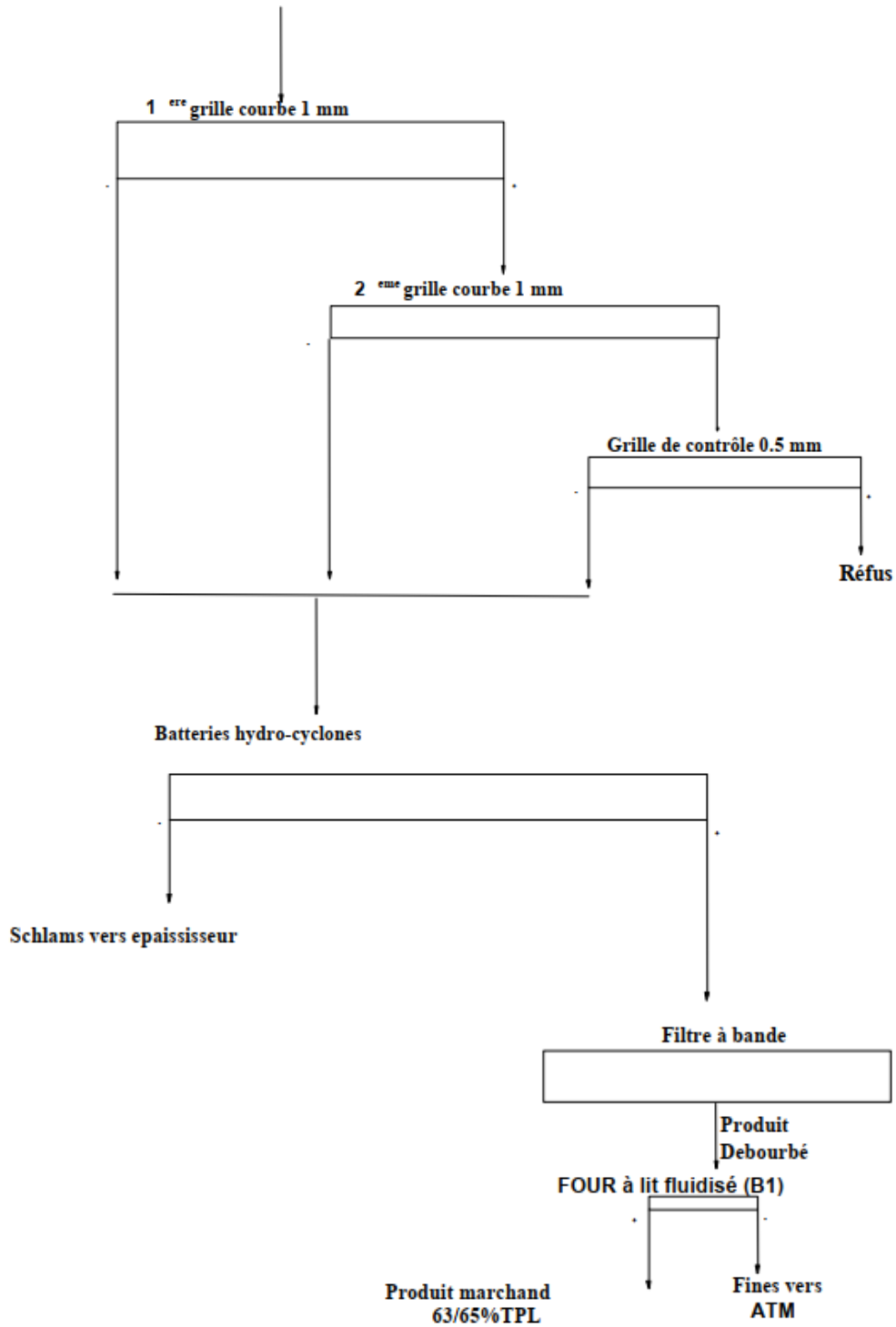


FIG.III. 5, Schéma Technologique De la voie humide (Atelier Débourbage [15])

### III.4.1.2. Description de l'atelier de débouillage :

L'atelier de débouillage est constitué de trois lignes :

- Une grille courbe est installée pour chaque ligne, les refus des trois grilles courbes sont assemblés pour alimenter la grille courbe de contrôle. Cette grille courbe est destinée à retraiter les stériles gros éliminés aux grilles courbes précédant, pour récupérer les grains inférieurs à la dimension de coupure.
- Une grille plane est installée juste après la grille courbe de contrôle est destinée à compléter l'essorage de cette dernière.

Les passants des quatre grilles inférieures à 2 mm alimentent un répartiteur de pulpe, cet appareil est destiné à répartir également dans quatre direction un débit de pulpe de 400m<sup>3</sup>/h, densité de 1.25, environ contenant de 35 à 40% de solide en poids [16]

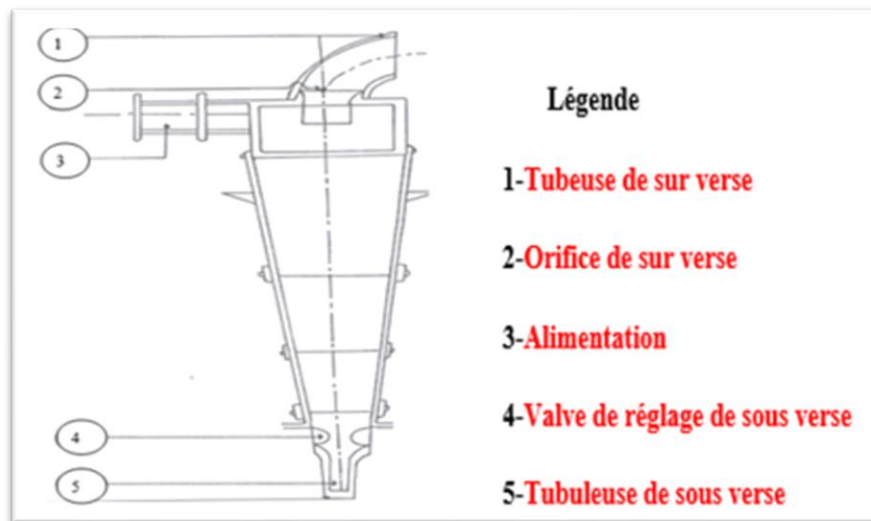


FIG.III. 6, Schéma d'un Cyclone [15]

Dans les hydro cyclones on réalise une coupure basse pour éliminer les particules inférieures à 10  $\mu$ . Le principe de fonctionnement de l'hydro cyclone est presque la même que celui de la centrifugeuse, la différence essentielle entre ces deux appareils réside dans la manière dont la suspension est mise en mouvement, l'hydro cyclone est un corps conique, la pulpe est introduite sous pression tangentiellement contre la paroi de celui-ci, sous l'influence de la viscosité du milieu liquide et la force centrifuge, les parties solides tendent à se derrière vers la pointe de la paroi coniques, en des trajectoires de rayon différent. Les particules les plus denses et les plus lourdes suivant dans leur mouvement en spirale les parois d'hydro cyclone, elles se déchargent de suspension épaisse par l'orifice de sous verse dont l'ouverture

est réglable. Le sou verse (argiles) est évacué vers l'épaississeur pour le recyclage des eaux. [16]

Le sou verse de chaque hydro cyclone alimente uneessoreuse dont le rôle est de diminuer l'humidité. (Figure 7)

Le produit sortant de l'atelier de débouage, appelé débourbe, aliment l'atelier de calcination, entre les deux ateliers un stock intermédiaire d'une capacité de 15000 tonnes assure la marche continue de la calcination en cas d'arrêt de l'atelier de débouage.

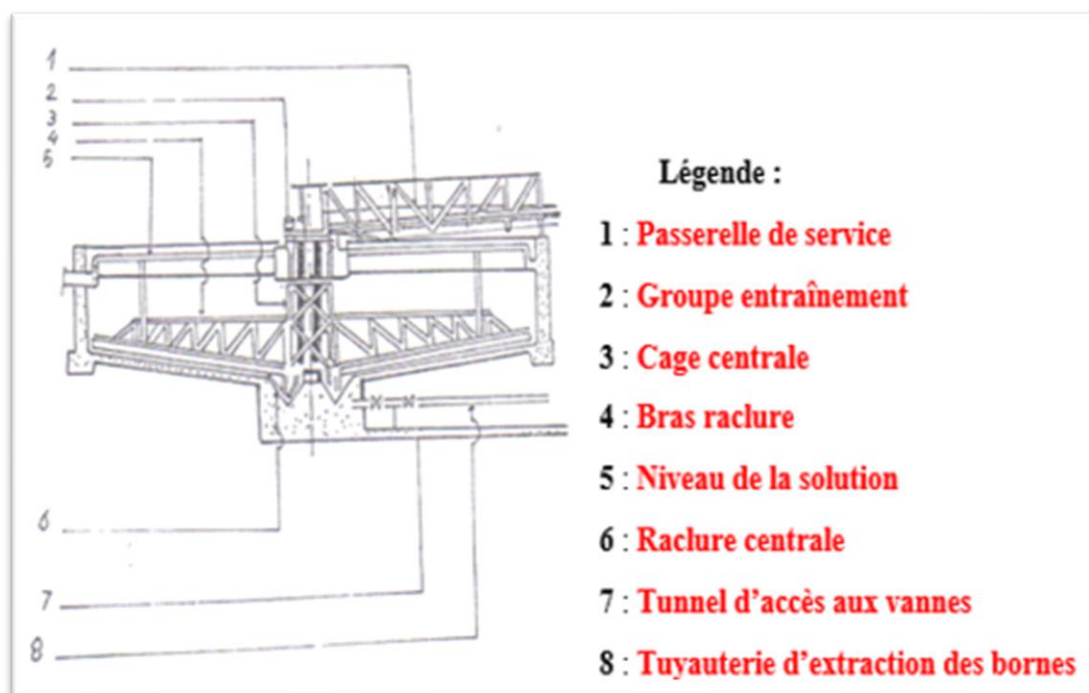


FIG.III. 7, Schéma d'un épaisseur [15]

#### III.4.1.3. Lavage

Le but de l'opération de lavage est d'augmenter la teneur du produit marchand. Au niveau de cette opération on lave le produit pour diminuer le pourcentage des matières argileuses. L'eau après lavage sera destinée vers l'épaississeur lavage pour éliminer les schlamms et récupérer l'eau qui sera utilisé dans l'opération de débouage.

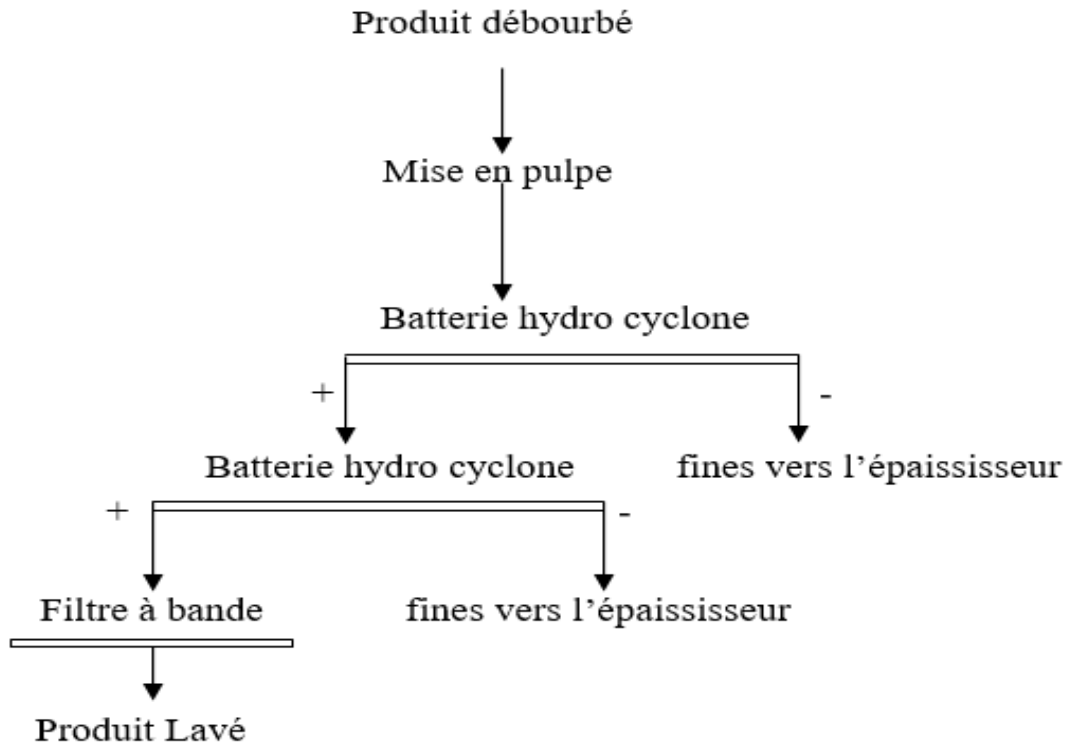


FIG.I8 , Schéma technologique de l'atelier lavage[8]

### III.5 Séchage :

Le produit débourbé étant un produit semi fini humide et qui nécessite une déshydratation jusqu'à l'obtention d'un produit marchand d'une humidité de 1%. Le séchage se fait au moyen deux méthodes à savoir [16] :

- ✚ - Séchage par four de calcination
- ✚ - Séchage par four horizontal

#### III.5.1 Séchage par four de calcination :

Le produit débourbé étant un produit semi fini, préalablement destiné à un traitement pyrotechnique par calcination a des températures allant de 700° jusqu'à 900° C pour fabriquer une gamme de qualités allant de 69 à 75 % TPL, ces qualités ne sont plus fabriquées actuellement.

Des techniciens du complexe CMDO on convertit l'installation de calcination existante en four de séchage vertical avec un débit horaire de 60 t/h/ligne (3lignesX60 t/h=180 t/h/atelier), le souci et de répondre à la demande croissante en matière de production d'une part et d'autre part rentabiliser l'installation de la calcination et le débourbage. [8]

### III.5.2 Séchage par four horizontal :

Cet atelier comporte deux fours horizontaux rotatifs dont la température ajustée est à  $105\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ . Ces fours sont à mouvement rotatif dans lequel le produit débourbé est séché dans une chambre de fluidisation et ce en formant un lit fluidisé en suspension qui a travers la longueur du four le produit subisse une évaporation de l'eau imbibée dans le produit. [11]

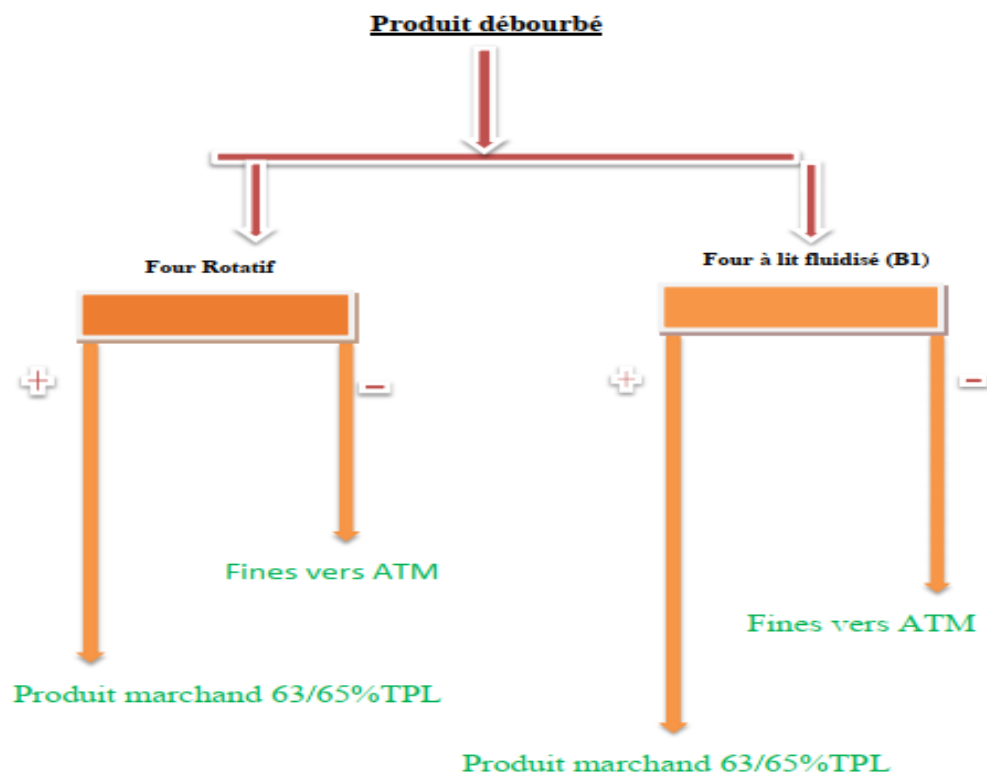


FIG. III. 9, Schéma technologique de l'atelier séchage. [15]



FIG. III. 10, l'atelier séchage.



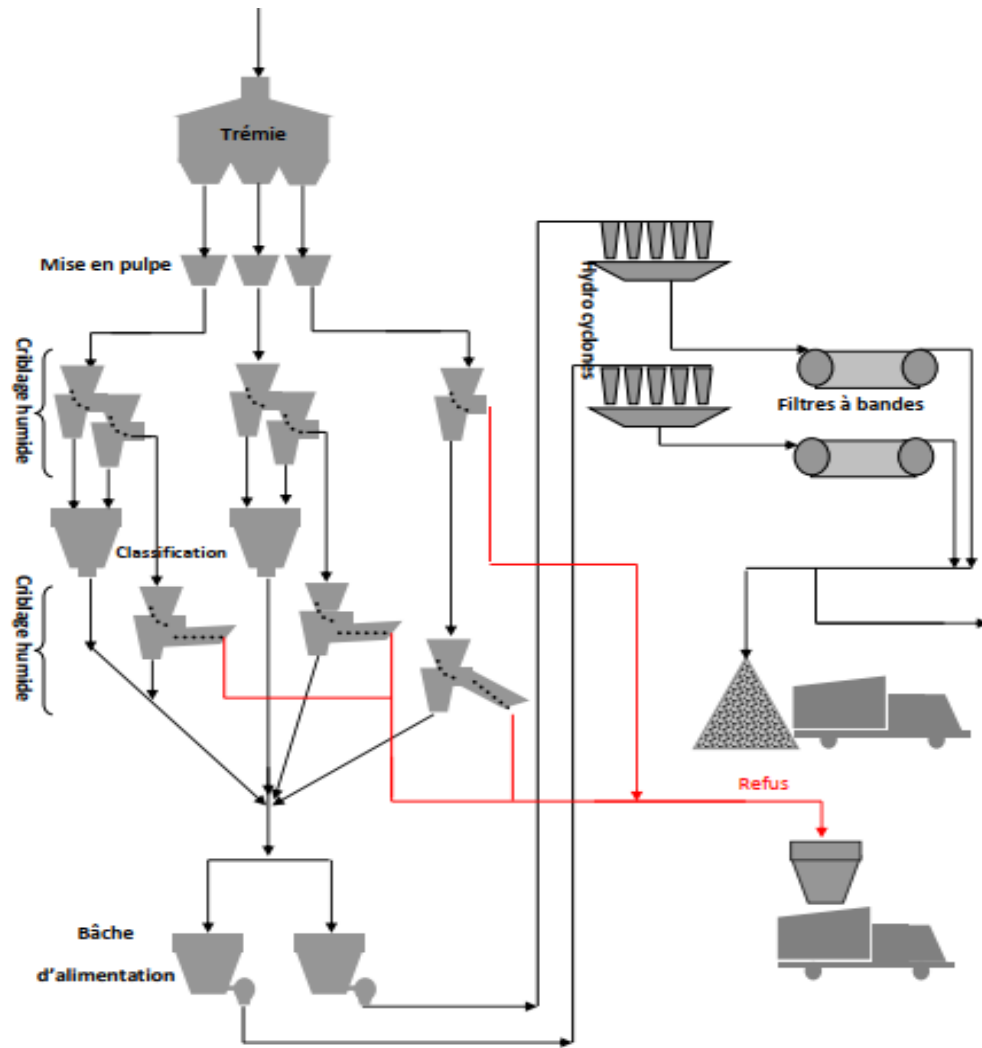


FIG. III. 11, Schéma débouage. [15]



FIG. III. 12, Séchage à lit fluidisé.

### III.6 Traitement Par Voie Sèche (Dépoussiérage) :

Cette opération s'effectue dans les ateliers de dépoussiérage (DK2 et DK3), est un procédé physico-mécanique d'enrichissement du minerai phosphate pour l'obtention d'un concentré moyen de 29 à 30 %  $P_2O_5$  c'est un procédé issu d'une technologie de traitement à sec, basé essentiellement sur la décarbonation par impacte et aménagement granulométrique. Le but principal de ce type de traitement est d'enrichir à sec un produit provenant de la carrière ayant 54 à 56 % de TPL, broyé et criblé à 15 mm contenant 3 à 7 % d'humidité pour ramener à la qualité commerciale titrant 62.5 % à 63.5 de TPL et des granulométries comprises entre 800  $\mu$  et 90  $\mu$ . Chaque ligne est d'une capacité de 230 T/h à l'alimentation et 137.5 T/h à la sortie d'un rendement poids de 60 à 62 % pour pouvoir traiter et enrichir à sec le produit il doit subir cinq (5) opérations de préparation et d'enrichissement. [11]

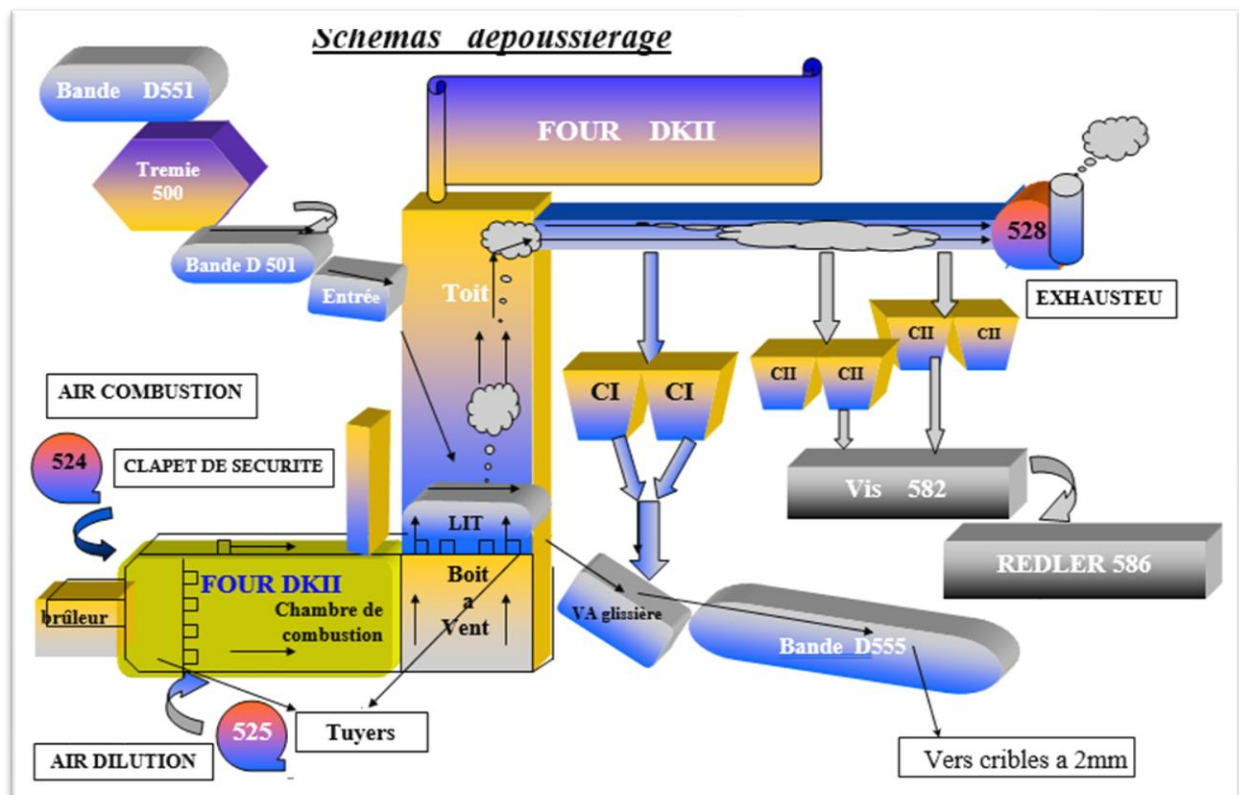


FIG. III. 13, Schéma débouillage. [15]



### III.6.1 Séchage à lit fluidisé :

Cette opération élimine aussi une partie des solides les plus fines en les entraînant avec les gaz de fluidisation. Il consiste deux fours sécheurs, ils sont divisés en deux comportements

- ✚ - Combustion et dilution.
- ✚ - Séchage par fluidisation.

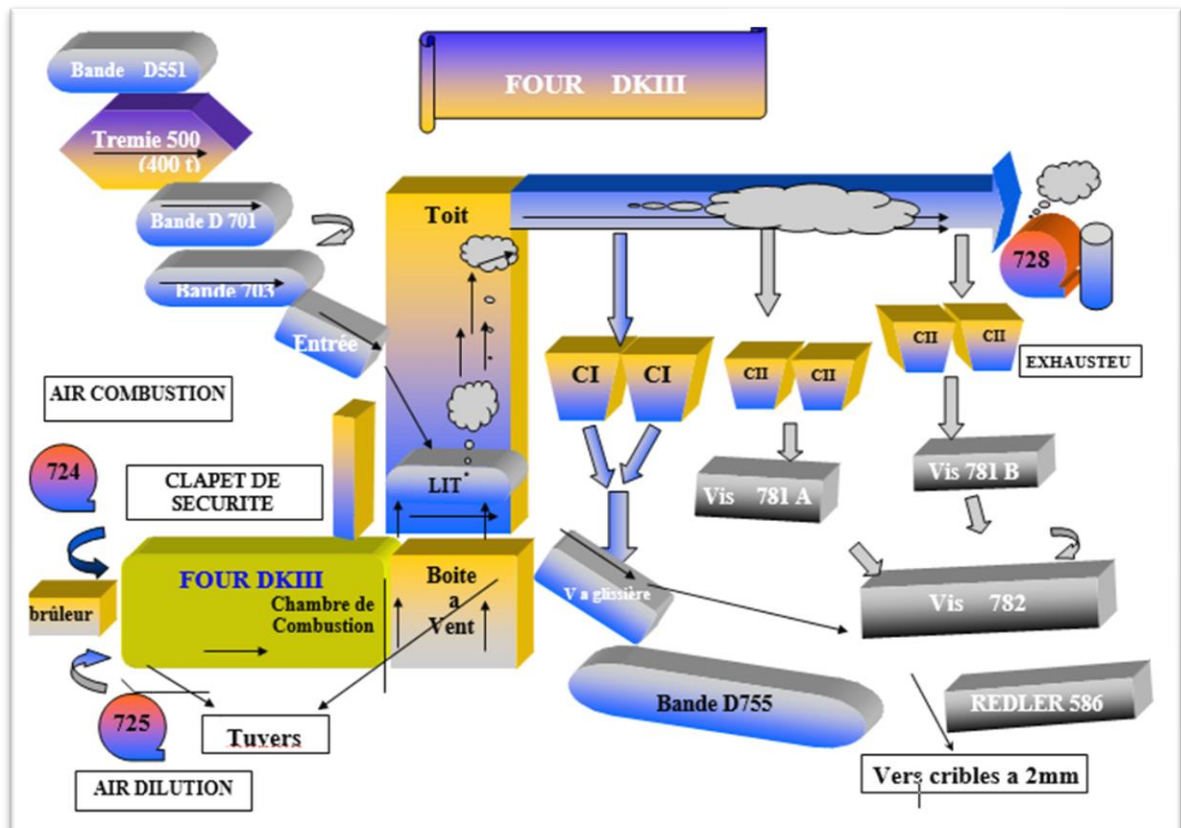


FIG. III. 14, l'atelier de dépoussiérage (DK2) [15]

### III.7 Criblage à 2 mm :

Cette opération consiste à éliminer le produit dont la dimension est supérieure à 2mm au moyen des cribles équipé d'un tamis de 2mm, permet le rejet les gros supérieurs à 2mm qui sont du calcaire, les moins de 2 mm sont admis et acheminés vers les broyeurs (rendement poids 88%). [6]



FIG. III. 15, Machine de Crible à 2mm.

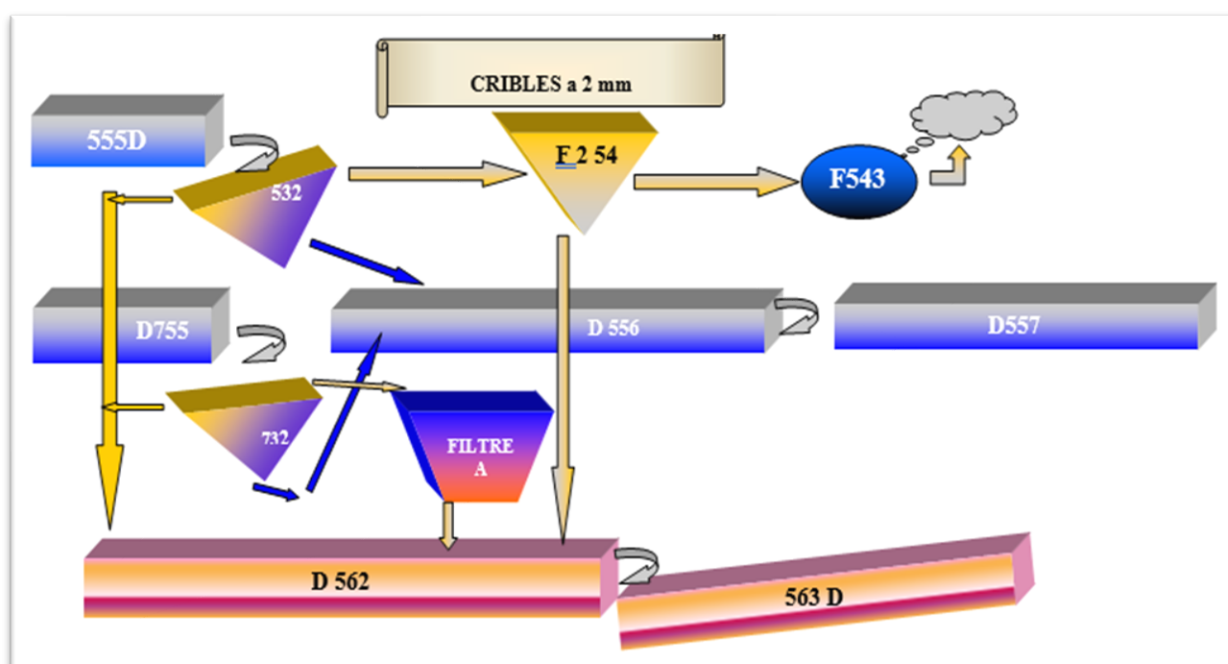


FIG. III. 16, La séparation à 2mm par vibrantes de marque RHEWUM [15]

### III.8. Broyage par attrition :

Pour libérer une partie de l'exo gangue aux grains de phosphate, et permettre un meilleur enrichissement final par séparation granulométrique par des broyeurs « Broyeur DRAGAN », équipés d'un rotor sur la quel portés des marteaux et chambre de broyeur. [5]



FIG. III. 17, Broyeur à attrition. « Broyeur DRAGAN »

### III.9. Sélection par une turbo sélection ventilée :

Microns à l'aide des ventilateurs. Cette opération a pour but d'enrichissement du produit en éliminant les fines particules moins de 80 [5]



FIG.III. 18, Figure 1: Sélection par TSV

- ✓ Type : RAYNOLD
- ✓ Débit d'air : 200 m<sup>3</sup>/h
- ✓ Longueur : 3m
- ✓ Débit d'alimentation : 30 à 60 t/h

Le débit d'air dans le sélecteur (environ 100μ pour 15m<sup>3</sup>/ h par sélecteur).

### III.10. Criblage à 1 mm

Notre gamme riche en phosphate de dimensions entre  $100\mu$  et 1 mm est récupérée sous forme de produit criblé et dépeussière et qui titre 28,8 à 29,7  $P_2O_5$  (66 /68 en TPL).

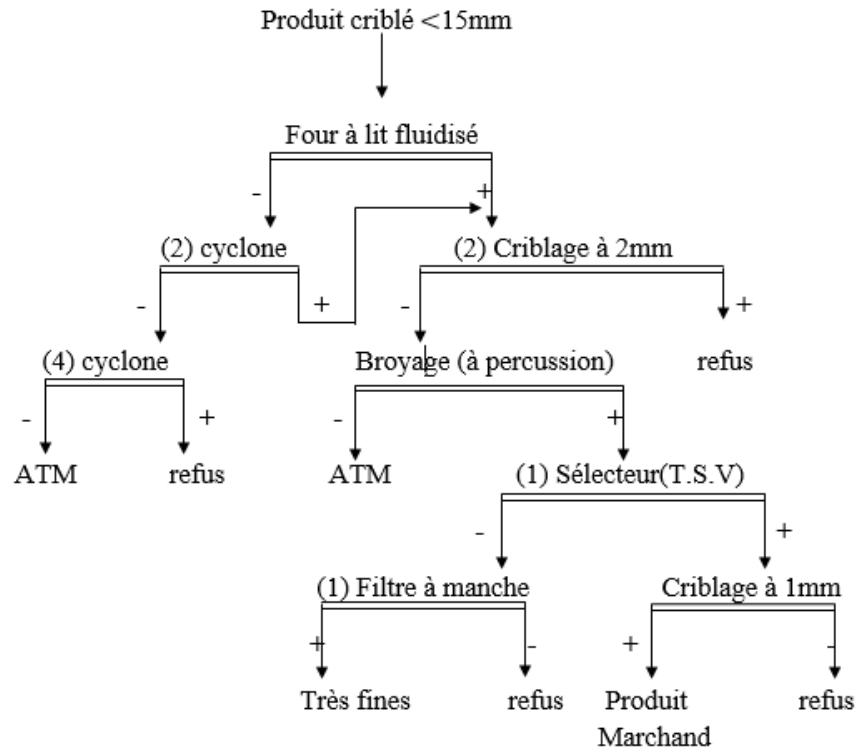


FIG.III. 19, Schéma technologique de Criblage à 1 mm

### III.11. Criblage à 0,8 mm :

Le même principe que les cribles de 2 mm d'où ils ont rejeté les grains de phosphate supérieur à 0,8 mm



FIG. III. 20, Machine de Crible à 0,800 mm



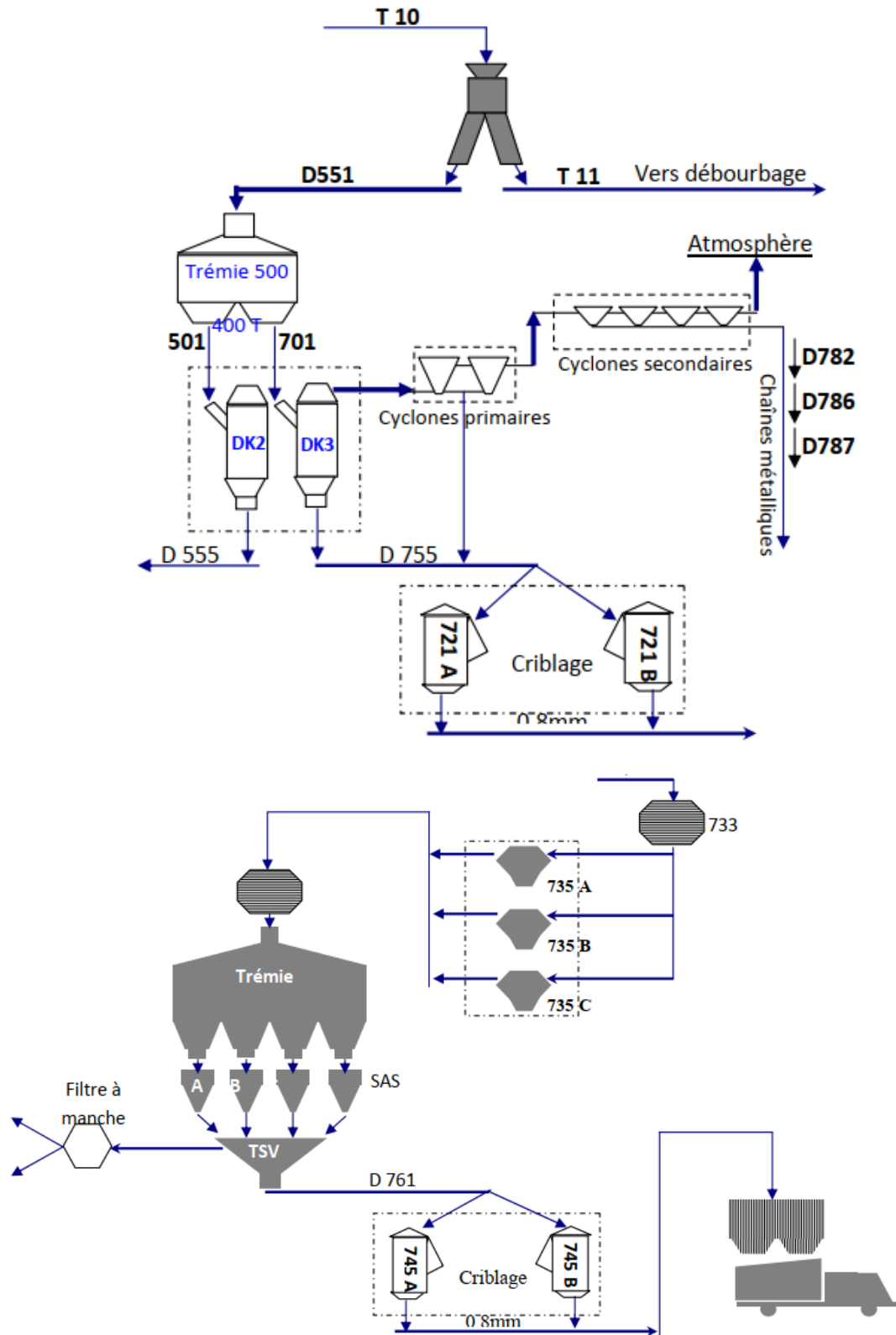


FIG. III. 21, Schéma technologique de traitement par voie sèche [15]

**III.12. Conclusion :**

Le minerai de phosphate au niveau de Djebel Onk passe en deux étapes d'enrichissement pour l'obtention des produits concentrés (voie humide et voie sèche). Pour subir des traitements par les deux voies, le minerai tout venant de la carrière doit passer par la préparation mécanique.

Le rendement total de la production et varie de (63/65) % TPL pour la voie humide et de (65/68) % TPL pour la voie sèche, ce qui montre qu'il y a une grande perte, en général les refus contiennent une teneur considérable en  $P_2O_5$  comprise entre 21- 26%, avec une teneur de  $CO_2$  varie de 9 à 12% et teneur en MgO entre 2 et 4 %. Ils sont considérés comme une nouvelle source de phosphate.

*Chapitre IV : Analyse  
Granulométrique Du  
Phosphate Par Tamisage*

## **IV.1 Introduction :**

L'analyse granulométrique d'un phosphate consiste à déterminer la proportion des diverses classes de grosseur des particules. Il n'existe pas de méthode parfaite pour déterminer la granulométrie, l'exactitude de la méthode dépend de la nature du phosphate et, plus précisément, de la forme géométrique des particules et du pourcentage des matières organiques qu'elles renferment. L'analyse granulométrique permet de déterminer et d'observer les différents diamètres de grains qui constituent un granulat. Pour cela l'analyse consiste à séparer et classer à l'aide de tamis ces grains selon leur diamètre. Les grains ainsi isolés peuvent être pesés pour déterminer la proportion de chacun dans le granulat.

## **IV.2. Classification des granulats par Analyse granulométrique :**

### **IV.2.1. Définition :**

D'après la définition de l'AFNOR, la granulométrie est une science qui a pour objet la mesure de la taille et de la forme des particules élémentaires qui constituent les ensembles de grains de substances diverses, telles que phosphate, farines, poudres, sables, etc. Elle est définie par la répartition statistique des particules qui composent la poudre en fonction de leurs dimensions. Séparation, mélange et transfert (7). La granulométrie joue aussi un rôle important sur la vitesse de dissolution (GILLARD (13)).

- Les fines 0/D avec  $D \leq 0.08\text{mm}$ ,
- Les sables 0/D avec  $D \leq 6.3\text{mm}$ ,
- Les gravillons d/D avec  $d \geq 2\text{mm}$  et  $D \leq 31.5 \text{ mm}$
- Les cailloux d/D avec  $d \geq 20\text{mm}$  et  $D \leq 80 \text{ mm}$
- Les graves d/D avec  $d \geq 6.3\text{mm}$  et  $D \leq 80 \text{ mm}$

### **IV.2.2. Tamisage :**

Cette technique présente l'avantage d'être peu coûteuse et simple d'utilisation mais son emploi est limité aux particules supérieures à  $50 \mu\text{m}$ . Son principe consiste à faire passer une masse connue à travers une colonne de tamis soumis à des vibrations. Chaque fraction refusée est ensuite pesée. Un tamis est formé par un tissage qui laisse des intervalles



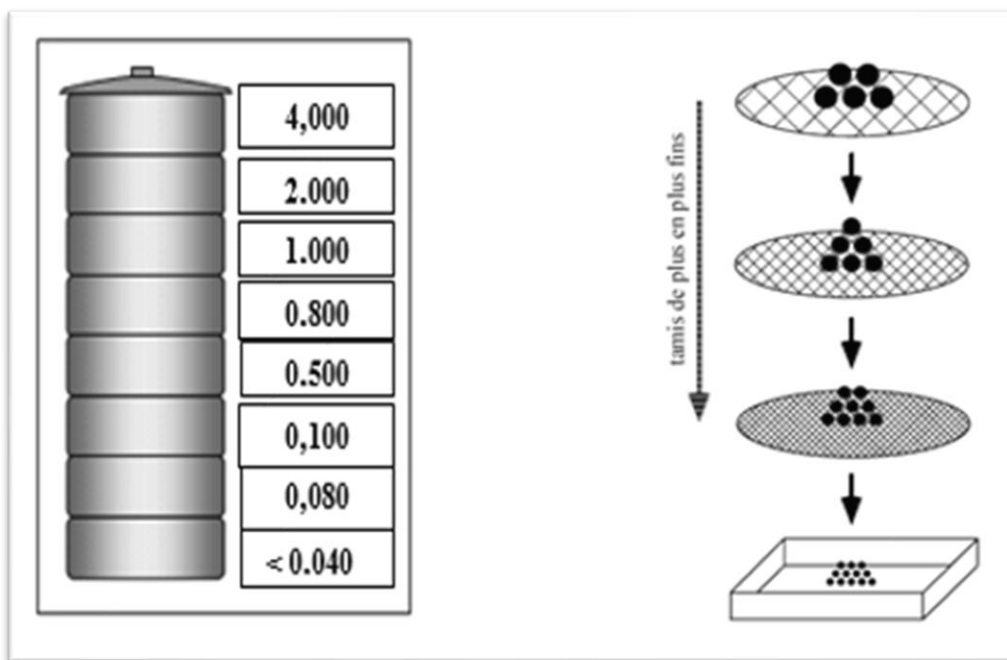


Fig. IV. 1 , exemple d'une Colonne de tamis simplifiée de tamisage à sec[1]

Refus : désigne la partie des grains retenue dans un tamis.

Refus cumulé : représente tous les grains bloqués jusqu'au tamis considéré (les grains du tamis considéré plus les grains bloqués dans les tamis de mailles supérieures).

Tamisât ou passant : désigne la partie qui traverse le tamis.

#### IV.2.3- Matériels nécessaire :

- Série de tamis d'ouvertures de mailles normalisées.
- Machine à tamiser (Vibro-tamis)
- Récipients métallique ou en en plastique
- Main écope pour le remplissage
- Balance analytique dont la sensibilité est de 0,01 g
- Étuve à  $105 \pm 5$  °C

❖ **les tamis** : Un tamis est constitué d'une toile métallique ou d'une tôle perforée définissant des mailles de trous **carrés**. Les tamis sont désignés par la longueur du côté de ces carrés c'est-à-dire par la taille des mailles. Les mailles du plus petit tamis ont une dimension de 0,08 mm La taille des mailles des tamis est normalisée. Cette taille correspond aux termes d'une suite géométrique de raison 1,259. Chaque dimension de maille d'un tamis correspond donc à la dimension du précédent multipliée par 1,259.



Fig. IV. 2, Matériels nécessaire d'analyse granulométrique [7]

#### IV.2.4. But de la manipulation :

L'essai d'analyse granulométrique permet essentiellement de déterminer et répartir la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles des grains d'un échantillon.

#### Le but de l'essai se matérialise par :

- ✓ Le dimensionnement des particules qui varie entre  $>0.50$  mm à 20 mm
- ✓ La classification utilisée pour caractériser les grains de différentes dimensions
- ✓ L'établissement de la courbe granulométrique qui donne des informations très précises sur le phosphate étudié.

### IV.3. Prélèvement des échantillons (Echantillonnage au niveau de la chaîne de traitement) :

- Sur la base des méthodes mentionnées ci-dessus, j'ai prélevé 8 échantillons de phosphate à la chaîne de traitement.
- Le prélèvement a été fait chaque une heure au niveau des secteurs de traitement, et chaque poste de travail (3×8).
- Tous les échantillons sont prélevés 12 fois afin de confirmer de la représentativité des produits.

- + **1<sup>ème</sup> Echantillon : (30)** Alimentations Tout venant -sortie broyeur
- + **2<sup>ème</sup> Echantillon (31)** est prélevée au niveau de refus de crible ( $\emptyset = +15\text{mm}$  ; atelier débouillage) ;
- + **3<sup>ème</sup> Echantillon : (33A)** échantillon après le criblage à une taille  $<15\text{ mm}$
- + **4<sup>ème</sup> Echantillon : (45)** Refus  $+1\text{ mm}$  après le traitement par voie humide (débouillage).
- + **5<sup>ème</sup> Echantillon : (34)** échantillon humide après le séchage, à une taille des particules  $>1\text{ mm}$ , avec une humidité entre  $10 - 15\%$ .
- + **6<sup>ème</sup> Echantillon** est prélevée au niveau de refus des cribles ( $\emptyset = 1\text{mm}$  ;  $2\text{mm}$  / atelier dépoussiérage) ;
- + **7<sup>ème</sup> Echantillon** Fine TSV est prélevée au niveau de refus de TSV (Turbo Sélection Ventilée /atelier dépoussiérage).
- + **8<sup>ème</sup> Echantillon : (91)** échantillons après traitement à sec (dépoussiérage), à une taille des particules  $>0,800\text{ mm}$ , « Produit marchant ». **Spéciale**

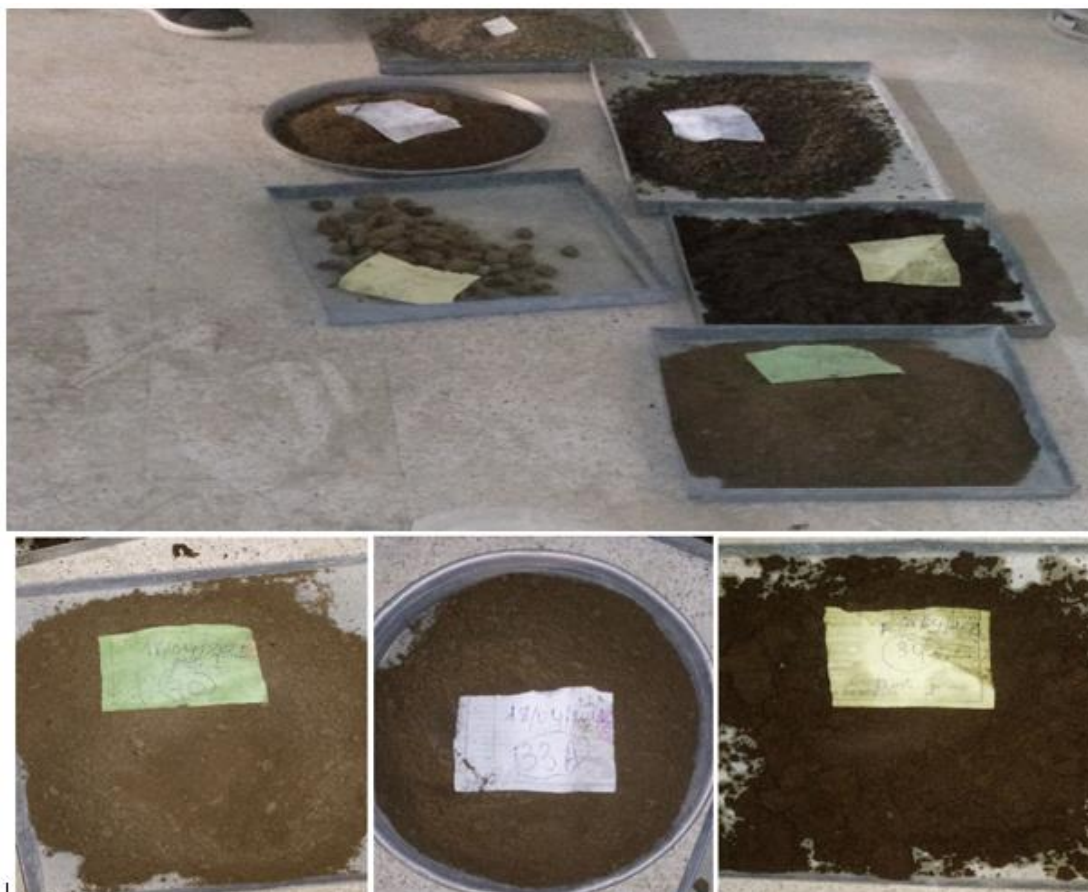


FIG. IV. Fig.IV,3,les différents échantillons prélevés

#### IV.4- Préparation préliminaire des échantillons

Au laboratoire, les échantillons sont soumis aux étapes de préparation suivantes : mélange, quartage, séchage, concassage, tamisage.

##### IV.4.1. Mélange et quartage.

On mélange les échantillons prélevés au toit et au mur de chaque couche pour qu'ils soient bien homogènes, ensuite on procède par quartage.

##### IV.4.2. Séchage.

$\frac{1}{4}$  de l'échantillon est séché dans une étuve à 50 °C pendant 24 heures et les autres  $\frac{3}{4}$  restants sont stockés pour d'autres fins.

##### IV.4.3. Tamisage.

Il est effectué à sec. Deux tamis sont utilisés (mailles 2 mm et 63  $\mu$ m, respectivement) dans le but d'éliminer la fraction supérieure à 2 mm (carbonates, gypse...). La fraction inférieure à 63  $\mu$ m nous a servi pour faire notre analyse granulométrique à la granulométrie laser.

#### IV.4.4. Broyage

Le broyage est réalisé manuellement à l'aide d'un mortier en agate pour les besoins de l'analyse chimique, et à l'aide d'un broyeur mécanique pour les besoins de l'analyse physique réalisée au laboratoire de radio analyse au Centre National des Sciences et des Technologies Nucléaires.

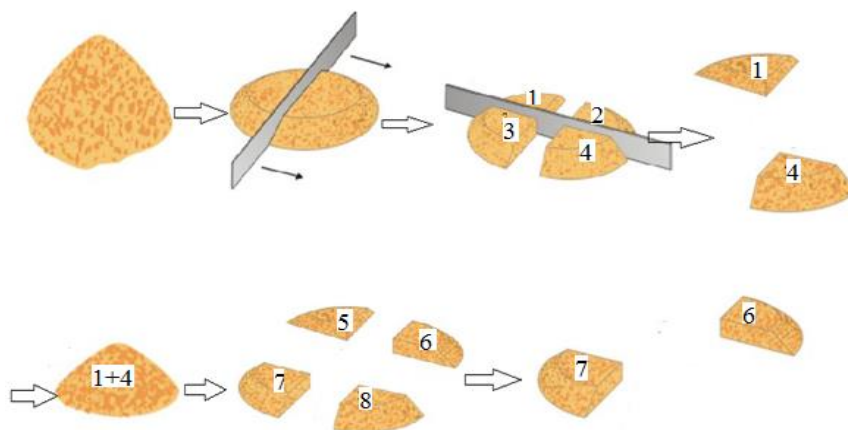


Fig. IV. 4, Quartage du minerai de phosphate de Djebel Onk

#### IV. 5. Analyse granulométrique

La grosseur du mélange des particules de n'importe quel matériau est caractérisée par la composition granulométrique, montrant la distribution des teneurs en produits fin.

L'analyse granulométrique est effectuée sur les tamis suivants pour les échantillons non broyés :

+2.000 mm, +1.250 mm, +1.000 mm, +0.800 mm, +0.200 mm, +0.160 mm, +0.125 mm, +0.100 mm, +0.080 mm, -0.080 mm

Les échantillons seront broyés finement à 90% passant tamis 80 microns, avec les deux globaux et leurs tranches granulométriques près cités, destinés aux analyses chimiques.

- **But de la manipulation**

la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles des grains d'un échantillon. Le but de l'essai se matérialise par :

- ✓ Le dimensionnement des particules qui varie entre >0.50 mm à 20 mm.
- ✓ La classification utilisée pour caractériser les grains de différentes dimensions.
- ✓ L'établissement de la courbe granulométrique qui donne des informations très précises sur le phosphate étudié

## IV. 6. Analyse physico-chimique

Le but de l'analyse physico-chimique est de déterminer la composition chimique des divers éléments ou combinaisons qui entrent dans la composition du corps à étudier.

### IV.6.1. Dosage du $P_2O_5$ par la méthode spectrophotométrie automatique (Auto-analyseur)

Le système Technico Auto-analyseur est le dernier né d'une gamme complète d'instruments pour l'analyse chimique automatique en phase liquide. L'Auto-analyseur met en œuvre les techniques les plus évoluées de la mécanique de fluide pour réaliser la mesure rapide et fiable des paramètres industriels les plus critiques, à des cadences de dosages pouvant atteindre 120 échantillons par heure. Les systèmes l'Auto-analyseur ont une caractéristique commune, leur conception modulaire. Cette particularité permet de les adapter à tous les besoins analytiques spécifiques et en fait un remarquable outil de recherche doté d'une souplesse extraordinaire.



Fig. IV. 5, Auto-Analyseur Technico[17]

Dans le système l'Auto-analyseur, on dépose les échantillons dans godets du distributeur. Une pompe proportionnant péristaltique fonctionnement en continu assure leur prélèvement et les fait avancer ainsi que les étalons et les réactifs dans le circuit analytique. La réaction de coloration prend place dans une bobine de délai ou celle d'un bain-marie. Le colorimètre mesure la densité optique de la solution tandis que les résultats s'inscrivent en une série de pics sur la feuille d'enregistrement. La réponse de l'enregistrement est directement proportionnelle à la concentration de la substance dosée.



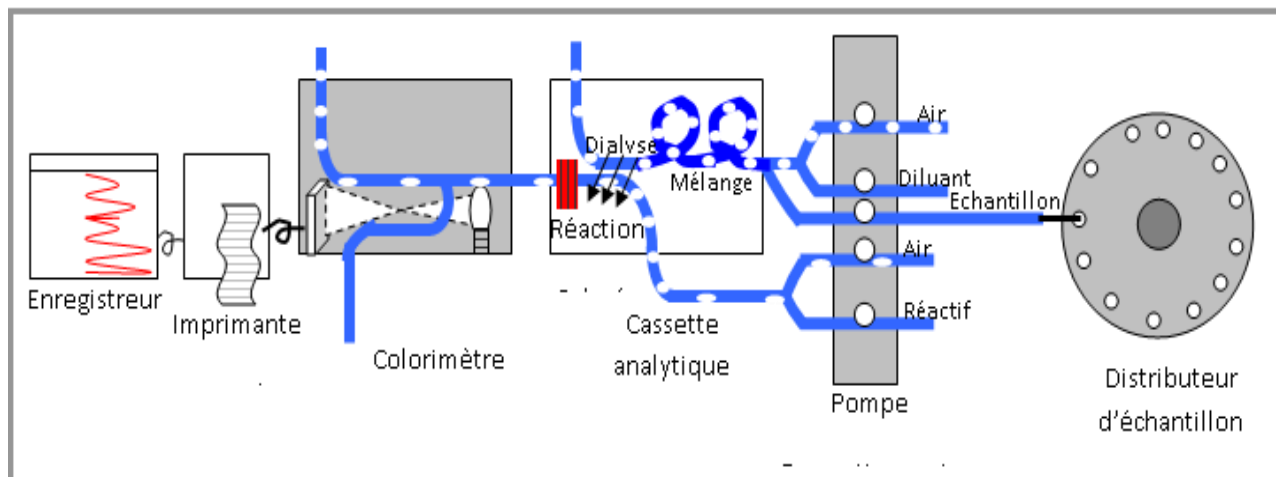


FIG. IV. 6, Schéma d'auto-analyseur[17]

**A- Principe**

- Formation d'un complexe jaune entre les ions phosphoriques vanadiques molybdiques ;
- Détermination spectrophotométrie automatique à l'aide de l'auto-analyseur Technico.

**B- Attaque**

Attaque perchlorique.

**C- Réactifs**

- Acide nitrique  $\text{HNO}_3 = 1.38 \text{ mg/ml}$  ( $d = 1.38$ , 65% en poids) ;
- Acide perchlorique  $\text{HClO}_4 = 1.61 \text{ mg/ml}$  ( $d = 1.61$ , 70% en poids) ;
- Réactif vanado-molybdique.

**D- Préparation du réactif vanado-molybdique**

Mélanger dans l'ordre et en proportion égales les trois solutions :

- Solution A : Préparer 2000 ml d'une solution contenant un volume d'acide nitrique et deux volumes d'eau distillée ;
- Solution B : Dissoudre 5g de metavanadate d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{VO}_3$ ) dans 500 ml de l'eau distillée bouillante ;

Ajouter 40 ml d'acide nitrique et compléter à 2000 ml avec de l'eau distillée, après refroidissement.

- Solution C : Dissoudre 100 g de molybdate d'ammonium ( $\text{Mo}_7\text{O}_{24}(\text{NH}_4)_6, 4\text{H}_2\text{O}$ ) dans 1500ml de l'eau bouillante et compléter à 200 ml par l'eau distillée chaude.

**E- Préparation de la solution étalons d'anhydride phosphorique**

- Solution mère de concentration 10 mg/ml en  $\text{P}_2\text{O}_5$  : Préparer la solution étalon mère à partir de  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  (phosphate monoammonique) où  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (phosphate monopotassique) sécher à  $105^\circ\text{C}$  pendant 2heures ;

Peser 19,174 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  déjà séché et l'introduire dans une fiole jaugée de 1000 ml avec l'eau distillée ;

- Solutions étalons filles : A partir de la solution étalon mère préparé alors sept solutions étalons filles de la façon suivante ;

Dans une série des fioles de 500 ml introduire les volumes de solution mère respectivement : 5, 10, 15, 20, 25 et 30 ml.

Dans toutes les fioles ajouter 15ml d'acide nitrique, compléter le volume au trait de jauge avec de l'eau distillée, homogénéiser. Elles correspondent selon l'attaque perchlorique à des teneurs en %  $\text{P}_2\text{O}_5$  suivants : 5, 10, 15, 20, 25, 30 et 35%.

#### *F- Appareillage*

- Matériel courant de laboratoire ;
- Auto-Analyseur Technico, équipé d'un manifold pour le dosage de l'anhydride phosphorique et muni d'un filtre à de 430 nm.

### **IV. 6. 2. Dosage du Magnésium $\text{MgO}$ par absorption atomique**

#### *A- Spectrométrie d'absorption atomique*

Dans le cas particulier de l'absorption atomique, on travaille sur des atomes libres à l'état fondamental ( $W_i = 0$ ) : ces atomes peuvent absorber des photons et passer ainsi à leurs différents états excités peu nombreux à cause des règles de sélection qui interdisent le nombre total de combinaisons que l'on pourrait réaliser entre les états excités et l'état fondamental.

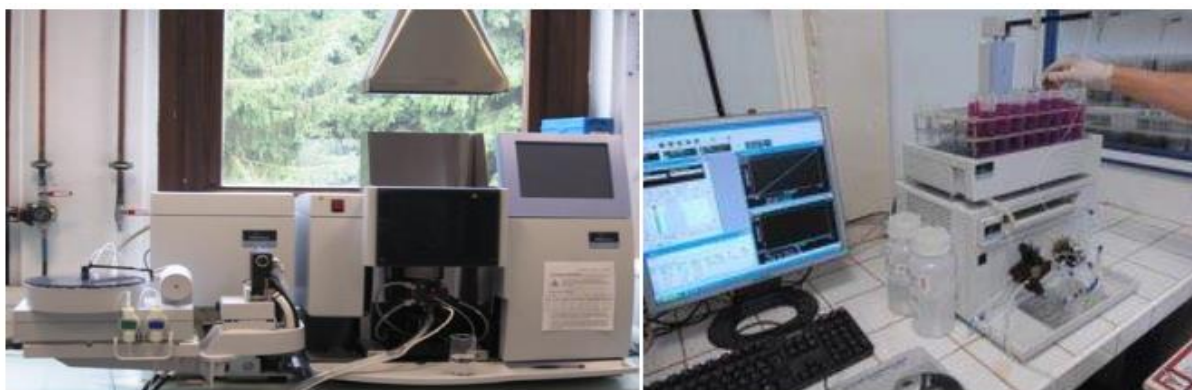
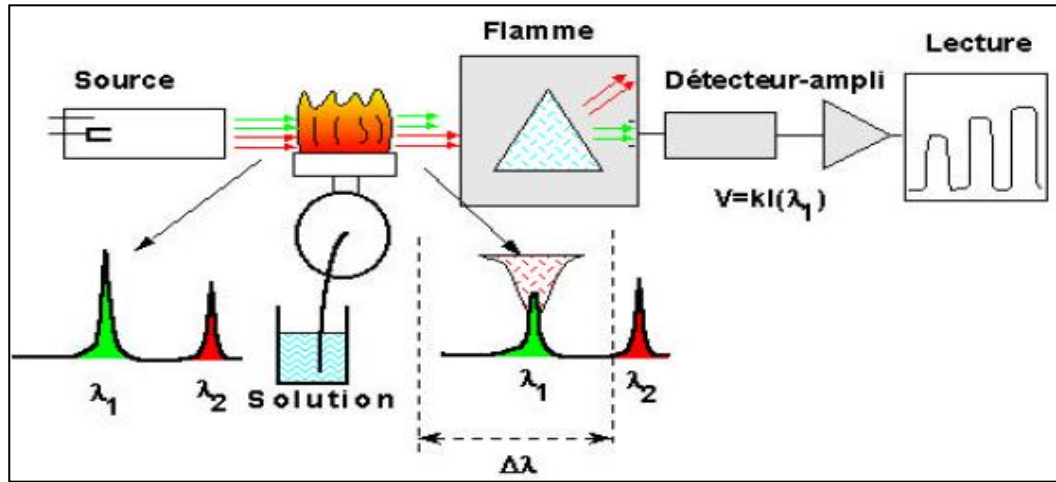


FIG. IV. 7, Appareil de l'absorption atomique[17]



Les photons absorbés étant caractéristiques des éléments absorbants, et leur quantité étant proportionnelle au nombre d'atomes d'élément absorbant, l'absorption permet de mesurer les concentrations des éléments que l'on a décidé de doser. L'appareil est schématisé ci-



dessous.

FIG. IV. 8, Schéma de principe du spectrophotomètre d'absorption atomique[17]

### B- Principe

Détermination de la teneur en magnésium dans une solution d'essai par spectrométrie d'adsorption atomique en présence de l'oxyde de lanthane ou chlorure de lanthane.

### C- Réactifs

- Acide chlorhydrique concentré  $d = 1,19$  : 37% en poids ;
- Solution étalon mère de : 1g/litre de magnésium ;
- Solution fille de : 100 mg/litre en magnésium (50ml dans 500ml de solution) ;
- Tampon spectrochimique au lanthane : Peser 58,64 g de  $(La_2O_3)$  et le dissoudre.

Dans une fiole jaugée d'un litre puis lentement et avec précaution, ajouter 250ml d'acide chlorhydrique concentré après dissolution ajuster et jauger avec de l'eau distillée.

### D- Gamme d'étalonnage

Dans une série des fioles de 100 ml ajouter successivement 0,5ml ; 1ml ; 2ml ; 4ml ; 6 ml de la solution fille puis 2ml d'oxyde de lanthane et 2ml d'acide chlorhydrique dans chaque fiole ajuster aux traits de jauge avec de l'eau distillée.

Ce volume correspond à : 0.5 mg/l ; 1mg/l ; 2mg/l ; 4mg/l et 6mg/l en magnésium.

Appareil spectrométrie d'absorption atomique équipé d'un brûleur air-acétylène et d'une lampe à cathode creuse en magnésium pour une longueur d'onde de 285,2 nm pour ce dosage de magnésium.

#### ***E- Appareillage***

- Matériel courant de laboratoire ;
- Spectrophotomètre d'absorption atomique, muni d'une lampe à cathode creuse, pour le dosage du magnésium et d'un brûleur air-acétylène. AAS3300 ;
- Installation d'air comprimé ;
- Acétylène.

#### ***F- Opérateur***

Prélever 5ml de la solution d'attaque perchlorique dans une fiole jaugée de 100ml ajouter 2ml de lanthane et 2ml d'acide chlorhydrique concentré ajuster la fiole à 100ml et passer au spectrophotomètre d'absorption atomique.

A partir de la gamme d'étalonnage et le blanc des réactifs tracer la courbe d'étalonnage en ordonné les absorbances et en abaisse les concentrations en mg/l de magnésium.

### **IV. 6. 3. Dosage de l'anhydride carbonique (Par Calcimètre de BERNARD)**

Un Calcimètre permet de mesure le volume de CO<sub>2</sub> dégagé par action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) d'un échantillon de sol ou de roche.

#### ***A- Principe***

Attaque du phosphate par l'acide chlorhydrique, en récipient fermé, mesure du volume gazeux dégagé.

Le dégagement éventuel d'hydrogène sulfuré est empêché par addition de sulfate de cuivre.

#### ***B- Réactifs***

- Acide chlorhydrique solution à 50% en volume ;
- Sulfate de cuivre anhydre ;
- Etalons : carbonate de calcium pur et sec.

#### ***C- Appareillage***

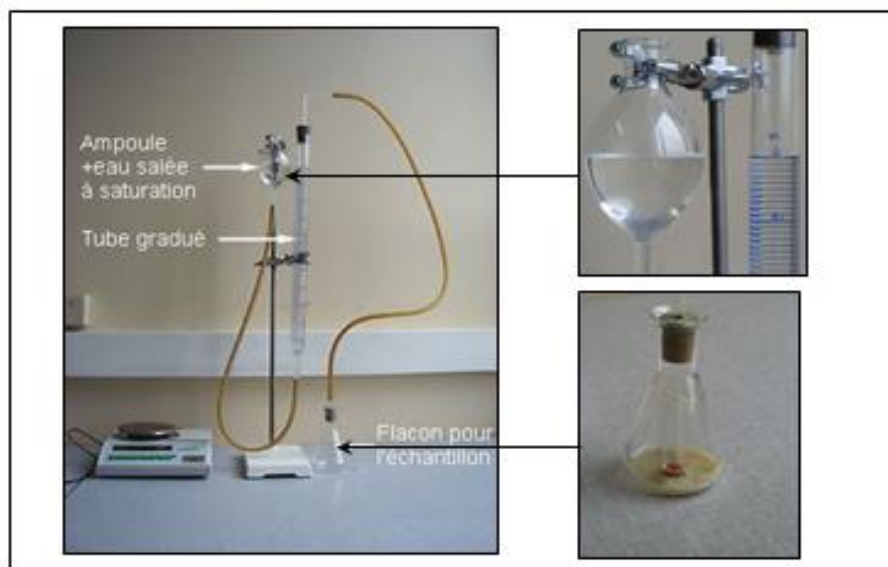


FIG. IV. 9, Schéma de Calcimètre de BERNARD[17]

#### *D- Mode opératoire*

- Peser un 1g d'échantillon broyé ;
- Introduire dans la fiole poire sèche ;
- Placer dans la fiole 10 à 12 billes de verre ;
- D'autre part, dans des tubes hémolyse introduire 5ml de sulfate de cuivre, l'introduire le tube à hémolyse dans la fiole contenant l'échantillon, sans renverser le liquide ;
- Incliner la fiole pour verser le contenu des tubes à hémolyse sur l'échantillon ;
- Abaisser le réservoir pour maintenir le liquide à peu près au même niveau dans le tube mesureur et dans le réservoir ;
- Agiter la fiole, sans interruption, jusqu'au moment où le niveau du liquide dans le tube mesureur ne varie plus ;
- Laisser refroidir sans agiter ;
- Noter de 5 en 5 mn la température et le volume dégagé, lorsque la température est égale à la température initiale, noter le volume, en prenant soin d'amener le liquide au même niveau dans le réservoir et dans le tube mesureur.

TAB. IV. 1, Résultat des analyses chimiques des 8 échantillons après le broyage.

ECHANTILLON	%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% CO <sub>2</sub>	% MgO
(30) Alimentations Tout venant	26.04	10.36	3.48
(31) refus de crible (Ø = +15mm atelier débouage)	23.34	9.21	1.82
(33A) Echantillon après le criblage à une Taille <15 mm	28.67	8.22	1.65
(34) Echantillon humide après le séchage, à une taille des particules >1 mm	29.72	7.07	1.26
(45) Refus +1 mm après le traitement par voie humide	20.13	10.52	5.30
<b>Refus +1mm /+2mm</b>	<b>21.72</b>	<b>8.55</b>	<b>2.81</b>
<b>Fine TSV refus (Turbo Sélection Ventilée / atelier dépoussiérage).</b>	<b>23.83</b>	<b>17.43</b>	<b>2.65</b>
(91) à une taille des particules >0,800 mm, « Produit marchant ».	31.35	6.49	0.76

### IV.7. Tableaux granulométriques et Commentaires :

Ces tableaux (2-9), nous montre la répartition (rendement) des grains du phosphate dans les échantillons de la chaîne de traitement, ainsi il nous montre également les valeurs et les pourcentages de particules dans chaque tranche. Nous avons également déduit les valeurs des intervalles dans chaque tranche.

TAB. IV. 2, L'analyse granulométrique pour les 30 tout venant : alimentation sortie broyeur

<i>Les mailles</i>	<i>Les poids</i>	$\gamma$ (%)	$\sum\gamma \nearrow$	$\sum\gamma \searrow$
+20	35.66	9.03	9.03	100
+10mm	17.48	4.43	13.46	90.97
+4mm	23.27	7.41	20.87	86.54
+2mm	18.94	4.79	25.66	79.13
+1mm	10.12	2.56	28.22	74.34
+0.8mm	5.25	1.33	29.55	71.78
+0.5 mm	23.44	5.93	35.48	70.45
+0.315mm	67.81	17.17	52.65	64.52
+0,1mm	171.3	43.37	96.02	47.35
+0,08mm	0.56	0.14	96.16	3.98
0.04	15.18	3.84	100	3.84
<b>Total</b>	<b>395.01</b>	<b>100</b>	<b>/</b>	<b>/</b>

TAB. IV. 3, L'analyse granulométrique pour 31 refus de crible ( $\emptyset = +15\text{mm}$  ; atelier débouillage)

<i>Les mailles</i>	<i>Les poids</i>	$\gamma$ (%)	$\sum\gamma \nearrow$	$\sum\gamma \searrow$
+20	316.96	88.78	0	99.98
+10mm	31.71	8.88	88.78	2.32
+4mm	1.27	0.35	97.66	1.97
+2mm	0	0	98.01	1.97
+1mm	0	0	98.01	1.97
+0.8mm	0	0	98.01	1.97
+0.5 mm	0	0	98.01	1.97
+0.315mm	0	0	98.01	1.97
+0,1mm	6.15	1.72	98.01	1.97
+0,08mm	0.15	0.04	99.73	0.25
+0.04mm	0.76	0.21	99.77	0.21
<b>Total</b>	<b>357</b>	<b>99.98</b>	<b>99.98</b>	<b>0</b>

TAB. IV. 4, L'analyse granulométrique pour les passants -15mm après le criblage à une taille <15 mm

<i>Les mailles</i>	<i>Les poids</i>	$\gamma$ (%)	$\sum\gamma \nearrow$	$\sum\gamma \searrow$
+20mm	14.94	3.90	3.90	99.98
+10mm	7.47	1.95	5.85	96.08
+4mm	37.22	9.71	15.56	94.13
+2mm	19.75	5.15	20.71	84.42
+1mm	12.72	3.32	24.03	79.27
+0.8mm	5.66	1.47	25.5	74.48
+0.5 mm	21.24	5.54	31.04	68.94
+0.315mm	60.86	15.88	46.92	53.06
+0,1mm	186.70	48.71	95.63	4.35
+0,08mm	2.46	0.64	96.27	3.71
0.04	14.22	3.71	99.98	0
<b>Total</b>	<b>383.24</b>	<b>99.98</b>	<b>/</b>	<b>/</b>

TAB. IV. 5, L'analyse granulométrique pour 45 Refus +1 mm après le traitement par voie humide

<i>les mailles</i>	<i>les poids</i>	$\gamma$ (%)	$\sum\gamma \nearrow$	$\sum\gamma \searrow$
+10mm	1.5	0.64	0.64	99.99
+4mm	87.88	37.52	38.16	99.35
+2mm	74.02	31.6	69.76	61.83
+1mm	31.95	13.64	83.4	30.23
+0.8mm	2.53	1.08	84.48	16.59
+0.5 mm	5.53	2.36	86.84	15.51
+0.315mm	10.88	4.64	91.48	13.15
+0,1mm	16.74	7.15	98.63	8.51
+0,08mm	0.75	0.32	99.95	1.36
+0.04mm	2.45	1.04	99.99	1.04
<b>Total</b>	<b>234.23</b>	<b>99.99</b>	<b>/</b>	<b>/</b>

TAB. IV. 6, la granulométrie pour 34 produits marchand débourbé « produit semi-fini » après le séchage, à une taille des particules &gt;1 mm,

<i>Les mailles</i>	<i>Les poids</i>	$\gamma$ (%)	$\sum\gamma \nearrow$	$\sum\gamma \searrow$
+1mm	1.66	0.52	0.52	99.98
+0.8mm	1.26	0.39	0.91	99.46
+0.5 mm	19.96	6.21	7.12	99.07
+0.315mm	78.88	24.55	31.67	92.86
+0,1mm	198.25	61.74	93.41	68.31
+0,08mm	1.15	0.36	93.77	6.57
0.04	19.95	6.21	99.98	6.21
<b>Total</b>	<b>299.98</b>	<b>99.98</b>	<b>/</b>	<b>/</b>

TAB. IV. 7, La granulométrie pour les refus des cribles ( $\emptyset = 1\text{mm}$  ;  $2\text{mm}$  / atelierdépoussiérage).

<i>Les mailles</i>	<i>Les poids</i>	$\gamma$ (%)	$\sum\gamma \nearrow$	$\sum\gamma \searrow$
+20	8.12	2.33	2.33	99.98
+10mm	23.75	6.82	9.15	97.65
+4mm	143.25	41.14	47.76	90.83
+2mm	72.21	20.74	50.29	49.69
+1mm	27.46	7.89	71.03	28.95
+0.8mm	4.01	1.15	78.92	21.06
+0.5 mm	11.17	3.21	80.07	19.91
+0.315mm	22.1	6.35	83.28	16.7
+0,1mm	33.55	9.63	89.63	10.35
+0,08mm	0.37	0.1	99.26	0.72
0.04	2.18	0.62	99.36	0.62
<b>Total</b>	<b>348.17</b>	<b>99.98</b>	<b>99.98</b>	<b>0</b>

TAB. IV. 8, L'analyse granulométrique des refus de TSV (Turbo Sélection Ventilée /atelier dépoussiérage).

<i>les mailles</i>	<i>les poids</i>	$\gamma$ (%)	$\sum\gamma \nearrow$	$\sum\gamma \searrow$
+0.5 mm	0.11	0.05	0.05	99.99
+0.315mm	0.33	0.15	0.2	99.94
+0,1mm	141.97	64.96	65.16	99.79
+0,08mm	8.09	3.70	68.86	34.83
-0.08	68.03	31.13	99.99	31.13
<b>Total</b>	<b>218.53</b>	<b>99.99</b>	/	/

TAB. IV. 9,5 L'analyse granulométrique de l'échantillons après traitement à sec, « Produit marchand ».

<i>Les mailles</i>	<i>Les poids</i>	$\gamma$ (%)	$\sum\gamma \nearrow$	$\sum\gamma \searrow$
+1mm	0.02	0.01	0.01	99.98
+0.8mm	0.13	0.04	0.05	99.97
+0.5 mm	9.35	3.12	3.17	99.93
+0.315mm	65.81	21.94	25.11	96.81
+0,1mm	214.57	71.56	96.67	74.87
+0,08mm	2.84	0.89	97.56	3.31
0.04	7.26	2.42	99.98	2.42
<b>Total</b>	<b>299.98</b>	<b>99.98</b>	/	/

#### IV.7.1. Les commentaires sur les courbes granulométriques en fonction de rendement poids



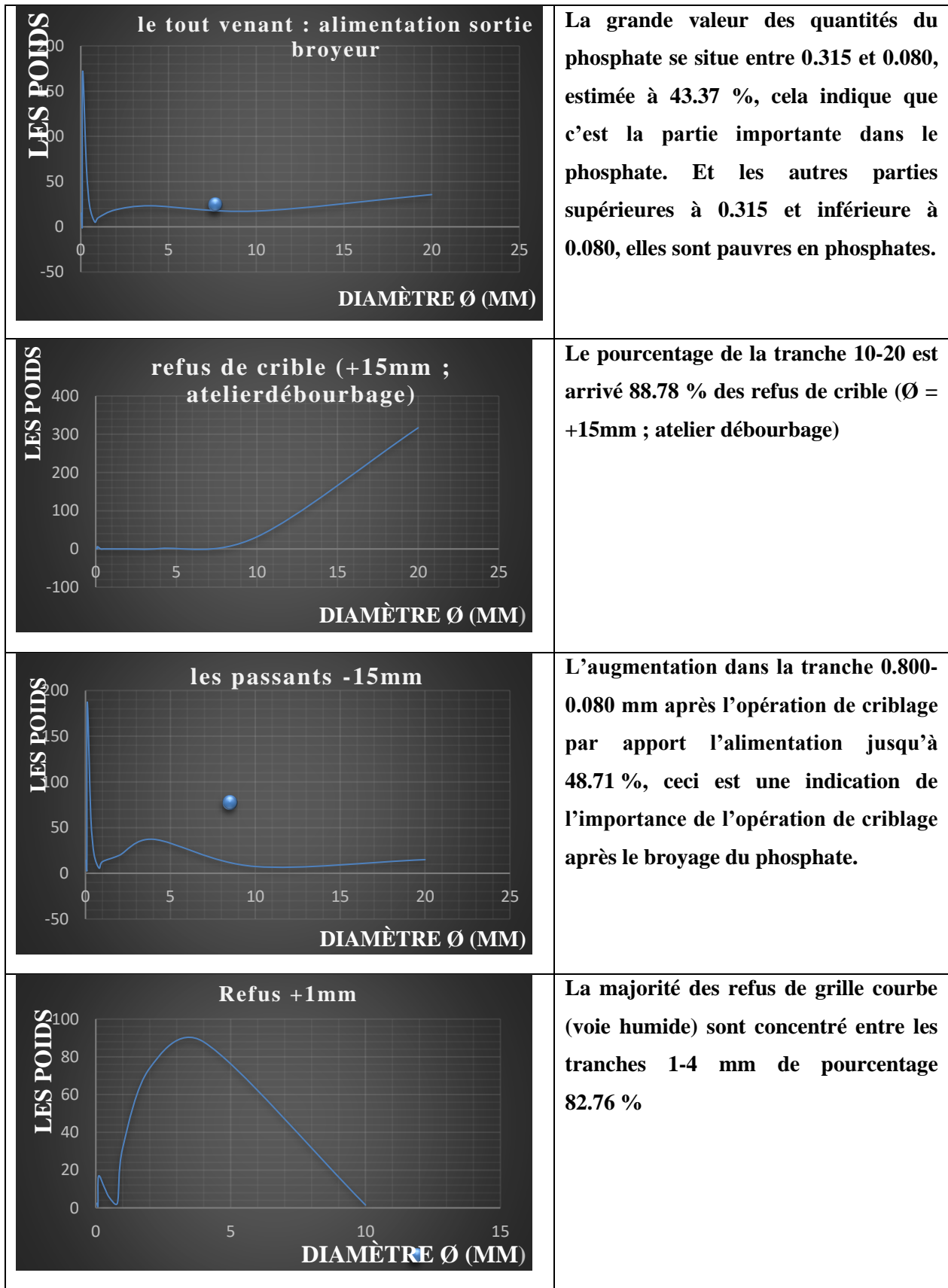


FIG. IV. 10, les courbes granulométriques en fonction rendement poids

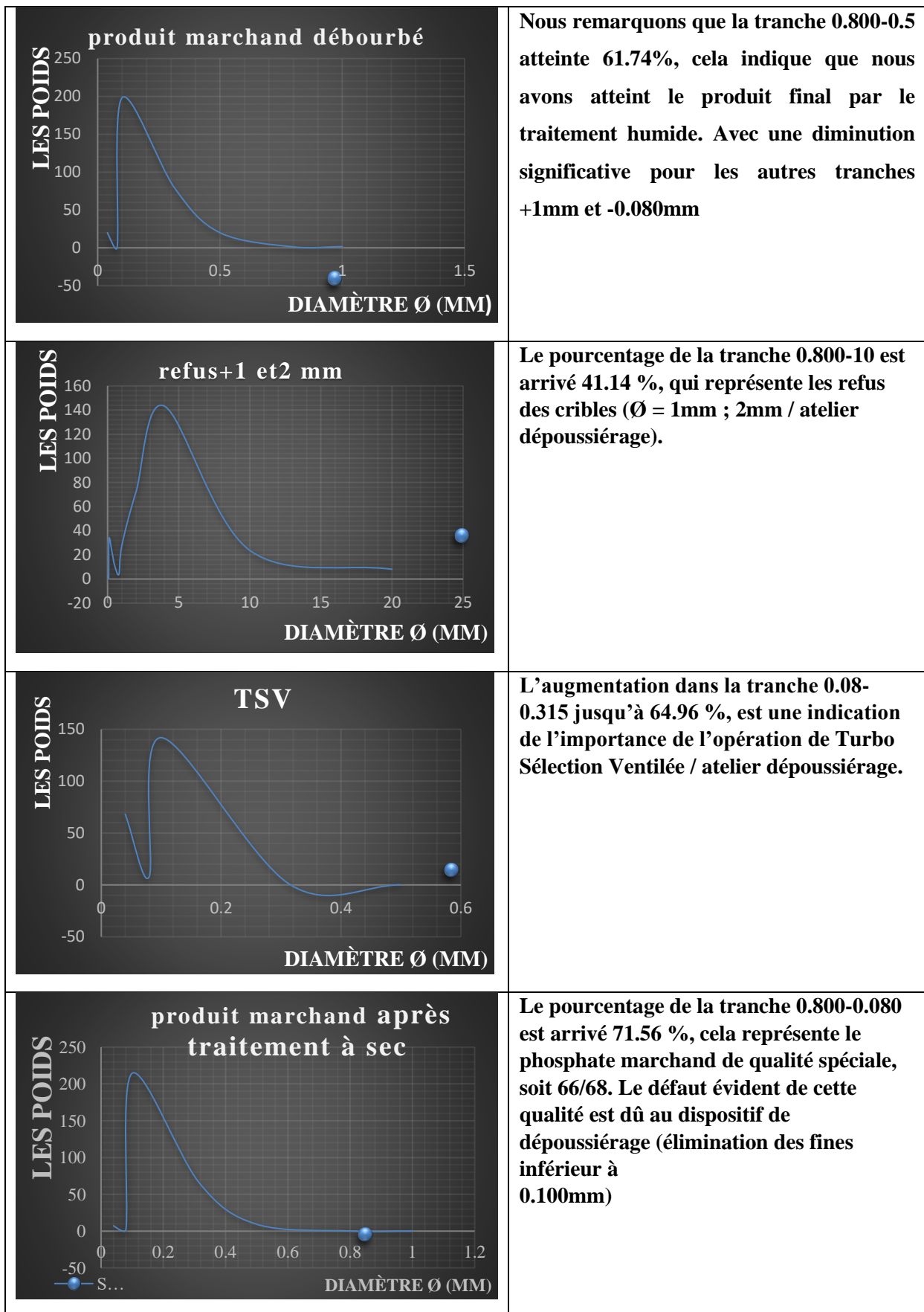


FIG. IV. 11,les courbes granulométriques en fonction rendement poids

IV.7.2. Les pourcentages des refus cumulés (croissants et décroissants)

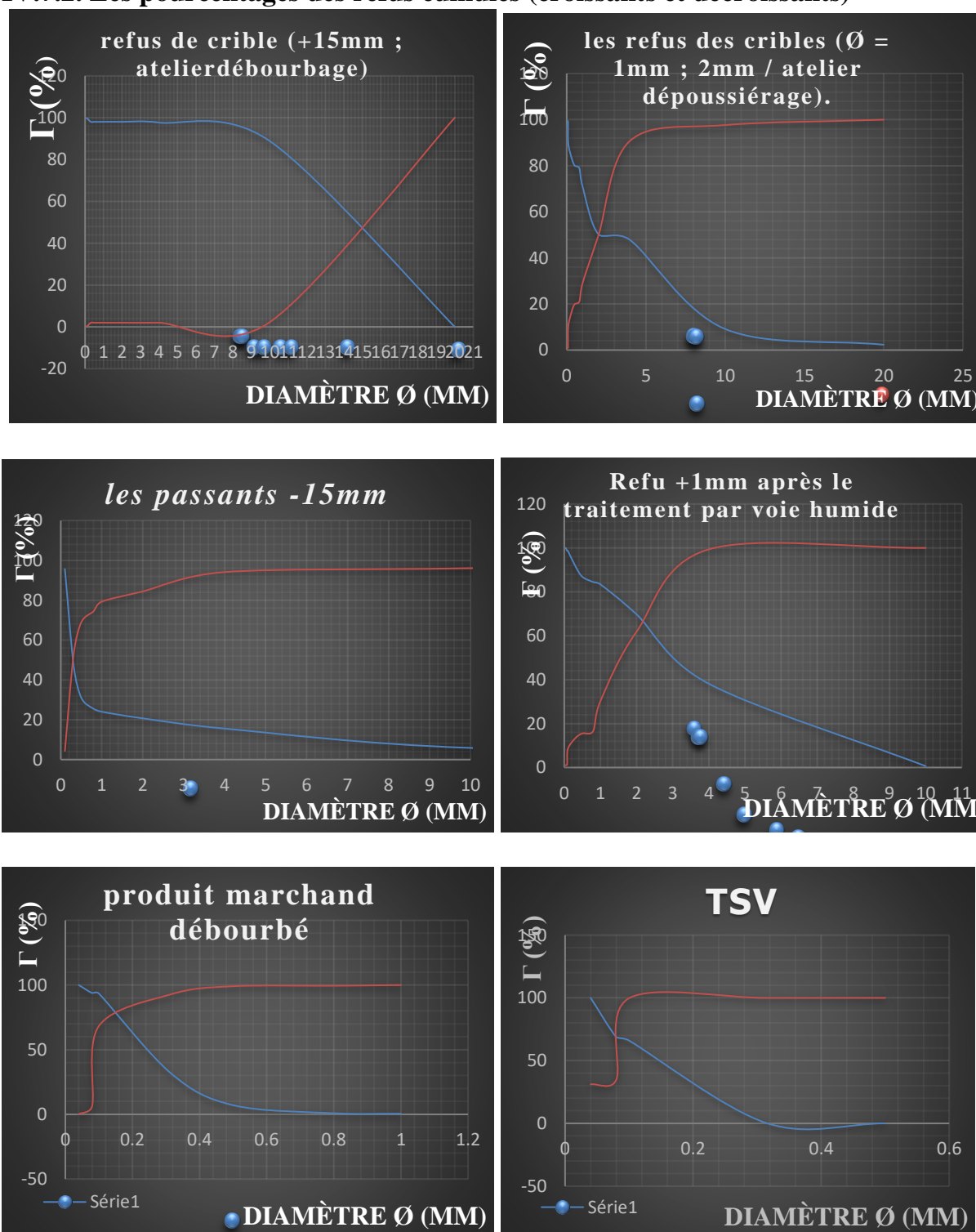


FIG. IV. 12, Les pourcentages des refus et passants cumulés (croissants et décroissants)

Les pourcentages des refus cumulés (croissants et décroissants) sont représentés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique, en portant les ouvertures des tamis en abscisse, sur une échelle logarithmique, et les pourcentages en ordonnée, sur une échelle arithmétique. La courbe est tracée d'une manière continue et ne peut pas passer rigoureusement par tous les points.

Les résultats de l'analyse du tamisage du minerai phosphaté de Djebel Onk présentés aux tableaux de 1 à 9 et illustrés aux Figure 12, montre que les rendements cumulés des passants sont croissants en fonction des mailles des tamis. Par contre les rendements cumulés des retenus sont décroissants en fonction des ouvertures des tamis

D'autre part on constate que les deux courbes (passants et retenus) sont symétriques et se coupent au point D50.

#### **IV.7.3. Observation des tranches granulométriques**

Pour étudier la morphologie et pour déterminer les différents minéraux associés au minéral de phosphate, des tranches granulométriques il faut subi des observations au microscope binoculaire au niveau du laboratoire

### **IV.7. Conclusion**

Les différentes analyses effectuées au laboratoire de contrôle de qualité à Bir El Ater, ont conduit à la détermination quantitative de différents éléments : %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, %CO<sub>2</sub>, %MgO,

D'après les analyses granulométriques et chimiques on note que les rejets de phosphate de Djebel Onk sont riches en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ce qui nécessite une méthode d'enrichissement qui permet de récupérer au maximum la substance utile.

### Conclusion Générale

Le complexe minier de Djebel El Onk se compose d'une mine à ciel ouvert et une usine de traitement. Il joue un rôle très important dans le développement économique de notre pays. Les installations d'enrichissement des minerais de la mine du Djebel Onk traite environ de 10000 t/j du minerai de 26% à en  $P_2O_5$ . Le tout-venant après le concassage et broyage, il est criblé à 15mm. Les refus est rejeté tandis que le passant valorisé ultérieurement dans deux lignes parallèles, pour l'obtention d'un concentré riche en  $P_2O_5$ .

Le minerai de phosphate au niveau de Djebel Onk passe en deux étapes d'enrichissement pour l'obtention des produits concentrés (voie humide et voie sèche). Pour subir des traitements par les deux voies, le minerai tout venant de la carrière doit passer par la préparation mécanique. L'alimentation de la voie humide représente 41% en poids de la fraction -15mm. Cette méthode basée sur deux opérations essentielles (débouillage, et séchage) afin d'obtenir un TPL 63-65%.

L'alimentation de la voie sèche représente 59% en poids de la fraction -15mm. Cette méthode basée sur cinq opérations (séchage, criblage à 2 mm, broyage, sélection TSV, criblage à 1 mm) pour l'obtention d'un TPL 66-68%, mais dans ce procédé il existe des pertes considérables de  $P_2O_5$  (+2 mm, +1 mm, -0.08 mm).

D'après les analyses granulométriques et chimiques on a trouvé Les valeurs obtenus suivantes :

- Au niveau de la préparation mécanique :  $0.08 \leq D \leq 20\text{mm}$
  - Au niveau de traitement par voie humide :  $0.08 \leq D \leq 1\text{mm}$
  - Au niveau de traitement par voie sèche :  $0.08 \leq D \leq 0.8\text{mm}$
- ✚ Le pourcentage de la tranche 0.80\_0.08 est plus important que les autres tranches. il est arrivé à 93.15 %, cela représente le phosphate marchand de qualité normal « échantillon humide après le séchage, à une taille des particules >1 mm », soit 63/65
- ✚ Le pourcentage de la tranche 0.80\_0.08mm il est arrivé à 97.77 %, cela représente le phosphate marchand de qualité spéciale « échantillon (91, Produit marchand) à une taille des particules >0,800 mm ». Soit 66/68.

## *Conclusion Générale*

---

On a montré que : le teneur en  $P_2O_5$  augmente quand le teneur en  $CO_2$  diminue. Aussi, la teneur en  $MgO$ . Les différents résultats trouvés sont en fonction de la granulométrie, illustrés au moyen du tableau. Elle montre que le teneur en  $P_2O_5$  augmente quand le teneur en  $CO_2$  diminue. Aussi, le teneur en  $P_2O_5$  des échantillons à dimension supérieur à 0.80mm et inférieur à 0.1mm, s'est montre élevé. Cependant, pour les tranches supérieures à 2mm et les fines (<0.05mm).

## **Références Bibliographiques**

- [1] **BEZZI, D. MERABET et J.Y. PIVAN**, Etude comparative des minerais de phosphates : noir (Djemi-Djema) et beige (Kef Essennoun) – Djebel Onk, Algérie, Technique de l'Industrie Minérale, N°19 – 1296-2981, (2003).
- [2] **ZEMOURA Abd El Kader**. Etude comparative de quelque méthode de dosage d phosphate assimilable des sols calcaire à des sols semi-arides. Mémoire d'ingénieurs ; Université de ELHADJ LAKHDAR de Batna (2005).
- [3] **N. BEZZI**, Caractérisation physico-chimique du minerai de phosphate de Bled El Hadba - Tébessa. Ann. Chim. SCI. Mat., 26 (6), pp.5-23, (2001).
- [4] **ALI. MOHAMED**, Rapport de training (Réalisé par l'ingénieur géologue).
- [5] **Duchatelle G. (1975)** : Minerai de phosphate de Djebel Onk, carrière de Djemi Djema. Etude minéralogique. Rapp. Interne CERPHOS, 55p.
- [6] **HAMDINI Djamel**, Influence des réactifs sur l'enrichissement du minerai de phosphate de Djebel Onk par flottation inverse étagée, Mémoire de Master, université de Bejaia (2014)
- [7] **A. Aranzabe**, A.S. J Wery, P, Gtierrez-Zorrila, Inorg.Chim acra, 255 (1997).
- [8] **Larouci M. (1988)** : Etude de la caractérisation et de la valorisation du minerai de phosphate de Djebel Onk – Algérie- thèse de doctorat ingénieur. Université orléans. 1 vol texte, 194p.
- [9] **HAMDINI Djamel**, Influence des réactifs sur l'enrichissement du minerai de phosphate de Djebel Onk par flottation inverse étagée, Mémoire de Master, université de Bejaia (2014)
- [10] **Mezghache H. (1991)**, Typologique chimique des phosphates du gisement de Djemi djema- bassine de djebel onk (Algérie orientale)
- [11] **Smirnov V. (1982)**. **Studu on the phosphorus distribution profiles in silicon in ion implantatin.**
- [12] **BOUZENZANE A. (1992)**.

[13] **Rudowicz I. (1975)**

[14] **Somiphos Avril 2018 : les gisements des phosphates.**

[15] **Somiphos** : La géologie de Djebel Onk. Document interne dans laboratoire

[16] **Somiphos** : Etude de traitement (Enrichissement) du phosphate.

[17] **Le site officiel de société Somiphos.**

[18] **H. SERVAGEAN**, « Historique du phosphate de Djebel Onk ». Rapport interne [13] complexe minier de Djebel Onk, (1965).

[19] **De Docteur En Pharmacie Granulométrie.** THESE Pour Le Diplome D'etat Et Exemples D'impacts En Fabrication- Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille.