



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي - تبسة
Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa
معهد المناجم
قسم Institut des Mines
المناجم و الجيوتكنولوجيا
Département Mines Et Géotechnologie

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie minier

Option : Valorisation des ressources minérales

Elaboration d'un schéma de préparation mécanique pour le phosphate de Bled El Hadba – Djebel onk -

Par:

LATRECHE Saif Eddine et MAYOUF Nour Elhouda

Devant le jury :

KRIM Mansour	Président	MAA	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa
AMIRECH Abdelkrim	Encadreur	MCB	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa
BOUZENZANA Abdellali	Examineur	MCA	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa

Année universitaire 2023/2024



Année universitaire : 2023/2024

Tébessa le :

Lettre de soutenabilité

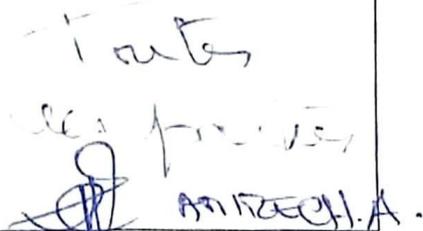
Noms et prénoms des étudiants :

1. Latsouche Souf Eddine
2. Maouf Nou El Houda

Niveau : Master 03 Option : Valorisation des ressources minérales

Thème : "Elaboration d'un schéma de préparation mécanique pour le phosphate de Bled El Hodha Djebel El Dink"

Nom et prénom de l'encadreur : -----

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
01 - Généralités sur les Phosphates	 A. A. A.
02 - Géologie générale et locale de Bled El Hodha	
03 - Schéma de Traitement Proposé pour le phosphate de Bled El Hodha.	

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي : جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي - تبسة

تصريح شرفي
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أدناه،

الميد (ة) هجوميته اليوم الهندسة الصفة : طالب، أستاذ باحث، باحث دائم : طالب
الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم : 10.669.215.6 و الصادرة بتاريخ 12/11/2011
المسجل بمعهد الحناجج قسم الجبرية لوجي
و المكلف بانجاز أعمال بحث (منكرة التخرج، منكرة ماستر، منكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها :
..... F. l'hydrolyse de S. l'hydrolyse de P. l'hydrolyse de
de phosphate de Bled E. l'hydrolyse de E. l'hydrolyse de
»

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية و معايير الأخلاقيات المهنية و النزاهة الأكاديمية
المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

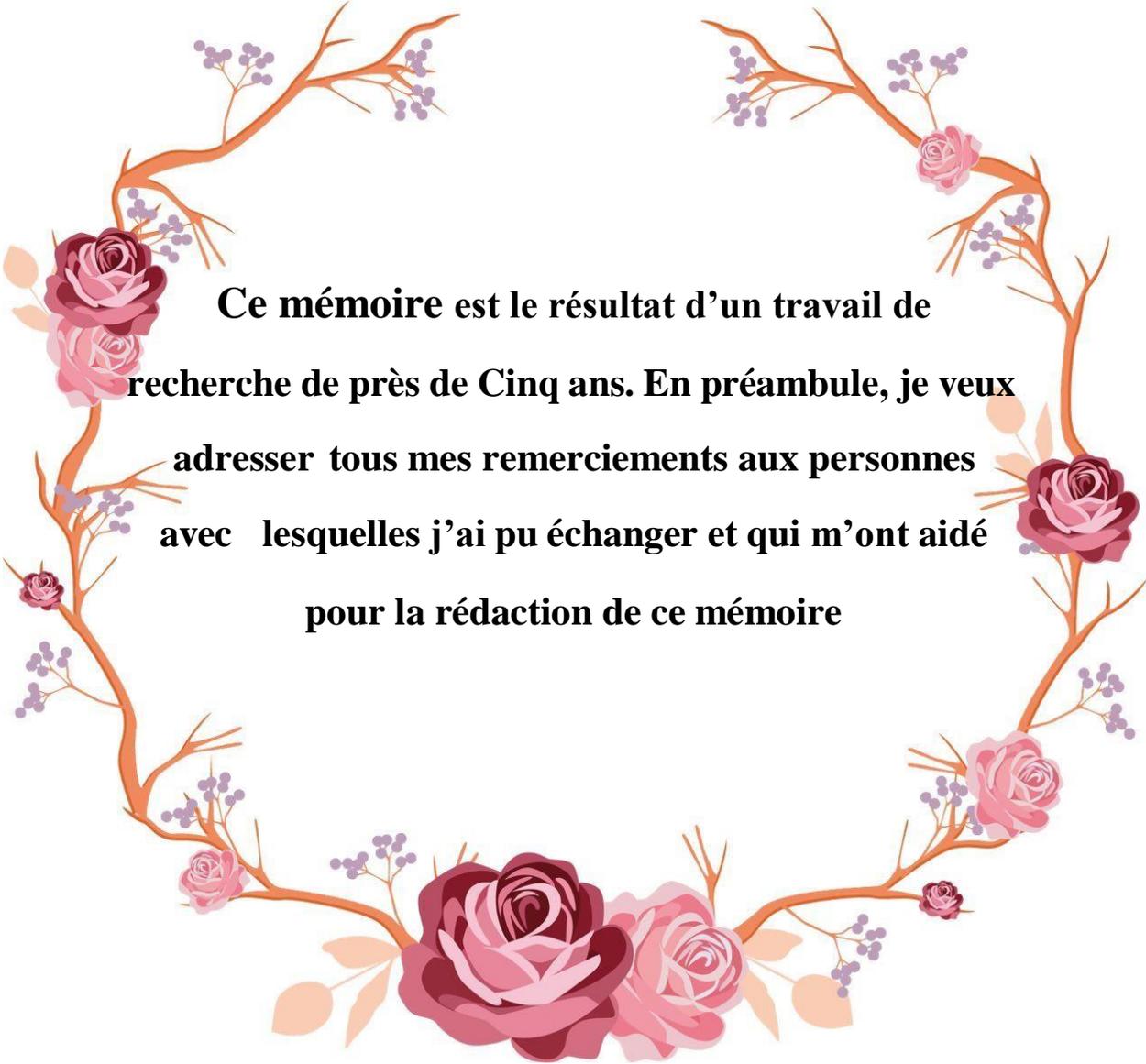
التاريخ:

إمضاء المعطي (ة)
2011
إمضاء المعطي (ة)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciement



**Ce mémoire est le résultat d'un travail de
recherche de près de Cinq ans. En préambule, je veux
adresser tous mes remerciements aux personnes
avec lesquelles j'ai pu échanger et qui m'ont aidé
pour la rédaction de ce mémoire**



Tout d'abord nous remercions **Allah** pour tous
les bienfaits qu'il nous accordés et pour le courage qu'il nous
a attribué afin de compléter ce stage et pour la force qu'il
nous a donnée afin de passer devant tous les obstacles que
nous ont rencontré.



À Notre maître et Rapporteur de thèse

Le Professeur :

AMIRECH ABDELKRIM,

En acceptant d'encadrer ce travail, vous nous avez fait un grand honneur, Vous nous avez toujours accueilli avec bienveillance et aidé à mener à bien cette thèse.

Veillez, monsieur, accepter l'expression de notre dévouement,
Notre profond respect et notre reconnaissance.





À Notre maître Monsieur le Professeur

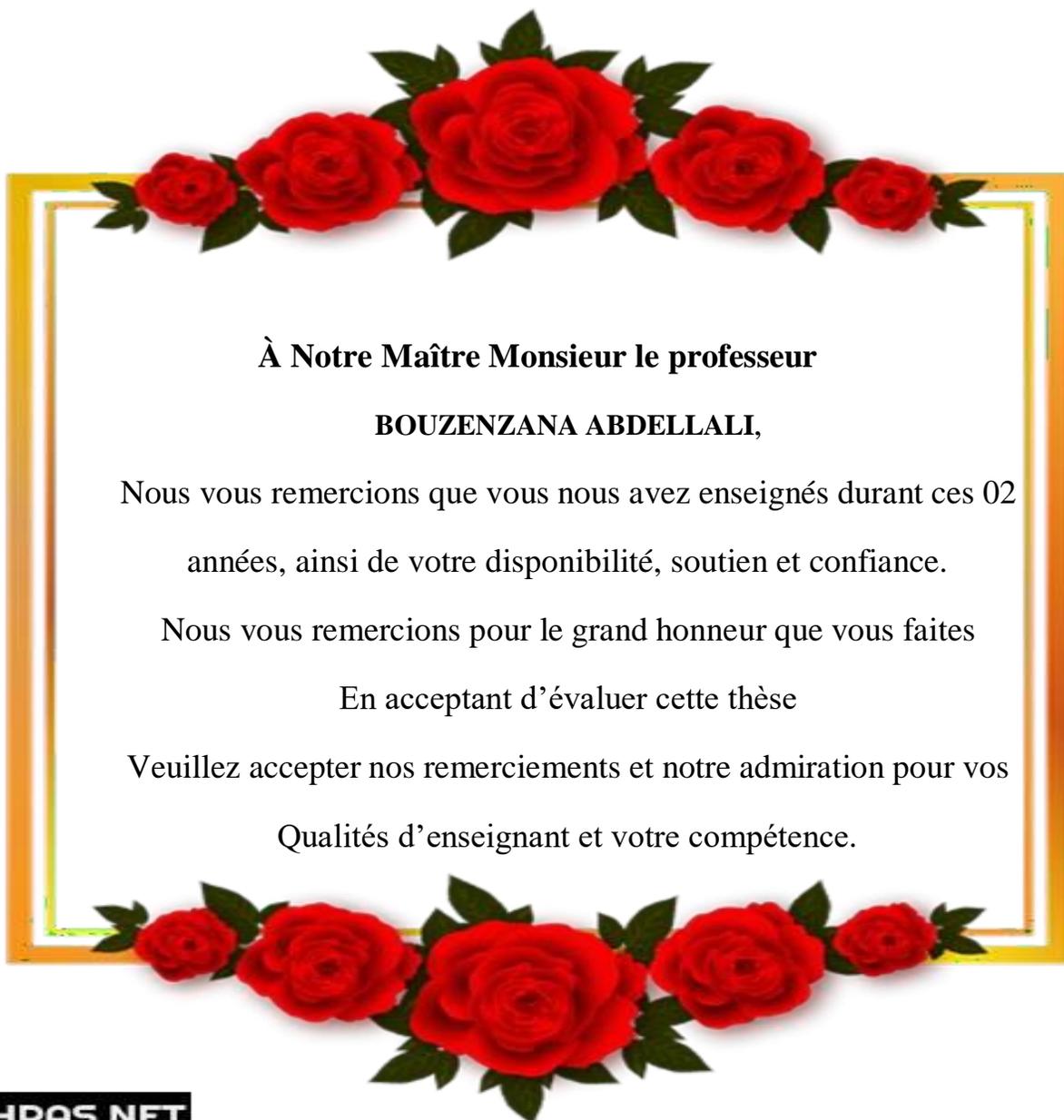
KRIM MANSOUR ,

Nous vous remercions pour le grand honneur que vous faites

En acceptant d'évaluer cette thèse. Votre compétence, votre dynamisme ,ainsi que vos qualités humaines et professionnelles exemplaires ont toujours suscité notre admiration.

Qu'il soit permis, Cher Maitre, de vous exprimer notre sincère reconnaissance, notre profond respect.





À Notre Maître Monsieur le professeur

BOUZENZANA ABDELLALI,

Nous vous remercions que vous nous avez enseignés durant ces 02
années, ainsi de votre disponibilité, soutien et confiance.

Nous vous remercions pour le grand honneur que vous faites

En acceptant d'évaluer cette thèse

Veillez accepter nos remerciements et notre admiration pour vos

Qualités d'enseignant et votre compétence.

A decorative rectangular border with ornate floral and scrollwork designs at each corner, framing the central text.

À Notre directeur d institut Monsieur

AOULMI ZOUBIR

Veillez accepter

nos remerciements et notre admiration

pour vos efforts de nous avoir les bonnes conditions

dans d'éducation dans l'institut et dehors aux terrains des stages



Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à ma famille : Mes parents, et tous mes proches et amis, qui m'ont accompagné, aidé, soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions nos ami(es) de la promotion :

«2019-2024»



Dédicace





À mon père, en témoignage de tant d'années de sacrifices, d'encouragement et de prières. Veuillez trouver dans ce travail, le fruit de vos peines et vos efforts, ainsi que le témoignage de mon grand amour. Puisse Allah vous garder et vous accorder une bonne santé.





À ma mère, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, amour éternel, et ma profonde gratitude pour tes sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et amour que vous me portez depuis mon existence. J'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Puisse Allah vous accorde la santé, le bonheur et longue vie.





À mes frères et sœurs, Les mots ne sauraient exprimer l'entendu de l'affection que j'ai pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite. Je vous souhaite une vie pleine de bonheur, de santé et de prospérité. Qu'ALLAH vous bénisse et vous protège.





Enfin, à toutes les personnes qui comptent pour moi, intervenues dans ma vie à un moment ou à un autre et qui ont participé à faire de moi celle que je suis aujourd'hui ...Je dédie ce travail.



Saif et Nour

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	I
Abstract	II
ملخص	III
Introduction générale	IV
Problématique	V
Liste des figures	VI
Liste des tableaux	VII

Chapitre I : Généralité sur le phosphate

Introduction.....	03
1. Historique.....	04
2. Définition.....	05
3. Origines des phosphates.....	06
3.1. Origine ignée.....	06
3.2. Origine sédimentaire.....	07
3.3. Origine guano.....	08
4. Usage des phosphates	10
5. Principales caractéristiques des phosphates	10
5.1. Morphologie des phosphates	11
5.2. La consommation du phosphate au niveau mondiale	11
5.3. Réserves et production Mondiale	12
6. Méthodes de traitement du minerai du phosphate	13
6.1. Phosphate de Maroc	13
6.1. Phosphate de Sénégal.....	13
6.1. Phosphate des Etats unis	14
Conclusion.....	14

Sommaire

Chapitre II : Géologie régionale et locale du Bled El Hadba

Introduction	16
1. Historique des recherches	17
2. Présentation de l'entreprise	18
I- La Géologie du djebel Onk	19
I.1. Situation géographique.....	19
I.2. Les sites du Phosphate du Djebel Onk	20
I.2.1. Le gisement de Djemi Djema.....	20
I.2.2. Le gisement de Kef – Essennoun	21
I.2.3. Le Gisement de Djebel Onk - Nord.....	21
I.2.4 le gisement de Bettita	21
I.2.5. Le gisement de bled el hadba.....	22
I.3. Stratigraphie du gisement	23
I.3.1. Crétacé.....	23
I.3.2. Maestrichtien.....	23
I.3.3. Paléogène.....	23
I.3.4. Néogène.....	23
I.3.5. Quaternaire	23
I.4. La tectonique.....	25
II . Géologie locale de bled el Hadba	26
II.1. Généralités.....	27
II.2. Stratigraphie de gisement de bled el Hadba.....	28
II. 2. 1 Crétacé.....	28
II. 2. 2. Paléocène.....	28
II. 2. 2.1 Danien	28
1. Danien inférieur	28
2. Danien supérieur	28
II. 2. 2.2 Montien.....	28
II. 2. 2.3 Thanétien	28
1. Thanétien inférieur	28
2. Thanétien supérieur	28
II. 2. 3. Eocène.....	28
II. 2. 3.1 Yprésien.....	29
1. Yprésien inférieur.....	29
2. Yprésien supérieur.....	29
II. 2. 3.2 . Lutétien.....	29
1. Lutétien inférieur.....	29
2. Lutétien supérieur.....	29
II.2.4 Miocène.....	29

1. Miocène inférieur	29
2. Miocène moyen.....	29
3. Miocène supérieur	29
II.2.4 Quaternaire	29
II. 3 Géologie régionale.....	30
II. 4 Généralités sur la région de Bled El Hadba.....	31
II.4.1. Situation géographique de Bled El Hadba.....	31
II.4.1.1 Climat.....	31
II.4.1.2.Hydrogéologie.....	31
II.2.Situation géographique du gisement de Bled El Hadba.	32
Conclusion.....	34

Chapitre III : Schéma Proposé de préparation mécanique

I- Détermination expérimentale	36
II-1- L'échantillonnage	36
II-1-1- Objectif d'échantillonnage.....	36
II-1-2- Méthode d'échantillonnage.....	36
a- Le séchage.	36
b -Le quartage	36
II-1-3- Préparation des échantillons	36
II-2- Analyse granulométrique	37
II -Schéma proposé.....	38
III-Partie calcul	39
III-1-Données de départ.....	39
III-2-Calcule final du schéma de concassage et choix des équipements	39
III-3- Calcul du criblage	54
Conclusion.	60
Conclusion Général	62
Références	63

LISTE DE FIGURE

N°	FIGURES	PAGE
01	Localisation des principaux types de gisements de phosphates dans le monde	03
02	Alchemist Henning Brandt (1696).	04
03	Composition chimique de phosphate	05
04	Les trois types des roches de phosphates	06
05	Roche de phosphates d'origine Ignée	06
06	Roche de phosphates d'origine sédimentaire	07
07	Roche de phosphates d'origine guano	08
08	Localisation des principaux types de gisements de phosphates dans le monde	09
09	Carte de situation géographique de la région de Djebel Onk (ORGM)	16
10	Logo de l'entreprise L'entreprise	18
11	Situation géographique de la région du Djebel Onk	19
12	Coupe transversale du gisement de Djemi Djema	20
13	Gisement de Kef Essenoun	20
14	Gisement de Djebel El Onk Nord	21
15	Gisement d'Oued Bétita	21
16	Gisement de Bled El Hadba	22
17	Stratigraphie de la région du Djebel Onk	24
18	Carte géographique des gisements de phosphates de la région de Djebel-El-Onk	25
19	Carte géologique de la structure du gisement de phosphate de Bled El Hadba (Est Algérien)	27
20	Coupe stratigraphique schématique du Stratigraphie du gisement de bled el hadba	30
21	Image prise à Bled El Hadba	32
22	Situation géographique du gisement de Bled El Hadba	33

23	Opération de quartage	36
24	Schéma de préparation mécanique	38
25	Caractéristique de grosseur du tout venant	42
26	La caractéristique de grosseur du produit 4	46
27	La caractéristique de grosseur du produit 8	49
28	La caractéristique de grosseur du produit 13	50

LISTE DE TABLEAUX

N°	TABLEAUX	PAGE
01	Classification des phosphates	11
02	La consommation mondiale de phosphate en agriculture 2014	11
03	Production et réserves mondiales des phosphate snaturelsen 2016	12
04	Caractéristique de grosseur du tout venant	41
05	Exigences aux concasseurs a la suite du calcul préalable	44
06	Caractéristique de grosseur du produit 4 avec $S_1 = 161,76\text{mm}$	46
07	Caractéristique de grosseur du produit 8	48
08	Caractéristique de grosseur du produit 13	50
09	Les différentes variantes des trois étages de concassage	54
10	Caractéristique de crible	57
11	Tableau récapitulatif des indices technologiques	59

Résumé

Le phosphate est un minéral largement utilisé dans divers domaines tels que l'agriculture, la chimie, etc. Le complexe minier de Djebel Onk est composé de mines à ciel ouvert et d'une usine de traitement, jouant un rôle crucial dans le développement économique national.

Un des problèmes rencontrés dans cette société est l'insuffisance de production par rapport aux réserves géologiques disponibles dans la région de B LED EL HADBA . Pour remédier à cela, un nouveau schéma de préparation mécanique a été proposé afin d'augmenter la production.

Ce schéma inclut de nouveaux équipements qui ont permis d'atteindre une production optimale du produit marchand pour répondre aux besoins des nouvelles zones industrielles.

Mots clés : phosphate, Bled el hadba , Djebel Onk, ciel ouvert, préparation mécanique , produit marchand, les réserves .

Abstract

Phosphate is a mineral widely used in various fields such as agriculture, chemistry.

The Djebel Onk mining complex consists of open-pit mines and a processing plant, playing a crucial role in national economic development.

One of the problems encountered in this company is the insufficient production compared to the geological reserves available in BLED EL HADBA region.

To address this, a new processing scheme was proposed in order to increase production.

This scheme includes new equipment that has made it possible to achieve optimal production of the marketable product to meet the needs of the new industrial zones.

Keywords : phosphate, Bled el hadba , Djebel-Onk , trade product, open-pit , the reserves

ملخص

معادن الفوسفات له عدة استخدامات واسعة في كثير من المجالات كالزراعة والكيمياء

مجمع جبل العنق يعتبر وحدة صناعية هامة تتكون من جزئين اساسيان تتمثلان في المعالجة و التثمين مفتوحين حيث يلعب دور مهم جدا في التنمية الوطنية من الجانب الاقتصادي ومن المشاكل التي تورد عمل هذا المركب عدم قدرته على انتاج متطلبات السوق بالقدر الكافي مقارنة بالاحتياجات الجيولوجية الهامة التي يتوفر عليها المنجم وعليه تم اقتراح مخطط فعال النتاج حوالي ثمانية ملايين طن من فوسفات بلاد الحدبة سنويا

كلمات مفتاحية احتياط. منتج. التحضير الميكانيكي. العنق بلاد الحدبة جبل. فوسفات .

INTRODUCTION GENERALE

Le phosphate est une ressource non renouvelable ayant une composition minéralogique et chimique très complexe.

Un grand intérêt est apporté à cette substance, compte tenu de son utilisation, tels que la production des engrais et les produits chimiques comme l'acide phosphorique.

L'Algérie est en effet la 4^{ème} réserve mondiale en minerai de phosphate dans le monde après les Etats Unis, la Chine et le Maroc.

Avec environ 3 milliards de tonnes principalement situés dans la partie Est du pays au niveau de la wilaya de Tébessa, et à moins de 250 Km de la côte méditerranéenne, elle pourrait non seulement exporter du minerai mais aussi en valoriser la majeure partie localement en sous-produits très rémunérateurs à l'exportation, et créateurs de dizaines de milliers d'emplois localement.

Le minerai est contenu dans une couche de 30 mètres d'épaisseur pratiquement à ciel ouvert, ce qui correspond à un avantage très important en matière d'exploitation.

Les phosphates naturels sont des minéraux formés par l'association d'ions métalliques avec l'ion phosphate (PO₄).

Ils sont utilisés principalement dans les domaines : engrais, métallurgie, textile, détergents, pharmacie, chimie et autres. Ainsi un intérêt particulier est porté à leur exploitation et à leur valorisation.

L'étude économique est indispensable avant et tout au long de la durée de vie de n'importe quelle mine ; Dans ce contexte nous avons choisi pour thème de projet d'étude en master : « **Elaboration d'un schéma de préparation mécanique pour le phosphate de BLED EL HADBA – DJEBEL ONK -** ».

Le plan de travail est le suivant:

1/La partie théorique qui comporte:

Le premier chapitre est consacré à généralités sur les phosphates :

En particulier ceux de Djebel Onk, généralités, domaines d'utilisations, réserves et productions, propriétés pétrographique, minéralogique, physico-chimiques, des cadre géographique et géologique.

Le deuxième chapitre est porté sur la géologie générale et locale de BLED EL HADBA

2/La partie pratique qui comporte:

Le troisième chapitre est dédié à la préparation et caractérisations du minerai de phosphate de Bled El-Hadba. Préparation mécanique (concassage, homogénéisation, quartage, tamisage et broyage).

Problématique

Le gisement du phosphate de Bled el Hadba possède des réserves très importants sont estimé à 1229 million de tonnes, a cause de l'importance de phosphate pour tous les êtres vivants (agricultures , les animaux et les êtres humains) on a élaboré une schéma de preparation mecanique pour une production de 8 million de tonnes qui sera enrichir et utiliser pour atteindre les objectifs tracés et la fabrication des produit chimiques.

Chapitre01

GENERALITES SUR LES PHOSPHATES

Introduction

Environ 80 pour cent de la production mondiale des phosphates proviennent des dépôts d'origine sédimentaire marine, 17 pour cent sont dérivés des roches magmatiques et de leurs produits de lessivage, et le reste vient de dépôts sédimentaires résiduels et de guano.

Les ressources en phosphate en l'Afrique sont considérables en termes de quantité et de diversité ,mais elles ne sont pas suffisamment exploité [1].



Figure 1. Localisation des principaux types de gisements de phosphates dans le monde

1. Historique

Le phosphore a été extrait, pour la première fois, de l'urine humaine en 1669 par l'alchimiste allemand Hambourg Henning Brandt. Le nom choisi pour cette substance dérive du grec phosphores « qui porte la lumière ». Ce n'est qu'un siècle plus tard, en 1769 que le chimiste suédois Carl Wilhem Scheele découvrit la présence de phosphore dans les os.

Un procédé d'extraction à partir des os des animaux fut rapidement mis au point. A la fin du 18ème siècle, les engrais phosphatés épandus sont d'abord uniquement des os broyés, auxquels s'ajoutent les guanos vers le début du 19ème siècle. L'existence et les possibilités d'utilisation des phosphates naturels ont été reconnues à la même époque, mais ils n'ont commencé à être employés systématiquement que vers 1850. Depuis le début du 20ème siècle; de très gros gisements ont été découverts aux Etats-Unis et en Afrique du Nord. La consommation des phosphates ne cesse de croître d'une année à l'autre [2].



Figure 2. Alchemist Henning Brandt (1696).

2- Définition

Le phosphate est un minéral caractérisé par le radical $(\text{PO}_4)^{3-}$. Parmi les nombreuses espèces, notons l'apatite (à Ca et F), la turquoise bleue (Cu, Al), la vivianite bleue (F), la monazite (Ce, La, Th) et des produits d'altération des gîtes uranifères (autunite ou uranite; chalcocite). Il est une roche sédimentaire marine (sauf la phosphorite) contenant des minéraux phosphatés sous forme amorphe ou cryptocristalline (collophane), ou sous forme finement cristalline (variétés proches de l'apatite), en quantité suffisante pour être exploitée (industrie des engrais p. ex.). Ces phosphates dérivent de l'apatite des roches magmatique, mise en solution dans la mer et fixée par des végétaux et des animaux (par exemple : os avec 60% de phosphates, dents avec 90%, excréments,...etc.)

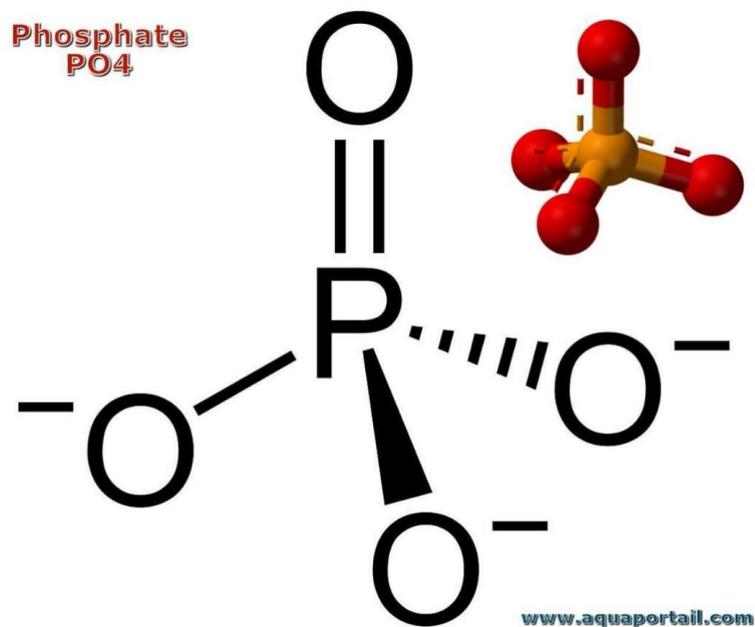


Figure 3. Composition chimique de phosphate

3. Origine des phosphates naturels

Les phosphates se trouvent en trois types selon leurs origines géologiques : ignée, sédimentaire et guano.



Figure 4. Les trois types des roches de phosphates

3. 1. Origine Ignée

Ces gisements, associés à des contextes à carbonatites, à roche alcalines telles que les syénites néphéliniques ou encore à des pyroxénites ou des pegmatites, sont assez largement distribués en Afrique du Nord, en Amérique du Sud (Brésil), en Afrique du Sud et en Afrique orientale, en Inde et en Russie. Les plus importants sont ceux de la péninsule de KOLA (URSS) où l'apatite est associée à des syénites néphéliniques, et de PALABORA en Afrique du Sud (Tranvaal) [03]

Les réserves de cette dernière sont évaluées à 1.4 milliards de tonnes de concentration 35.7% P_2O_5 , celle des gisements de KOLA paraissent être du même ordre de grandeur.



Figure 5. Roche de phosphates d'origine Ignée

3.2. Origine sédimentaire

Les phosphates sédimentaires sont composés principalement d'apatites, présentant une substitution isomorphe étendue dans le réseau cristallin. Ainsi, ils présentent une grande variation dans leur composition chimique et montrent en conséquence un large éventail de propriétés. Dans les dépôts sédimentaires, les principaux minéraux phosphatés sont des francolites (fluoroapatites microcristallines carbonatées), qui sont en association avec une grande variété de minéraux accessoires et d'impuretés [04].

Les phosphates sédimentaires qui ont été déposés progressivement au cours des temps géologiques et qui sont faiblement consolidés, contiennent des particules microcristallines avec de grandes surfaces spécifiques et varient considérablement en termes de composition chimique et de réactivité. Ces dépôts représentent 80 pour cent de toutes les réserves du monde. Ils s'étendent du nord à l'ouest et au centre de l'Afrique et sont parmi les plus appropriés pour l'application directe en agriculture [05].



Figure 6. Roche de phosphates d'origine sédimentaire

3. 3. Origine guano

Les gisements issus du guano n'ont actuellement d'intérêt que dans la mesure où la roche réceptrice est calcaire. Dans les autres cas les minéraux formés sont des phosphates de fer ou d'alumine peu exploitables actuellement [06]. Ils se trouvent en Namibie et en Madagascar



Figure 7. Roche de phosphates d'origine guano

Le phosphate est une appellation commerciale pour environ 300 phosphates de différentes qualités dans le monde[07].

La figure 1 présente la répartition des gisements de phosphates dans le monde selon les statistiques établies par Zapata et Roy en 2004:

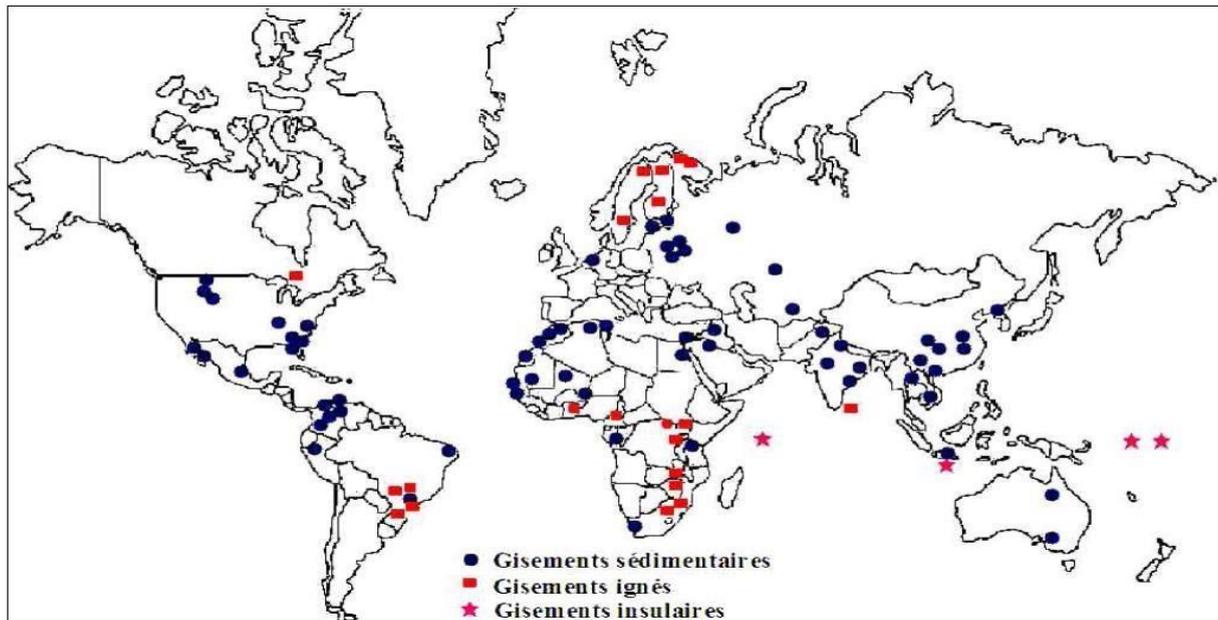


Figure. 8. Localisation des principaux types de gisements de phosphates dans le monde

4. USAGE DES PHOSPHATES

Le phosphate joue un rôle prépondérant dans les divers domaines:

- Dans les engrais, il apporte ses qualités fertilisantes particulières.
- dans l'alimentation, il est employé pour les propriétés spécifiques du P_2O_5 dans le métabolisme.
- Dans les détergents, on l'utilise pour les propriétés séquestrantes, chélatantes de P_2O_5 .
- Dans les textiles, les Plastiques Et
- Le traitement du bois le P_2O_5 apporte des qualités de résistance à l'inflammation.
- En métallurgie, les dérivés du phosphore ont été utilisés pour le nettoyage et protection ou revêtement anticorrosion.
- En chimie et dans le pétrole, le phosphore permet la fabrication de dérivés intermédiaires particulièrement actifs (sulfures, chlorures, oxydes, etc...).
- les applications dans le domaine alimentaire (poudres levantes, fromages) .

Enfin, il y a des applications secondaires dans de très nombreux secteurs industriels : cimenterie, pigments, allumettes, émailleries, etc...

5. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES PHOSPHATES

Les caractéristiques minéralogiques, chimiques et texturales des minerais phosphatés déterminent: leur adéquation à différents types de processus d'enrichissement, leur adaptabilité au produit chimique et leur adéquation à l'usage en tant que phosphate naturel pour une application directe (PNAD: Direct Application Phosphate Rock).

Les facteurs les plus importants dans l'évaluation pour une application directe sont: la composition chimique, l'adaptation à l'enrichissement, et la réactivité de l'apatite. Une matrice complète de caractérisation basée sur l'intégration de toutes les données obtenues par diverses méthodes analytiques met en évidence le potentiel d'enrichissement et les meilleures utilisations probables pour un phosphate soit dans la production d'engrais soluble, soit comme engrais en application directe [08].

5.1. Morphologie des phosphates

Pour nommer les phosphates, on prend en considération la taille et la forme des grains, en attribuant un préfixe caractéristique de leur forme et origine (intra, oo, pel, bio) qui dérivent des mots suivants : intraclaste, oolithe, bioclasse, pellet, ...; plus un suffixe identifiant le composé secondaire de la roche et sa taille (rudite, arénite, ...) [13]. Le tableau illustre une classification des phosphates:

Tableau 1: Classification des phosphates (Yuaming et al, 2002)

	1 ^{er} Préfix	3 ^{ème} Préfixe	Substantif	Précisions éventuelles	Exogangue
>10% éléments figurés	Bio	Phospha	Rudite ($0 > 2 \mu\text{m}$)	Bioclastique	✓ Argileuse ✓ Marneuse ✓ Calciteuse ✓ Dolomitique ✓ Silicifié, etc.
	Intra		Arénite ($2 > 0 > 63 \mu\text{m}$)	Oolithique / Coprolithique	
	Pel		Lutite ($0 > 63 \mu\text{m}$)		
< 10 %	Pel; Bio	Microphosphatite ($< 10 \mu\text{m}$);	Bioclastes	Coprolithes / Intraclastes	

5.2. La consommation du phosphate au niveau mondial

Tableau 2 : La consommation mondiale de phosphate en agriculture 2014 [14]

Pays	Valeur de consommation (1000tonne)
Chine	11970
Inde	8050
États-Unis	3946
Bésil	3384
Indonésie	1250
Pakistan	761
France	500
Autre	11139
Monde	41000

5.3 RESERVES ET PRODUCTION MONDIALES DES PHOSPHATES

Le tableau 3 rapporte la production et les réserves mondiales de phosphates selon les statistiques des années 2015- 2016. Les pays les plus producteurs de phosphate sont la Chine, les Etats-Unis et le Maroc, avec plus de 70% de la production mondiale. Les réserves mondiales se concentrent dans les plateaux continentaux et monts sous-marins dans l'océan Atlantique et l'océan Pacifique.

Les ressources mondiales de roche phosphatées sont estimées à plus de 300 milliards de tonnes. Les plus grands gisements de phosphate dans le monde sont localisés au Maroc et en Chine [15].

L'Algérie occupe la troisième place en termes de réserves dans le monde.

Tableau 3: Production et réserves mondiales des phosphates naturels en 2016 [16].

Pays	Années	Production des minerais(Kt)		Réserves(Kt)
		2015	2016	
Etats-Unis		27400	27800	1100000
Algérie		1400	1500	2200000
Australie		2500	2500	1100000
Brésil		6100	6500	320000
Vietnam		2500	2800	30000
Chine		120000	138000	3100000
Égypte		5500	5500	1200000
Inde		1500	1500	65000
Jordanie		8340	8300	1200000
Kazakhstan		1840	1800	260000
Mexico		1680	1700	30000
Maroc et Sahara occidentale		29000	30000	5000000
Pérou		3880	4000	820000
Russie		11600	11600	1300000
Arabie Saoudite		4000	4000	680000
Sénégal		1240	1250	50000
Afrique du sud		1980	1700	1500000
Syrie		750	/	1800000
Togo		1100	900	30000
Tunisie		2800	3500	100000
Autres pays		2470	2410	810000
Total		241000	261000	68000000

6- Méthodes de traitement du minerai du phosphate :**6-1- Phosphate du Maroc [17]**

Le procédé de flottation des phosphates est une technique innovante adoptée par la direction des exploitations minières de Khouribga qui permet d'améliorer la qualité des phosphates extraits. La zone de Khouribga constitue la réserve la plus importante de l'OCP. Le phosphate extraie est traité dans cette zone.

Les phosphates de cette zone sont de nature sédimentaire et sont caractérisées par la présence d'une gangue carbonatée plus ou moins

Les qualités de phosphate sont classées en fonction de leurs teneurs en Tricalcium Phosphate, plus connu sous le nom de Bon Phosphate of Lim (BPL) :

- Un phosphate à haute teneur doit contenir 70 % TPL
- La moyenne teneur se situe entre 68 % et 70 % TPL
- La basse teneur est comprise entre 61% et 68% TPL
- En dessous de 61%, le phosphate est considéré comme étant à très basse teneur de TPL

6-2- Phosphate du Sénégal [18]

Le minerai est constitué d'éléments phosphatés englobés dans l'argile en présence de silex et de quartz. Les éléments de phosphate tricalcique représentent la forme minéralogique la plus abondante. Leur teneur en P_2O_5 est de l'ordre de 39% il y a aussi des grains phosphatés alumineux et ferrifères et des mixtes phosphatés.

Les constituants non phosphatés sont principalement :

- la silice sous forme de silex souvent de grand dimension (>200mm) ;
- Quartz particulièrement abondant entre 40 et 600 μ m ;
- des minéraux argileux (essentiellement montmorillonite, accompagnées de kaolinite) ;
- la teneur en phosphate du minerai brut en place est de l'ordre de 24% P_2O_5 .

6-3- Phosphate des Etats-Unis [19]

Les principales phases de traitement du minerai de phosphate de la Floride est comme suit :

- Récupération des pebbles (nodules phosphatés de quelques millimètres en dimension) par lavage, attrition, criblage ;
- Elimination des schlamms (<0.1 mm) ;
- Enrichissement par flottation pelliculeuse des particules 0.5-1mm, avec épousage du non flotté par flottation en cellules ;
- Enrichissement par flottation en cellule conventionnelles du 0.1-0.5mm par flottation directe aux acides gras, suivie d'une phase de désorption des réactifs collecteurs de la surface des particules flottés, puis d'une flottation inverse aux amines ;
- les concentrés sont égouttés, éventuellement filtrés et séchés ;
- les rejets (schlamms et rejets de flottation) sont stockés dans des zones d'épandage et font l'objet d'un suivi adéquat pour permettre la réhabilitation du site.

Conclusion

Le minerai de phosphate était objet de recherche depuis l'antiquité, sa valeur économique repose surtout dans son utilisation en agriculture. L'Algérie possède une énorme réserve en phosphate, une partie est exploitée par le groupe SOMIPHOS mais il reste toujours des dépôts en place encore non exploités dont les recherches sont achevées

Chapitre02

**LA GEOLOGIE GENERALE ET LOCALE
DE BLED EL HADBA**

Introduction

Sans aucun doute, l'étude géologique est considérée comme l'une des étapes fondamentales primordiales dans tout projet minier. Son but premier est la détermination de mode de formation d'un gîte minéral, son dépôt et ses caractéristiques (morphologie, structures...). Ce présent chapitre est consacré à la description et à l'inventaire des différents événements géologiques (tectoniques, structures et lithostratigraphie) qui ont affecté le bassin phosphaté du Djebel Onk

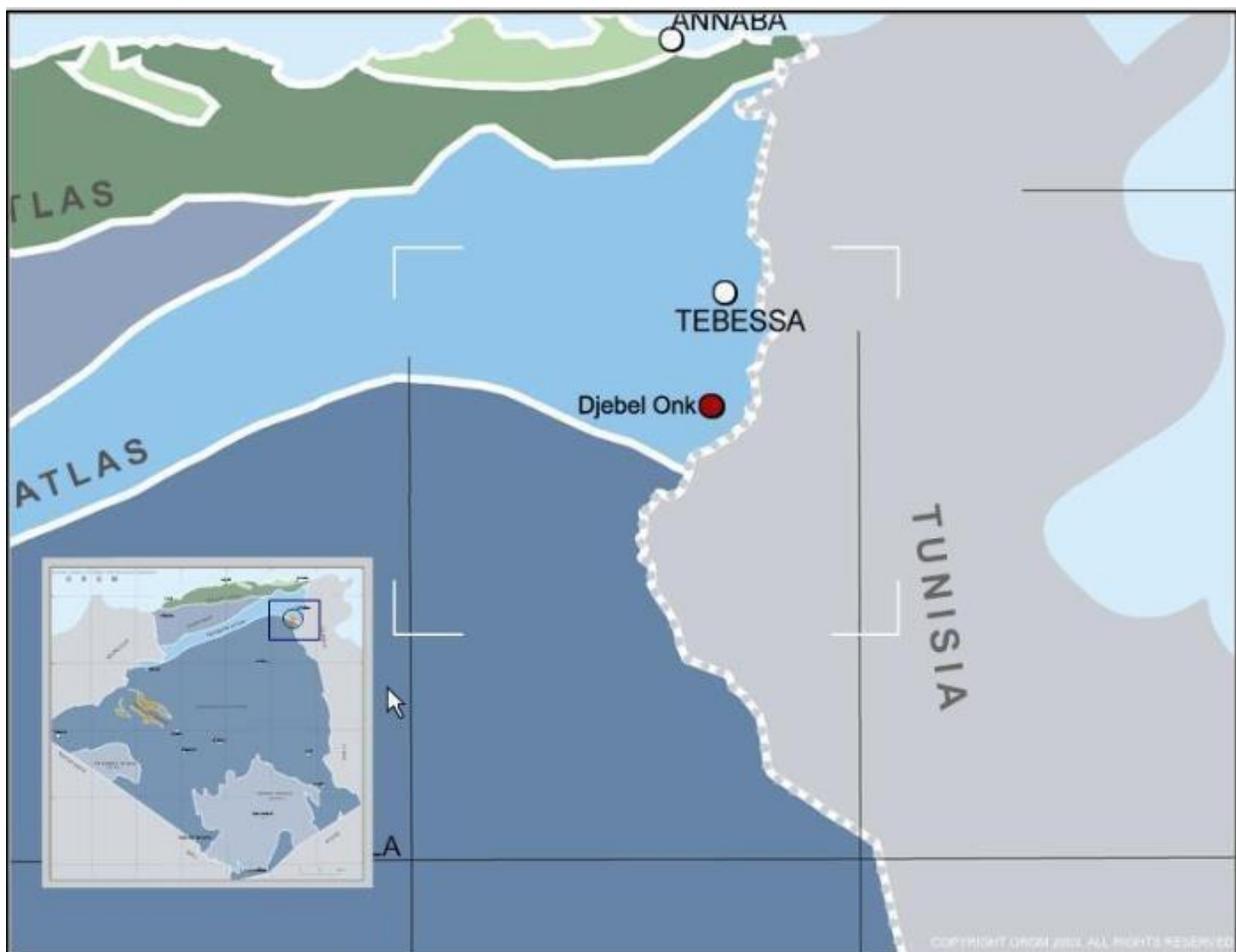


Figure 9 : Carte de situation géographique de la région de Djebel Onk (ORGM).

1. Historique des recherches

- Les phosphates Algériens ont été découverts à BOUGHARI par PH. THOMAS en 1873. Dans la période (1907 -1908) L. JOLEAU a découvert le gisement de Djebel Onk, des informations plus complètes ont été présentées par D. DUSSERT, mais surtout FLANDRIN en 1948 qui contribua à l'apport des nouvelles plus détaillées. Ce n'est qu'en 1931 que ces phosphates font l'objet d'une première concession par la compagnie des phosphates de CONSTANTINE qui était le principal producteur en Algérie suite à laquelle fut créée la société S.D.O en 1936.
- De 1961 à 1963, des essais de prospection radio métrique aéroportée sont effectués au-dessus du gisement de Djebel Onk.
- En 1963, les études géologiques et minières précédant l'exploitation du gisement de (rapports de G. RANCHIN, 1963, A.B.C) parallèlement, la société française SOFREMINE (1962 rédige un avant-projet d'exploitation du gisement de KEF ESSENOUN).
- Ce n'est qu'en mois de Février 1965 que débute l'exploitation de Djemi Djema (SOCIETE DU DJEBEL-ONK) qui aurait dû relayer, en 1963, la fin de l'exploitation de DJEBEL-KOUIF commencée en 1894. De 1985 - 1987, l'EN FERPHOS a confié à l'EREM des travaux de recherche et d'évaluation des ressources en phosphate de tous les gisements potentiels de la région du Djebel -Onk, notamment le gisement de KEF ESSENOUN a été reconnu en détail par l'EREM au cours de l'année 1986, grâce à 32 sondages carottés notés S-2 à S-46 réalisés à la maille de 250 x 300 m et 22 tranchées réalisées dans les dressants de KEF ESSENOUN, notées Tr 22 à Tr 44.
- En Novembre 1989, l'EN FERPHOS fait connaître son cahier des charges pour des études de développement du Complexe minier de Djebel Onk.
- En Avril 1992, signature du contrat entre l'EN FERPHOS et le consultant BRGM/SOFREMINE concernant le rassemblement des éléments techniques et économiques permettant d'arrêter un projet de développement de l'exploitation des gisements de phosphate de Djebel Onk.
- En 1993, BRGM a fourni un rapport d'expertise géologique de tous les gisements de Djebel Onk [1]

2.Présentation de l'entreprise

SOMIPHOS (Société des Mines de Phosphates) Filiale du groupe MANAL. Créée en janvier 2005, suite à la réorganisation de FERPHOS spa, SOMIPHOS est une société par action à capital public, détenu à 100% par MANAL groupe, basée à Tébessa (Est de l'Algérie) et est une société minière de premier plan avec la plus grande capitalisation boursière d'Algérie. Elle exploite des mines de phosphate et des projets de développement en Algérie.

Est l'une des plus importantes entreprises minières en Algérie. Dans ses activités d'exploitation des mines de phosphate, de fer et de pouzzolane, FERPHOS utilise les technologies et procédés les plus récents, recherche l'excellence, emploie les hommes qualifiés, intègres et motivés.

Société des Mines de Phosphates (Somiphos) Filiale de Ferphos group. Créée en janvier 2005, suite à la réorganisation de FERPHOS spa, Somiphos est une société par action à capital public, détenu à 100% par Ferphos group.

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. [2]



Figure 10: logo de l'entreprise L'entreprise nationale du fer et du phosphate (Ferphos)

I. La Géologie du Djebel Onk

I.1 Situation géographique

La région du Djebel Onk est située en Nord-Ouest du Sahara Algérien. Précisément, à l'est de monts de Nemamcha appartenant à l'Atlas saharien, à une vingtaine de kilomètres de la frontière Algérienne- Tunisienne.

La région appartient à la wilaya de Tébessa. Dont elle est éloignée d'environ 100 km, la Localité la plus importante est la ville de Bir El Ater. Djebel Onk est un massif montagneux calcaire qui culmine à 1338 m et dont le flanc Nord descend en pente douce tandis que le flanc Sud plonge rapidement sous les dépôts dumiocène et du quaternaire. [1]

Cette région constitue la limite géographique naturelle entre les Hauts plateaux Constantinois et le domaine saharien.

Le massif de Djebel Onk forme un ensemble calcaire de 20 Km de longueur qui culmine à 1198 m d'altitude au Djebel Tarfaya, ce massif constitue l'extrémité orientale des monts de Némemcha qui prolongent vers l'est le massif des Aurès, les altitudes les plus basses au pied du Djebel Onk sont d'environ 635 m.

Au Sud se localisent les gisements de Djemi Djema et Kef Essennoun Le gisement de Kef Essennoun est situé à environ 02 Km à l'Ouest du gisement de Djemi Djema.

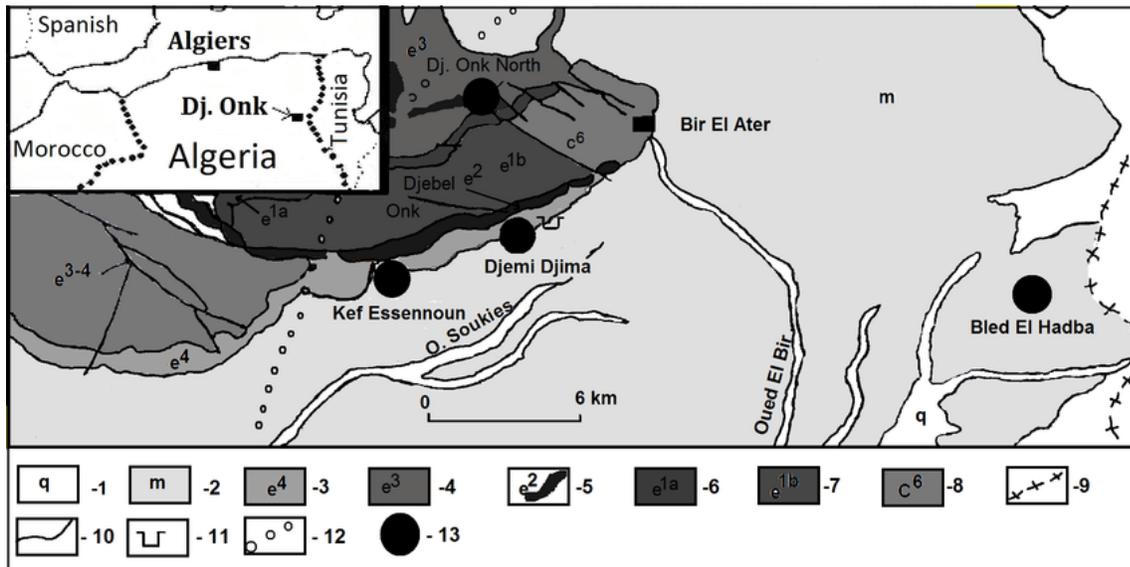


Figure11: Situation géographique de la région du Djebel Onk

I.2 Les sites du Phosphate du Djebel Onk

2.1.1. Gisement du Djemi-Djema

Le gisement de Djemi Djema Zone (II) Ouest, Zone(I) Est Sities 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.

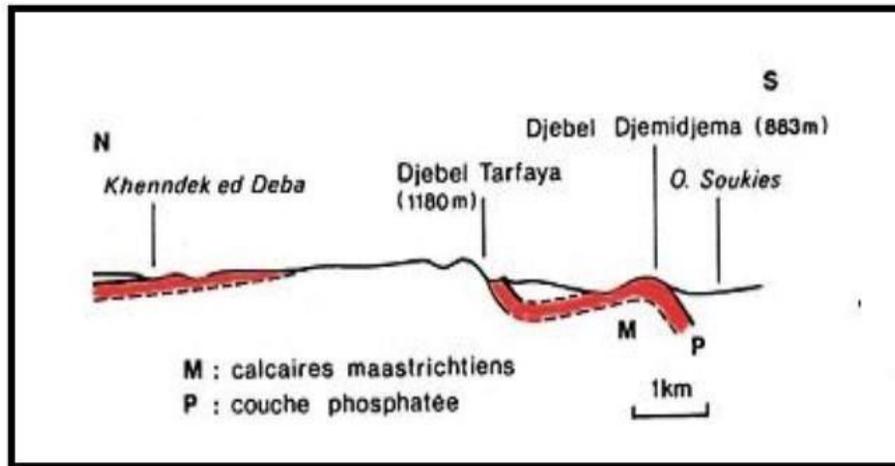


Figure 12: Coupe transversale du gisement de Djemi Djema

2.1.2. Gisement du Kef Essenoun

Est situé sur le flanc méridional de l'anticlinal crétaé de Djebel Onk. Il constitue en quelque sorte la retombée synforme de la méga structure antiforme. Au Nord, on aperçoit les dressants de Kef-Es Sennoun qui correspondent à la zone de la flexure faille du flanc Nord de la structure synforme.



Figure 13: Gisement de Kef Essenoun

2.1.3. Gisement de Djebel El Onk Nord

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.



Figure 14: Gisement de Djebel El Onk Nord

2.1.4. Gisement d'Oued Bétita

Est le plus éloigné de tous les gisements il est située a 45km au SudEst du centre minier du DjemiDjema. Et n'est distant que de 2 a 4km du gisement de Mides et tunisie. La série de phosphate d'une épaisseur enverons 35 a 45m.

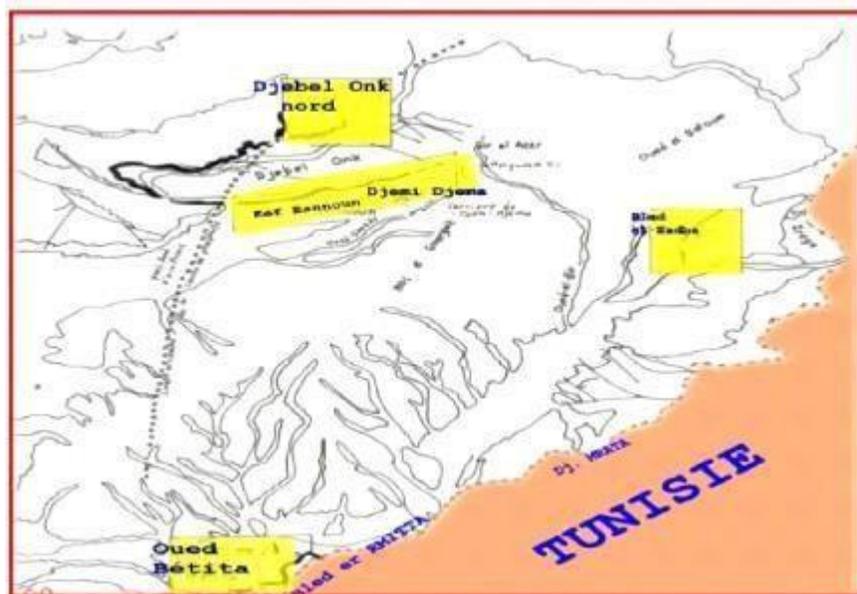


Figure 15: Gisement d'Oued Bétita

2.1.5. Gisement du Bled El Hadba

Situé à 14km au Sud-est de Djebel ONK et a 6km de la frontière Algero- Tunisienne.
 Marqué par la réapparition de la couche phosphate a l'affleurement sur le flanc Sud de la mégastructure synclinal, séparent les anticlinaux des djebel Onk et du djebel Zrega.
 La couche de phosphate est épaisse que sur le flanc Sud du djebel Onk mais la sédimentation phosphatée est plus hétérogène avec diminution de la fréquence des grains. [2]

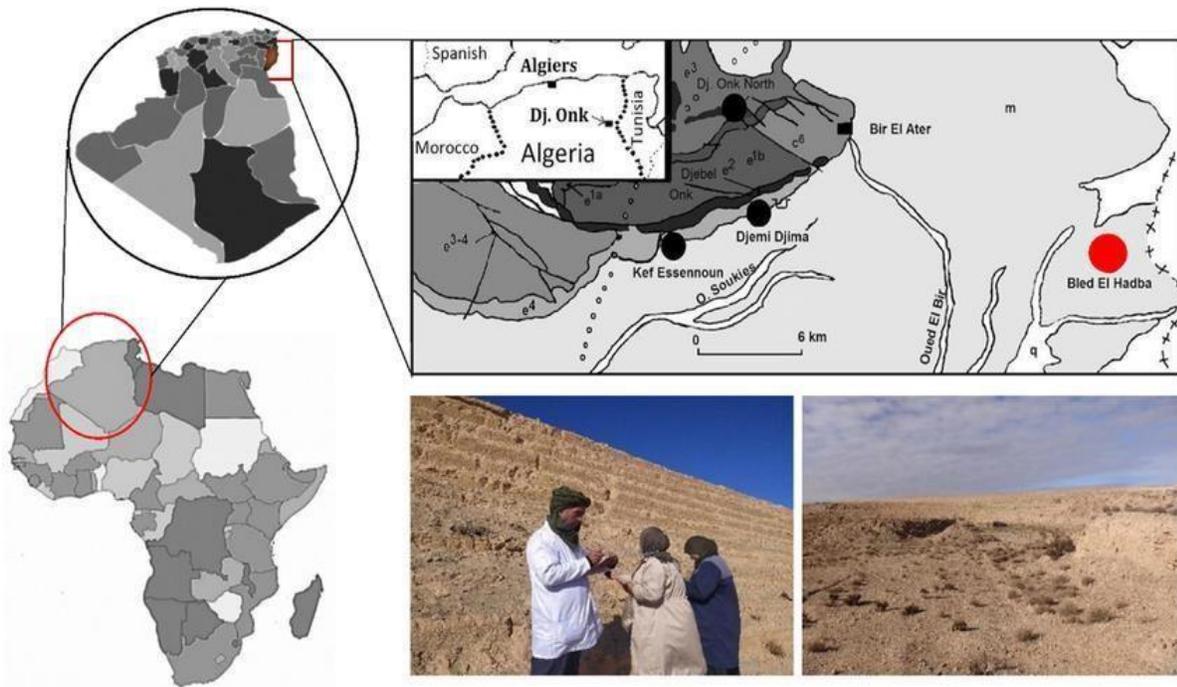


Figure 16: Gisement de Bled El Hadba

I.3 Stratigraphie

La région des travaux représente un vaste territoire de l'Atlas Saharien dans le Nord-est algérien. Dans les limites de la région de Bir El Ater prennent part les formations du Crétacé supérieur (Maestrichtien), Paléogène, Néogène et du Quaternaire

Crétacé

Les sédiments les plus anciens connus dans la région explorée, sont les sédiments du Crétacé. Ils se trouvent dans les parties axiales, les voûtes des cœurs des anticlinaux de Djebel Onk, Djebel Mandra et Ez zezar. Ils atteignent de grandes épaisseurs et sont très accidentés. Les sédiments crétacés du Djebel Onk sont très intéressants du point de vue ressources minières, ils sont aussi un réservoir de pétrole.

Maestrichtien

Ce sont les sédiments les plus anciens dans la région et ne représentent que la partie supérieure du Maestrichtien dans les régions de Djebel Onk, Djebel Zrega, et ailleurs. Lithologiquement, ce sont des calcaires blancs, compacts, durs et massifs. Au sommet de l'assise calcaire, repose en concordance une série argileuse dont l'âge est indéterminé (Maestrichtien-Danien). Les formations du Crétacé Supérieur, constituent les noyaux des massifs anticlinaux et couronnent les structures synclinales.

La puissance des sédiments Maestrichtien est d'environ 100 m.

Paléogène

Il comprend le Paléocène et l'Eocène, représentés par des sédiments marins de nature, calcaire, marne, phosphate et dans la partie sommitale, gypse. La puissance du Paléogène est de l'ordre de 350 m

Néogène

Les sédiments d'âge Néogène occupent de vastes territoires dans la région de Bir El Ater, matérialisés par des faciès terrigènes sablo-argileux, ils reposent en discordance sur les roches sous-jacentes, et comblent toutes les cuvettes synclinales de la région. La puissance du Néogène peut atteindre 600 m au centre des bassins. Il est représenté par les dépôts du Miocène (m)

Quaternaire

Les formations du Quaternaire sont représentées par des alluvions, éboulis de pente et se développent dans les vallées des oueds et sur l'aire d'extension des roches miocènes. Leur puissance est de quelques mètres. [5]

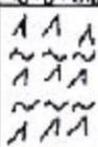
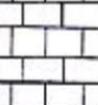
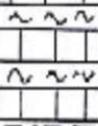
QUATERNAIRE			Eboulis et formations alluvionnaires sableuses
MIOCENE	SUP (350m)		Sables, grès à grains grossiers
	MOY (250m)		Argiles, schistes argileux de couleur marron, bronze avec intercalation de sables blancs
	INF (100m)		Sables fins blancs avec des couches de grès et argiles
LUTETIEN	SUP (100m)		Gypses avec interlits de marnes (évaporites)
	INF (40m)		Calcaires et dolomies avec géodes de quartz
YPRESIEN (70m)	SUP		Calcaires et dolomies avec silex
	INF		Calcaires avec lentilles de silex et calcaire phosphaté
THANETIEN (80m)	SUP		Phosphates pseudoolithiques, coprolithiques, gris et noirs
	INF		Marnes sombres schistifiées
MONTIEN (100m)			Minéralisation en Baryto-Céladonite
			Calcaires avec bancs à Ostraea
DANIEN	SUP (80m)		Alternance de calcaires et de marnes claires
	INF (35m)		Argiles noires avec fibre de gypse
MAESTRICHIEN SUPERIEUR (200 m)			Calcaires, calcaires noduleux de couleur blanche

Figure 17: Stratigraphie de la région de Djebel-El-Onk

I.4 Tectonique

La région de Djebel Onk est un massif montagneux calcaire se caractérise par une flexure anticlinale dont le flanc méridional à cause de pentages élève de 50° à 90°, contrairement à ceux du versant Nord qui n'excèdent pas au les pentages 15 à 20°. La tectonique en fait, n'est pas aussi simple que le laisserait supposer l'expose précédent, en effet la mise en place de cette flexure post-pliocène. S'est accompagnée d'une fragmentation par failles du massif, et cela n'a pas été sons répercussions sur les différentes assises géologiques. [1]

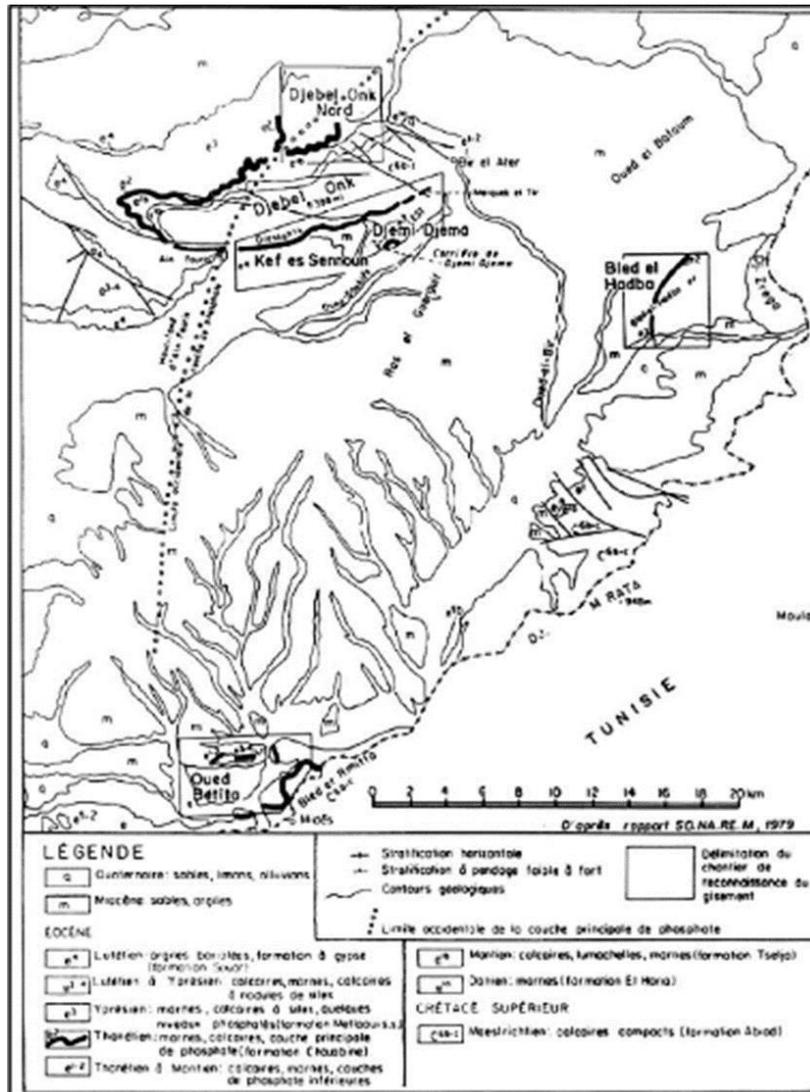


Figure 18: Carte géographique des gisements de phosphates de la région de Djebel-El-Onk

II . Géologie locale de bled el Hadba

II.1 Généralités

Le gisement potentiel de Bled El Hadba est situé à 14 km au Sud Est de Bir El Ater et à 6 km de la frontière algéro-tunisienne. Il est distant, en ligne droite, de 16 km de la carrière Djemi Djema. Ses coordonnées sont les suivantes : X= 1000,00 à 1002,00 et Y= 164,50 à 167,00. Les altitudes varient entre 730 et 790 km. La superficie de la zone reconnue par les sondages carottés est d'environ 2,9 km²

Au plan structural, la zone de Bled El Hadba constitue le flanc ouest de la structure antiforme de Djebel Zrega (1153m) dont la ligne de crête forme la frontière algéro-tunisienne. Cette structure antiforme, à cœur de crétacé supérieur, constitue le prolongement nord de la structure de Djebel Mrata – Djebel Sif El Leham en Tunisie. Par rapport à cet allongement anticlinal principal, la série phosphatée de Bled El Hadba se situe sur son flanc ouest, tandis que les phosphates de Djebel Mrata, localisé à 14 Km plus au sud, p appartiennent à son flanc oriental [3]

La carte géologique de la zone de Bled el Hadba montre que le faisceau phosphaté du Thanétien forme une bande d'affleurement orienté NE-SW qui s'enfonce vers l'ouest sous les calcaire à silex de l'Yprésien et les sables du Miocène. Vers l'est, affleurent les marnes infrasérie phosphatée, puis les calcaires et marnes du Montien. La série phosphatée n'est donc pas exprimée dans cette direction [8].

La structure géologique d'ensemble du gisement est très simple, puisque la série paléocène, éocène et miocène pend de manière monoclinale vers l'ouest, le nord-ouest et le sud-est, avec un pendage de 6 à 10°. Les cartes structurales du mur et du toit du faisceau phosphaté illustrent bien le pendage monoclinale, vers l'ouest, de la série. Plusieurs décrochements horizontaux, NW-SE, sont visibles cartographiquement, mais ils n'entraînent pas des modifications importantes de la géométrie de la couche de phosphate [4].

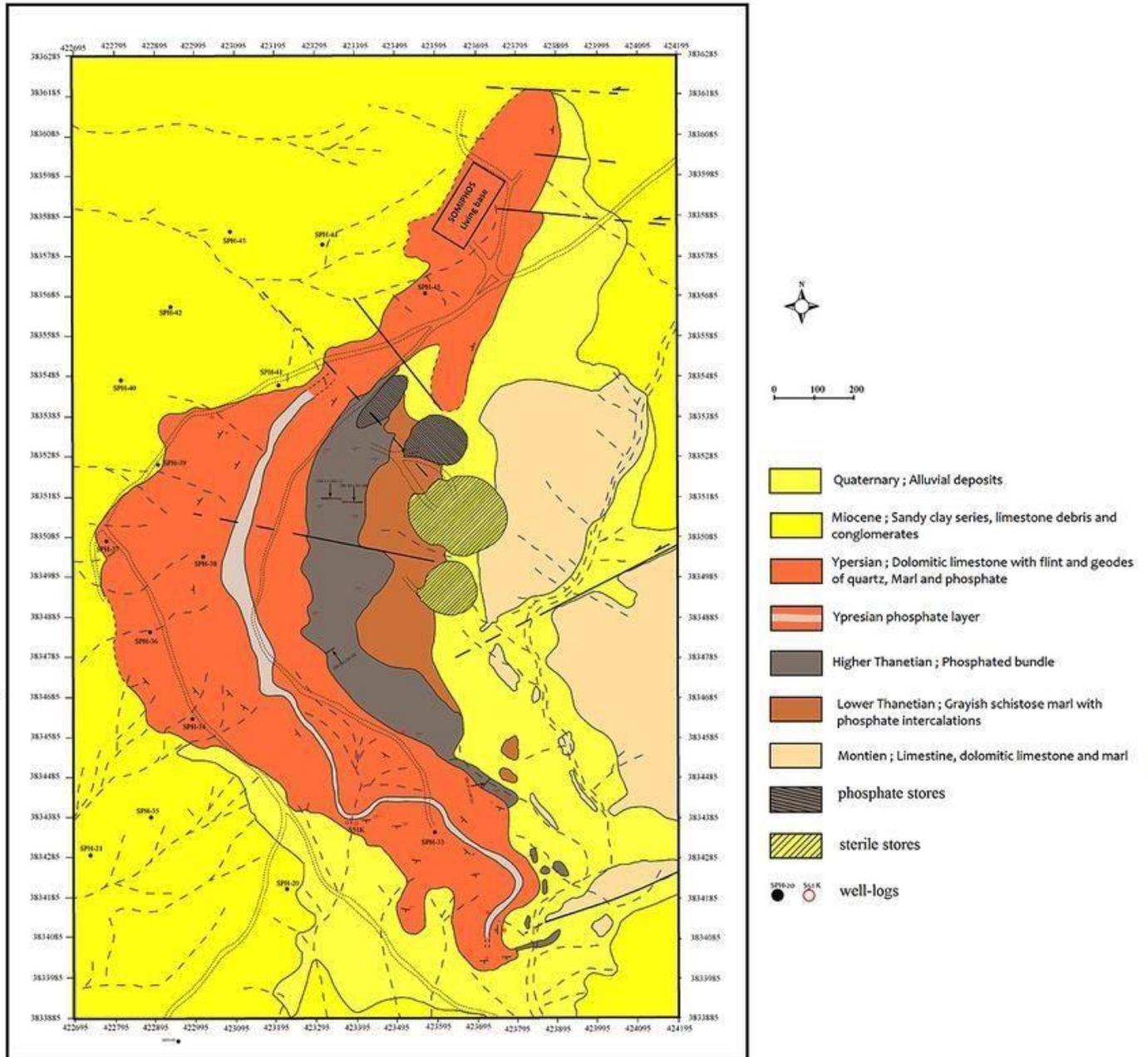


Figure 19 Carte géologique de la structure du gisement de phosphate de Bled El Hadba (Est Algérien)

II.2.Stratigraphie du gisement

Dans les limites du périmètre d'étude, les formations rencontrées, présentent des similitudes avec celles des gisements de Kef Es Sennoun et Djemi djema, situées sur le flanc opposé de la vaste structure synclinale qui les lie à l'exception de quelques variations lithogéochimiques, latéralement et verticalement dans le faisceau phosphaté.

La série sédimentaire affleurante 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 (Figure.02).

3.1. a. Crétacé

Représente les sédiments les plus anciens au cœur de l'anticlinal du Djebel Onk tectoniquement très accidentés, seuls les dépôts du Maestrichtien y affleurent. Ce dernier est caractérisé par des Calcaires blancs massifs avec des intercalations Marneuses.

3.1. b. Paléocène : Est représenté par des sédiments marins assez épais.

3.1. b.1. Danien : Lithologiquement est subdivisé en deux sous étages : inférieur et supérieur :

1. Danien inférieur : représenté par des argiles marneuses et schisteuses avec des fibres de gypse.

2. Danien supérieur : formé d'une alternance de calcaires et marnes calcaires.

3.1. b.2. Montien : Il affleure à l'Est du périmètre d'étude et occupe une vaste étendue, occupée essentiellement de base en haut par les formations suivantes: des calcaires lumachelliques, silicifiés, suivis par une alternance d'argiles, calcaires lumachelliques, calcaires argileux, marnes et dolomies.

Caractérisé par une minéralisation en Baryto - Célécitine, Calcaire avec bancs à Ostrea.

3.1. b.3. Thanétien : C'est l'horizon porteur de la minéralisation phosphatée principale. Il est subdivisé en deux sous étages :

1. Thanétien inférieur : Représenté par des Marnes Schisteuses.

2. Thanétien supérieur : présente des phosphates pseudoolithiques et cuprolithiques.

3.1. c. Eocène

3.1. c.1. Yprésien : Il repose directement sur les dépôts du Thanétien et prend une grande extension dans la région de Djebel Nnk. il se subdivise en deux parties.

1. Yprésien inférieur : est représenté par des calcaires avec lentilles de silex et calcaire phosphaté.

2. Yprésien supérieur : est constitué par l'alternance de calcaires, calcaires dolomitiques et marnes.

3.1. c.2. Lutétien : Les formations de cet étage recourent en concordance les séries Yprésiens, on distingue de bas en haut :

1. Lutétien inférieur : est caractérisé par des Calcaires et dolomie avec géodes de quartz.

2. Lutétien supérieur : est caractérisé par la présence des gypses avec inter lits de Marnes évaporites.

3.1. d. Miocène : Il repose en discordance sur toutes les formations sous-jacentes. Il est constitué essentiellement par une puissante série de sables quartzeux, de couleur jaunâtre, meuble, intercalant des couches de marnes argileuses de couleur jaunâtre à verdâtre. Le Miocène débute généralement par des conglomérats de base, formés par des éléments polygéniques, anguleux à sub-anguleux (quartz, calcaire, marnes) et à ciment argilo-gréseux.

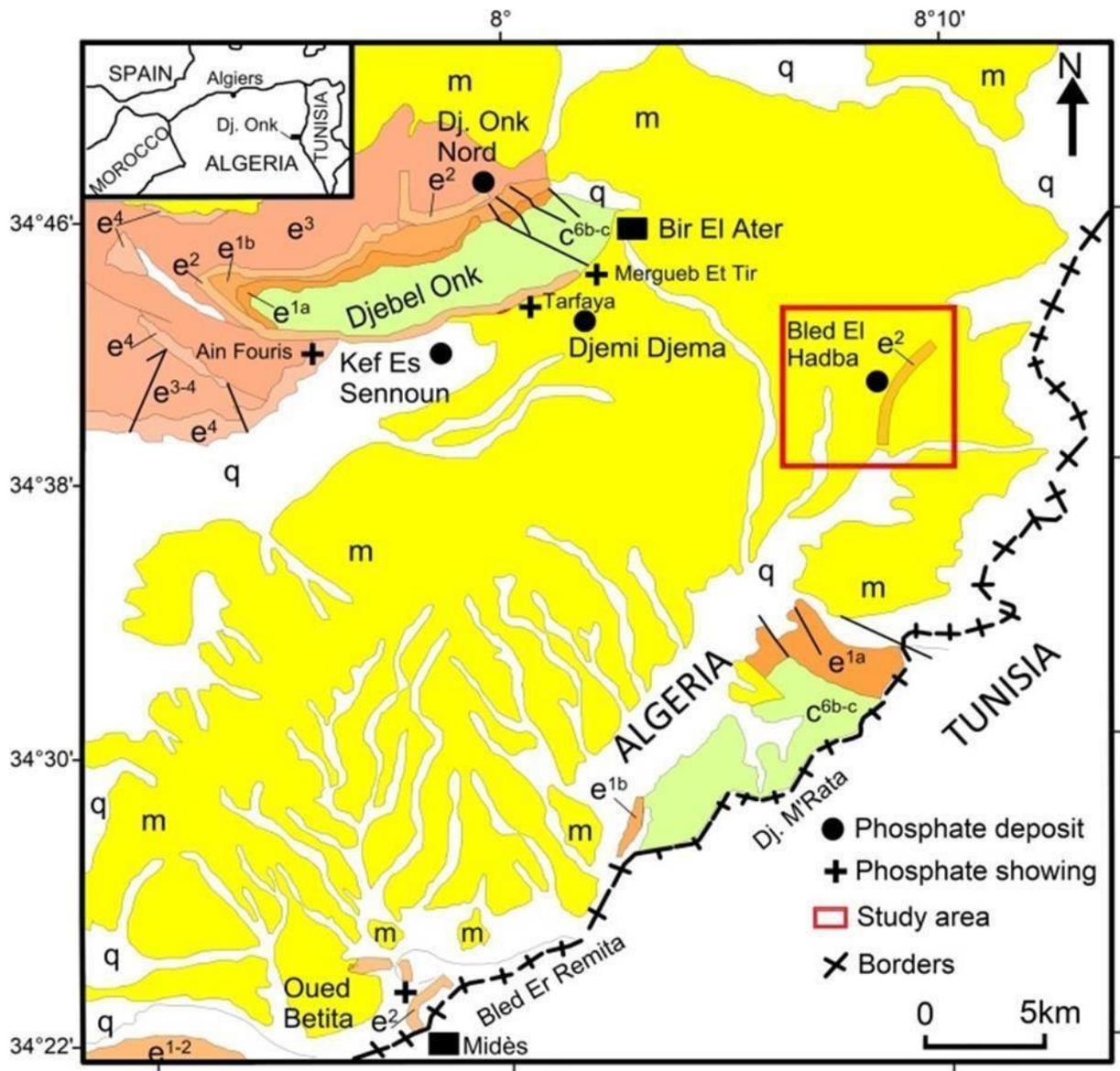
Constitué par trois formations lithologiques :

1. Miocène inférieur : est représenté essentiellement par des Conglomérats, des Sables avec des lits minces d'Argile Silteux.

2. Miocène moyen : est essentiellement Argileux, parfois Schisteux, avec des intercalations de Sables à grains fins et moyens.

3. Miocène supérieur : une série Sablo-Argilo-Conglomératique.

3.1.e. Quaternaire : Est essentiellement représentées par des éboulis de pente, de dépôts Sableux ; dépôts éoliens, des graviers et des dépôts alluviaux et fluviaux [1]



Mio-Quaternary

- q Quaternary: sands, silt, alluvium
- m Miocene: sands, clays

Eocene

- e⁴ Lutetian: gypsum-bearing clays
- e³⁻⁴ Lutetian-Ypresian: limestones, marls, flint nodule-bearing limestone
- e³ Ypresian: marls, flint limestones with phosphorites (upper layer)

Paleocene

- e² Thanetian: marls, limestones, phosphorites (main layer)
- e¹⁻² Thanetian-Selandian: limestones, marls, phosphorites (lower layer)
- e^{1b} Selandian: limestones, coquina, marls
- e^{1a} Danian: marls

Cretaceous

- c^{6b-c} Maastrichtian: limestones

Figure 20: Coupe stratigraphique schématique du Stratigraphie du gisement de bled el hadba

II.3 Généralités sur la région de Bled El Hadba**II.3.1 Situation géographique de Bled El Hadba**

La région d'étude est administrativement rattachée à la wilaya de Tébessa, elle se trouve à l'extrémité orientale de l'Atlas Saharien qui est représenté par les monts de Tébessa au Nord et ceux des Nememtcha et de Negrine au Sud.

Le réseau routier est bien développé ; la route nationale n°16 qui relie les villes d'Annaba à Oued Souf traverse toute la wilaya du Nord au Sud ; un réseau de pistes, assez dense et praticable pendant toutes les saisons, relie les points les plus reculés aux différentes localités.

Le chemin de fer relie les principaux centres miniers de la wilaya (Ouenza, Boukhadra, Djebel Onk), à la ville de Tébessa, au port d'Annaba et à d'autres villes du Nord de l'Algérie.

L'économie de la région est à vocation industrielle (minière) et agricole.

Les plus importantes entreprises industrielles se trouvent au Nord du territoire de la wilaya (Mines de fer de l'Ouenza, Boukhadra et Khanguet). [3]

La mine de phosphate de Djebel Onk se situe dans la partie Sud de la wilaya. Une série de plusieurs petites carrières de matériaux de construction sont en activité dans la région.

II.3.1.1 Climat

Le climat est continental avec un été sec et chaud et un hiver froid. La température atteint au maximum 45-46° C et même plus aux mois de Juillet et Août ; il neige rarement et la pluviométrie annuelle est peu importante et ne dépasse pas 200 mm. Les précipitations tombent essentiellement en automne et en hiver [4]

II.3.1.2 Hydrogéologie

Le réseau hydrographique est assez développé et divers fortement entaillés et profonds, secs à longueur d'année et ne coulent que rarement à la faveur des précipitations saisonnières. [5]

II.4 Situation géographique du gisement de Bled El Hadba

Le gisement de Bled El Hadba objet de la présente étude, fait partie du bassin phosphaté de Djebel Onk. Ce dernier est situé à environ 100 Km au Sud de la ville de Tébessa, à 20 km de la frontière algéro-tunisienne et 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.

Cinq gisements ont été découverts dans la région de Djebel

- Djebel Onk nord ;
- Oued Betita ;
- Kef Essenoun ;
- Djemi Djema ;
- Bled El Hadba.



Figure21: Image prise à Bled El Hadba

Conclusion

La région de djebel Onk a connu au cours de l'histoire géologique, plusieurs étapes de développement bien marquées dans les sédiments, elles se résument dans deux périodes principales :

- Période de sédimentation marine ;
- Période de sédimentation continentale.

Chapitre03

**Schéma de préparation mécanique
pour le phosphate de Bled El Hadba**

I- Détermination expérimentale

1- Objectif d'échantillonnage

L'objectif de l'échantillonnage est de prélever une partie représentative d'un ensemble ou d'un lot de minerai pour déterminer avec la plus grande précision possible la teneur moyenne en divers éléments de cet ensemble.

2-Méthode d'échantillonnage

2-1- Le séchage

A une température compatible avec les caractéristiques des composants recherchés. Pour les métaux, le séchage des échantillons est le plus souvent réalisé à l'air libre, puis à l'étuve à une température inférieure à 105°C.

2-2 -Le quartage

L'échantillon est divisé en quatre parties égales dont on ne retient que la moitié en réunissant deux quarts opposés. Cette sélection est homogénéisée et un nouveau quartage est effectué, l'opération pouvant se répéter trois ou quatre fois. On obtient ainsi un échantillon représentatif du matériau initial.

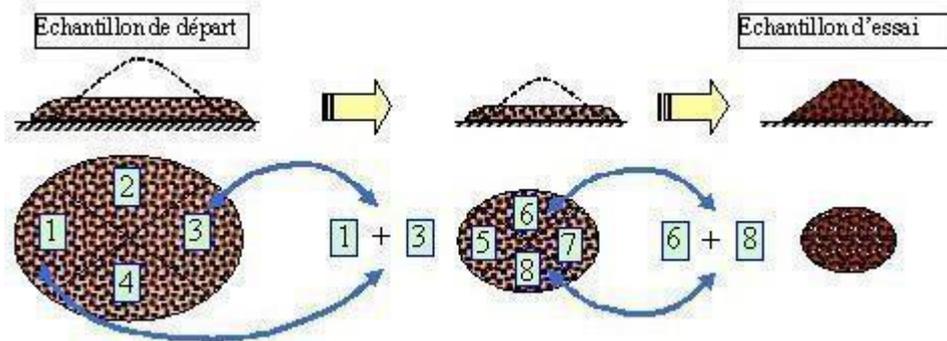


Figure23. Opération de quartage

3- Préparation des échantillons

Avant la préparation de l'échantillon le prélèvement est effectué sur la bande de la sortie broyeur (Produit 30)

Le prélèvement de l'échantillon est l'application de la méthode du quartage. La quantité de l'échantillon prélevée est de 2 Kg de chaque échantillon.

Les échantillons prélevés sont acheminés au labo de préparation des échantillons, séchés et divisés (dans deux rifles) jusqu' à l'obtention de 0.5 à 1.5 Kg, pour l'analyse granulométriques ainsi que pour la réserve.

4- Analyse granulométrique

La grosseur du mélange des particules de n'importe quel matériau est caractérisée par la composition granulométrique, montrant la distribution qualitative des grains minéraux.

L'analyse granulométrique est effectuée sur les tamis suivants pour les échantillons de la préparation mécanique :

+20 mm ; +10 mm ; +8 mm ; +4 mm ; +2 mm ; +1 mm ; +0.800 mm ; +0.500

mm

+0.315 mm ; +0.100 mm ; +0.08 mm ; < 0.080 mm

Schéma de préparation mécanique proposé

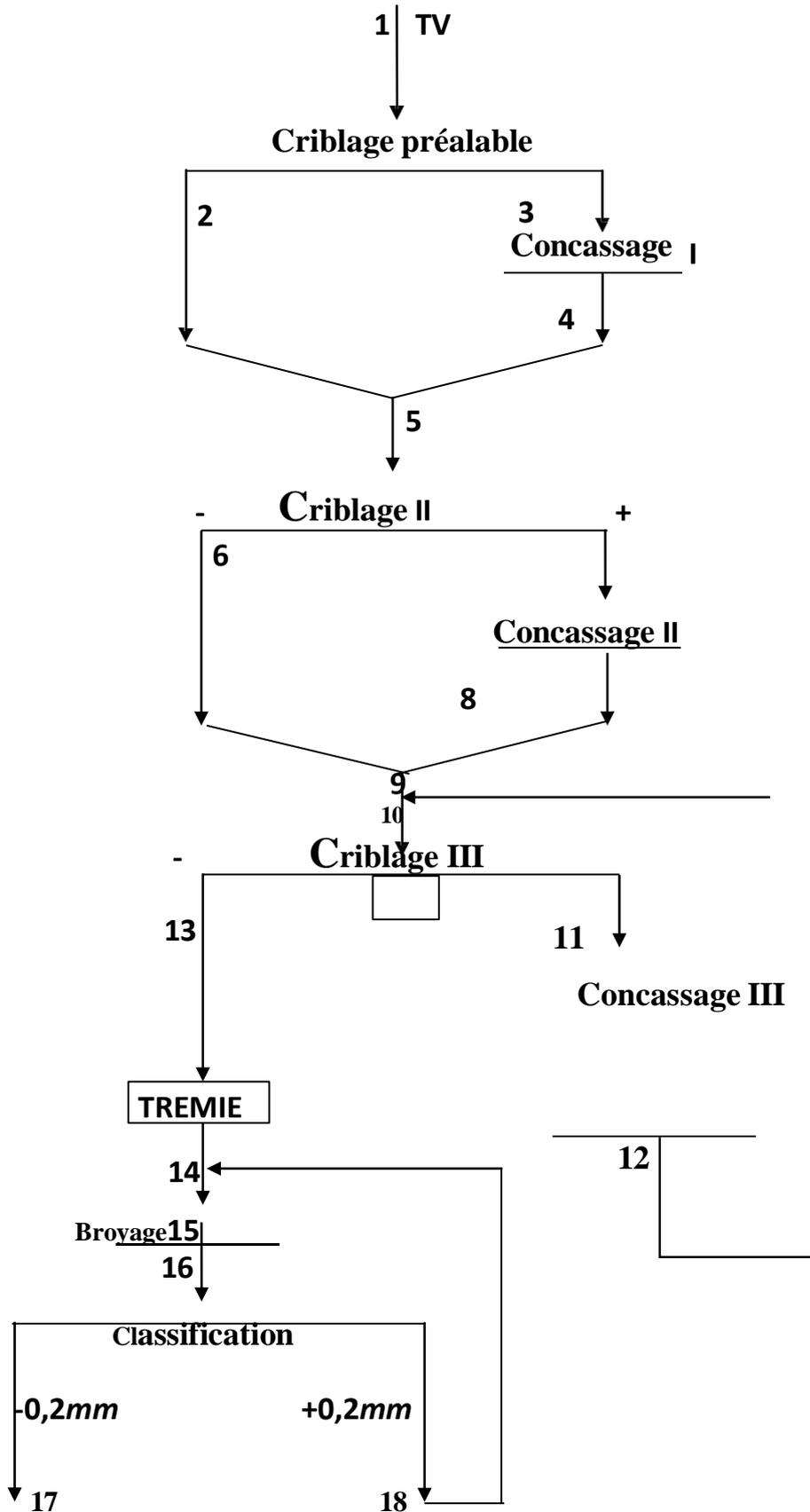


Figure 24 : Schéma de préparation mécanique

III- Partie calcul

III.1 Données de départ

- $D_{max} = 1100 \text{ mm}$
- $\alpha P_2O_5 = 26 \%$
- Production annuelle $Q_{an} = 8000000 \text{ t}$
- Densité foisonnée = $1,75 \text{ t/m}^3$
- Coefficient de foisonnement = $2,4$
- Humidité = $(5 \div 6) \%$

III.2. Calcul du schéma de concassage

2- Calcul du schéma de concassage et broyage et choix des équipements

(Calcul préalable) :

2-1 : On détermine la production théorique d'un atelier de concassage.

$$Q = \frac{Q_{an} \cdot M_{br}}{M_c N_p N_h} \text{ t/h}$$

M_{br} : Nombre de jours de travail d'un atelier de broyage = 7 jours.

M_c : Nombre de jours de travail atelier de concassage = 7 jours.

N_h : Nombre des heures de travail d'un atelier de concassage par poste = 8 heures

N_p : Nombre des postes de travail d'un atelier de concassage par 24h = 3 postes

Q : La production d'un atelier de broyage t /24h

N_j : Nombre de jours ouvrables par an $N_j = 335$ jours

Donc la production journalière

$$Q = \frac{Q_{an}}{N_j} \text{ t/j} \Rightarrow Q = \frac{8000000}{335} = \boxed{23880,59 \text{ t/j}}$$

$$Q_1 = \frac{23880,59 \cdot 7}{7 \cdot 3 \cdot 8} = \boxed{1137,17 \text{ t/h}}$$

Le schéma de préparation mécanique proposé est composé par 3stades de concassage et un stade de broyage.

2-2 : On calcule et on trace la caractéristique de grosseur du T.V à l'aide du tableau :(16)

$D_{max} = 1100 \text{ mm}$

2-3 : On fixe les degrés de concassage pour chaque étage de concassage

* Le degré général est égal à :

$$i_g = \frac{D_{max}}{d_{max}} = \frac{1100}{25} = 44$$

* Pour les concasseurs à cônes ou à mâchoires à concassage grossier du premier stade

$$I_1 = 3 \div 5$$

Donc on fixe $I_1=4$; $I_2=3$

$$I = \frac{i_g}{3^{I_1 \cdot I_2} \cdot 4.3} = \frac{44}{3^{4 \cdot 3} \cdot 4.3} = 3,66$$

2-4 : On détermine les dimensions des morceaux maximums :

$$d_5 = d_1 / I_1 = 1100 / 4 = 275 \text{ mm}$$

$$d_9 = d_5 / I_2 = 275 / 3 = 91,66 \text{ mm}$$

$$d_{11} = d_1 / I_1 \cdot I_2 \cdot I_3 = 1100 / 4 \cdot 3 \cdot 3,66 = 25,46 \text{ mm}$$

Tableau 04 : caractéristique de grosseur du tout venant

Tranches granulométriques en fonction de D max	Tranche Granulométriques (mm)	Rendement %		
		Rendement des classes	endement Cumulé Refusée	endement Cumulé passée
-D _{max} + 3/4 D _{max}	- 1100 + 825	18	18	100
-3/4 D _{max} + 1/2 D _{max}	- 825 + 550	20	38	82
- 1/2 D _{max} + 1/4 D _{max}	- 550 + 275	31	69	62
- 1/4 D _{max} + 1/8 D _{max}	- 275 + 137,5	13	82	31
- 1/8 D _{max} + 0	- 137,5 + 0	18	100	18
TOTAL	-	100		

2-5 : On détermine les dimensions des fentes de déchargement des concasseurs

D'après :

- Pour le minerai dur :
 - $Z_1 = 1,7$: pour les concasseurs à mâchoires.
 - $Z_2 = 3$: pour les concasseurs à cône à concassage intermédiaire.
 - $Z_3 = 3,5$: pour les concasseurs à cône à concassage fin.

Z : Grosseur relative des produits concassés (rapport de la dimension des ouvertures) du tamis à travers lequel passe 95 % du matériau, envers une longueur d'une fente d'un concasseur.

On détermine les fentes de déchargement des concasseurs de chaque stade :

mécanique

$$S_1 = d_5 / z_1 = 275 / 1,7 = \boxed{161,76 \text{ mm}}$$

$$S_2 = d_9 / z_2 = 91,66 / 3 = \boxed{30,55 \text{ mm}}$$

$$S_3 = 0,8 \cdot d_{11} = 0,8 \cdot 25,46 = \boxed{20,36 \text{ mm}}$$

S₁; S₂ et S₃: Fentes de déchargement des concasseurs.

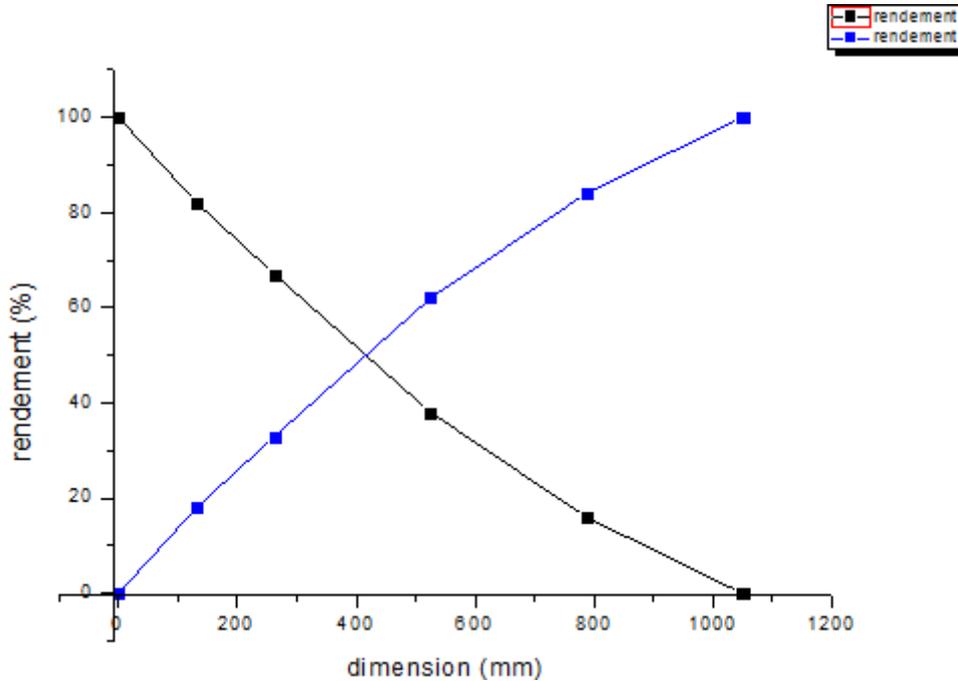


Figure 25 caractéristique de grosseur du tout venant

2-6 : On détermine les dimensions des ouvertures de chargement des concasseurs (ces ouvertures sont approximativement plus grandes que les dimensions de morceaux maximums qui entre dans les concasseurs de (10 ÷ 20) %).

Alors :

$$B_1 = (1,1 \div 1,2) d_1 = 1,2 (1100)$$

$$\Rightarrow \boxed{B_1 = 1320 \text{ mm}}$$

$$B_2 = (1,1 \div 1,2) d_5 = 1,1 (275)$$

$$\Rightarrow \boxed{B_2 = 302,5 \text{ mm}}$$

$$B_3 = (1,1 \div 1,2) d_9 = 1,15 (91,66)$$

$$\Rightarrow \boxed{B_3 = 105,40 \text{ mm}}$$

B₁ ; B₃ et B₂ : les ouvertures de chargement des concasseurs

2-7 : On fixe l'efficacité des opérations de criblage :

Pour le criblage préalable on installe un crible à barreaux fixes:

$$E_1 = (60 \div 70) \% \text{ fixe } E_1 = 65 \%$$

E : efficacité

Pour le deuxième et le troisième étage on installe des cribles vibrants ; leur efficacité est comprise entre 80 et 85% donc on fixe :

$$E_2 = E_3 = 80 \%$$

2-8 : On fixe les ouvertures des cribles.

- $d_5 > L_1 > S_1$; avec $E_1 = 65 \%$ (de criblage de 1^{er} étage)
- $d_9 > L_2 > S_2$; avec $E_2 = 80 \%$ (de criblage de 2^{ème} étage)

On prend souvent dans les calculs préalables :

$$L_1 = d_5 \text{ et } L_2 = d_9 \text{ et } L_3 = d_{11} \text{ (pour le cycle fermé) Donc :}$$

$$L_1 = 275 \text{ mm}$$

$$L_2 = 91,66 \text{ mm}$$

$$L_3 = 25,46 \text{ mm}$$

2-9 : On détermine les poids des produits pour le premier étage de concassage d'après les formules suivantes :

$$Q_2 = B_1^{-L_1} \cdot E_1 \cdot Q_1$$

$$Q_3 = Q_1 - Q_2$$

On détermine la valeur $B_1^{-L_1}$ d'après la caractéristique de grosseur du T. V

$$B_1^{-L_1} = B_1^{-\frac{275}{1}} = 0,31$$

Donc :

$$Q_2 = 1137,17 \cdot 0,31 \cdot 65$$

$$* Q_2 = 229,13 \text{ t/h}$$

$$Q_3 = 1137,17 - 229,13$$

$$* Q_3 = 908,04 \text{ t/h}$$

$$Q_4 = Q_3$$

$$\Rightarrow Q_4 = 908,04 \text{ t/h}$$

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 = Q_5$$

$$\Rightarrow Q_5 = 1137,17$$

$$Q_7 = Q_5 - Q_6$$

$$Q_7 = Q_8$$

Dans le deuxième étage :

$$\frac{Q_7}{100} \cdot 100 = Q_7 = \frac{85 \cdot 1137,17}{100}$$

$$\Rightarrow Q_7 = 966,59 \text{ t/h}$$

$$Q_6 = Q_5 - Q_7 = 1137,17 - 966,59$$

$$* Q_6 = 170,58 \text{ t/h}$$

$$Q_8 = Q_7$$

$$\Rightarrow Q_8 = 966,59$$

$$Q_9 = Q_5 = Q_1 \Rightarrow Q_9 = 1137,17$$

$$hQ_{10} = Q_9 + Q_{13}$$

$$Q_{12} = Q_{13}$$

Pour la charge circulante (cycle fermé) $Q_{11} = Q_1 \cdot \gamma_{11}$ d'un minerai dur :

$\gamma_{11} = (130 \div 160) \%$ on prend

$$\gamma_{11} = 150 \% \text{ donc : } Q_{11} = 1137,17 \cdot 1,5 \Rightarrow Q_{11} = 1705,75$$

$$hQ_{12} = Q_{11} \Rightarrow Q_{12} = 1705,75 \text{ t/h}$$

$$Q_{10} = Q_9 + Q_{12} = 1137,17 + 1705,75 \Rightarrow Q_{10} = 2842,92 \text{ t/h}$$

$$Q_{13} = Q_{10} - Q_{12} = 2842,92 - 1705,75 \Rightarrow Q_{13} = 1137,17$$

h

Tableau 05 : Exigences aux concasseurs a la suite du calcul préalable

Concasseurs	Dimension de l'ouverture de chargement en (mm)	Dimension de fonte de déchargement en (mm)	Capacité de production en (t/h)
1 ^{er} étage	B ₁ =1320	S ₁ =161,76	Q ₃ =908,04
2 ^{ème} étage	B ₂ =302,5	S ₂ =30,55	Q ₇ =966,59
3 ^{ème} étage	B ₃ =105,40	S ₃ =20,36	Q ₁₂ =1705,75

7: Calcul final du schéma de concassage et choix des équipements

7-1 : On fixe les fentes de sortie d'après le calcul

préalable ; S₁= 161,76 mm

S₂= 30,55 mm

S₃= 20,36 mm

7-2 : On détermine les dimensions des morceaux maximums du minerai d'après le concassage dans chaque étage :

$$d_4 = S_1 \cdot Z_1 = 161,76 \cdot 1,7 \Rightarrow d_4 = 274,99 \text{ mm}$$

$$d_8 = S_2 \cdot Z_2 = 30,55 \cdot 3 \Rightarrow d_8 = 91,65 \text{ mm}$$

$$d_{13} = d_{\text{max}} = 25 \text{ mm} \Rightarrow d_{13} = 25 \text{ mm}$$

7-3 : On calcule les degrés de concassage dans chaque étage :

$$I_1 = \frac{d_1}{d_5} = \frac{1100}{275} = 4$$

$$I_2 = \frac{d_5}{d_9} = \frac{275}{91,66} = 3$$

$$I_3 = \frac{d_9}{d_{13}} = \frac{91,66}{25} = 3,66$$

On fixe les dimensions des ouvertures des cribles et les efficacités de criblages dans chaque étage

$$d_5 > L_1 > S_1 \quad 275 > 275 > 161,76 \Rightarrow L_1 = 275 \text{ mm}$$

$$d_9 > L_2 > S_2 \quad 91,66 > 91,66 > 30,55 \Rightarrow L_2 = 92 \text{ mm}$$

~ 44 ~

$$L_3 = d_{11}$$

$$\Rightarrow L_3 = 25 \text{ mm}$$

Avec : $E_1 = 65 \%$ efficacité de criblage dans le premier étage $E_2 = E_3 = 80 \%$ efficacité de criblage dans le deuxième et le troisième étage

7-4 : On détermine les poids des produits 2 et 3 et leurs rendements :

$$Q_2 = Q_1 \cdot B_1^{-L_1} \cdot E_1 \quad \text{ou } E_1 = 65 \%$$

$$B_1^{-L_1} = 0,31$$

$$Q_2 = 1137,17 \cdot 0,31 \cdot 0,65$$

$$\Rightarrow Q_2 = 229,13 \text{ t/h}$$

$$Q_3 = Q_1 - Q_2 = 1137,17 - 229,13$$

$$\Rightarrow Q_3 = 908,04 \text{ t/h}$$

$$Q_4 = Q_3 \Rightarrow Q_4 = 908,04 \text{ t/h}$$

$$Q_5 = Q_4 + Q_2 = 908,04 + 229,13$$

$$\Rightarrow Q_5 = 1137,17 \text{ t/h}$$

On calcule les rendements :

$$\gamma_2 = \frac{Q_2}{Q_1} \cdot 100 = 229,13 \cdot 100 / 1137,17$$

$$\Rightarrow \gamma_2 = 20,14\%$$

$$\gamma_3 = \frac{Q_3}{Q_1} \cdot 100 = 908,04 \cdot 100 / 1137,17$$

$$\Rightarrow \gamma_3 = 79,85\%$$

$$\gamma_4 = \gamma_3 \Rightarrow \gamma_4 = 79,85\%$$

7-5 : On calcule la composition granulométrique du produit 5, (mélange des produits 2 et 4)

Pour cela il faut trouver la caractéristique de grosseur du produit 4

On compose le tableau dont la forme est analogue à celle des produits Brut (T. V).

La composition granulométrique du produit 5 est calculée comme un mélange des produits 2 et 4 d'après la formule suivante :

$$B_5 = \frac{Q_2 \cdot B^{-d} + Q_4 \cdot B^{-d}}{Q_1}$$

On trace la caractéristique de grosseur du produit 4 avec $S_1 = 161,76 \text{ mm}$

Tableau 06 : caractéristique de grosseur du produit 4 avec $S_1 = 161,76 \text{ mm}$

Tranches granulométriques en fraction de $S_1=161$ mm		Tranches granulométriques en (mm)		Rendement %		
				Rendement en classe %	Rendement Cumulé refusée %	Rendement Cumulé Passée %
$2S_1$		+322		0	0	100
$-2S_1$	$+1,75S_1$	-322	+282	5	5	95
$-1,75S_1$	$+1,5S_1$	-282	+242	11	16	84
$-1,5S_1$	$+S_1$	-242	+161	14	30	70
$-S_1$	$+0,75S_1$	-161	+121	21	51	49
$-0,75S_1$	$+0,5S_1$	-121	+81	24	75	25
$-0,5S_1$	$+0,25S_1$	-81	+41	25	100	0
$-0,25S_1$	$+0$	-41	+0			
Total		-		100	-	-

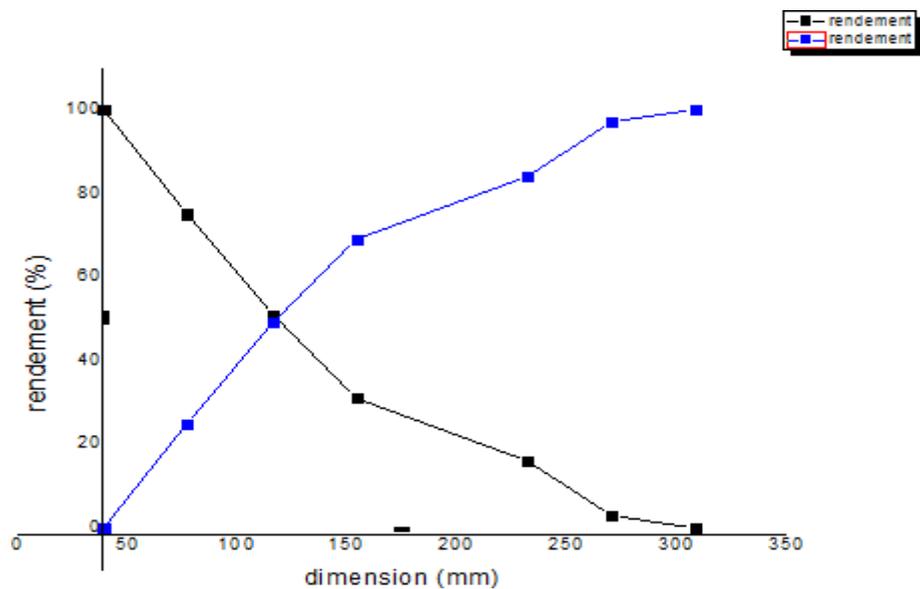


Figure 26 la caractéristique de grosseur du produit 4

: On détermine les poids des produits 6, 7, 8 et 9 :

$$Q_7 = Q_5 \cdot B_5^{-L1} \cdot E_2 \text{ ou } E_2 = 80\%$$

7-6

$$B_5^{-275} = 0,91\%$$

$$Q_7 = 1137,17 \cdot 0,91 \cdot 80 \Rightarrow Q_7 = 827,85 \text{ t/h}$$

$$Q_6 = Q_5 - Q_7 = 1137,17 - 827,85$$

$$* Q_6 = 309,32 \text{ t/h}$$

$$Q_8 = Q_7 = 827,85 \text{ t/h}$$

$$Q_9 = Q_5 = Q_1 \Rightarrow Q_9 = 1137,17$$

h

7-7 : On détermine les rendements des produits 6, 7, 8 et 9 :

$$\gamma_5 = \gamma_1 \Rightarrow \gamma_5 = 100\%$$

$$\gamma_6 = \frac{Q_6}{Q_1} \cdot 100 = \frac{309,32}{1137,17} \cdot 100 \Rightarrow \gamma_6 = 27,20\%$$

$$\gamma_7 = \frac{Q_7}{Q_1} \cdot 100 = \frac{827,85}{1137,17} \cdot 100 \Rightarrow \gamma_7 = 72,79\%$$

$$\gamma_7 = \gamma_8 \Rightarrow \gamma_8 = 72,79\%$$

$$\gamma_9 = \frac{Q_9}{Q_1} \cdot 100 = \frac{1137,17}{1137,17} \cdot 100 \Rightarrow \gamma_9 = 100\%$$

7-8 : On détermine les poids des produits 10, 11, 12 et 13 :

Pour la charge circulante (cycle fermé) $Q_{11} = Q_1 \cdot \gamma_{12}$ d'un minerai dur :

$$\gamma_{12} = (130 \div 160)\% \text{ on prend}$$

$$\gamma_{12} = 150\% \text{ donc : } Q_{11} = 1137,17 \cdot 1,5 \Rightarrow Q_{11} = 1705,75 \text{ t/h}$$

$$Q_{11} = Q_{12} \Rightarrow Q_{12} = 1705,75 \text{ t/h}$$

$$Q_{10} = Q_9 + Q_{12} = 1137,17 + 1705,75 \Rightarrow Q_{10} = 2842,92$$

$$Q_{13} = Q_{10} - Q_{11} = 2842,92 - 1705,75 \Rightarrow Q_{13} = 1137,17 \text{ t/h}$$

7-9 : On détermine les rendements des produits 10, 11, 12 et 13 :

$$\gamma_{10} = \frac{Q_{10}}{Q_1} \cdot 100 = \frac{2842,92}{1137,17} \cdot 100 \Rightarrow \gamma_{10} = 250\%$$

$$\gamma_{11} = \frac{Q_{11}}{Q_1} \cdot 100 = \frac{1705,75}{1137,17} \cdot 100 \Rightarrow \gamma_{11} = 150\%$$

$$\gamma_{12} = \frac{Q_{12}}{Q_1} \cdot 100 = \frac{1705,75}{1137,17} \cdot 100 \Rightarrow \gamma_{12} = 150\%$$

$$\gamma_{13} = \frac{Q_{13}}{Q_1} \cdot 100 = \frac{1137,17}{1137,17} \cdot 100$$

$$\Rightarrow \gamma_{13} = 100\%$$

7-10 : On trace la caractéristique de grosseur du produit 8 (produit concassé de deuxième stade) à l'aide le tableau (07)

Tableau 07. Caractéristique de grosseur du produit 8

tranches Granulométriques en fraction de S ₂ =30 mm	Tranches granulométries en mm	Rendements %		
		Rendement en classe %	Rendement Cumulé efusée %	Rendement Cumulé Passée %
2,5 S ₂	75			
- 2,5 S ₂ + 2,25S ₂	- 75 + 67,5	5	5	100
-2,25 S ₂ + 2S ₂	- 67,5 + 60	9	14	95
-2 S ₂ + 1,5 S ₂	- 60 + 45	11	25	86
-1,5 S ₂ + 1,25S ₂	- 45 +37,5	10	35	75
- 1,25 S ₂ + S ₂	- 37,5 + 30	16	51	65
-S ₂ + 0,5 S ₂	- 30 + 15	26	77	49
- 0,5 S ₂ + 0,25 S ₂	- 15 + 7,5	11	88	23
- 0,25 S ₂ + 0	- 7,5 + 0	12	100	12
Total	-	100	-	-

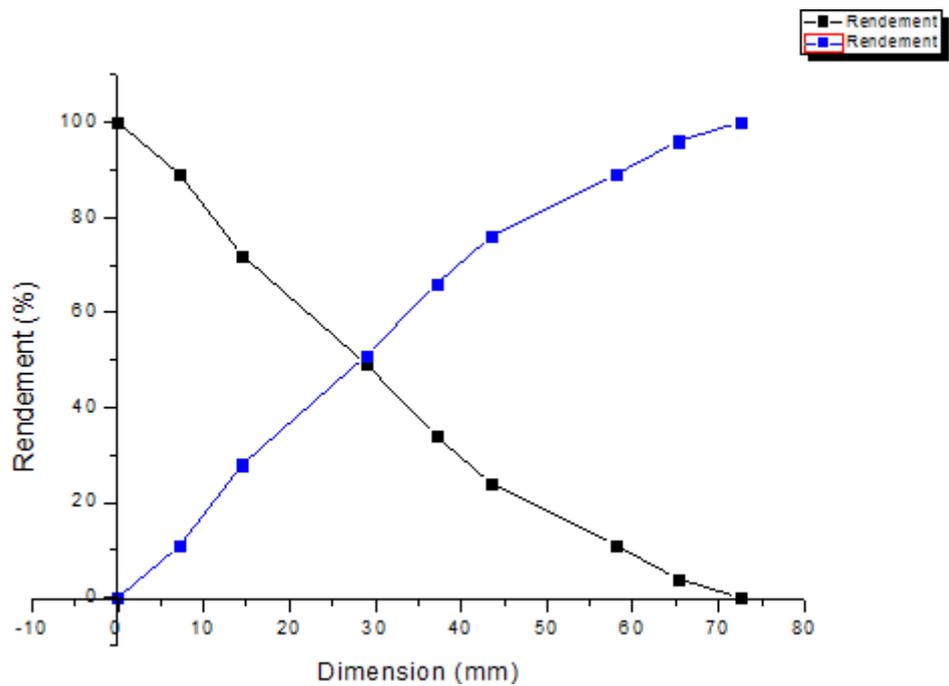


Figure 27: la caractéristique de grosseur du produit 8

On trace la caractéristique du produit 13 (produit concassé après troisième étage) à l'aide le tableau 08 ; **Tableau 08 : Caractéristique de grosseur du produit 13**

tranches Granulométriques en fraction de $S_3=20,36$ mm	tranches granulométriques en mm	Rendements %		
		Rendement en classe %	Rendement Cumulé Passé %	Rendement Cumulé Ref usé %
3,5 S_3	70	7	7	100
- 3,5 S_3 + 3 S_3	- 71 + 61	10	17	93
-3 S_3 +2,5 S_3	- 61 + 51	9	26	83
-2,5 S_3 + 2,25 S_3	- 51 + 46	8	32	74
-2,25 S_3 + 2 S_3	- 46 +41	12	44	66
- 2 S_3 + 1,5 S_3	- 41 + 31	21	65	54
-1,5 S_3 + 1,25 S_3	- 31 + 25	7	72	33
- 1,25 S_3 + S_3	- 25 + 20	6	78	26
- S_3 + 0,5 S_3	- 20 +10	12	90	20
- 0,5 S_3 + 0,25 S_3	- 10 +5	5	95	8
- 0,25 S_3 + 0	- 5 + 0	3	100	3
Total	-	100	-	-

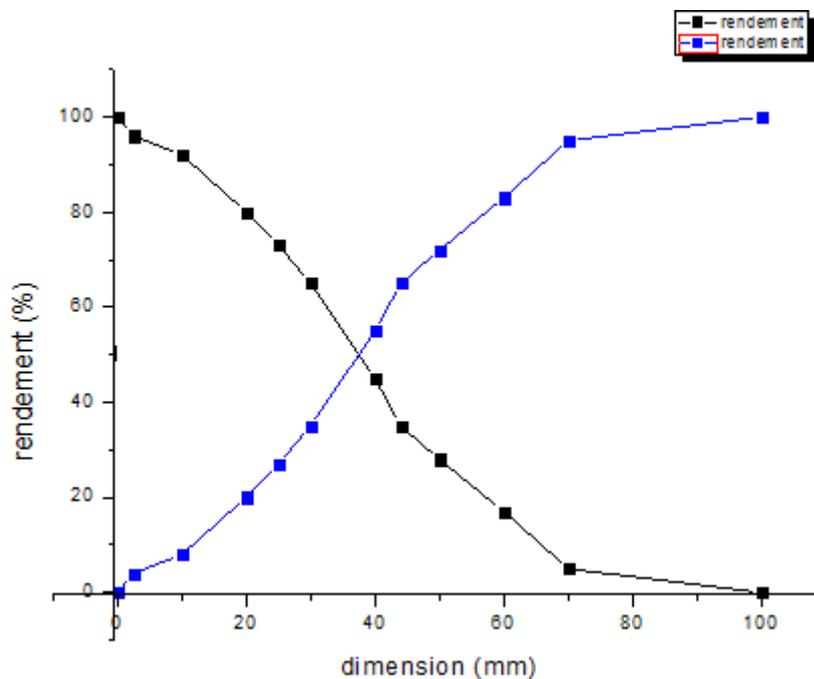


Figure 28: la caractéristique de grosseur du produit 13

- Remarque : le poids spécifique est égale à : 1,75 t/m

On choisit finalement le concasseur du premier étage. Pour ce choix, il faut déterminer les facteurs suivants :

- Qualité de la matière à concasser.
- Dimensions maximales des morceaux. On a :
 - **$B_1 = 1320 \text{ mm}$**
 - **$D_{\text{max}} = 1100 \text{ mm}$**
 - **$S_1 = 161,76 \text{ mm}$**
 - **$Q_3 = 908,04 \text{ t/h}$**

D'après ces données, on installe au **premier étage de concassage** un concasseur à mâchoires à double effet «CMS 12 x 15»

On détermine le débit du concasseur d'après la formule :

$$Q_c = Q_s \cdot \delta \quad \text{ou : } \delta : \text{densité foisonnée}$$

- $Q = 280 \text{ m}^3/\text{h}$
- $Q_s = 280 \times 1,75 = 490 \text{ t/h}$

$$N_1 = Q_t / Q_s = 908,04 / 490 = 1,85$$

Donc on installe Deux concasseur au premier étage

Caractéristique techniques du concasseur «CMD 12 x 15»

- Dimension de l'ouverture de chargement B x L : 1200 x 1500 mm.
- Dimension du morceau maximal de l'alimentation : 1000 mm.
- Puissance du moteur électrique : 160 Kw.
- Masse du concasseur sans équipements électriques M=120 t

Pour le deuxième stade de concassage il faut :

- $B_2 = 302,5 \text{ mm}$
- $d_9 = 91,66 \text{ mm}$
- $S_2 = 30,55 \text{ mm}$
- $Q_7 = 966,59 \text{ t/h}$
-

On installe au deuxième étage, un concasseur à cône à concassage intermédiaire de type : «CCCI 1750 B»

On détermine le débit du concasseur :

$$S_2 = 30,55 \text{ mm}$$

$$Q_{\max} = 300 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\min} = 160 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$S_{\max} = 60 \text{ mm}$$

$$S_{\min} = 25 \text{ mm}$$

$$Q_s = Q_{\max} - \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}} (S_{\max} - S_2)$$

$$\text{Donc : } Q_s = 300 - \frac{300 - 160}{60 - 25} (60 - 29) \Rightarrow Q_s = 176 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le débit du concasseur :

$$Q_c = Q_s \cdot \delta = 176 \cdot 1,75$$

$$\Rightarrow Q_c = 308 \text{ t/h}$$

On calcule le nombre des concasseurs nécessaire qu'il faut installer pour le deuxième étage :

$$N = \frac{Q_7}{Q_c} = \frac{906,59}{308} \Rightarrow N = 2$$

Donc on installe deux concasseur au deuxième étage de type «CCCI 1200B».

Caractéristiques techniques du concasseur «CCCI 1750B» :

- Largeur de l'ouverture de chargement : 250 mm.
- Largeur de l'ouverture de déchargement jusqu'à : 100 mm.
- Puissance du moteur électrique : P=160 Kw.
- Masse du concasseur sans équipements électriques M=46,9 t.

- On choisit le concasseur de **troisième étage** d'après le poids de produit 12.

On installe un concasseur à cône à concassage fin «CCCFRH 1750 ».

On a :

- **B₃= 105,40 mm**
- **S₃=20,36 mm**
- **Q₁₃=1137,17 t/h**

$$Q_c = Q_s \cdot \delta$$

$$Q_s = Q_{\max} - \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}} (S_{\max} - S_{\min})$$

$$S_3 = 20,36 \text{ mm}$$

$$Q_{\max} = 120 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\min} = 40 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$S_{\max} = 15 \text{ mm}$$

$$S_{\min} = 05 \text{ mm}$$

$$\text{Donc : } Q_s = 120 \frac{120-40}{15-5} (20 - 15)$$

$$Q_s = 560 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_c = 560 \cdot 1,75$$

$$\Rightarrow Q_c = 980$$

On calcule le nombre des concasseurs nécessaire qu'il faut installer pour le troisième étage de concassage:

$$N = \frac{Q_{12}}{Q_c} = \frac{1705,75}{980} \Rightarrow N = 1,7$$

Donc on installe deux concasseur au troisième étage de type «CCCFRH 1750».

Caractéristique techniques du concasseur «CCCFRH 1750» :

- Largeur de l'ouverture de chargement : 130 mm.
- Largeur de fonte de déchargement : 20 mm
- Dimension du morceau : 100 mm.
- Puissance du moteur électrique : P=250÷280 Kw.
- Masse du concasseur sans équipements électriques M=73 t.

En formant le tableau suivant qui présente les différentes variantes des trois étages de concassage :

Tableau 09 : les différentes variantes des trois étages de concassage

Type	Nombre	Débit (t/h)		Coefficient D'exploitation	Poids (t)		Puissance (KW)	
		L'un	Tous		L'un	Tous	L'un	Tous
CMD 12x15	2	490	980	$\frac{586,19}{490} = 1,19$	120	240	160	320
CCCI 1750 B	2	308	616	$\frac{634,32}{308} = 2$	46,9	93,8	160	320
CCCFRH 1750	2	140	280	$\frac{1705,75}{980} = 1,7$	47,2	94,4	160	320

Calcul du Criblage

7-11 : Pour le premier stade et avant le concassage grossier, on installe un criblage à barreau dont la surface est calculée par la formule :

$$S = B \cdot L \quad \text{en m}^2.$$

Ou $B = (2d_1 + 100)$ en m.

$$L = 2B$$

$$S = B \times L$$

S : Surface de criblage en **m²**

B : Largeur du crible ; **m**

L : Longueur du crible ; **m**

Donc : $B = 2 \times 1100 + 100 \Rightarrow B = 2300 \text{ mm} = 2,3 \text{ m}$

$L = 2B = 2,3 \times 2 \Rightarrow L = 4,6 \text{ m}$

Alors : $S = B \times L = 2,3 \times 4,6 \Rightarrow S = 10,58 \text{ m}^2$

La surface nécessaire de criblage pour les cribles du deuxième et troisième étage est déterminée par la formule suivante :

$$F = \frac{Q}{q \cdot \delta \cdot K \cdot L \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p} \quad \text{en m}^2$$

Q : Débit d'un crible par rapport à l'alimentation initiale. **t/h**

q : Débit spécifique d'un crible par rapport au volume foisonné en **m³ / m².h**

δ : Densité foisonnée du minerai

K.L.m.n.o.p : Les coefficients de correction

O n a : $Q = Q_5 = 1137,17 \text{ t/h.}$

$\delta = 1,75 \text{ t/m}^3.$

q : on a : $L_2 = 91,66 \text{ mm}$; après l'annexe 14 :

$80 \text{ mm.} \rightarrow 56$

$100 \text{ mm} \rightarrow 63$

Alors : $\rightarrow [(91,66 \times 56) / 80] = 64$

$q = 64 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$

$n = 1$ pour matériaux concassés

$p = 1$ pour l'ouverture du tamis

$O = 1$

m : on a : $E_2 = 80\%$; d'après l'annexe 6 :

$80\% \rightarrow 1,3$

$m = 1,3$

K : on a : $\beta_5^{-1/2 L_2} = \beta_5^{-43,75} = 85\%$

$80\% \rightarrow 1,8$

$90\% \rightarrow 2,0$

$K = 1,9$

L : on a : $\beta_5^{+L_2} = \beta_5^{+87,5} = 27\%$

$25\% \rightarrow 1,00$

$30\% \rightarrow 1,05$

$L = 1,08$

Donc :

$$F = \frac{1137,17}{64 \cdot 1,75 \cdot 1,9 \cdot 1,08 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} \Rightarrow F = 3\text{m}^2$$

7-12 : On détermine le nombre des cribles qu'il faut installer :

$$n = \frac{F}{S}$$

S : surface de criblage choisie $S = 3,12 \text{ m}^2.$

Donc :

$$n = \frac{3,0}{3,12} \Rightarrow n \approx 1 \text{ Crible}$$

Il faut installer seul cribles de type «CIL-32»

Caractéristiques techniques du crible «CIL-32» :

- Dimension du tamis
 - Largeur : 1,25 m
 - Longueur : 2,5 m
 - Surface de criblage $S = 3,12 \text{ m}^2$
- Dimension de l'ouverture du tamis (mm)
 - Supérieure : 20 - 25-40
 - Inférieure : 12 -16-20-25
 - Capacité : (360) t/h.

Pour le troisième étage, on installe un ou plusieurs cribles vibrants :

On a : $Q_{13} = 1137,19 \text{ t/h}$.

$\delta = 1,75 \text{ t/m}^3$.

q : on a : $L_2 = 25 \text{ mm}$; après l'annexe 14

$q = 31 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

$n = 1$ pour matériaux concassés

$p = 1$ pour l'ouverture du tamis

$O = 1$

m : on a : $E_2 = 80\%$; d'après l'annexe 6 :

$80\% \rightarrow 1,3$

$m = 1,3$

K : on a : $\beta_5^{-1/2 L_3} = \beta_5^{-12,5} = 95\%$

$90\% \rightarrow 2,0$

$K = 2,1$

L : on a : $\beta_5^{+L_3} = \beta_5^{+25} = 8\%$

$10\% \rightarrow 1,00$

$L = 0,8$

$$F = \frac{1137,19}{31 \cdot 1,75 \cdot 2,1 \cdot 0,8 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} \Rightarrow F = 10 \text{ m}^2$$

8-3-On détermine le nombre des cribles qu'il faut installer :

S : surface de criblage choisie $S=8 \text{ m}^2$.

$$n = \frac{10}{8} \Rightarrow n \approx 2 \text{ crible}$$

Donc il faut installer deux (2) cribles de type «CIL-61»

Caractéristiques techniques du crible «CIL-61» :

- Dimension du tamis
 - Largeur : 2,0 m
 - Longueur : 4,0 m

- Surface de criblage $S = 8 \text{ m}^2$
- Capacité : 900 t/h.

On choisit les cribles ayant la surface suffisante de criblage :

Tableau 10: Caractéristique de crible

Type	Nombre	Surface (m ²)		Coefficient D'exploitation	Masse (t)		Puissance (KW)	
		L'un	Tous		L'un	Tous	L'un	Tous
CIL- 32	1	3.12	3.12	$\frac{3}{3.12} = 0,71$	3.23	3.23	10	10
CIL-61	2	8	16	$\frac{10}{8} = 1,2$	9,5	19	32	64

Calcul du schéma de broyage

8: Calcul du schéma de broyage et choix des équipements :

7-13 : On détermine les poids des produits 14; 15; 16 et 17 :

- ✓ On détermine la production théorique d'atelier de broyage d'après la formule suivante :

• $Q_{15}^{BR} = Q/24 = 23880,59 / 24$

$Q^{BR} = 1137,17 \text{ t/h}$

- ✓ En fixant le rendement du sable dans le cycle de broyage (charge circulaire-C) de 250 jusqu'à 600%. La charge circulante dépend des conditions de broyage ; puisque le minerai est dur alors :

$\gamma_{17} = (5 \text{ à } 7) \gamma_{11}$; (C = 500-700%)

Donc : $\gamma_{18} = 600 \%$

- ✓ On détermine le poids de produits d'après les formules suivantes :

• $Q_{14} = Q_{11}^{br} + Q_{17} = Q_{11}^{br} + Q_{11}^{br} \cdot \gamma_{17} = 7Q_{11}^{br}$

$Q_{14} = 7960,19 \text{ t/h}$

• $Q_{15} = Q_{14} = \mathbf{7960,19 \text{ t/h}}$

• $Q_{16} = Q_{17} + Q_{18} = 1137,17 + 6823,02 = \mathbf{7960,19 \text{ t/h}}$

• $Q_{18} = Q_{11}^{br} \cdot \gamma_{17} = \mathbf{6823,02 \text{ t/h}}$

7-14 On détermine les rendements des produits 14; 15; 16 et 17

γ_{13}	$Q_{13.100}/Q_1$	$1137,17.100/1137,17$	100%	$\gamma_{13}=100\%$
γ_{14}	$Q_{14.100}/Q_1$	$7960,17.100/1137,17$	700%	$\gamma_{14}=700\%$
γ_{17}	$Q_{16.100}/Q_1$	$1137,17.100/1137,17$	100%	$\gamma_{17}=100\%$
γ_{18}	$Q_{18.100}/Q_1$	$6823,02.100/1137,17$	600%	$\gamma_{18}=600\%$

Calcul des classificateurs

On détermine le diamètre du classificateur à installé (classificateur à spirale immergée) d'après :

$$D = -0,07 + 0,11\sqrt{\frac{Q_d}{m \cdot a \cdot b}} \quad \text{en (m)}$$

D : Diamètre de la spirale ; m

m : Nombre des spirales dans un classificateur

b : Correction de la densité du matériau.

a : Correction de la grosseur dans le débordement

Q_d : Quantité de solide dans débordement de chaque classificateur (Rendement de chaque classificateur selon un matériau solide dans un débordement) en t / 24h

$$Q_d = \frac{Q_{16,24}}{n} = \Rightarrow Q_d = \frac{1137,17.24}{4} = \boxed{6823,02 \text{ t/j}}$$

n = 4 : Nombre des broyeurs

On a :

$$m=2$$

$$a=1$$

$$b=1$$

Donc :

$$D = -0,07 + 0,115\sqrt{\frac{6823,02}{1.1.2}} \Rightarrow D = 6 \text{ (m)} = \boxed{6000 \text{ mm}}$$

On installe un classificateur à deux spirales immergées

- Type : «2 CSI 12»

- Nombre de spirales : 2

- Diamètre de la spirale : 2400 mm

- dimension de la cuve (en mm)

- Largeur : 8400 mm
- Longueur : 2600 mm

- Vitesse de rotation des spirales (4,1 à 8,3) tr / min

- Puissance des moteurs électriques : 3.5 KW

- Masse du classificateur sans équipements électriques M = 16 tonnes.

On installe 2 classificateur à spirale immergé 2 CSI-12

Tableau 11 : Tableau récapitulatif des indices technologiques :

Produit	Q(t/h)	$\gamma(\%)$
1	1137,17	100
2	229,13	20,14
3	908,04	79,85
4	908,04	79,85
5	1137,17	100
6	309,32	27,20
7	827,85	72,79
8	827,85	72,79
9	1137,17	100
10	2842,92	250
11	1705,75	150
12	1705,75	150
13	1137,17	100
14	7960,19	700
15	7960,19	700
16	7960,19	600
17	6823,02	100
18	1137,17	600

Conclusion

Le schéma de traitement du minerai de phosphate de Bled el hadba élaboré est un schéma de préparation mécanique : qui est destiné à obtention d'un produit avec une granulométrie inférieure à 0,2 mm. Au cours de l'élaboration du schéma de la préparation mécanique, le calcul de ce dernier est réalisé en deux étapes :

- Un calcul préalable qui détermine approximativement les poids des produits et on établit les exigences qui déterminent le choix des concasseurs, cribles.
- Un calcul final à partir du quel on détermine les poids des produits en fonction des caractéristiques de la grosseur et des différents paramètres des équipements.

A partir des résultats du calcul, on a fait le choix des équipements nécessaires permettant d'obtenir une grosseur optimale des particules pour chaque étage. Le schéma proposé comprend trois étages de concassage, dans ces derniers on installe:

- deux concasseurs à mâchoire double effet au premier étage qui sont installés en parallèle.
- deux concasseurs à cône à concassage intermédiaire au deuxième étage.
- deux concasseurs à cône à concassage fin au troisième étage de concassage, permettant d'avoir une dimension inférieure à 2 mm. on a installé des cribles vibrant pour les trois étages.

Conclusion

générale

Le phosphate algérien est une ressource minière cruciale pour le pays, après le pétrole. Il est considéré comme une source majeure de devises et joue un rôle essentiel dans le secteur minier.

La mine de Djebel Onk est un centre industriel clé pour le phosphate en Algérie, comprenant une carrière et une usine de traitement.

La chaîne de production actuelle permet de produire 1200 million de tonnes de produits marchands. Les besoins du marché mondial et le développement de l'agriculture nécessitent l'amélioration des installations de traitement du phosphate, notamment avec le projet de construction d'une unité de fabrication d'acide phosphorique à Oued Kabarit (Souk Ahras).

Le plan proposé comprend trois étapes de concassage, avec des équipements spécifiques pour obtenir une taille optimale des particules à chaque étape.

Ce plan permettra de produire 08 millions de tonnes de concentré, suffisant pour approvisionner les nouvelles usines de transformation et de traitement du phosphate, ainsi que pour les exportation

Bibliographie

CHAPITRE 01

- [01] Mc clellan G.H.Noholt A.F.G 1986 Phosphates deposits of tropical sub saharien Africa pp 124
- [02] Rabah KECHICHED, « typologie géochimique et géostatique des minerais de phosphate du Bled El Hadba –djebel Onk- (Algérie orientale) », Université BADJI Mokhetar, Annaba. 2011.
- [03] Slansky 1975 disponibilité et besoins futurs un minerais phosphatés compte tenu de la lutte anti pollution .
- [04] Mc clellan van kauwenbergh S.J 1990 Mineralogy of sedimentary apatites
- [05] IAEA 2002 .vienna. Assessment of soil phosphorus status and management of phosphatic fertilizers .
- [06] Slansky 1980 Géologie des phosphates sédimentaire France p 92
- [07] Hammond Day 1992 phosphate rock standardisation and product quality pp 73.89
- [08] Zapata Roy utilisation des phosphates naturel pour une agriculture durable .Rome 2004
- [09] Baudet G 1980 Valorisation des minerais de phosphates francais .
- [10] Abouzeid M., 2007. Physical and Thermal Treatment Of Phosphate Ores — An Overview. Cairo University, Faculty Of Engineering, Department Of Mining, Giza, Egypt, pp. 1- 2.
- [11] Bechade E., 2008. Nouveaux matériaux de structure apatite : Synthèse, structure et mécanismes de conduction ionique. Thèse de Doctorat. Université de Limoges, France, 250p.
- [12] MC-Connell D., 1938. A structural investigation of the isomorphism of the apatite group. Am. Min., 54: 1379-1391.

[13] Dassamiour M., Mezghache H., Elouadi B., 2011. The use of three physicochemical methods

in the study of the organic matter associated with the sedimentary phosphorites in Djebel Onk Basin, Algeria. Arab. J.Geosci., DOI 10.1007/s12517-011-0381 9 .

[14] : Mémoire de fin d'étude pour obtenir diplôme d'ingénieur ;Elaboration d'un schéma de traitement des rejets +15 mm du phosphate de Djbel Onk pour une production de quatre millions de tonnes ; - KHAZEN ZIN EL ABIDINE ; Page : 31

[15] Saaidi E., 1991. Trait De Sédimentologie : Pétrographie, Environnements Et Sédimentaire. Afrique Orient, pp. 240.

[16] : Série technologie N° 02 ; La valorisation du phosphate en Afrique,Tome 1 : Production des engrais simple (Pages 5, 6, 7)

[17] : Expérience et nouvelles techniques d'enrichissement des phosphates marocains SERPHOS ([www.ocpgroup.ma/excellence mondiale/leadership industriel/sites-de production](http://www.ocpgroup.ma/excellence_mondiale/leadership_industriel/sites-de_production)).

[18] : Industrie chimique de Sénégal ([www .brgm.fr](http://www.brgm.fr)).

[19] : Livre Mémento des mines et des carrières, Aide-mémoire de l'exploitation 1996 ; société de l'industrie minérale. p362-366.

CHAPITRE 02

- [1] : complexe minier djebble onk bir ater –tebessa, direction d'étude et développement.
- [2] : <https://somiphos.com/>.
- [3] : « Exploration des phosphates du gisement de Bled El Hadba », ORGM, 2015.
- [4] : Rabah KECHICHED, « typologie géochimique et géostatique des minerais de phosphate du Bled El Hadba –djebel Onk- (Algérie orientale) », Université BADJI Mokhetar, Annaba, 2011.
- [5] : M Ricolvi, « Etude de développement du gisement de phosphate de Djebel Onk (Algérie) », BRGM et SOFREMINEs, Avril 1994.
- [6] : Rabah KECHICHED, « typologie géochimique et géostatique des minerais de phosphate du Bled El Hadba –djebel Onk- (Algérie orientale) », Université BADJI Mokhetar, Annaba, 2011.
- [7] : SELMI Dihia « Géologie régionale et locale du Bled El Hadba» Université Béjaia 2016.
- [8] : « Phosphate du Djebel Onk (Algérie) », BRGM et SOFREMINEs, 1992.