

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DES
SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Géologie des Bassins Sédimentaires

THEME

***Les Particules Phosphatées de la Région de Tébessa (Est algérien) :
Etude Granulométrique, Morphoscopique et Implication sur la
Phosphatogénèse***

Présenté par

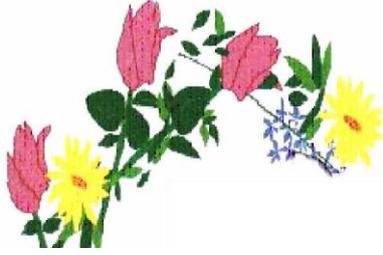
M. HAFIANE Fayçal

Soutenu publiquement le 25/06/2018

Devant le jury :

Président :	M. REMITA Abdellatif	M. A. A Univ. Ouargla
Promoteur :	Dr. KECHICHED Rabah	M. C. B Univ. Ouargla
Examineur :	M. MAAZOUZI Abdelmounaim	M. A. A Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2017/2018



Dédicace

Je dédie ce travail à la lumière de mes jours ma mère et

A la mémoire de mon père Abd elwaha.

A mes frère :Abd elbaki , Med Kamel , Radwane, Med Elkhamas

*Et A mes sœurs : Aafa, Amel, Fairouz, Naima et leurs
maris.*

*Et mes collègues des études : Amina B, Amina M, Mounir,
Mouloud, Takay eddine*

*A toute ma famille (Hafiane) et tous mes amis Omar, Yacine,
Moman, Bilal, Youns, Salah, Naim, Khaled, Chamesddine, Baha,
Mohammed Khaled, Nouredine, Haytem, Mastafa, Faouzi, Nour
Eddine,Baha, Lazhar, Mouad, Mounaim et Idress.*

Et tous mes amis

♥ Hafiane♥



Remerciement

*Je tiens tout d'abord à remercier Allah, le tout puissant et
miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce
Modeste travail.*

*En premier lieu, mes sincères remerciements et mes reconnaissances
les plus distinguées vont à notre encadreur Mr **KECHICHED Rabah**,
qui nous a vraiment donné l'esprit de travail et nous avons bénéficié
de sa rigueur et de ses nombreux conseils.*

*Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury nous a
fait honneur, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail en acceptant
d'examiner ce mémoire et de l'enrichir par les propositions, et aussi
tous les enseignants du département*

*Mes remerciements vont à tous les collègues de la **promotion
2018**, Mes reconnaissances pour leurs amitiés, aides et pour les
encouragements.*

*Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont
participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

SOMMAIRE

RESUME.....	I
ABSTRACT.....	II
ملخص.....	III
Liste de figure.....	IV
Liste des tableaux.....	V
INTRODUCTION GENERALE.....	1

Chapitre 1

GENERALITES

1. GENERALITE SUR LES PHOSPHATES.....	2
1.1. Définition de la roche phosphatée d'origine sédimentaire.....	2
1.2. Origine des phosphates sédimentaires.....	2
1.3. Gisement de phosphates.....	3
1.4. Minéraux des roches phosphatées.....	3
1.5. Types de gisements de phosphates mondiaux.....	4
1.6. Utilisation de phosphate.....	5
2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE.....	6
2.1. Situation géographique de la région Tébessa.....	6
2.2. Historique de recherche sur les phosphates de la région de Tébessa.....	7

Chapitre 2

GEOLOGIE REGIONALE

1. GEOLOGIE REGIONALE DE L'ATLAS SAHARIEN ORIENTA.....	9
1. 1. Localisation de l'Atlas saharienne orientale.....	9
1. 2. Stratigraphie De l'Atlas Saharien Oriental.....	9
1. 3. Cadre structurale.....	14

Chapitre 3

GEOLOGIE LOCALE

1. GEOLOGIE LOCALE DU NORD DE TEBESSA DJ EL KOUIF.....	18
1.1. Litho-stratigraphie locale de djebel el Kouif(Nord de Tébessa).....	18
1.2 Évolution paléogéographique et tectonique.....	21
1.3. Description géologique de l'affleurement de Douar El Fogaa El KOUIF.....	22
1.4. Description du profile de secteur étude.....	22
1.5. Description macroscopique des échantillons.....	24
2. GEOLOGIE LOCALE DE KEF ESSENOUN.....	32
2. 1. Stratigraphie.....	32
2. 2. Tectonique.....	32
2.3. Prélèvement des échantillons.....	35
2.4. Description macroscopique des roches phosphates de djebel kefEssenNoun Sud Tébessa.....	36

Chapitre 4

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

1. MATERIEL ET METHODES DE L'ETUDE GRANULOMETRIQUE.....	41
1.1. Matériel.....	41
1.2. Méthodes.....	43
2. RESULTATS DE L'ANALYSE GRANULOMETRIQUE.....	47
2.1. Minerais de phosphates d'El KOUIF (Tébessa Nord).....	47
2.1.1. Echantillons des minerais de phosphates à la base.....	48
2.1.2. Echantillons de minerais de phosphates du centre de l'affleurement.....	50
2.1.3. Echantillons des minerais de phosphates au sommet de l'affleurement.....	53
2.2. Minerais de phosphates de Dj. Kef Esse Noun (Tébessa Sud.....	56
2.2.1. Echantillons des minerais de phosphates de la couche basale.....	56
2.2.2. Echantillons des minerais de phosphates de la couche principale.....	59
2.2. 3. Echantillon des minerais de phosphates de la couche sommitale du phosphate De Kef Essenoun.....	62
3. COMPARAISON ET SYNTHESE SUR L'ETUDE GRANULOMETRIQUE.....	65

CHAPITRE 5 :

ETUDE MORPHOSCOPIQUE DES PARTICULES PHOSPHATEES

1.METHODOLOGIE DE L'ETUDE MORPHOSCOPIQUE.....	67
1.1. Notions sur l'analyse morphoscopique.....	69
2. RESULTATS OBTENUS	70
2.1. El Kouif (Tébessa Nord)	70
2.1.1. Echantillon de la base de l'affleurement (KFA1-B).....	70
2.1.2. Echantillon de centre de l'affleurement (KFA9-A).....	72
2.1.3. Echantillon de sommet de l'affleurement (KFA16).....	75
2.2. Kef Essenoun (Tébessa).....	77
2.2.2 Echantillon de la couche principale (KFS6).....	79
2.2.3.échantillon de la couche sommitale (KFS7-8).....	81
3. INTERPRETATION ET SYNTHESE.....	83
CONCLUSIONS GENERALES.....	85
Annexe 1.....	87
Annexe 2.....	88
Bibliographie.....	89

RÉSUMÉ

Cette étude a pour but de comparer entre les phosphates du nord de Tébessa à **Dj. Kouif** et les phosphates du Sud de Tébessa représentés par le gisement de **Kef Essenoun** sur plan granulométrique et morphoscopique afin de reconstituer les conditions de la mise en place de ces phosphates. Les particules phosphatées sont représentées par des pellets, des coprolithes et des bioclastes dont la granulométrie et la nature de ciment (carbonaté, argileux et siliceux) varient d'un niveau de phosphate à l'autre et d'une localité à l'autre. L'analyse granulométrique et morphoscopique ont permis de mettre en évidence que les grains de Djebel El Kouif n'ont pas subis un long déplacement et ils gardent la forme primaire. Ils sont autochtones, contrairement, aux particules phosphatées de Tébessa Sud où les courbes granulométriques sont monomodales et avec des grains qui sont émoussés luisant à rond montrant le long trajet de transport. Ils confirment l'aspect allochtone (remaniements) de ces particules. Ces résultats peuvent être utilisés pour modéliser la genèse des phosphates dans ces deux secteurs

Mot- clés : Phosphate ; Granulométrie ; Morphoscopie ; Pellets; Coprolithes ; Djebel Kouif ; Kef Essenoun ;

ABSTRACT

This study aims to compare between the northern phosphorites represented by Dj. Kouif and the southern from the Kef Essenoun deposit on their granulometric and morphoscopic characteristics in order to reconstruct the conditions of phosphatogenesis. Phosphatic particles are represented by pellets, coprolites and bioclasts which show a variation of sizes and cement nature (carbonate, clayey and siliceous) from a level to another and from one locality to another. The granulometric and morphoscopic analysis revealed that Djebel El Kouif's grains did not undergo a long displacement and they kept the original form. They are autochthonous, unlike those from the South of Tébessa phosphate particles', where the granulometric curves are monomodal and grains are dull blunted to round, showing the long transport path. They confirm their allochthonous aspect (reworkings) of these particles. These results can be used to model the genesis of phosphates in these two sectors

Keywords: Phosphate; Granulometry ; Morphoscopy; pellets; Coprolithes; Djebel El Kouif; Kef Essenoun;

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى المقارنة بين الفوسفات شمالي تبسة الذي يمثل جبل الكويف وفوسفات جنوب تبسة الممثل بمكمن كاف السنون على اساس الدراسة الحبيبية و المرفوسكوبيك لمعرفة شروط توضع هذا الفوسفات الذي يتكون اساسا من الحبيبات والكوبريوليت وبقايا عضوية. هذا الفوسفات يختلف حجمها الجسيمي وطبيعتها الاسمنتية (كلسي وطين وسليسي) من مستوى إلى آخر ومن منطقة إلى أخرى. كشف التحليل الحبيبي والقياس المورفولوجي أن حبيبات جبل الكويف لم تخضع للتنقل الطويل وحافظت على الشكل الأساسي. وهي أصلية ، على عكس جسيمات فوسفات جنوب تبسة ، حيث تكون المنحنيات الحبيبية ذات أحادية الشكل ، مع الحبوب كروية ملساء معبرة على مسار النقل الطويل. مما يؤكد ان هذا الفوسفات غير اصلي بل هو منتقل . هذه النتائج يمكن استخدامها لنمذجة نشأة الفوسفات في هذين القطاعين .

. كلمات البحث: الفوسفات. حجم الجسيمات. المرفوسكوبي، الكريات , الكوبروليت, الأوعية الحيوية. جبل كوييف ,كاف السنون

LISTE DES FIGURES

Titre	Page
Figure. 1 : Situation Géographique de la wilaya de Tébessa.	6
Figure. 2 : Schéma des unités structurales d'Afrique du Nord(modifié d'après Durand Delga et Fontboté, 1960).	9
Figure. 3 : Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellègue (Synthèse faite par Sami, 2004 sur la base des travaux de Dubourdiu 1956, 1959;David 1956;Madre 1969; Fleury 1969;Thiéberoz et Madre 1976; Chikhi 1980; Otmanine 1987; Bouzenoune 1993 et Vila et al., 2000).	10
Figure. 4 : Position des extrusions triasiques par rapport aux fossés D'effondrement (Aoudjehane, 1991).	15
Figure. 5 : Vue panoramique de secteur d'étude Douar El Fogaa (Djebel El Kouif).	22
Figure. 6 : coupe géologique et description de l'affleurement. Horizon (A) Vue panoramique, (b) coupe géologique schématique.	23
Figure. 7 : Aspect macroscopique de phosphate friable de l'échantillon KFA1-B. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé, (C) dents de poisons.	24
Figure. 8 : Aspect macroscopique de phosphate dur de l'échantillon KFA2. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé, (C) dents de poisons.	25
Figure. 9 : Aspect macroscopique de phosphate friable de l'échantillon KFA 3. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé, (C) dents de poisons.	26
Figure. 10 : Aspect macroscopique de phosphate dur de l'échantillon KFA5. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé, (C) dents de poisons.	27
Figure. 11 : Aspect macroscopique de phosphate friable de l'échantillon KFA7(A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé, (C) dents de poisons.	28
Figure. 12 : Aspect macroscopique de phosphate dur de l'échantillon KFA8.(A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé.	28
Figure. 13 : Aspect macroscopique de phosphate dur de l'échantillon KFA9-B. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé.	29
Figure. 14 : roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé. Aspect macroscopique de phosphate dur de l'échantillon KFA12. (A) Aspect de la	30
Figure. 15 : Aspect macroscopique de phosphate très friable de l'échantillon KFA14. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé.	30
Figure. 16 : Aspect macroscopique de phosphate friable de l'échantillon KFA16. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé.	31
Figure. 17 : Coupe géologique du gisement de Kef Essennoun(Cielensky et Benchernine, 1987).	34
Figure. 18 : coupe géologique et description de l'affleurement. Horizon (B). Localisation des échantillons prélevés au niveau de Kef Essennoun.	35
Figure. 19 : Aspect macroscopique de phosphate friable de l'échantillon KFS1. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé, (C) dents de	36

poisons.

Figure. 20 : Aspect macroscopique de phosphate friable de l'échantillon KFS2. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé.	37
Figure. 21 : Aspect macroscopique de phosphate friable de l'échantillon KFS 3. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé.	37
Figure. 22 : Aspect macroscopique de phosphate friable de l'échantillon KFS3. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé.	38
Figure. 23 : Aspect macroscopique de phosphate friable de l'échantillon KFS5. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé.	39
Figure. 24 : Aspect macroscopique de phosphate friable échantillon KFS6. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé.	39
Figure. 25 : Aspect macroscopique de phosphate dur de l'échantillon KFS7-8. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparé.	40
Figure. 26 : Aspect macroscopique de dolomite dure et phosphate friable de l'échantillon KFS7B.	40
Figure. 27 : Concassage et préparation préliminaire. (A) : Concasseur à mâchoire électrique pour réduire les dimensions ; (B) : Balance pour pesage ; (C) : Loupe binoculaire pour l'étude des grains.	42
Figure. 28 : Série de Tamis <i>MINOR</i> .	43
Figure. 29 : Angulosité de la courbe des fréquences.	46
Figure. 30 : Angulosité de la courbe des fréquences.	47
Figure. 31 : Courbe granulométriques des échantillons de minerais de phosphates à la base (horizon B) de l'affleurement d'El KOUIF. (A) : courbes des fréquences relatives ; (B) : courbe des fréquences cumulées.	49
Figure. 32 : Graphes des probabilités des échantillons des minerais de phosphates à la base du (horizon B) de l'affleurement d'El KOUIF (Tébessa Nord).	50
Figure. 33 : Courbes granulométriques des échantillons des minerais de phosphates au centre du (Horizon B) de l'affleurement d'El Kouif (A) : courbes des fréquences relatives ; (B) : courbes des fréquences cumulées.	52
Figure. 34 : Graphes des probabilités des échantillons des minerais de phosphates au centre du (horizon B) de l'affleurement d'El KOUIF (Tébessa Nord).	53
Figure. 35 : Courbes granulométriques des échantillons de minerais de phosphates au sommet du (horizon B) DE L'affleurement d'El Kouif. (A) : courbes des fréquences relatives ; (B) : courbes des fréquences cumulées.	55
Figure. 36 : Graphes des probabilités des échantillons des minerais de phosphates au sommet du (horizon B) de l'affleurement d'El KOUIF (Tébessa Nord).	56
Figure. 37 : Courbes granulométriques des échantillons de minerais de phosphates de la couche basale du (horizon B) DE L'affleurement de Kef Essen Noun. (A) : courbes des fréquences relatives ; (B) : courbes des fréquences cumulées.	58
Figure. 38 : Graphes des probabilités des échantillons des minerais de phosphates au de la couche basale du (horizon B) de l'affleurement de Kef Esse Noun (Tébessa Sud).	59
Figure. 39 : Courbes granulométriques des échantillons de minerais de phosphates de la couche principale du (horizon B) DE L'affleurement de Kef Essen Noun. (A) : courbes des fréquences relatives ; (B) : courbes des fréquences cumulées.	61
Figure. 40 : Graphes des probabilités des échantillons des minerais de phosphates au de la couche principale du (horizon B) de l'affleurement de Kef Esse Noun (Tébessa Sud).	62
Figure. 41 : Courbe granulométrique de l'échantillon de minerai de phosphates de la	64

couche principale du (horizon B) du gisement de Kef Essenoun(A) : courbes des fréquences relatives ; (B) : courbes des fréquences cumulées.	
Figure. 42 : Graphes des probabilités des échantillons des minerais de phosphates au de la couche sommitale du (horizon B) de l’affleurement de Kef Esse Noun (Tébessa Sud).	65
Figure. 43 : Fraction 250 µm sur loupe binoculaire(A) et pourcentage des grains phosphates (B) (KFA1-B).	71
Figure. 44 : Résultats de l’analyse morphoscopique (En %) des éléments figurés (A) coprolithes ; (B) pellets, (C) glauconie (KFA1-B).	72
Figure. 45: Fraction 250 µm sur loupe binoculaire (A) et pourcentage des grains phosphates(B) (KFA9-A).	74
Figure. 46 : Résultats de l’analyse morphoscopique (En %) des éléments figurés (A) coprolithes ; (B) pellets (KFA9-A).	74
Figure. 47 : Fraction 250 µm sur loupe binoculaire (A) et pourcentage des grains phosphates (B) (KFA16).	76
Figure. 48 : Résultats de l’analyse morphoscopique (En %) des éléments figurés (A) coprolithes ; (B) pellets (KFA16).	76
Figure. 49 : Fraction 250 µm sur loupe binoculaire (A) et pourcentage des grains phosphates (B) (KFS1).	78
Figure. 50 : Résultats de l’analyse morphoscopique(A) coprolithes ;(B) pellets ; (C)glauconie (KFS1).	79
Figure. 51 : Fraction 250 µm sur loupe binoculaire (A) et pourcentage des grains phosphates (B) (KFS6).	80
Figure. 52 : pourcentage des éléments figurés (A) coprolithes ;(B) pellets ;(C)glauconie (KFS6).	81
Figure. 53 : Fraction 250 µm sur loupe binoculaire et pourcentage des grains phosphates (KFS7-8).	82
Figure. 54 : pourcentage les éléments figurés (A) coprolithes ; (B) pellets ;(C) glauconie (KFS7-8).	83

Liste de Tableaux

Titre	Page
Tableau 1 : Fréquences relatives de minerais de phosphates à la base d'El Kouif.	48
Tableau 2 :Fréquences cumulatives de minerais de phosphates de à la base de El Kouif.	48
Tableau 3 : Fréquences relatives de minerais de phosphates de centre de l'affleurement d'El Kouif.	51
Tableau 4 :Fréquences cumulatives de minerais de phosphates de centre de l'affleurement d'El Kouif.	51
Tableau 5 :Fréquences relatives de minerais de phosphates de sommet de l'affleurement d'El Kouif.	54
Tableau 6 :Fréquences cumulatives de minerais de phosphates de sommet de l'affleurement d'El Kouif.	54
Tableau 7 :Fréquences relatives de minerais de phosphates de la couche basale.	57
Tableau 8 :Fréquences cumulatives de minerais de phosphates de la couche basale.	57
Tableau 9 :Fréquences relatives de minerais de phosphates de la couche principale des phosphates de Kef Essnoun.	60
Tableau 10 :Fréquences cumulatives de minerais de phosphates de la couche principale des phosphates de Kef Essenoun.	60
Tableau 11 :Fréquences relatives de minerais de phosphates de la couche sommitale.	63
Tableau 12 :Fréquences cumulatives de minerais de phosphates de la couche sommitale.	63
Tableau 13 :Le pourcentage des éléments figurés de la couche de base (KFA1-B)	71
Tableau 14 : Analyse morphoscopique de la fraction 250 µm d'échantillon (KFA1-B).	72
Tableau 15 :Le pourcentage des éléments figurés de centre (KFA9-A).	73
Tableau 16 : Analyse morphoscopique de la fraction 250 µm d'échantillon (KFA9-A)	74
Tableau 17 : Le pourcentage des éléments figurés de centre (KFA16).	75
Tableau 18 : Analyse morphoscopique de la fraction 250 µm d'échantillon (KFA16).	76
Tableau 19 : Le pourcentage des éléments figurés de centre (KFS1).	77
Tableau 20 : Analyse morphoscopique de la fraction 250 µm d'échantillon (KFS1).	78
Tableau 21 : Le pourcentage des éléments figurés de centre (KFS6).	80
Tableau 22 : Analyse morphoscopique de la fraction 250 µm d'échantillon (KFS6).	81
Tableau 23 : Le pourcentage des éléments figurés de centre (KFS7-8).	82
Tableau 24 : Analyse morphoscopique de la fraction 250 µm d'échantillon (KFS7-8)	83

Introduction Générale

Les phosphates naturels sont des matériaux stratégiques pour l'Etat. L'importance de cette matière première se présente aux multiples utilisations dans le secteur agricole et dans l'industrie. L'Algérie recèle d'importantes quantités qui se concentrent essentiellement dans la région de Tébessa où les ressources de minerais peuvent atteindre 2 milliards de tonnes. Ces ressources sont en cours d'exploitation dans le bassin minier de Djebel Onk (Kef Essenoun et Bled El Hadba) mais aussi, ils sont aussi répertoriés au niveau du Nord de la région de Tébessa (Djebel El Kouif). Ces phosphates font l'objet du présent mémoire en vue d'éclaircir leurs aspects granulométriques et leurs morphoscopiques afin de les caractériser leur mise en place. Ces accumulations d'âge paléo-éocène, éocène sont situées à l'Atlas saharien oriental.

Afin d'arriver à ces objectifs, il a été nécessaire d'effectuer certains travaux parmi lesquels :

- Travaux de terrain et le traitement d'échantillons : Ceci avec la description détaillée des affleurements. L'encaissant est aussi, bien documenté.

- Travaux de laboratoire: Ce sont les travaux qui ont fait l'ossature de ce mémoire où les analyses granulométriques et morphoscopiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de sédimentologie à l'université d'Ouargla.

- Travaux d'interprétation pour l'analyse granulométrique à l'aide des calculs des paramètres granulométrique qui fait appel aux méthodes statistiques avec des courbes relatives et cumulative en plus graphes de probabilités pour décrire le mode de transport.

- Travaux d'interprétation de l'analyse morphoscopiques font appel aux méthodes (A. Cailleux, 1969) pour décrire les critères morphoscopiques.

Le présent manuscrit est rédigé en trois (3) chapitres à savoir:

- Géologie régionale et locale.
- Analyse granulométrique de phosphate de la région Tébessa.
- Etude en grain et morphoscopique des particules phosphatées.

Chapitre 1 : GENETALITE

1. GENERALITE SUR LES PHOSPHATES SEDIMENTARIRE

1.1. Définition de la roche phosphatée d'origine sédimentaire

C'est une roche sédimentaire marine constituée par des grains phosphatés sous forme amorphe ou cryptocristalline (collophanite), forme finement cristalline (variété proche de l'apatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$), en quantité suffisante pour être exploitée. Qui est contient des pellets dans des sédiments argilo-carbonatée, ou bien siliceux servant de matrice, et des grains cylindrique ou bien angulaire et elles contiennent souvent de la glauconie et des éléments détritiques (quartz (SiO_2) par exemple). Ou encore des hydrocarbures. Ces phosphates dérivent de l'apatite des roches magmatiques mise en solution dans la mer fixée par des végétaux et des animaux (par exemple l'os avec 60 % de phosphate, dents avec 90 %, excréments...). A leur mort, de nouvelles solutions de phosphates sont formées, et elles peuvent soit précipiter directement, soit plus souvent épigénie tout ou partie des sédiments. Ces roches phosphatées se forment, généralement, sur le plateau continentale, ou à son rebord (entre 50 à 200 m) (Faucoult et Raoult, 1995).

1.2. Origine des phosphates sédimentaires

Le phosphore d'origine naturelle se trouve dans matière organique et semi-organique de l'Homme: os, sang, ADN, des animaux tel que les squelettes, des végétaux et même dans le sol.

Il existe plusieurs hypothèses de la formation des gisements de phosphates. D'après la théorie d'origine non organique; les phosphates sont le résultat de la précipitation des composés phosphatés directement de l'eau de mer. D'après la théorie d'origine organique, la précipitation des organismes est indispensable pour la formation des phosphates.

L'une des hypothèses la plus adaptée est celle de (Kazakov, 1930), cette hypothèse à est basée sur les résultats de la campagne océanographique. Ces travaux ont montré que la teneur en P_2O_5 de l'eau de mer augmente avec la profondeur. Le minimum se trouve dans la zone de photosynthèse où le phosphore est consommé, tandis que le maximum se trouve vers des profondeurs de l'ordre de 500 m.

Le phosphore précipite chimiquement sur les bords du plateau continental après y avoir été amené par des courants froids ascendants (upwelling) (Fig. 1), avec l'échauffement des eaux, il y'a augmentation du PH et diminution de la pression partielle en CO₂, cette diminution amène à la précipitation du CaCO₃, puis les phosphates. Donc, la sédimentation chimique des phosphates ne peut se produire dans les régions profondes, là où la pression du CO₂ est trop élevée, ni dans la zone de photosynthèse, où le phosphore est consommé. C'est donc entre 50 et 200 m environ que précipitera le phosphate. Cette théorie a été amendée par (Visse ,1952). Selon cet auteur, le milieu de genèse semble distinct du milieu d'accumulation.

1.3. Gisement de phosphates

La formation de roches phosphatées est comme en tout temps et tous lieux. On distingue :

- Des gisements continentaux : Karsts et sols. Leur volume est grand mais leurs teneurs en phosphore sont faibles.
- Des gisements épicontinentaux : lagons et bassins peu profonds. Ils sont riches et exploitables.
- Des gisements marins : talus continental, hauts fonds sous-marins. Ils sont minces et pauvre en phosphore.
- Ces types de phosphates sont associés à des faciès confinés riches en matière organique, siliceuse, manganésienne, évaporitiques, etc.

1.4. Minéraux des roches phosphatées

On distingue plusieurs types de minéraux phosphatés qui diffèrent par leur structure cristalline et géochimique:

- Apatite: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{Cl},\text{F})$
- Millisite: $(\text{Na},\text{K})\text{CaAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_9 \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$
- Crandallite: $\text{CaAl}_3(\text{PO}_4)(\text{PO}_3\text{OH})(\text{OH})_6$
- Augelite: $\text{Al}_2\text{PO}_4(\text{OH})_3$
- Wavellite: $\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- Turquoise: $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

1.5. Types de gisements de phosphates mondiaux.

Les phosphates se trouvent également dans de nombreuses roches par exemple craie phosphatée (à grains de phosphates) minerai oolitique à ciment phosphaté. Le phosphate se trouve dans la terre sous différents types de gisements suivant l'origine et le mode de formation de ce gisement dans l'industrie mondiale et les types sont :

- ❖ Les gisements sédimentaires.
- ❖ Les gisements d'origines ignées
- ❖ Les Guano.

1.5.1. Les gisements sédimentaires

Les gisements de plate-forme les plus remarquables sont associés aux synclises. Ils sont mis en place sous un climat aride. Les faciès sédimentaires sont essentiellement de trois types : les granulo ou pseudo-oolithes, les nodules les débris organiques (coprolithes et fossiles phosphatisés). Les gisements sédimentaires sont plus importants en nombre et en volume (Smirnov, 1982). Les teneurs en places sont souvent supérieures à 20 % et même à 30 % en P_2O_5 . Les gisements du Djebel Onk font partie des gisements de ce type. Ses ressources peuvent atteindre 2 milliards de tonnes au niveau du bassin de Djebel Onk.

1.5. 2. Les gisements d'origine ignée

Ce type de gisement est associé essentiellement à des complexes intrusifs alcalins. Les roches les plus fréquentes sont les syénites néphéliniques, carbonatites et pyroxénites. Ces gisements sont moins nombreux et souvent moins riches et moins gros que les gisements sédimentaires. Le gisement de Khibiny (URSS) lié à un complexe annulaire à syénite néphélinique représente l'un des principaux gisements de ce type (Slansky, 1980).

1.5.3. Les gisements de type guanos

Ils présentent des ressources plus faibles, mais loin d'être négligeables. Les gisements les plus importants sont dus à des guanos d'oiseaux de mer. Ces guanos contiennent environ 4 % P_2O_5 . Ces organismes réagissent avec la roche qui leur sert de support. Lorsque cette roche est le calcaire, le phosphate de calcium se forme. L'île Nauru, de l'océan pacifique est un gisement de ce type (Slansky, 1980).

La formation d'une roche phosphatée demande une importante concentration en phosphore, ce qui est possible en milieu biologique, comme l'eau de mer.

1.6. Utilisation de phosphate

L'utilisation des phosphates a été initialement associée au développement de l'agriculture qui est la plus grande consommatrice d'engrais phosphaté. En dehors du rôle fondamental du phosphore dans la production agricole, les 15% des phosphates d'usage non agricole sont utilisés dans la métallurgie (alliage), l'industrie chimique (pesticides, détergents), pétrolière (lubrifiant), alimentaire et pharmaceutique.

2. CENTEXEGE GEOGRAPHIQUE

2.1. Situation géographique de la région Tébessa

La région de Tébessa est située à l'Atlas saharien orientale, qui est une zone bien individualisée et structurée surtout la partie orientale (Dubourdiou1956, Thiéberoz et Madre 1976, Chikhi Aouimer1982, Belhacène-Ndjari1984). Dans la partie Nord de la wilaya de Tébessa, Ce dernière entourée par des wilayas de Souk-Ahras, d'Oum-El Bouagi, de Khanchla et finalement d'El-Oued au sud, à l'Est c'est la frontière Tunisienne qui lui sert de limite. La région de Tébessa se trouve entre la plate-forme saharienne, relativement stable au Sud. L'Atlas tellien est affecté par une tectonique plus ou moins intense au Nord. La plupart des massifs de l'Atlas saharien s'élèvent au Sud d'une zone subsidente (le sillon de Sellaoua) et constituent la zone néritique décrite par Rouvier et al. (1985).

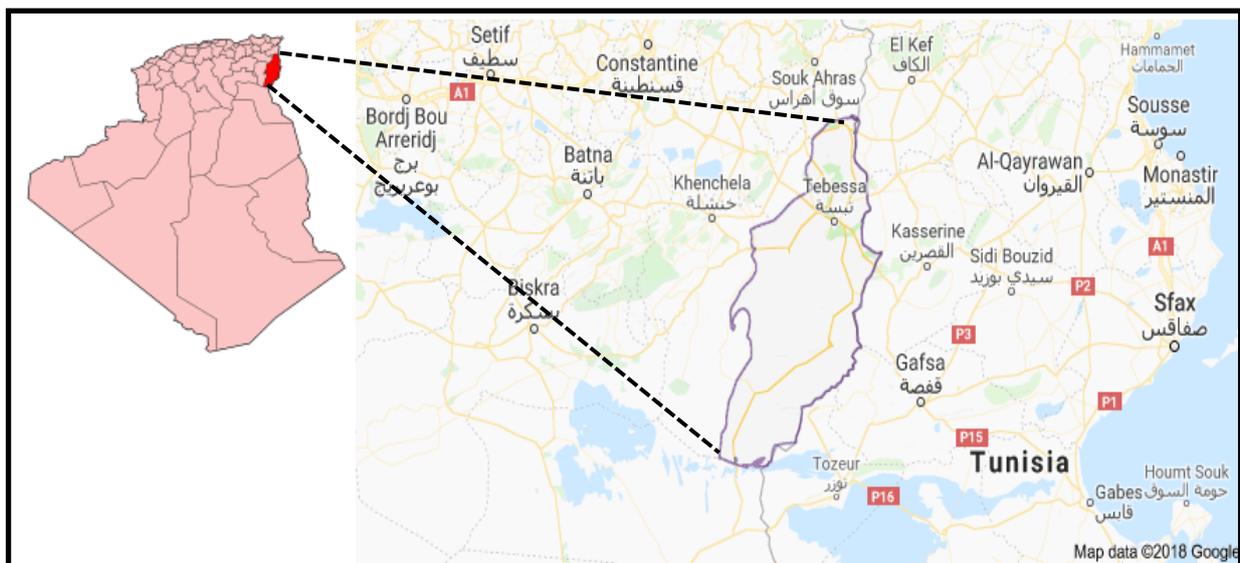


Fig.1 – Situation Géographique de la wilaya de Tébessa.

2.2. Historique de recherche sur les phosphates de la région de Tébessa

Les phosphates Algériens ont été découverts à Boghari par Ph. Thomas (1873) un peu avant les phosphates de Gafsa(1855).

Dans la période 1906 / 1907, Joleau à découvert le gisement de Djebel Onk avec la mise en évidence de deux couches phosphatées dans un ravin De l'Oued de Djemi – Djema au Sud de Djebel Onk.

En 1951, L. Visse a étudié le gisement de phosphate du Djebel Djemi – Djema dont il reprend avec beaucoup de détails la stratigraphie et évalue les réserves (110 Mt de minerai à 24.80 – 25.20 % P₂O₅, soit 54 – 55 % BPL, pour un total de 600 Mt dans toute la zone de Djebel Onk.

A partir de 1960, dans le cadre de l'industrialisation de l'Algérie (plan de Constantine), le projet d'exploitation des phosphates devient prioritaire.

De 1961 à 1963, des essais de prospection radiométrique aéroportée effectués au – dessus du gisement du Djebel Onk pour tester la méthode utilisée avec succès par le BRGM dans l'Atlas Tellien le long des affleurements de l'Eocène (Vogt et Belhadj, 1963).

Les études ont été reprise par Ranchin (1963) qui avait établi les cartes géologiques à l'échelle 1 / 5000.

Ce n'est qu'au Février 1965 l'exploitation de Djemi – Djema a débuté (société de Djebel Onk) en basant sur les données prévisionnelles de Servajeau. A la suite de l'aménagement de la carrière, l'intérêt porté à la géologie de Djebel Onk s'accroît. Ces terrains devenaient, alors, l'objet de nombreux travaux, parmi les quels ceux de Kettouche (1970), Berats et Fur(1982), Mezghache (1991).

De 1971 à 1974, les travaux de recherches et de prospection sur les phosphates de l'Est Algérien ont été relancés par la SONAREM en s'appuyant sur un levé aéro – radiométrique (Rudowicz, 1975).

De 1985 à 1987, L'E.N. FERPHOS à confier à l' EREM des travaux de recherche et d'évaluation des ressources en phosphate de tous les gisements potentiels de la région de Djebel Onk, ces importants travaux, réalisés avec la coopération soviétique, ont vu en particulier la

réalisation de 97 sondages carottés, totalisant 10732 m de série, ainsi que d'un important programme de tranchets (64).

En novembre 1989, l'E.N. FERPHOS fait connaître son cahier de charges pour l'étude de développement du complexe phosphaté de Djebel Onk.

En Avril 1992, c'est la signature du contrat entre l'E.N. FERPHOS et le consultant BRGM / SOFREMINEs concernant le rassemblement des éléments techniques et économiques permettant d'arrêter un projet de développement de l'exploitation des gisements de phosphates de Djebel Onk (In BRGM, 1993). Au Sud de Djebel Onk (Kechiched, 2011). Les phosphates de la région de Djébel Onk sont exploités à 4km au Sud de Bir el Ater.

Chapitre 2 : GEOLOGIE REGIONALE

1. GEOLOGIE REGIONALE DE L'ATLAS SAHARIEN ORIENTAL

1. 1. Localisation de l'Atlas saharienne orientale

D'un point de vue géographique, l'Atlas saharien inclut d'Est en Ouest les Monts de Nemmamcha, les Aurès, le Mont du Mzab, le Djebel Boukahil, le Mont de Oued Nail, les Monts de Ain Yaghout, et les séries orientales des confins algéro-tunisien (le Mont Morsott et le Mont de Mèllegue) (Fig. 1). Ce sillon mésozoïque de plongement WN et d'inclinaison qui s'accroît au cours des temps géologiques provoque un refoulement progressif des mers secondaires et tertiaires vers les parties orientales des chaînes. Il présente ainsi, par l'épaisseur de ses sédiments et par l'amplitude de ses plissements, une individualité bien marquée vis-à-vis les régions qui l'entourent.

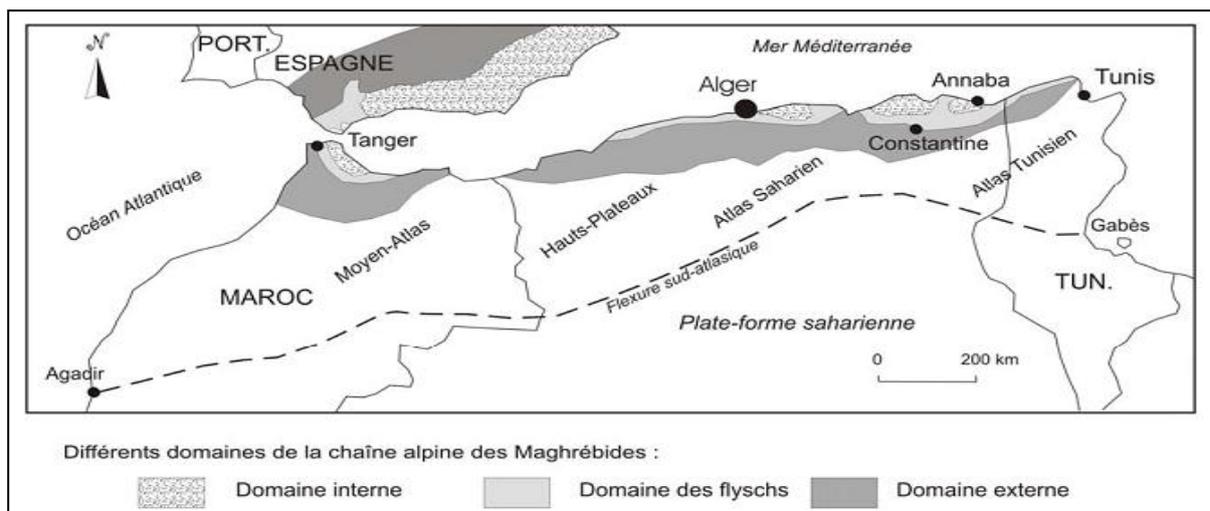


Fig. 2 : Schéma des unités structurales d'Afrique du Nord (modifié d'après Durand Delga et Fontboté, 1960).

1. 2. Stratigraphie De l'Atlas Saharien Oriental

La géologie de Mèllegue est connue grâce aux plusieurs études (Dubourdiou 1956, Rouvier 1977, Perthuisot 1978, Perthuisot 1992) signalant la présence d'une zone large qu'on l'appelle « zone de diapirs » entre les Monts de Mellègue au Nord et la flexion saharienne au Sud. Le caractère lithologique de faciès sédimentaires et la subdivision stratigraphique ont été établis à la base de travaux de plusieurs géologues parmi lesquels (Dubourdiou ; 1956), (Chikhi ; 1980 et Vila ; 1994). Il s'agit des formations de dépôts mésozoïques-cénozoïques allant du Trias au Quaternaire (Fig. 3).

1. 2. 1. Trias

Généralement le Monts de Mellège depuis les travaux de Flandrin; 1932 est considéré comme diapirique. Leurs formations se rencontrent dans la partie centrale de l'anticlinal.

Le Trias est affleuré à l'Ouenza, Boukhadra, Mesloulia et Hameimat sud et nord. Les faciès du Trias sont des marnes bariolées à gypse, des dolomies, des calcaires dolomitiques, des grès et des fragments des roches insolubles de dolomies noires (dans la plupart des cas), des grès micacés, de calcaires, cargneules et ophites (Dubourdiou 1956). De point de vue géologie régionale de la région Tébessa se trouve de l'atlas saharienne orientale d'une manière générale, la succession litho stratigraphique de la région consiste à la formation à l'on Trias ou quaternaire et jurassique absente cause lacune de sédimentation. La minéralisation phosphatée se situe ou la localisée paléocène-éocène.

		Lithologie	Epaisseur (m)	Description lithologique		
CENOZOÏQUE	Quaternaire		⑥ 10-30	Dépôts clastiques d'origine continentale.		
	Paléogène	Miocène		⑤ 10-150	Conglomérats à grains variés avec un ciment carbonaté, grès quartzeux et calcaire sableux avec intercalations d'argilites.	
		Eocène		200	Calcaires marneux à silex et intercalations de phosphates par endroits dans le mur.	
	MÉSOZOÏQUE	EURASIE	Maest.		250-300	Calcaires gris clairs, calcaires crayeux et marnes argileuses avec intercalation d'argiles dans la partie supérieure.
			Camp.		500-600	Marnes argileuses gris-foncées et des calcaires blancs dans la partie moyenne et supérieure.
		AFRIQUE	Con-Sant.		④ 500-600	Marnes argileuses grises et grises bleuâtres.
			Turo		180-250	Calcaires en bancs, partiellement marneux à teinte noire et gris-foncée.
		EUROPE	Céroman.		③ 900-1000	Marnes gris-verdâtres et grises dans la partie supérieure, avec intercalations de calcaires marneux.
			Vracon.		② 500-600	Marnes et marnes-argileuses avec intercalations de calcaires argileux et argilites.
		MÉSOZOÏQUE	AFRIQUE	Albien		480-600
Clans					100-200	Marnes grises, gris-jaunes partiellement avec des intercalations de calcaires.
Aptien					① 300-600	1- Faciès clastique, marnes argileuses avec intercalations de marnes sableuses et grès calcaires. 2- Faciès carbonaté, calcaires organo-détritiques, bioclastes, ooclastes et interclastes.
MÉSOZOÏQUE		AFRIQUE	Barrém		< 250	Calcaires et dolomies, argilites et argiles dans la partie supérieure (Grès à Mesloulia).
	?			?	?	
MÉSOZOÏQUE	AFRIQUE	Jurassique		?	?	
		Trias		< 700	Formations marno-gypsifères bariolées avec peu d'intercalations de grès à grains fins, dolomies et calcaires marno-dolomitique.	

Fig. 3 : Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellège (Synthèse faite par Sami, 2004 sur la base des travaux de Dubourdiou 1956, 1959; David 1956; Madre 1969; Fleury 1969; Thiéberoz et Madre 1976; Chikhi 1980; Otmanine 1987; Bouzenoune 1993 et Vila et al., 2000).

1. 2. 2. Jurassique

Les dépôts jurassiques sont absents dans la région en question (Dubourdiou, 1956; Chevenine et al, 1989), mais, ils ont été recoupés par des sondages pétroliers en dehors des zones diasporiques (Beghoul, 1974).

1. 2. 3. Crétacé

a) *Barrémien*

Les affleurements de cet étage sont rares et exclusivement limités aux parties centrales de certains horst- anticlinaux. L'absence de faunes caractéristiques ne permet pas de définir avec exactitude les limites inférieures et supérieures de cet étage. Au Djebel Harraba, il est représenté par plus de 200 m de marnes argileuses grises non fossilifères que Dubourdiou (1956) attribue au Barrémien. Au niveau de l'anticlinal de Sidi Embarka à 2Km au SE du Djebel Harraba, Dubourdiou (1956) décrit un Barrémien marno-argileux à intercalations de calcaires argileux, surmonté par un Bédouines marno-gréseux et calcaro-gréseux.

b) *Aptien*

Il recèle une grande partie des affleurements de la région (Mesloul, M'Khiriga, Kef Rekhma et Boudjaber).alors c'est le plus remarquable dans cette région. Les formations aptiennes se rencontrent dans le noyau des structures anticlinales ainsi qu'au voisinage immédiat des formations triasiques. Elles constituent la majeure partie de tous les reliefs importants.

- *Aptien marneux* : Il est caractérisé par une dominance des marnes verdâtres, qui se forment des pseudo-bancs, et qui s'alternent avec des calcaires gréseux et/ou de grés sur une vingtaine mètre.
- *L'Aptien calcaire* : Il recèle des Lamellibranches, des Rudistes et des Orbitholines. Le quartz automorphe caractérise ces niveaux avec une épaisseur d'environ 108 à 172 m. Ces formations considérées comme un métallotecte lithologique car ils encaissent l'essentiel de la minéralisation.

c) *Clansayésien*

Il affleure comme des marnes grises, jaunes à Ammonites avec des calcaires gréseux (Dubourdiou ; 1956) à épaisseur de 100à 200m.

d) Albien

Dubourdieu (1959) a distingué trois termes de bas en haut :

- *Un terme inférieur* : l'épaisseur est de 20 à 50 m, constitué de marnes argileuses jaunes ou brunes, riches en Gastéropodes ;
- *Un terme moyen* : il est d'épaisseur de 100 m, composé de calcaires noirs à Bélemnites à intercalations marneuses ;
- *Un terme supérieur* : Il est caractérisé par une épaisseur de 75 m de puissance, constitué d'argiles et de marnes noires bitumineuses à Bélemnites et nombreuses empreintes d'Ammonites, avec de minces intercalations marno-calcaires ;

Dans les bassins du Sud-est Constantinois, l'Albien peut présenter une série très épaisse pouvant atteindre plus de 1300 m. C'est le cas du Djebel Hameima (Dubourdieu, 1956), alors que les sondages du Djebel Guelb et de Essouabaa donnent respectivement des épaisseurs de 1050 m et de 680 m

e) Vraconien

Il est représenté par un faciès argilo-marneux marquant ainsi un changement dans la sédimentation qui était essentiellement calcareuse jusqu'à l'Albien. Ce changement s'estompe au fur et à mesure que l'on se rapproche des séries épaisses périclinales où la sédimentation marneuse se manifeste dès le Clansayésien, ce qui témoigne d'une transgression qui scelle en discordance les structures émergées ou érodées (Burolet, 1984). A Boukhadra, Dubourdieu (1956), décrit une épaisse série de 600 m d'épaisseur qui est identique à celle de l'Albien supérieur. Elle est constituée de marnes à passées calcaires et marno calcaires à empreintes d'Ammonites qu'il attribue au Vraconien. Par contre, à Mesloula, il observe en 1959, des marnes vertes qu'il n'arrive pas à séparer de celles du Cénomaniens sus-jacent.

Dans certains endroits comme à l'Ouenza et au Djebel Slata, le Vraconien transgressif remanie des éléments triasiques (Smati, 1986 ;Perthuisot et al., 1988; Masse et Thieuloy, 1979).

f) Cénomaniens

Il s'agit des marnes argileuses verdâtres. Des intercalations de la calcite fibreuse. Il est présenté sous forme de deux assises, inférieure formée par des marnes jaunes avec des marno-

calcaires blancs feuilletées, et supérieure formée par des calcaires argileux, gris blancs avec quelques niveaux de calcaires gris-noirs. Leur puissance est de 600 à 900 m.

g) Turonien

La puissance de cette section peut atteindre les 1000 m (Dubourdiou 1956, 1959). Le Turonien est constitué par des calcaires et marno-calcaires à la base avec de nombreuses empreintes d'Inocéramus. Ces calcaires et marno-calcaires sont suivis par une puissante série de marnes argileuses riches en Ammonites, Huîtres, et divers Lamellibranches.

h) Campanien- Santonien

Ils ne sont pas subdivisés à cause du manque d'éléments de datation. Ils sont représentés par des marnes argileuses gris verdâtres et jaune gris à plaquettes de calcite fibreuse et intercalation de marnes à Lumachelles. Leur puissance varie de 200 à 600 mètres.

i) Maestrichtien

Il est marqué par des calcaires blancs bien lités, d'environ 60 m d'épaisseur, recouverts par une très forte accumulation de marnes argileuses grises à noires (150m) ces dernières admettent à leur base quelques intercalations de calcaires (Dubourdiou, 1956)

Le régime sédimentaire au Campanien supérieur et au Maestrichtien, indique toujours la continuité des mêmes conditions de dépôts dans un milieu peu profond et de mer chaude (Chevenine et al, 1989) avec une prédominance de calcaires crayeux rarement récifaux.

1. 2. 4. Tertiaire

a) Le Paléocène

La base du paléocène est caractérisée par la présence des marnes analogues à celles du Maestrichtien supérieur qui s'intercalent à des couches phosphatées vers les niveaux supérieurs.

b) Eocène

Les formations de l'Eocène caractérisées par des calcaires à silex et d'autres à Nummulites. Près des périmètres des Monts de Mellègue. Leur puissance est de 200 m.

c) Miocène

Les dépôts du Miocène inférieur et moyen reposent transgressivement sur les formations anciennes (Albien-Sénonien et même sur le Trias). Il s'agit d'une puissante accumulation de marnes et de grés dont l'épaisseur peut atteindre dans le bassin de OuledSoukiès (NW de l'Ouenza) 1000 m (Dubourdiou, 1956; Kowalski et Hamimed, 2000). A leur base, les formations miocènes comportent des conglomérats contenant des éléments de calcaires variés, de silex gris, des galets ferrugineux et des éléments empruntés au Trias, témoignant d'une activité diapirique (Bouzenoune, 1993). Le remaniement de silex, réputé d'âge Yprésien à la base du Miocène témoigne de l'existence d'une mer Eocène où se dépose une sédimentation marine durant l'Eocène et le Miocène inférieur à moyen. La sédimentation à la fin du Miocène indique le début d'une phase de régression. La puissance moyenne du Miocène dans la région d'étude est de 150 m (Dubourdiou, 1956).

1. 2. 5. Quaternaire

Les dépôts quaternaires sont distribués dans les parties basses des reliefs et couvrent des surfaces importantes (plaines et vallées actuelles). Ils sont formés de croûtes calcaires, limons éboulis, cailloutis et de poudingues. Le Quaternaire, d'origine continentale, est d'une puissance de 10 à 30 m (Dubourdiou, 1956).

1. 3. Cadre structurale

La région de Tébessa est caractérisé par l'existence d'une direction structurale NE- SW qui est marquée par les extrusions triasiques et une direction structurale NW- SE à WNW – ESE, marquée par les fossés d'effondrement, ces directions structurales sont les majeures qui caractérisent la région des confins Algéro-tunisiens d'où l'existence d'une continuité de grands ensembles structuraux de part et d'autre de la frontière, où leurs minéralisations arrivent obliquement sur la frontière (Fig. 1) (Rouvier et al, 1990).

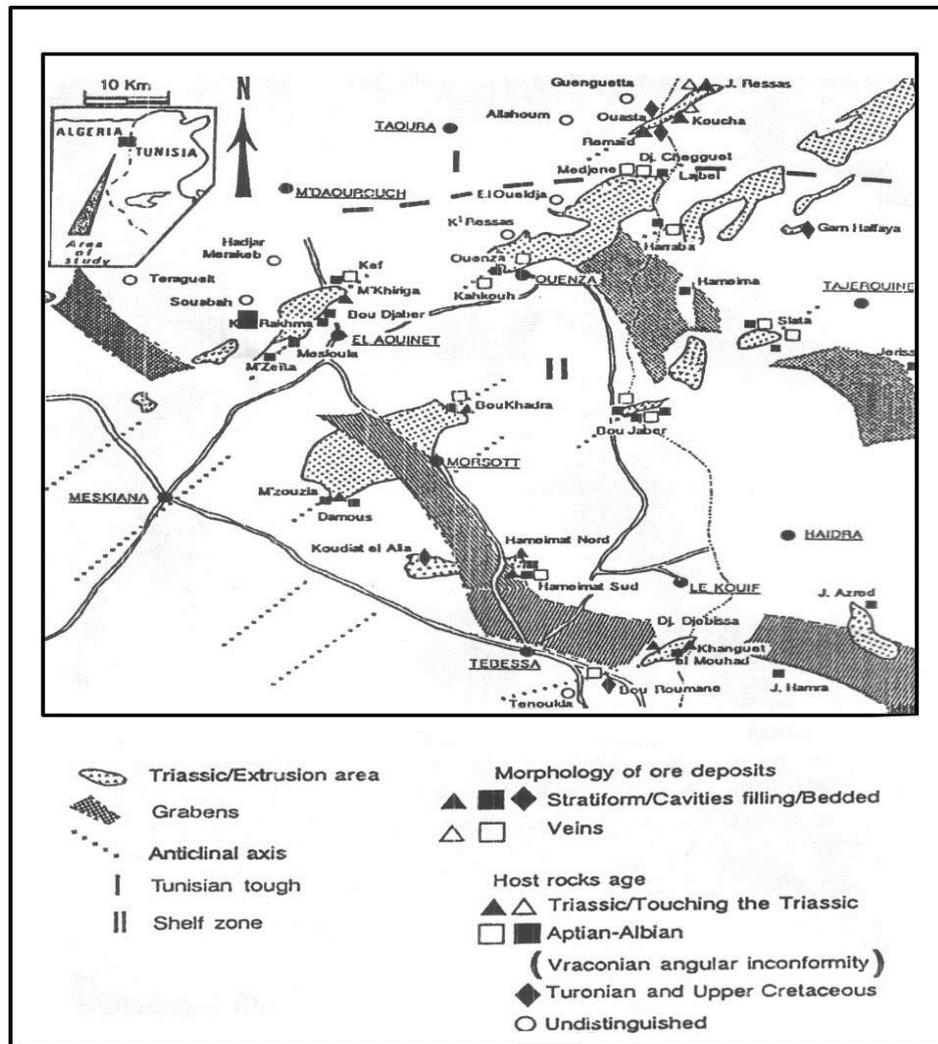


Fig. 4 : Position des extrusions triasiques par rapport aux fossés

D'effondrement (Aoudjehane, 1991).

Les principaux traits structuraux de la région sont représentés par les plissements, le diapirisme, la subsidence, les fossés d'effondrement et les failles.

1. 3. 1. Les plissements :

Au cours de Paléogène on a marqué deux phénomènes: un système de plis prend la direction SW-NE généralement d'allure simple, formé des synclinaux (OuledKseub, Ain Ghenia, Haoud S'ghire) et des anticlinaux à cause des compressions (Dubourdiou G. 1956).

1. 3. 2. Le diapirisme

Le diapir caractérise le Trias qui affleure dans plusieurs endroits de largeur d'environ 80Km. Les facteurs de ce diapirisme sont :

- *Le fluage* : L'écoulement des fluides dans les évaporites est d'autant plus important que la température soit élevée, il est pratiquement réalisé aux alentours de 300°C pour le sel gemme et à des températures plus basses pour les sels potassiques ou les sulfates hydratés.
- *L'ascension* : Elle est assurée par la densité, il s'agit d'une migration verticale du matériel plastique jusqu'à une altitude qui dépend du rapport des densités. Cette migration ne peut se faire que si la densité du matériel plastique est inférieure à la densité globale de la couverture, ce phénomène est dit « halocinèse ».

En Algérie, la série triasique n'est connue que partiellement en surface, des roches du Trias affleurant à la faveur d'extrusions soit, sous forme de masses chaotiques où dominant le gypse, les argiles et les dolomies, soit organisées en unités stratifiées localisées plutôt sur les plans des structures.

Les chlorures, signalés dans le salifère principal du Nord-est saharien (Busson et Cornet, 1989), sont présents dans la région du Mèllegue dans la partie enracinée du diapir de l'Ouenza. Les pointements triasiques, très nombreux dans la région, sont localisés dans la partie Nord-est de l'Ouenza (Dubourdiou, 1964 et Madre, 1969), au Sud-ouest de Boukhadra et au cœur de Djebel Mesloul.

1. 3. 3. La subsidence

Au Crétacé, une subsidence rapide et continue, entraînant des poussées horizontales individualisées sur le sillon tunisien, suivie par un bombement sous-marin formant ainsi des hauts fonds de direction NE-SW qui ont permis aux amas récifaux de se former ultérieurement.

1. 3. 4. Les fossés d'effondrement

C'est un phénomène distingué à l'Atlas saharien, d'orientation NW-SE et E-W, les fossés d'effondrement sont bordés par des accidents majeurs, et formés par des dépôts plio-quadernaires.

A l'aide de (Durozoy, 1950 ; Castany ; 1951 et 1954 ; Dubourdiou, 1956 ; Kazitani, 1986 ; Othmanine, 1987), conclure d'une activité tectonique distensive post Miocène (fossé de OuledBoughanem, Tébessa et Morsott). (Bismuth, 1973 ; Chihi, 1984) dit qu'une direction crétacée a contribué aux premiers effondrements des grabens dont l'effondrement majeur s'est produit au Miocène.

1. 3. 5 Les failles

La région d'étude est structurellement recoupée par deux systèmes de failles:

Le premier système représenté par les failles principales ou majeures, subparallèles aux axes des anticlinaux sous l'effet du plissement. Les couches tendres se plissent, et les couches dures se cassent au niveau des pendages des roches qui sont subverticales à inverses. L'orientation de ce système est suivant deux directions principales Nord-est (30° - 60°) et Nord-ouest (280° - 320°).

Le deuxième système constitué des failles secondaires "deuxième ordre" possède des rejets importants, leur pendage est d'environ 60° à direction de 60° E-W. ses failles favorisant ainsi les concentrations métallifères.

CHAPITRE 3 :

GEOLOGIE LOCALE DES GISEMENTS PHOSPHATEE DE TEBESSA

1. GEOLOGIE LOCALE DE NORD TEBESSA DJ EL KOUIF

1.1. Litho-stratigraphie locale de djebel el Kouif(Nord de Tébessa)

Sur la base de la carte géologique 1/50000 établie par Blès et Fleury (1978) et sa notice. L'enchaînement chronologique des formations de la région d'étude se présente de la manière suivante du bas en haut :

Trias

Il a été constaté que cet étage n'affleure pas à la zone d'étude. Il est probablement situé dans la partie profonde de la région (Dubourdiou, 1959).

Aptien

Il renferme de gros bancs de calcaires à Orbitolines souvent bréchiques à ciment dolomitique ou calcitique, Ces massifs intercalés de grés fins et de quelques niveaux marneux dépassant les 100m d'épaisseur (Hammamet nord et DjbelBelkhfif).(Dubourdiou, 1959)

Albo-Vraconien

Il est caractérisé par une alternance de petits bancs de calcaires argileux gris foncé, souvent il a une forme en petits feuilletés et en marnes foncées de couleur presque noir à ammonite pyrite usée (Ammonite) d'épaisseur environ 50m, la disposition parfaitement symétrique des affleurements, l'un au sud du flanc nord au Djbel Hammamet Nord et l'autre sur le flanc sud de Djebel Hammamet sud, il y a aussi un parallélisme de ces couches avec les derniers bancs calcaires aptiens de ces deux massifs qui conduit à penser qu'il y a une lacune stratigraphie albienne, la zone de contact albo-varconnien étant recouverte d'ébpolis.(Dubourdiou, 1959).

Cénomaniens

Les affleurements de ces étages d'épaisseur environ 600m, Au sommet, 350m de la marne gris verdâtre intercalé de nombreuses passes calcaire, souvent très lumachelliques (bivalve, échinoderme, huître, gastéropodes et ammonites), vers le bas à 250 m d'épaisseur de marnes gris se trouve une altération verdâtre sans intercalation de calcaire, vers le sommet de ces niveaux se trouvent des ammonites. (Dubourdieu, 1959)

Turonien

La formation, d'épaisseur environ 300m, est constituée de corniches de calcaires en gros bancs, gris-clair à patine rouge, à grands Gastropodes et rares madrépores, alternant avec des niveaux de calcaire plus argileux en banc moins épais, à la surfaces ondulées et de marnes grises asses calcaires (Morel, 1957 ; Dubourdieu,1959).

Emscherien (Santonien-Coniacien)

D'épaisseur environ 500m, il affleure dans la zone du Djebel Boulhef et du Djebel Dyr et est souvent caractérisé par une série de marne grise de Santonien à 300m, Renfermant de rares passes calcaire à la base, Au sommet le Coniacien correspond aux 200m de marne à lumachelles se limitant avec le Turonien par un banc bien individualisé, souvent visible dans la morphologie (Morel, 1957 ; Dubourdieu,1959).

Campanien : d'épaisseur environ 300m

- *Le Campanien Inférieur* : est constitué de 150m des marnes grises.
- *Le Campanien Moyen* : est constitué de 80m des calcaires des bancs à gris clair, crayeux alternant avec de petits niveaux des marnes claire, grises et parfois verdâtre
- *Le Campanien Supérieure* : est constitué de 150m des marnes gris clair à patine jaunâtre admettant dans le tiers inferieur de nombreuse petite intercalation de calcaire argileux decouleur gris qui forment la transition avec le calcaire crayeux sous- jacent et dans les 20 dernier mètres avec des calcaires supérieurs(Dubourdieu, 1956).

Maastrichtien:

➤ *Le Maastrichtien Inferieur* : d'épaisseur de 170 m, constitué par des calcaires massifs grisâtre, en gros bancs renfermant des Inoceramus, Ces formations sont recouverte par des éboulis dus à la l'altération(Flandrin, 1948).

➤ *Le Maestrichtien superieur* : d'épaisseurenvirons150m, marnes grises montrant quelques intercalations calcaire à l'extrême base (Flandrin, 1948).

Le Paléocène:

➤ *Le Danien* : d'épaisseur varie à 75–100 m des calcaires argileux, gris clair et un peu crayeux, en petits bancs à surface ondulée alternant avec des marnes grises. Une microfaune de Globigérines (Flandrin, 1948).

➤ *Le Montien* : d'épaisseurenvirons200 m, calcairegrise et homogène, au sommet duquel apparait de rares bancs de calcaire argileux et de minces niveaux phosphatent (Flandrin 1948).

➤ *Le Thanétien:* d'épaisseurenvirons20 m des calcaires argileux en petits bancs souvent noduleux, à silex, ils admettent dans leur partie inferieur des intercalations phosphatées qui passent à une couche de phosphate épaisse. C'est la couche la plus intéressante (Flandrin 1948).

➤ *L'éocène* (le Lutétien Inferieur- Yprésien d'épaisseur environ 150m) : de bancs épais (un mètre et plus) des calcaires massifs, à gros silex, huître et nummulites qui sont abondantes dans Djebel dyr, mais absentes au Djebel el Kouif (Flandrin, 1948).

Le Néogène:

➤ *Le Miocène Continental* : des sables et des graviers quartzeux blancs à traces ferrugineuses rousses et à stratification. Ces formations renferment des restes végétaux mal silicifiés et alternant parfois avec des argiles feuilletées de couleur vert-clair, ils surmontent par endroits des conglomérats à éléments calcaires cimentéspar des argiles rouges ou bariolées. (Flandrin, 1948).

➤ *Le Plio-Villafranchien* : ilse trouve près des grandes fractures d'effondrement récent, On peut observer des formations conglomératiques dont les éléments sont arrondis et d'une mauvaise sphéricité qui est cimentés par des argiles brunes- rouge, Ces formations qui

montrent un pendage tectonique important (45° en position subverticale) sont parfois prises dans les calcaires pulvérulents de couleur rose saumon (Ginburg, 1957 ; Guiraud, 1968).

Le Quaternaire

Les formations Quaternaires sont tous d'origine continentale, elles occupent d'importantes surfaces sur la feuille de Morsott et se trouvent principalement dans les plaines et aux pieds des montagnes, Elles se traduisent par des dépôts fluviatiles anciens qui comprennent des éboulis récents qui continuent à se former sur les pentes et pied des tous les reliefs calcaires, cailloutis actuels, alluvions actuelles et anciennes, limons actuels et récents de l'Oued Ksob, ainsi que des dépôts fluviatiles anciens et des croutes de calcaires. (Dubourdieu, 1956)

1. 2. Évolution paléogéographique et tectonique

L'histoire géologique de la région de Morsott est inconnue avant le Trias, dont les faciès de type germanique sont répandus hue toute l'Afrique du Nord. Le passage du Crétacé au Tertiaire se fait sans importantes perturbations apparentes, au sein de marnes riches en microfaunes planctoniques qui permettent de suivre le passage du Maestrichtien au Paléocène supérieur, non sans un faible passage calcaire qui marque en partie le Danien (Dubourdieu, 1959).

L'horizon phosphaté du Paléocène supérieur précède une sédimentation calcaire qui se maintiendra jusqu'au Lutétien inférieur. Le caractère très néritique de celle-ci est souligné par d'importantes variations d'épaisseur et par la répartition des Nummulites, presque absentes au Kouif mais formant la quasi-totalité des calcaires du Djebel Dyr (Dubourdieu, 1959).

L'absence de dépôts marins à partir du Lutétien semble due à l'influence d'une phase de compression dont les premières manifestations se sont traduites par la formation de fractures conjuguées à intersection verticale (directions NW-SE, dextres et N-S, sénestres) puis de fractures à intersection horizontale (direction des intersections des joints conjugués variant de NE – SW à ENE - WSW) qui pourront être exagérées en véritables failles inverses lors de la formation des plis concentriques de la phase paroxysmale. (Dubourdieu, 1959)

Les dépôts continentaux du Miocène inférieur viennent se mettre en place sur une surface d'érosion installée sur le Crétacé moyen et l'Emschérien au NW, et sur l'Eocène au SE d'une flexure d'orientation NE-SW, témoin probable d'un rejeu d'un accident profond (Dubourdieu, 1959).

Postérieurement au dépôt du Miocène inférieur continental, une reprise des compressions tangentielle est attestée par des décrochements affectant ces dépôts et par leur conservation dans les structures synclinales éocènes (Dubourdieu, 1959).

Le remplissage de ces fossés est constitué par des sédiments continentaux attribués au Plio-Villafranchien et au Quaternaire récent. (Dubourdieu, 1959). Des glissements par gravité se sont produits dès avant le Miocène, jusqu'à la période actuelle. Développés en bordure des reliefs, ils ont certainement suivi chaque stade de leur formation. (Dubourdieu, 1959).

1. 3. Description géologique de l'affleurement de Douar El Fogaa El KOUIF

Le secteur d'étude est un ancien site d'exploitation des phosphates, on constate la présence d'ancienne galerie d'exploitation. C'est un front d'épaisseur apparente 16 m présente plusieurs bancs (phosphate, calcaire phosphaté et de la dolomie intercalée par des marnes phosphatées) d'une direction 120° N et d'un pendage 10° N d'une structure sub-tabulaire (Fig. III. 11).

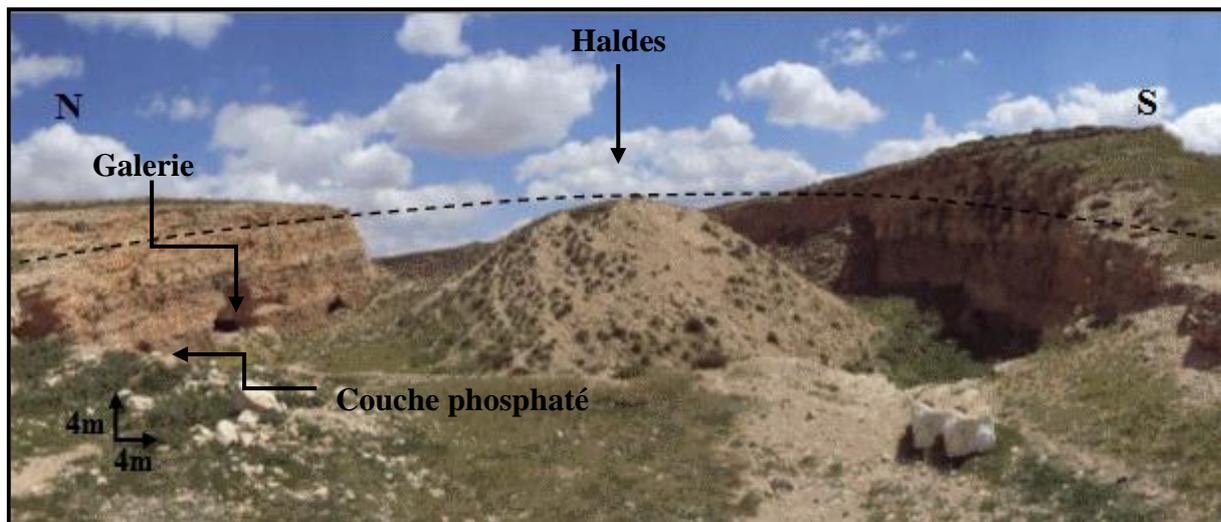


Fig. 5 – Vue panoramique de secteur d'étude Douar El Fogaa (Djebel El Kouif).

1. 4. Description du profil de secteur étude

Le profil établie au niveau de douar El Fogaa à 660m de village d'El Kouif, d'un point de GPS, $N35^{\circ}29'48''$, $E08^{\circ}18'53,88''$ et d'une altitude environ de 1108 m (Fig. 5). Les facies du secteur sont subdivisés en cinq bancs, qui sont constitués de bas en haut comme suivant (Fig. 6).

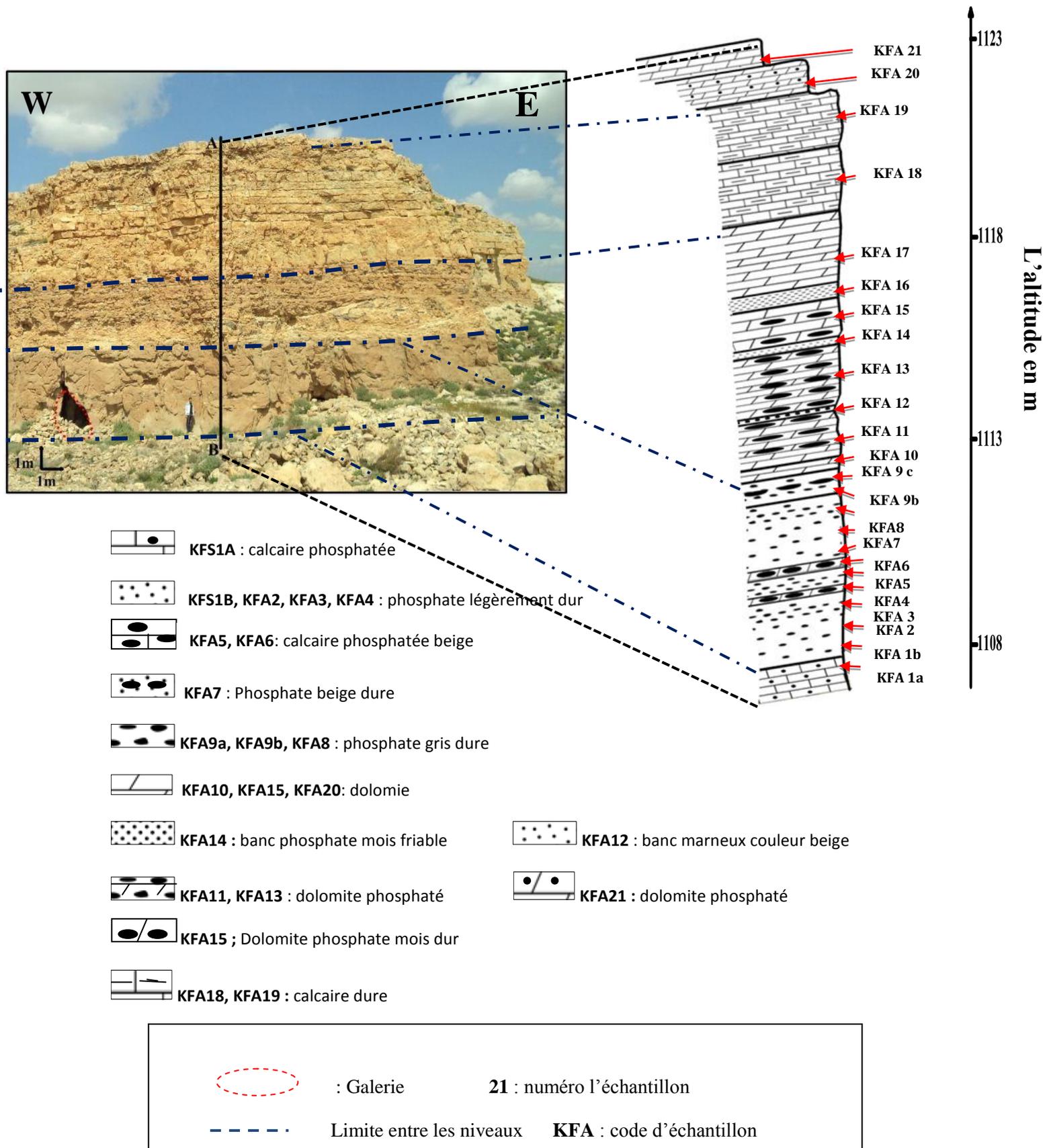


Fig.6 – coupe géologique et description de l'affleurement. Horizon (A) Vue panoramique, (b) coupe géologique schématique.

1.5. Description macroscopique des échantillons

Les échantillons de phosphates sont relativement friables. Ceci a permis l'étude en grains qui sont bien séparés par la classification granulométrique à voie humide. La description des faciès ce fait du bas en haut :

a). Echantillon (KFA1-B) :

Ce sont des phosphates légèrement friable, et couleur beige et granulométrie hétérogène, riche en litho-clastes et pellets se forme cylindrique et dents de poissons qui dépassent 1mm. Ces dents sont visibles à l'œil nu. La classification granulométrique montre que le ciment est de type carbonaté (Fig.7).

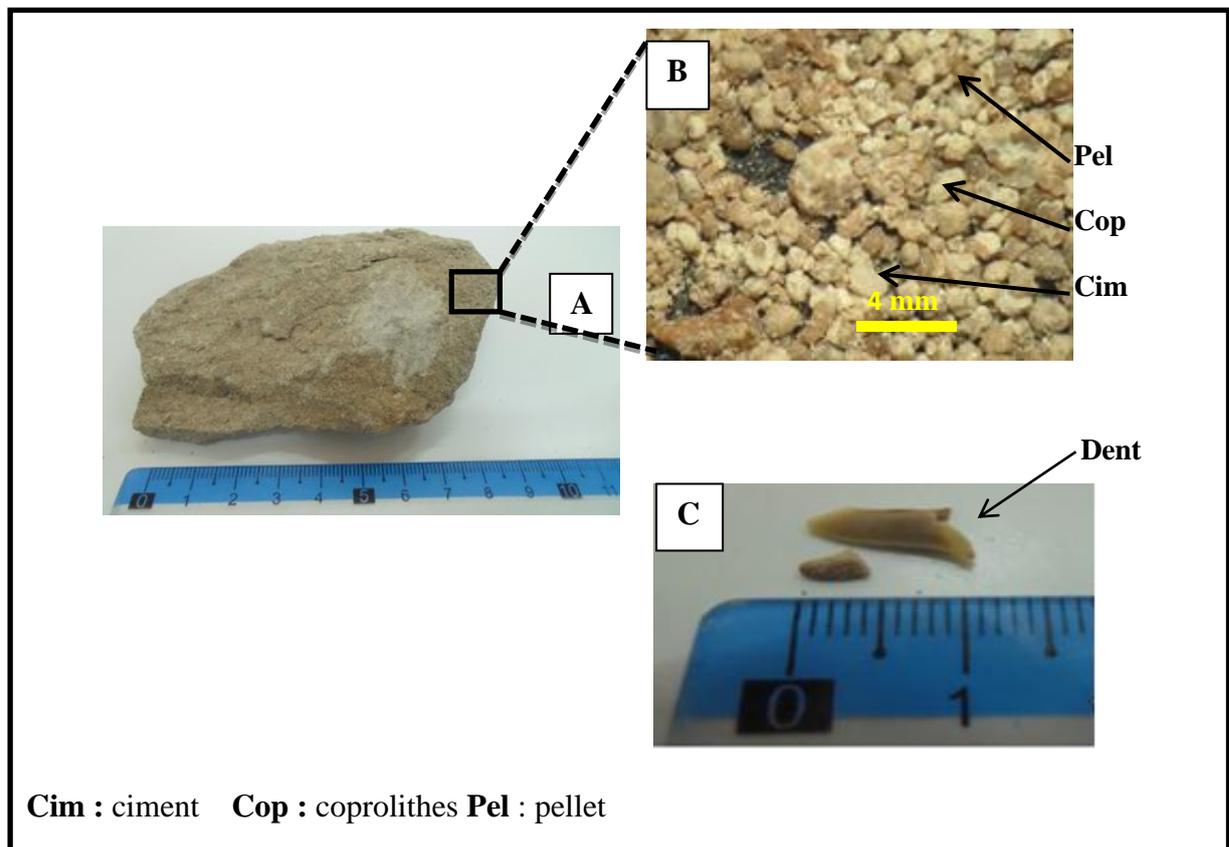


Fig. 7- Aspect macroscopique de phosphate friable l'échantillon KFA1-B. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé, (C) dents de poissons.

b). Echantillon (KFA2) :

Il s'agit d'une marne phosphatée. Les particules phosphatées sont très fine et la couleur gris (plus ou moins) les dents de poissons et litho-clastes sont aussi rencontrés. Les pellets ont une forme arrondie en générale cependant à faible fréquence (Fig.8).

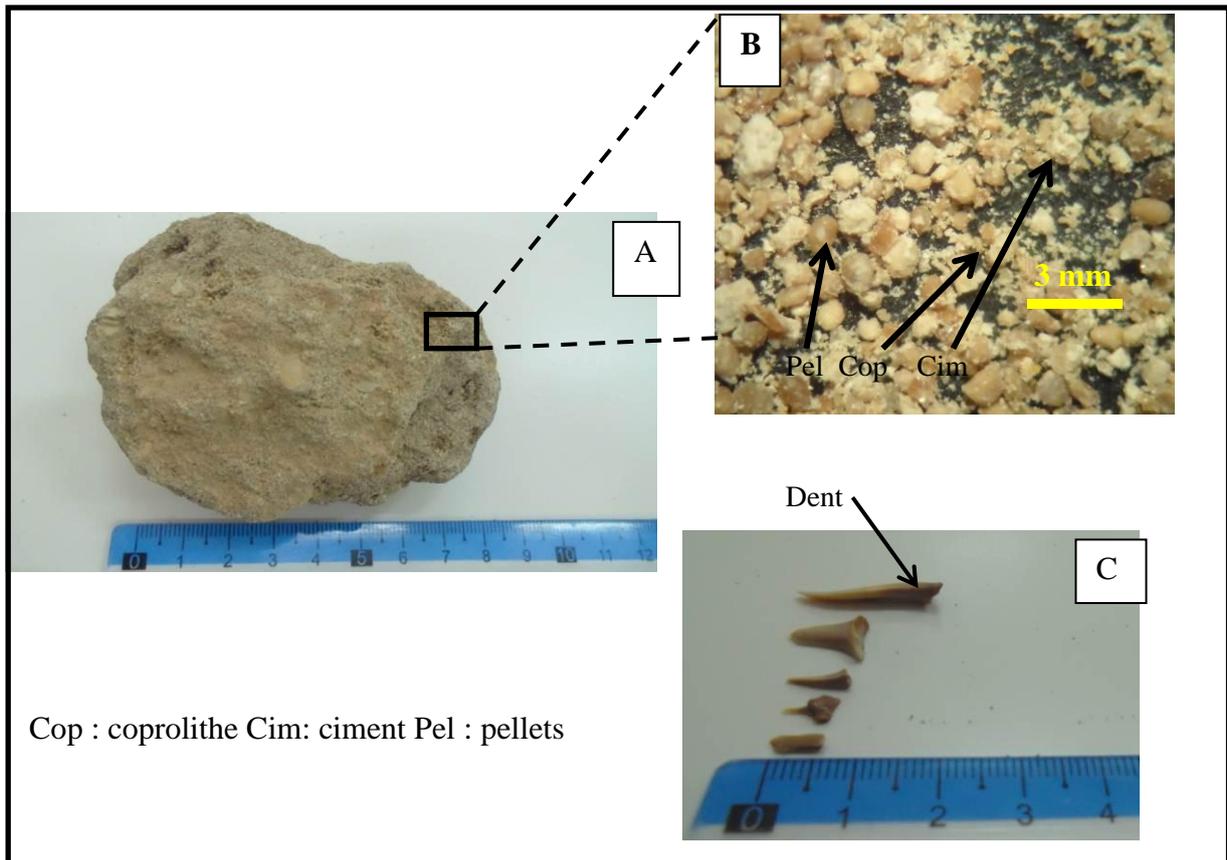


Fig. 8 - Aspect macroscopique de phosphate dure l'échantillon KFA2. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé, (C) dents de poissons.

c). Echantillon (KFA 3) :

Ce sont des phosphates caractérisés par une couleur beige ou gris légèrement friable, la granulométrie hétérogène, et remarque les dents de poissons, des lithocalstes avec un ciment carbonaté (Fig 9).

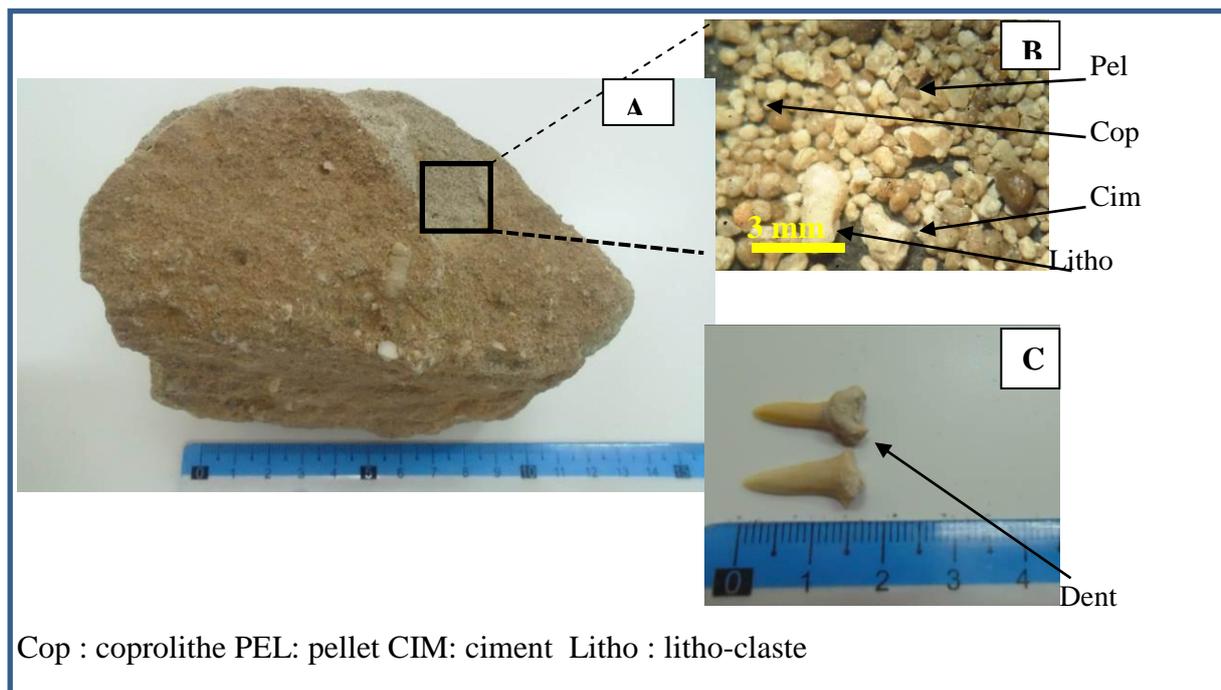


Fig.9- Aspect macroscopique de phosphate friable l'échantillon KFA 3. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé, (C) dents de poissons.

d). Echantillon (KFA 5) :

Ce sont des phosphates ayant la couleur beige. Ils sont durs avec la granulométrie très hétérogène visiblement. Les dents de poissons sont très abondantes. La taille de grains dépasse 1 mm montrant parfois des surfaces altérées. Le ciment est carbonaté, très riche par litho-clastes (Fig.10).

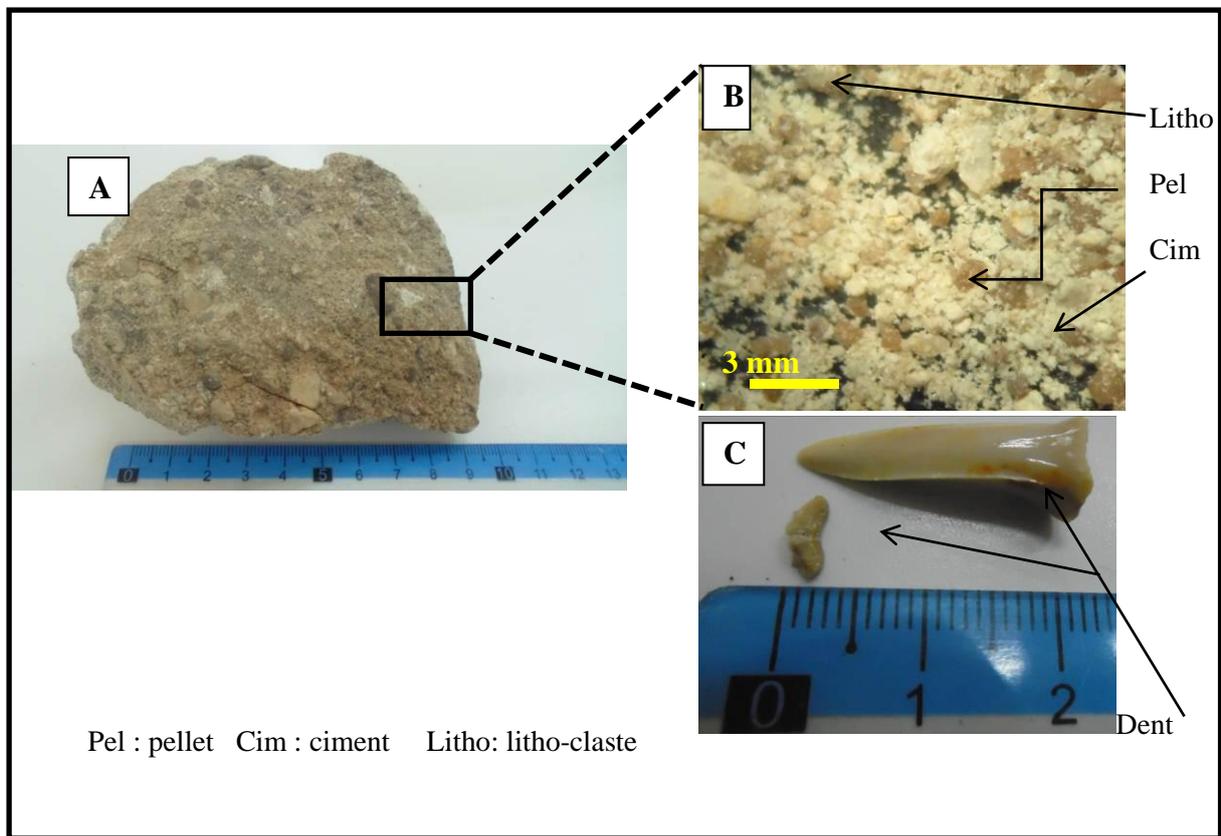


Fig.10 - Aspect macroscopique de phosphate dure l'échantillon KFA5. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé, (C) dents de poissons.

e). Echantillon (KFA 7) :

Ce sont des phosphate légèrement friable de couleur beige, la granulométrie est hétérogène renfermant des éléments grossiers (qui peuvent dépasser 1mm). Le ciment carbonaté est bien développé. Les coprolithes sont très abondants para rapport aux autres grains phosphatés. Les dents de poissons sont occasionnellement rencontrées (Fig 11).

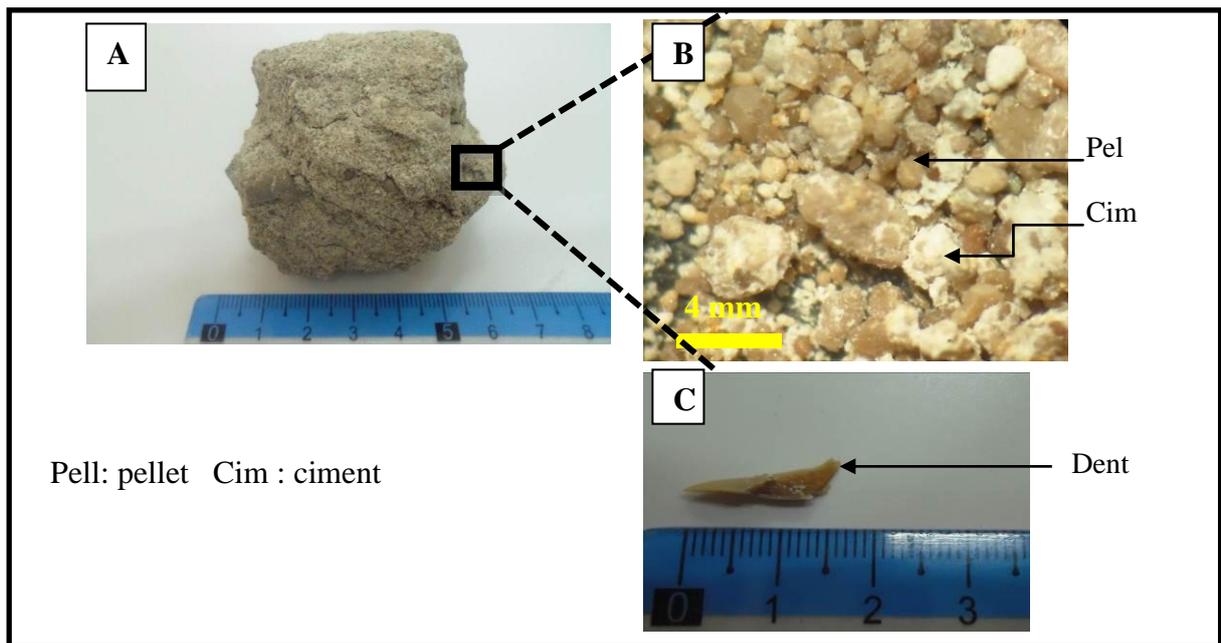


Fig. 11- Aspect macroscopique de phosphate friable de l'échantillon KFA7(A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparés, (C) dents de poissons.

f). Echantillon (KFA 8) :

Il s'agit d'un échantillon prélevé vers le sommet montrant des phosphates de la couleur gris à beige. Cet échantillon est caractérisé par une dureté remarquable. Les grains phosphatés ont de différentes tailles et aspects morphologiques contenant aussi des lithoclastes. Le ciment carbonaté assure la liaison des grains (Fig.12).

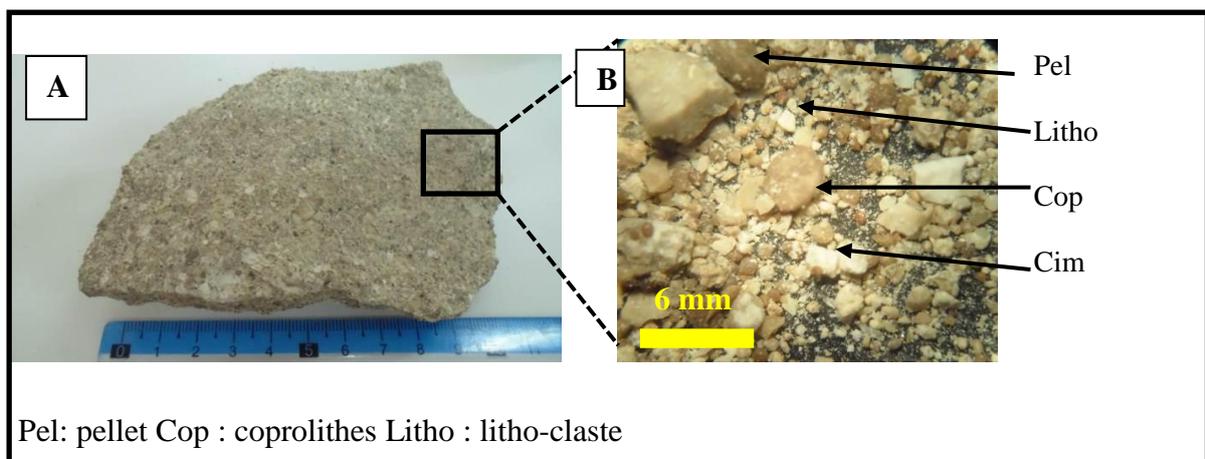


Fig.12- Aspect macroscopique de phosphate dure l'échantillon KFA8.(A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurés et ciments séparés.

g). Echantillon (KFA 9-A) :

Cet échantillon représente un faciès dont couleur est beige, moyennement dure et à granulométrie hétérogène. Le ciment carbonaté est très développé. Notant la présence de la glauconie qui se présente en couleur verdâtre (Fig 13).

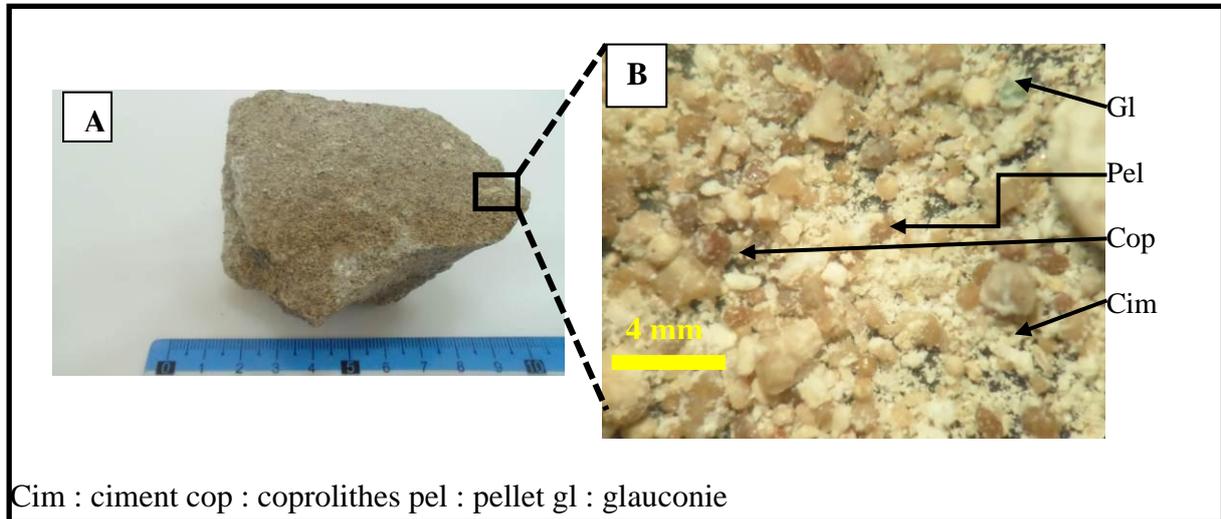


Fig.13 - Aspect macroscopique de phosphate dure l'échantillon KFA9-B. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé.

g). Echantillon (KFA 12) :

C'est une roche évaporitique (gypse et anhydrite) couleur blanche présence de gypse renfermant des traces de particules phosphatées indiquant que le milieu de sédimentation est devenu lagunaire avec l'émergence de l'eau de mer localement permettant la formation du faciès évaporitique (Fig 14). .

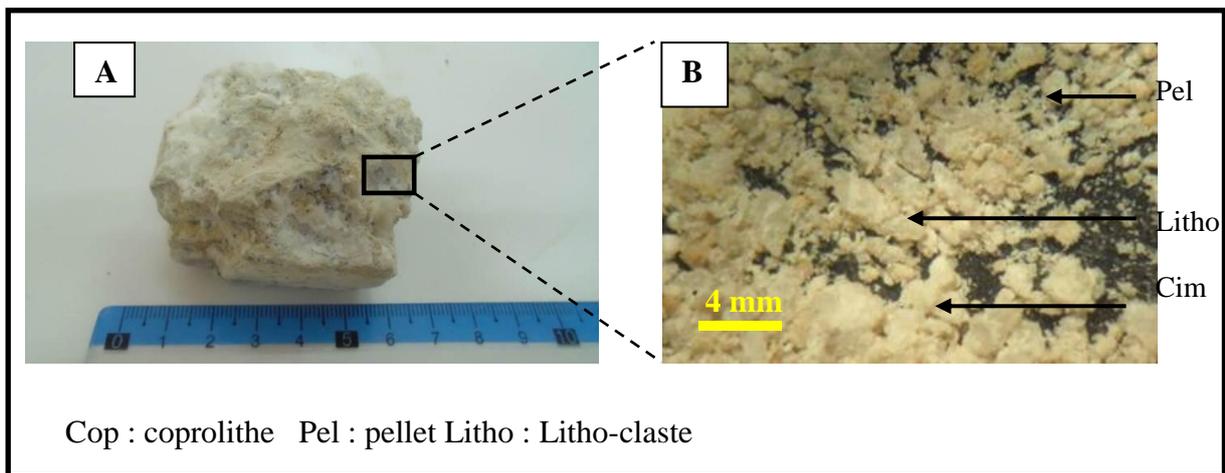


Fig.14- Aspect macroscopique de phosphate dure l'échantillon KFA12. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé.

g). Echantillon (KFA 14) :

C'est une marne phosphate très friable couleur beige. Les grains phosphatés ont une faible fréquence par rapport la marne qui sert de liaison (Fig 15).

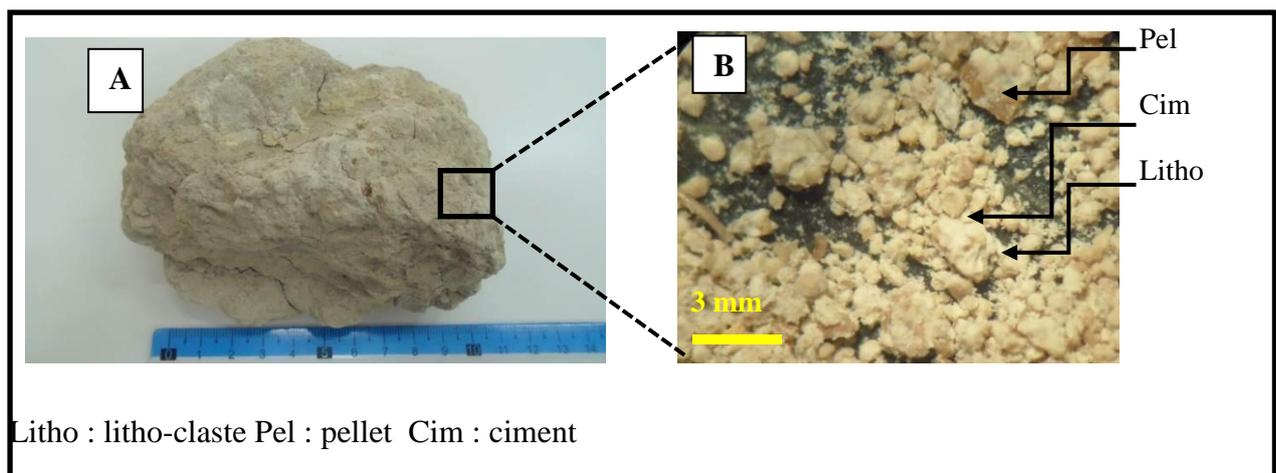


Fig.15- Aspect macroscopique de phosphate très friable l'échantillon KFA14. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé.

g). Echantillon (KFA 16) :

L'échantillon reflète une marne légèrement phosphatée de la couleur beige. Ce faciès est friable (Fig 16).

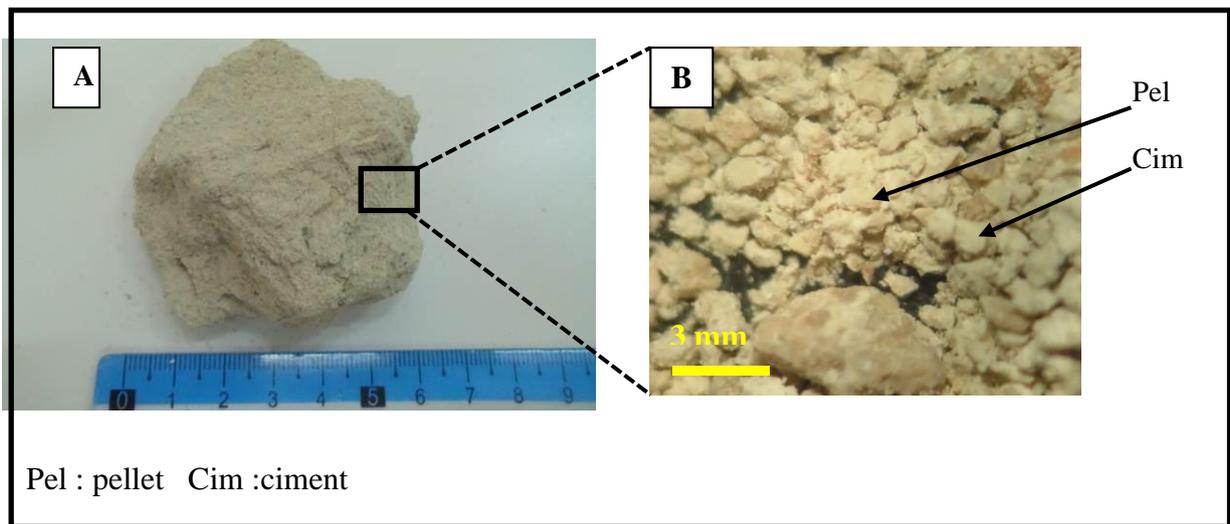


Fig.16 - Aspect macroscopique de phosphate friable l'échantillon KFA16. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé.

2. GEOLOGIE LOCALE DE DJ. KEF ESSENNOUN

2. 1. Stratigraphie

La stratigraphie du gisement de Kef Essennoun a été précisée grâce aux travaux d'exploration effectués par l'EREM, au cours de l'année 1986 (Cielensky et Benchernine, 1987). Les sondages carottés ont été réalisés à la maille de 250m x 300m (Fig. 4). Le sondage le plus profond est le S-7 (250 m), situé au Sud-ouest du gisement. Le moins profond est le S-25 (76,1m) implanté à proximité de la bande d'affleurement des dressants de Kef Essennoun. Tous les sondages ont traversé la couche phosphatée jusqu'au mur, à l'exception du sondage S-14 qui n'a recoupé que 13,5 m à cause d'un accident technique survenu au moment du forage. En outre l'EREM a réalisé, dans la zone des dressants, 22 trachées notées Tr22 à Tr44 avec une profondeur de 1 à 2 m, une largeur de 1 m et une longueur en fonction de l'épaisseur de l'affleurement de la couche de phosphate.

Toute la succession lithologique de Djebel Onk est rencontrée à Kef Essennoun mais s'indifférencie, cependant, par une épaisseur verticale plus importante du faisceau phosphaté (jusqu'à 53 m dans le sondage 7). Le Thanétien qui est l'horizon porteur de la minéralisation est bien développée à Kef Essennoun, il est subdivisé en deux étages: le Thanétien inférieur et le Thanétien supérieur. (Dassamiourmohamed 2012)

- Le Thanétien inférieur est représenté par une série de marnes schistifiées de couleur grise foncée à intercalations irrégulières de calcaire. un niveau conglomératique à Gastéropodes et de minces passées phosphatées sont rencontrés dans la partie inférieure. Dans la partie sommitale, les phosphates sont surmontés par des calcaires et des marnes à gros gastéropodes. (Dassamiourmohamed 2012)
- Le Thanétien supérieur est représenté par la couche productive, il a fait l'objet d'une étude poussée. Les résultats de cette étude sont présentés dans la partie minéralisation

2. 2. Tectonique

A l'issue des travaux de l'EREM, il a été établi que la géologie du gisement de Kef Essennoun est relativement simple. Les couches de phosphate plongeant monoclinalement vers le sud, ils ont une puissance de 30 m et parfois plus. Par contre la zone d'affleurement présente une structure géologique compliquée. (Dassamiourmohamed 2012)

Le gisement de Kef Essennoun est situé dans le prolongement de la retombée méridionale de la flexure antiforme de Djebel Onk dont la structuration majeure est due à la tectonique post-Miocène. Il est caractérisé par une structure simple, qui se présente sous forme d'une table monoclinale à pendage régulier, sous un angle de 5 à 10° vers le Sud. Au sud de la table, on aperçoit une zone de rupture de pente où le pendage des couches atteint 20°. Une série de trois failles majeures de direction NNO-SSE, traversent le gisement mais n'engendrent pas de déformations majeures sur la géométrie de la couche phosphatée. Par contre, dans la zone des dressants de Kef Essennoun, allongée N 75° E, la tectonique souple et cassante a entraîné un changement brusque du pendage de la couche phosphatée affleurant où l'angle de pendage est sub-vertical ou fortement incliné vers le sud-est ou le sud-ouest (Fig. 5). Ces dressants, représentés par les formations du Paléocène (Danien- Montien et Thanétien) et de l'Eocène inférieur (Yprésien) correspondent à la zone de flexure faillée du flanc inverse de l'anticlinal de Djebel Onk. Au Nord-est des dressants, la série est renversée et la couche de phosphate plonge suivant un angle de 30° à 60° vers le nord-ouest. Par contre dans la partie centrale des dressants, la couche de phosphate est en série normale et plonge vers le sud (Dassamiour, 2012).

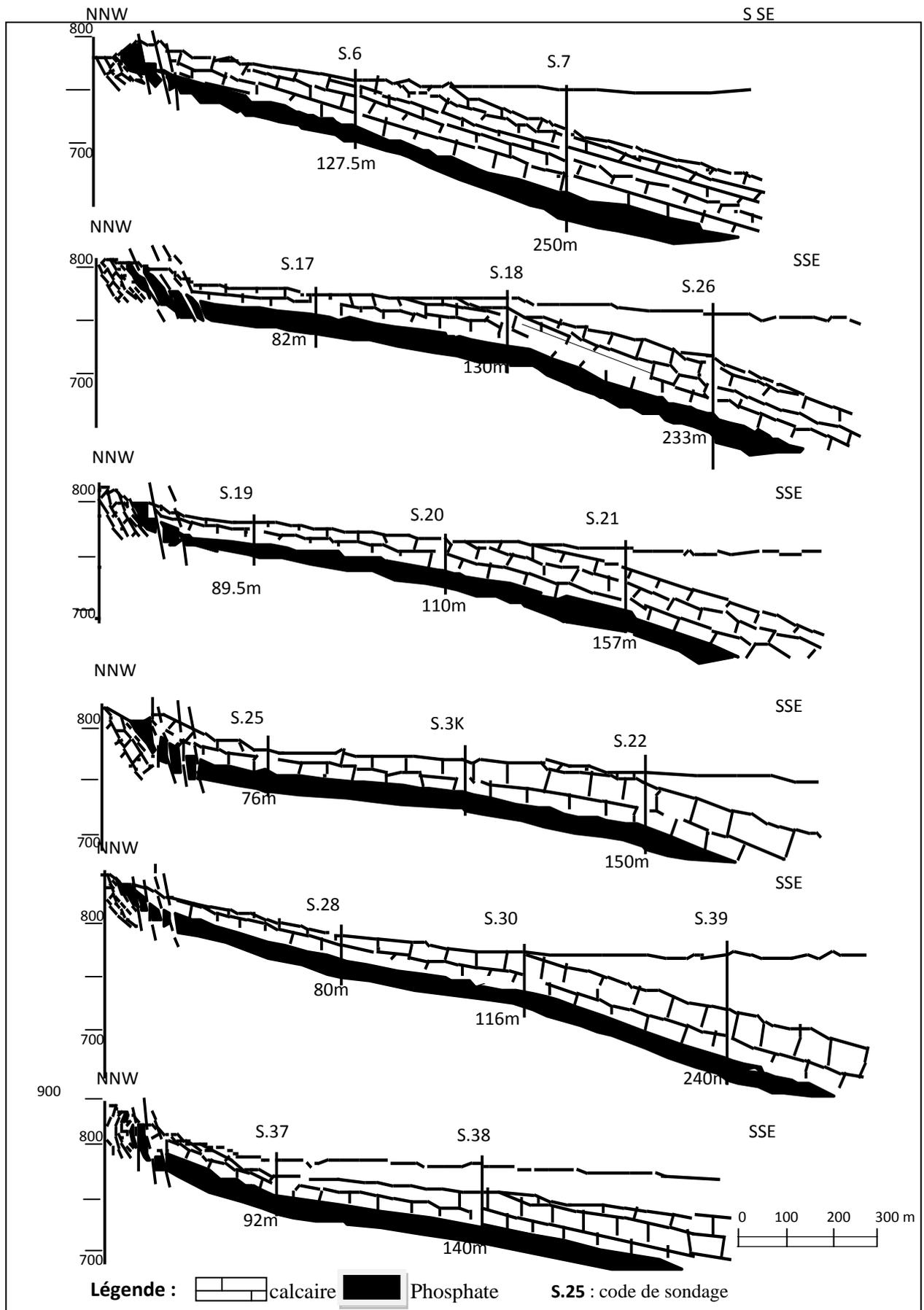


Fig. 17 : Coupe géologique du gisement de Kef Essennoun(Cielensky et Benchernine, 1987).

2.3. Prélèvement des échantillons

Les échantillons ont été prélevés dans la mine de Kef Essenoun, au total ; 8 échantillons représentent les couches : sommitales ; principales et basales. La figure (Fig.18) montre un plan d'échantillonnage au niveau de la mine. Notre étude sera focalisée essentiellement sur les échantillons suivants : (KFS7-8, KFS7b) de la couche sommitale (Planche I) ; (KFS5-KFS6) de la couche Principal (Planche II) ; (KFS2-KFS1-KFS3-KFS4) de la couche basale (Planche III).

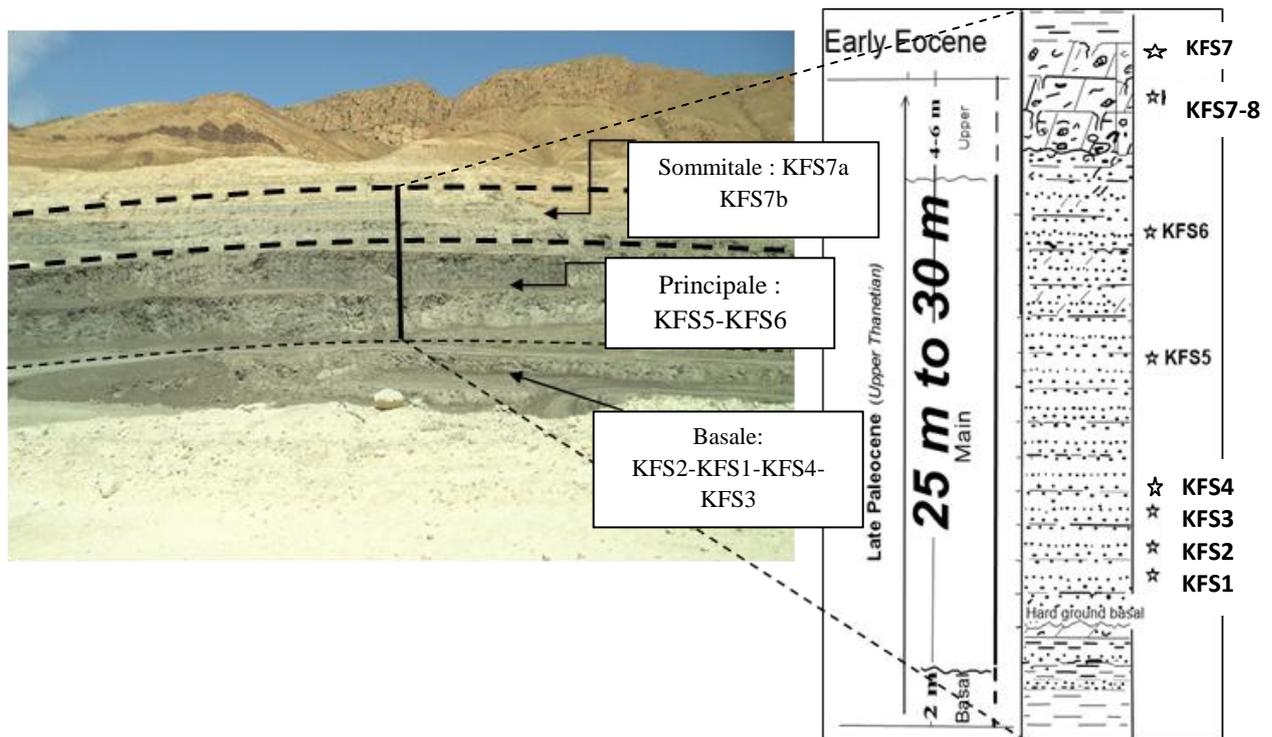


Fig. 18: coupe géologique et description de l'affleurement. Horizon (B). Localisation des échantillons prélevés au niveau de Kef Essenoun.

2.4. Description macroscopique des roches phosphates de djebel kef EssenNoun Sud Tébessa

a). Echantillon (KFS 1) :

C'est échantillon prélevé de la base du gradin représentant la couche basale des phosphates. Il s'agit d'un faciès ayant de la couleur grisâtre légèrement friable avec la granulométrie homogène. Les grains sont représentés par des pellets de taille 0.25 mm et des coprolithes qui peuvent dépasser 1 mm. Le ciment est de nature carbonaté /argileux. On constate la présence de la glauconie de la couleur verdâtre et pellets sous forme arrondie et coprolithes sous forme allongé (Fig 19).

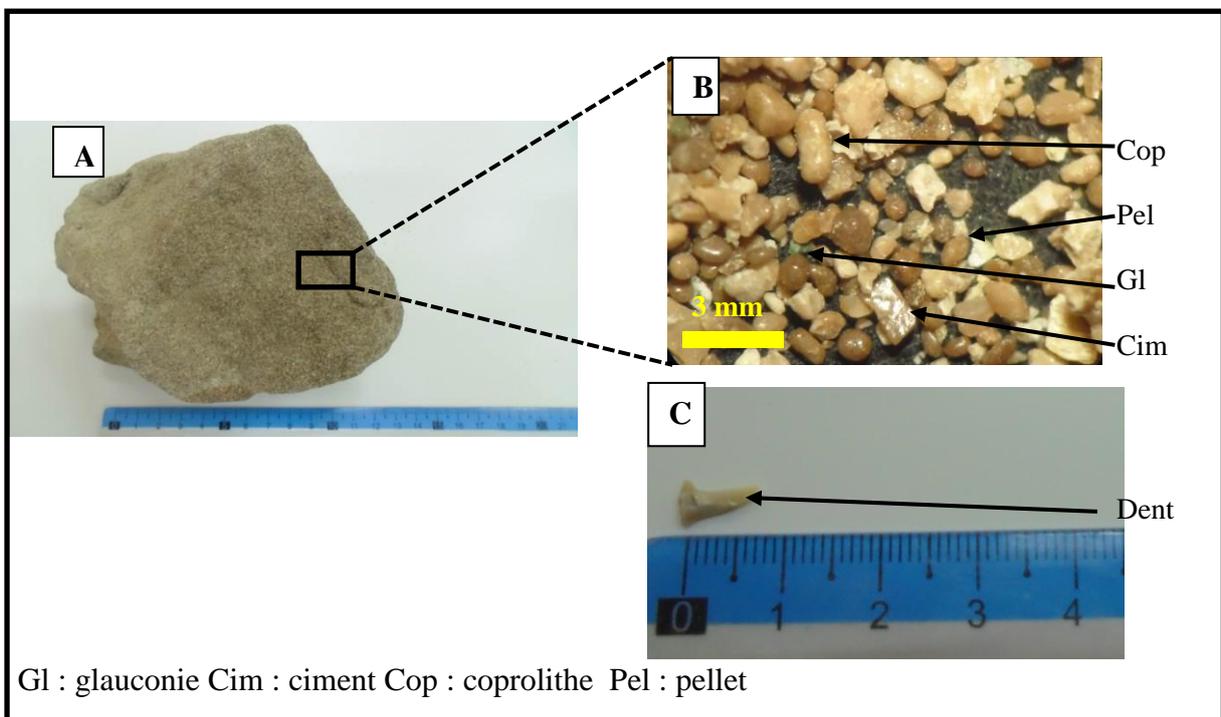


Fig.19 - Aspect macroscopique de phosphate friable l'échantillon KFS1. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé, (C) dents de poissons.

b). Echantillon (KFS2) :

C'est une roche phosphatée de couleur noir. Ce faciès est très dure dont la granulométrie est hétérogène où la taille des grains varie de quelques micromètres à des millimètres. La couleur noir peut être expliqué par l'abondance de la matière organique. La glauconie est rencontrée avec une couleur verdâtre (Fig 20).

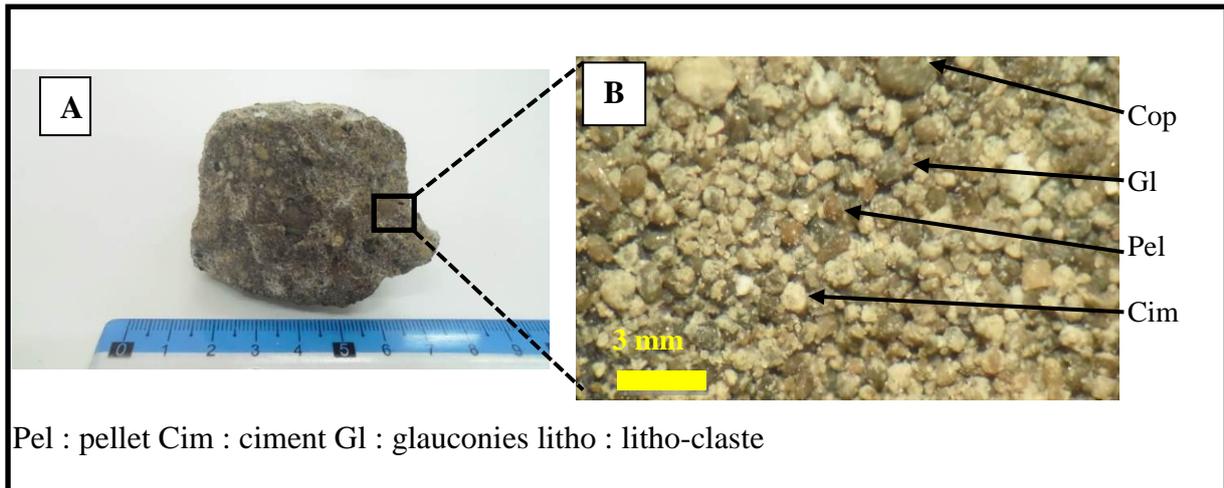


Fig. 20- Aspect macroscopique de phosphate friable l'échantillon KFS2.(A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé.

c). Echantillon (KFS 3) :

Phosphate de la couleur beige légèrement friable, la granulométrie plus où moins homogène. Les pellets sont bien arrondis cimentés par un ciment de nature carbonaté. On observe les glauconies de couleur verdâtre (Fig 21).

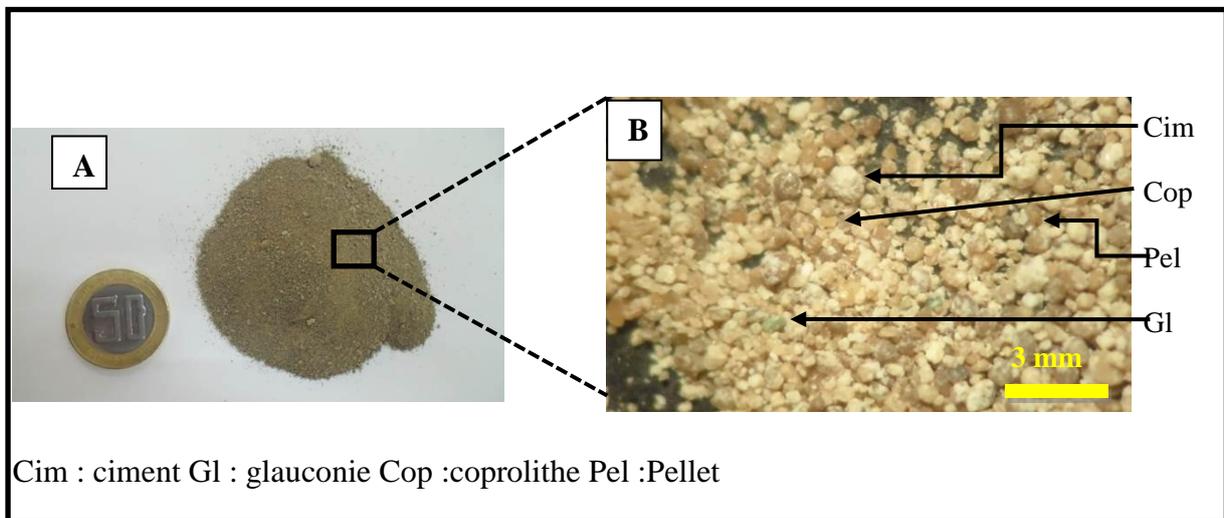


Fig.21- Aspect macroscopique de phosphate friable l'échantillon KFS 3.(A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé.

d). Echantillon (KFS 4) :

C'est du phosphate de la couleur grise à noire, légèrement friable. La taille des grains est relativement variable avec des pellets sub-arrondis. Le ciment est de nature carbonatée. Les glauconies sont plus abondant dont la taille peut dépasser 0.5 mm (Fig.22).

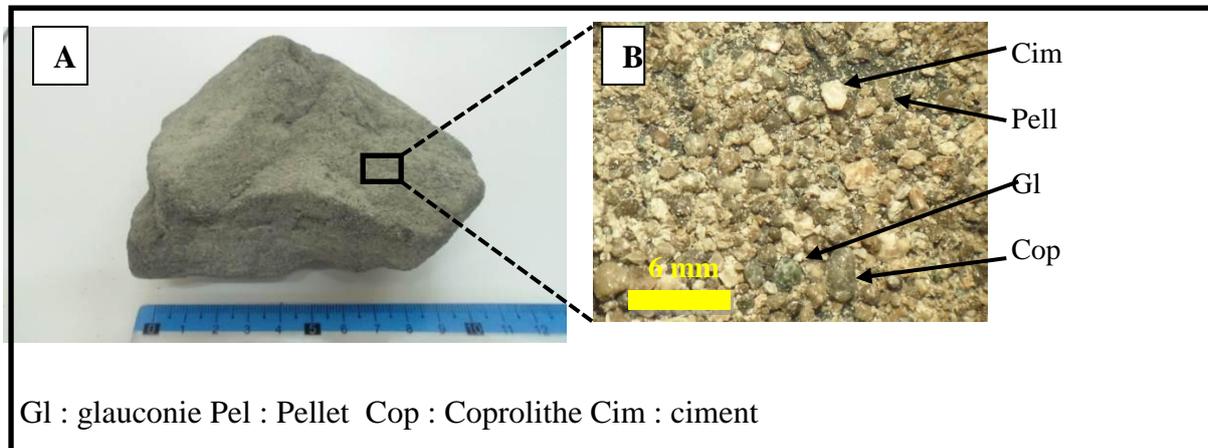


Fig.22- Aspect macroscopique de phosphate mois friable l'échantillon KFS3. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé.

e). Echantillon (KFS 5) :

Il s'agit d'un phosphate de la couleur noir très friable représentant le minerai d'exploitation actuellement. La granulométrie homogène (changement régime de marin), Les grains de taille homogène représentés essentiellement par des pellets qui sont bien arrondis de taille qui ne dépasse pas 0.5 mm . Le ciment de la nature carbonaté / argileuse. Ce faciès est caractérisé par l'augmentation des fréquences des glauconites (Fig.23).

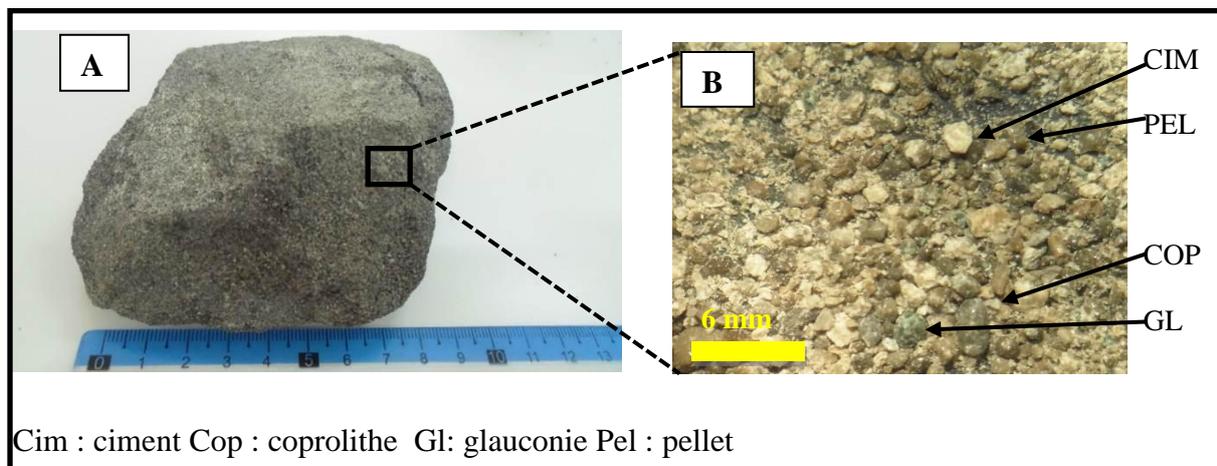


Fig.23 - Aspect macroscopique de phosphate friable l'échantillon KFS5. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé.

f). Echantillon (KFS 6) :

C'est du phosphate de la couleur noir légèrement friable la granulométrie homogène. La taille des grains varie de 0.2 à 0.3 reflétant une granulométrie homogène. Le ciment est de nature carbonatée parfois argileuse. La glauconie est très abondante par rapport les autres échantillons. La remarque qu'on peut tirer de cet échantillon c'est la surface des grains qui est bien usée et montre un lissage indiquant ainsi le délasement des grains (remaniement) (Fig24).

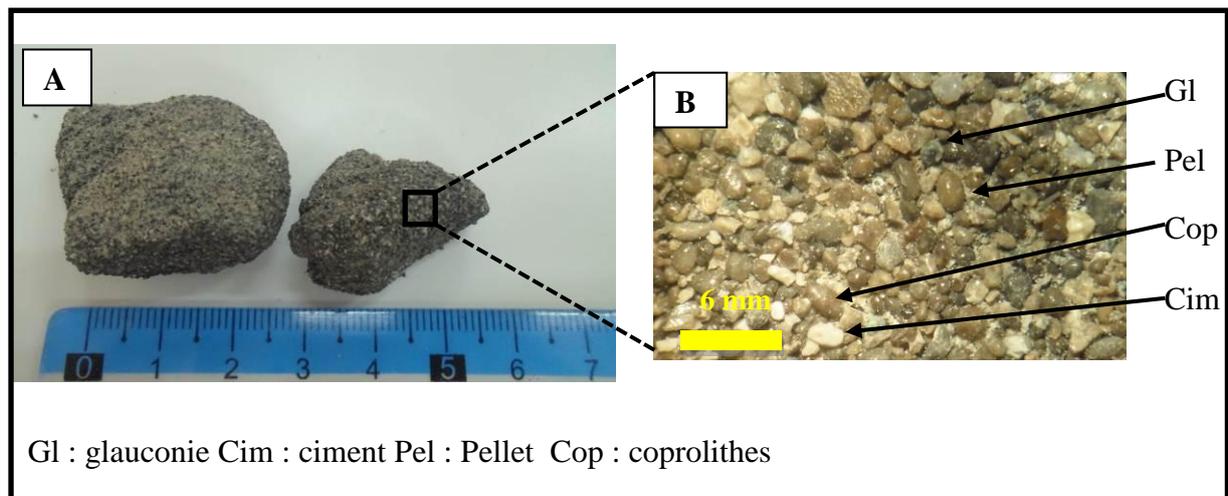


Fig.24 : Aspect macroscopique de phosphate friable échantillon KFS6. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé.

f). Echantillon (KFS 7-8) :

Il s'agit d'un phosphate de couleur beige. Ce faciès est dure avec granulométrie plus ou moins homogène dont la taille de grains varient de 0.3 à 0.6 mm. Le ciment est nature carbonatée. Les grains phosphatés montrent des traces de choc entre les particules (Fig25).

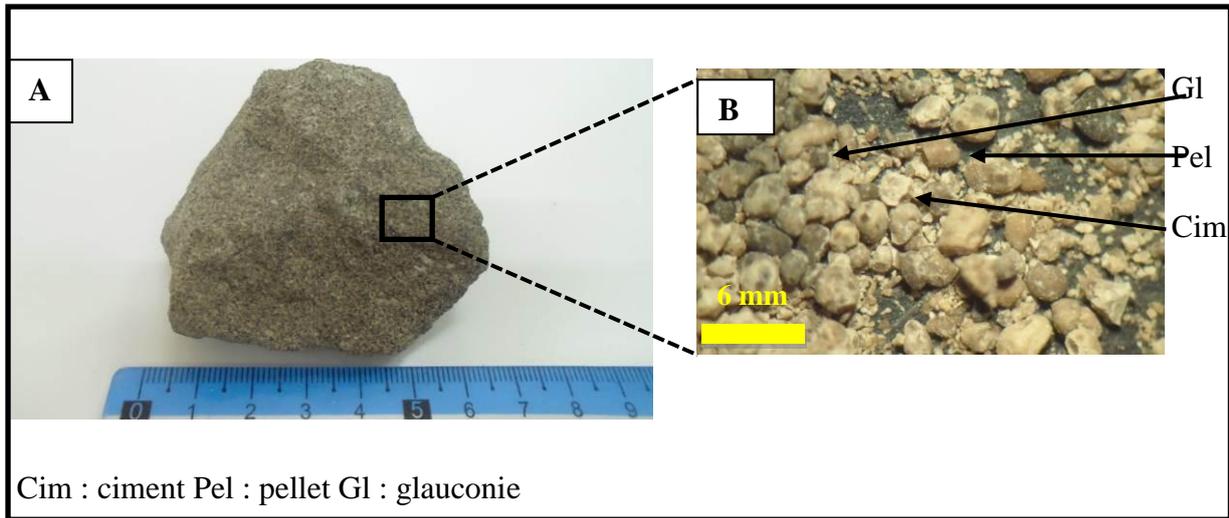


Fig.25- Aspect macroscopique de phosphate dure l'échantillon KFS7-8. (A) Aspect de la roche phosphatée, (B) éléments figurées et ciments séparé.

g). Echantillon (KFS7B) :

C'est un phosphate noir très dur. Il s'agit d'un un silex phosphaté où les grains sont très bien cimentée. La granulométrie est hétérogène où on peut voir des lithoclastes millimétriques. Les coprolithes ont aussi rencontrés avec des tailles supérieures à 1 mm (Fig 26).



Fig.26- Aspect macroscopique de dolomite dure et phosphate mois friable l'échantillon KFS7B.

CHAPITRE 4

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Cette étude granulométrique sur les minerais phosphates de la région de Tébessa Nord et Sud vise à caractériser les phosphates de la région de Tébessa et de comprendre les conditions de mise en place. Ceci afin de suivre l'évolution verticale des paramètres granulométriques et déterminé le mode de transport des particules phosphatées dans les deux secteurs d'étude.

1. MATERIEL ET METHODES DE L'ETUDE GRANULOMETRIQUE

1.1. Matériel

La préparation des échantillons consiste aux étapes suivantes :

Concassage préliminaire

Cette opération (concassage à mâchoire électrique)(Fig.27-A) a pour but de réduire les dimensions des échantillons des minerais de phosphate et de libérer les grains de leurs matrices (et ciments). L'ouverture des mâchoires est adaptée à plus de 4 mm. Cette dimension a été choisie pour ne pas concasser les grains phosphatés et pour assurer leur préservation et leur signification aux analyses granulométriques. Il est à noter que le choix de cette ouverture est dictée par une étude pétrographique sur lames minces qui a montré que la taille de ces grains phosphatés (pellets, coprolithes, dents de poissons, litho clastes,) ne dépassent pas les 3 mm en général. La fraction après concassage préliminaire est souvent contrôlée par une loupe binoculaire (Fig.27-C). Il aussi nécessaire d'effectuer un quartage assurer représentativité de l'échantillon (Kechiched, 2017).

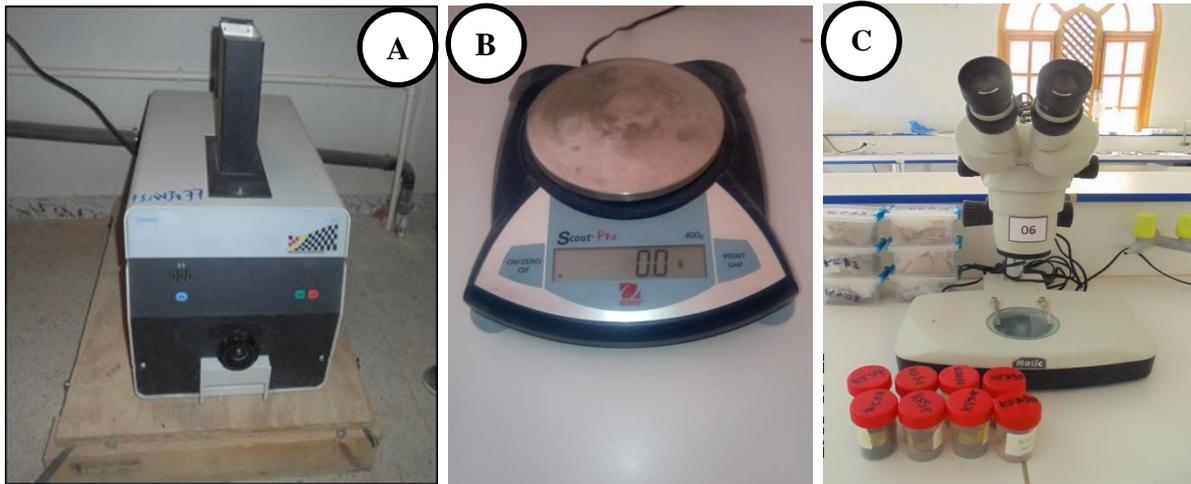


Fig.27 : Concassage et préparation préliminaire.

(A) : Concasseur à mâchoire électrique pour réduire les dimensions ; (B) : Balance pour pesage ; (C) : Loupe binoculaire pour l'étude des grains.

Préparation finale de l'échantillon

Cette étape consiste à imbiber l'échantillon à l'eau distillée, dans un récipient pour une durée 72 heures à deux jours en fonction de la dureté de l'échantillon. Elle vise la fragilisation de l'échantillon et de mettre en suspension les éléments figurés de la roche phosphatée (pellets, coprolithes, litho clastes, bio clastes,etc.).

Le minerais de phosphates dont la matrice argileuse, sont facilement traités par rapport aux faciès à ciment carbonaté. Cela nécessite la prolongation de la période d'imbibition. A la fin de cette étape, le produit soit quasi-pulvérulent dans l'eau distillée.

Classification granulométrique a voix humide

L'échantillon est soumis à une classification à voix humide en utilisant tamiseuse type MINOR(Fig. 28). Les fractions prises en compte, sont comprises de moins 45 μ m à 2 mm. Huit (8) Tamis disponibles en plus le récipient des fines ont été utilisés, au niveau du laboratoire de sédimentologie à l'Université d'Ouargla. Le refus de chaque tamis est séché à l'aire libre (Température de 35 C°). Les refus sont pesés et reportés sur une feuille de calcul. Les pourcentages sont calculés sur la base des poids de refus.

La fraction du refus +2 mm n'a pas été prise en compte pour les calculs granulométriques car l'examen cette fraction sous loupe binoculaire a montré des grains qui sont toujours cimentés.

Une remise à 100 % a été effectuée pour les fractions prises en compte et que tous les calculs ont été faits sur ces fractions, car elles montrent une libération totale des grains de leurs ciments / matrices.



Fig.28: Série de Tamis *MINOR*.

1.2. Méthodes

Les résultats de pesage après séchage sont interprétés à l'aide des méthodes de calcul numériques et graphique qui reposent essentiellement sur les méthodes statistiques de description à savoir les courbes de fréquences relatives et cumulatives. Les graphes des probabilités ont été utilisés dans cette étude pour déterminer le mode de transport des particules. Les méthodes statistiques descriptives sont détaillées en annexe.

Les courbes cumulatives

Il s'agit d'une représentation graphique de la distribution de fréquences cumulées. Les pourcentages cumulés en poids ont été calculés et ils sont visualisés sous forme de courbes cumulatives ou en abscisse, la dimension des mailles et en ordonnées le pourcentage cumulés correspondants.

Les courbe fréquences relatives

Il s'agit d'un polygone des fréquences relatives, ou les dimensions des mailles utilisées sont mises en abscisses. Les fréquences relatives des poids des mailles correspondantes sont mises sur les ordonnées. Cette représentation permet de caractériser statistiquement de classe granulométriques.

Les graphes des probabilités – Droite d'Henry

Lorsque il s'agit d'une loi normal ; la courbe devient une droite. Visher (1969) a utilisé l'échelle de probabilité pour individualiser les stocks granulométriques et les modes de transport. Cette méthode a été utilisée par Mouflih (2015) pour la caractérisation du mode de transport pour les particules phosphatées marocaines. Il a noté que la mode de transport est le principal facteur qui peut modifier une telle répartition des particules. Ce dernier est responsable de l'individualisation de trois segments (ou plus) qui correspondent à trois (ou plusieurs) populations et qui peuvent être regroupées en :

- Transport par suspension pour les particules fines.
- Transport par saltation pour les particules moyennes.
- Transport par roulement pour les particules grossières.

Les paramètres granulométriques qui sont calculés, selon la méthode de Folk et Ward (1957).

La moyenne

Elle permet d'avoir une idée de l'éventail de granulométrie d'un échantillon donné. Elle est calculée par ma formule suivante :

$$M_z = (\emptyset 16 + \emptyset 50 + \emptyset 84) / 3$$

$\emptyset 16$: Diamètre des particules, en unités \emptyset , correspondant à un pourcentage pondéral.

Classement (sorting ou déviation standard)

Il indique la dispersion des tailles par rapport à la moyenne de l'échantillon. Il est calculé par la formule suivante :

$$\rho = \left(\frac{\emptyset 84 - \emptyset 16}{4} \right) \left(\frac{(\emptyset 95 - \emptyset 5)}{6,6} \right)$$

Les résultats sont interprétés selon les fourchettes suivantes :

- $0 < \sigma < 0,35$: très bien classé.
- $0,35 < \sigma < 0,50$: bien classé.
- $0,50 < \sigma < 0,71$: assez bien classé.
- $0,71 < \sigma < 1,00$: moyennement classé.
- $1,00 < \sigma < 2,00$: mal classé.
- $2,00 < \sigma < 4,00$: très mal classé.

Asymétrie (Skewness)

Elle indique la présence d'une prépondérance, ou non, de particules fines (valeurs positives) ou grossières (valeurs négatives), par rapport à la moyenne de l'échantillon (Fig.29) :

$$Ski = ((\phi_{16} - \phi_{84} + 2.\phi_{50}) / 2(\phi_{84} - \phi_{16})) + ((\phi_5 + \phi_{95} - 2.\phi_{50}) / 2(\phi_{95} - \phi_5))$$

Les résultats sont interprétés selon les fourchettes suivantes :

- $+1,00 > Ski > +0,30$: forte asymétrie vers les petites tailles ;
- $+0,30 > Ski > +0,10$: asymétrie vers les petites tailles ;
- $+0,10 > Ski > -0,10$: symétrie granulométrique de l'échantillon ;
- $-0,10 > Ski > -0,30$: asymétrie vers les grands tailles ;
- $-0,30 > Ski > -0,10$: forte asymétrie vers les grands tailles ;

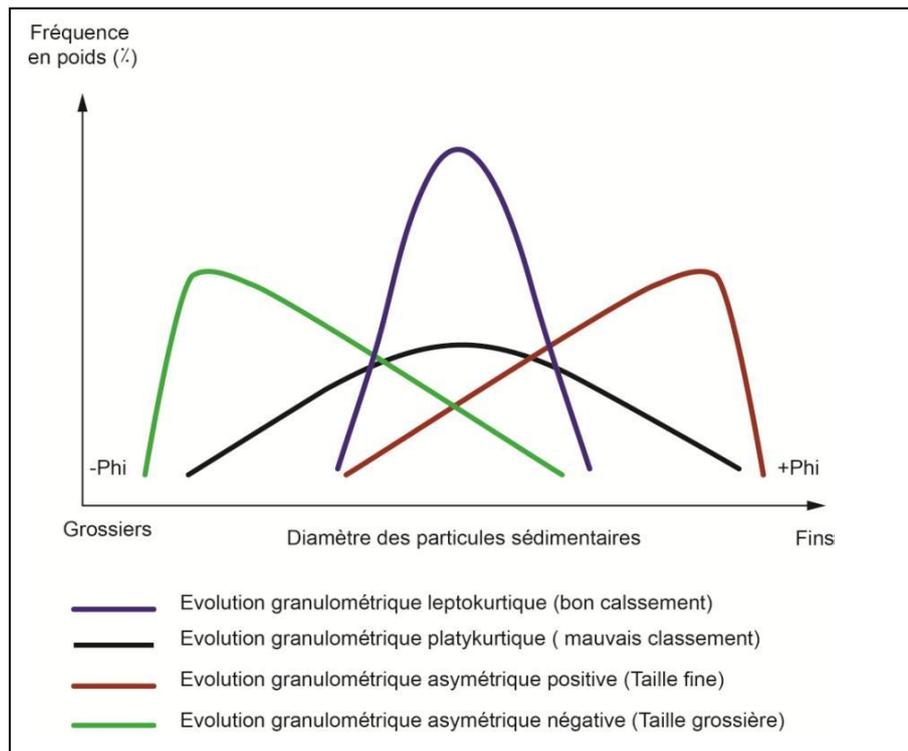


Fig. 29: Asymétrie des courbes granulométriques.

Kurtosis (coefficient d'acuité)

C'est l'indice d'acuité du mode qui consiste à mesurer l'angulosité de la courbe des fréquences (Fig. 30). Lorsque le mode est concentré dans des classes granulométriques restreintes. La distribution est dite leptokurtique ; s'il est dispersé, la distribution est platykurtique. Il est calculé par la formule suivante :

$$K_G = (\phi_{95} - \phi_5) / (2.44 \cdot (\phi_{75} - \phi_{25}))$$

- $K_G < 0,67$: courbe très platykurtique ;
- $0,67-0,90$: courbe platykurtique ;
- $0,90-1,11$: courbe mésokurtique ;
- $1,11-1,50$: courbe leptokurtique ;
- $1,50-3,00$: courbe très leptokurtique ;
- $3,00 < K_G$: courbe extrêmement leptokurtique.

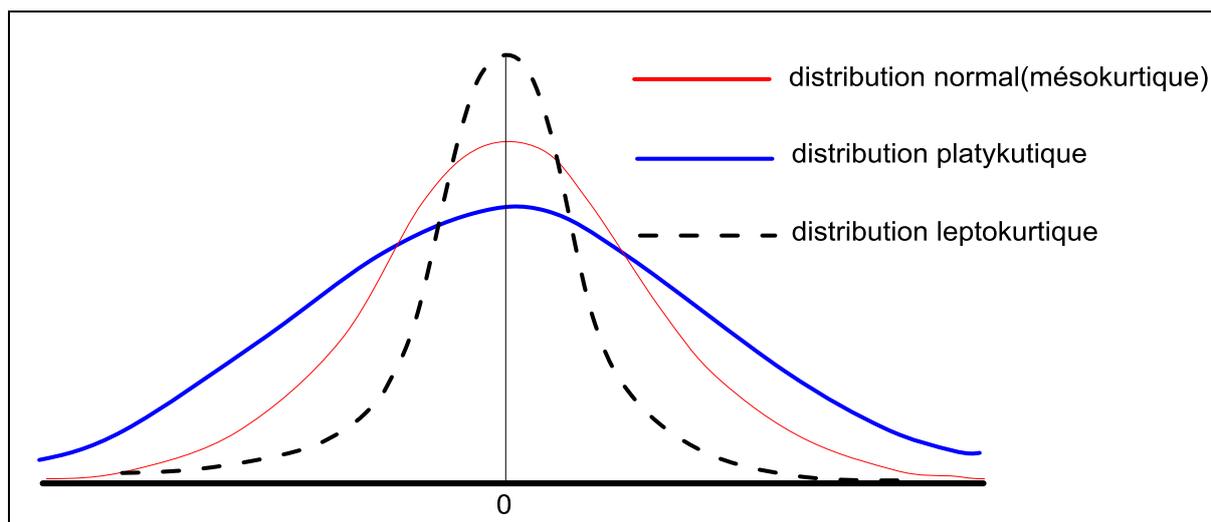


Fig. 30 : Angulosité de la courbe des fréquences.

2. RESULTATS DE L'ANALYSE GRANULOMETRIQUE

2.1. Minerais de phosphates d'El KOUIF (Tébessa Nord)

L'étude granulométrique des minerais de phosphates de Dj. El Kouif a été effectuée sur seize (16) échantillons de phosphates prélevés de l'affleurement situé à côté de Douar El fogaa à El Kouif. Ces échantillons représentent les niveaux phosphatés de la base, ceux du centre et ceux du sommet de l'horizon phosphaté. Le choix de ces échantillons a été fait surtout sur la base de leur friabilité permettant leur adéquation aux différents traitements granulométriques. Les indices de Folk et Ward (1957) ont été calculés à l'aide d'une feuille de calcul programmée GRADISTAT (Simon, 2010).

2.1.1. Echantillons des minerais de phosphates à la base

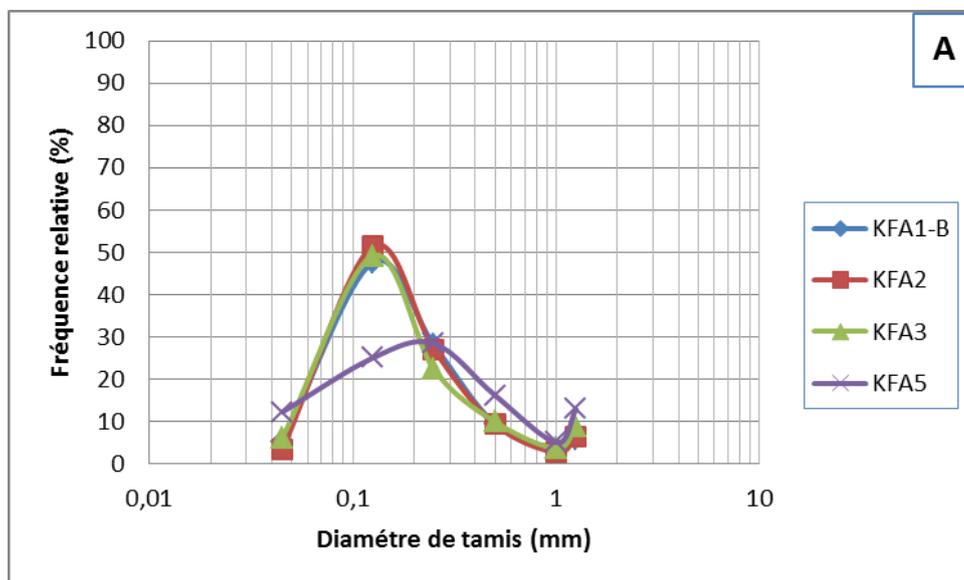
Quatre (4) échantillons ont été prélevés à la base de l'horizon de Djebel El Kouif (voir la position des échantillons dans la figure (06)). Ils sont représentés par un minerai de phosphate friable dont la matrice est généralement argileuse /carbonatée. Les courbes des fréquences relatives montrent que la distribution est **bimodale**(Fig.31-A). Les courbe fréquences cumulée, révèlent que ; (1) les fractions inférieures 0,125 mm sont les plus dominées représentant 50 % de la totalité. Ce sont les pellets et composantes fines essentiellement;(2) la fraction varie 0,125 mm à 0,5 mm représentent 40 % ;(3) la fraction dépassant 0,5 mm montre un pourcentage de 10 % composée de pellets, de coprolithes et de litho-clastes (Fig.31-B).

Tableau. 1 :Fréquences relatives de minerais de phosphates à la base d'El Kouif.

Diamètres des tamis (mm)	Fréquence Relative (%)			
	KFA1-B	KFA2	KFA 3	KFA5
0,045	5,21	3,37	6,08	12,24
0,125	47,59	51,34	49,16	25,01
0,25	28,16	27,08	22,40	28,48
0,5	9,47	9,30	9,94	16,20
1	3,69	2,66	3,64	5,08
1,25	5,89	6,25	8,78	12,92

Tableau. 2 : Fréquences cumulatives de minerais de phosphates de à la base de El Kouif.

Diamètres des tamis (mm)	Fréquence cumulées(%)			
	KFA1-B	KFA2	KFA3	KFA5
0,045	5,21	3,37	6,08	13,28
0,125	52,81	54,70	55,25	40,42
0,25	80,95	81,79	77,64	71,32
0,5	90,42	91,09	87,58	88,99
1	94,11	93,75	91,22	94,42
1,25	100,00	100,00	100,00	100,00



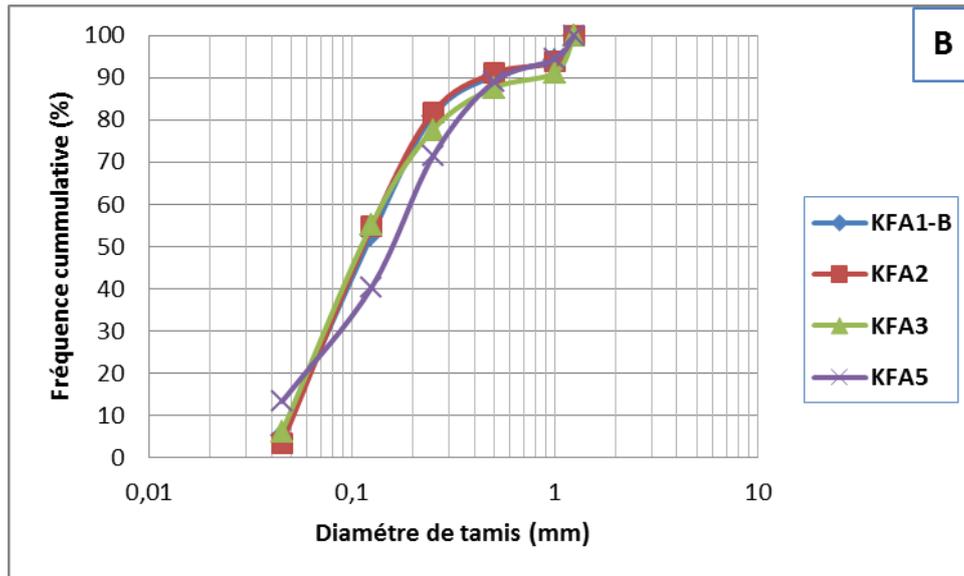


Fig. 31: Courbe granulométriques des échantillons de minerais de phosphates a la base (horizon. B) de l’affleurement d’El KOUIF. (A) : courbes des fréquences relatives ;(B) : courbe des fréquences cumulées.

La paramètres granulométriques calculés, montrent que : (1) la classe moyenne est de 1,722 mm ;(2) le coefficient de classement σ variant de 0,987 à 1,349 (Moy =1,124) indiquant un classement mal classé ;(3) l’indice d’asymétrie S_{ki} varie de -0,396 à 0,016 (Moy = -0,280) montrant asymétrie vers les grands tailles ;(4) l’indice d’acuité de K_G varie de 0,795 à 0,966 (Moy = 0,249) qui indique des courbes très platykurtique(Annexe. 1).

Les graphes des probabilités montrent trois (3) domaines (**Fig. 32**).

(1) un premier domaine (**A**) représentant les particules fine avec des fractions inférieures à 0,250 mm un pourcentage de 75 % des particules. Le transport admis pour ces particules est la *suspension*.

(2) le deuxième domaine (**B**) caractérise une population de particules dont le diamètre est compris entre 0,150 et 1 mm. Ces grains sont transport par *saltation* et ils montrent 18 % de l’ensemble des particules

(3) le troisième domaine (C) correspond aux particules avec un pourcentage de 7 % et dont les diamètres sont supérieurs à 1mm. Il s'agit de la population la plus grossière ou le transport s'est effectué *par roulement*.

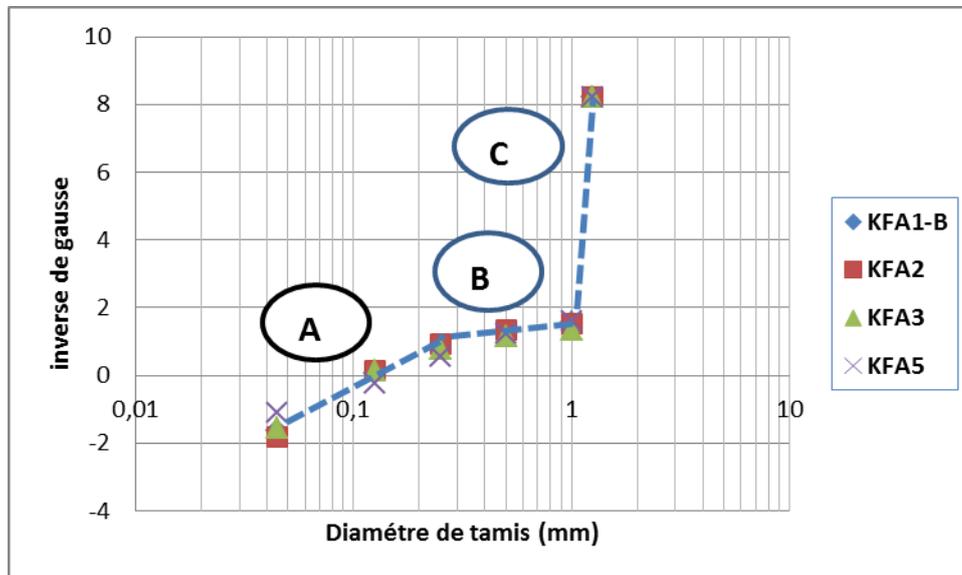


Fig. 32 : Graphes des probabilités des échantillons des minerais de phosphates à la base du (horizon B) de l’affleurement d’El KOUIF (Tébessa Nord).

2.1.2. Echantillons de minerais de phosphates du centre de l’affleurement

Trois (3) échantillons de centre de l’affleurement de Djebel Kouif ont fait l’objet de la classification granulométrique (voir la position des échantillons dans la figure (06). Les courbes de fréquences relatives montrent une distribution **bimodale** (Fig-A). Les courbes cumulées révèlent que : (1) les fractions dont la taille est inférieures 0,25 mm représente 57 %. Ce sont les fractions fines (composantes d’exo-gangue et les particules phosphatées fines); (2) la fraction dont la taille variant de 0,25 à 0,5 mm représente 25 % des particules montrent essentiellement des pellets ;(3) fraction grossière dont la taille dépassant 0,5 mm montre un pourcentage de 18 % de particules (Fig.33-B).

Tableau.3 : Fréquences relatives de minerais de phosphates de centre de l’affleurement de ElKouif.

Diamètres des tamis (mm)	Fréquences relative (%)		
	KFA7	KFA8	KFA9-A
0,045	8,37	9,81	8,35
0,125	20,96	18,45	22,58
0,25	27,70	20,34	20,70
0,5	23,38	24,01	23,56
1	6,35	8,89	8,50
1,25	13,25	18,71	16,50

Tableau. 4 : Fréquences cumulatives de minerais de phosphates de centre de l’affleurement d’El Kouif.

Diamètres des tamis (mm)	Fréquence cumulées(%)		
	KFA7	KFA8	KFA9-A
0,045	8,37	9,81	8,35
0,125	29,33	28,26	30,58
0,25	57,03	48,60	51,63
0,5	80,40	72,60	75,20
1	86,75	81,49	83,50
1,25	100,00	100,00	100,00

Les paramètres granulométriques calculés montrent que : (1) la classe moyenne est de 1,163mm ; (2) le coefficient de classement σ varie de 1,267 à 1,313 dont la moyenne est 1,294 montrant un classement mal classé ; (3) L’indice d’asymétrie S_{ki} varie de 0,120 à 0,316 (Moy = 0,105), montrant une asymétrie vers les petites tailles ; (4) l’indice d’acuité de K_G varie de 0,671 à 0,771 (Moy = 0,257) indiquant des courbe platykurtique en générale (Annexe. 1).

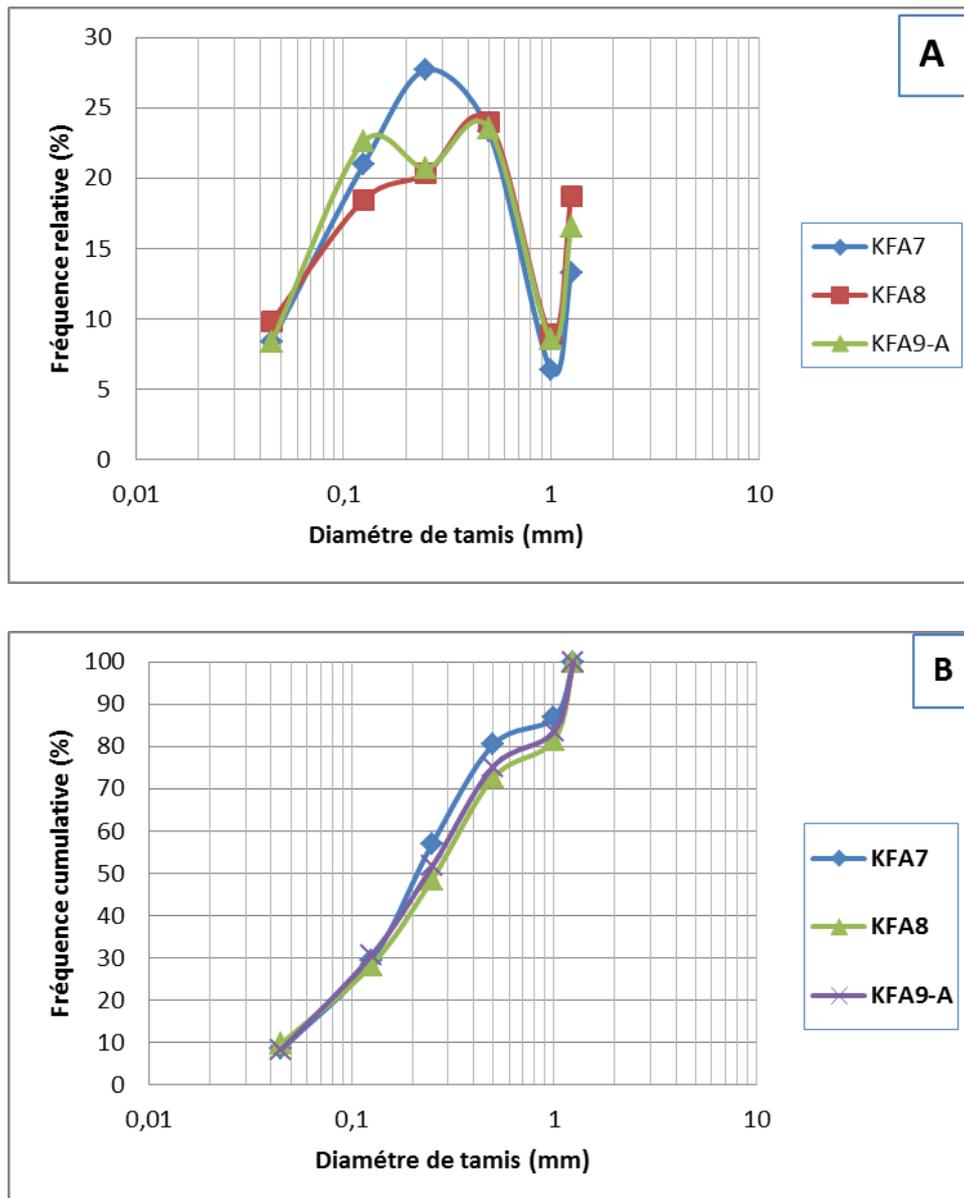


Fig.33 : Courbes granulométriques des échantillons des minerais de phosphates au centre du (Horizon B) de l’affleurement d’El Kouif(A) :courbes des fréquences relatives ; (B) : courbes des fréquences cumulées.

Les graphes des probabilités montrent trois (3) domaines (Fig.34) :

(1) le premier domaine (A) caractérise la population dont diamètre est inférieure à 0,250 mm. Le mode de transport le plus admis est la *suspension* représentant 52,4 % des particules.

(2) le deuxième domaine (B) caractérise la population dont le diamètre variant entre 0,250 à 1mm. Elle correspond aux grains de tailles moyennes qui sont transportés par *saltation*. Le pourcentage de ce domaine est 31,5 % des particules.

(3) le troisième domaine (C) correspond aux particules dont les diamètres supérieures à 1 mm. C'est la fraction grossière ou le transport est par *roulement*. Le pourcentage est estimé de 6,1 % des particules.

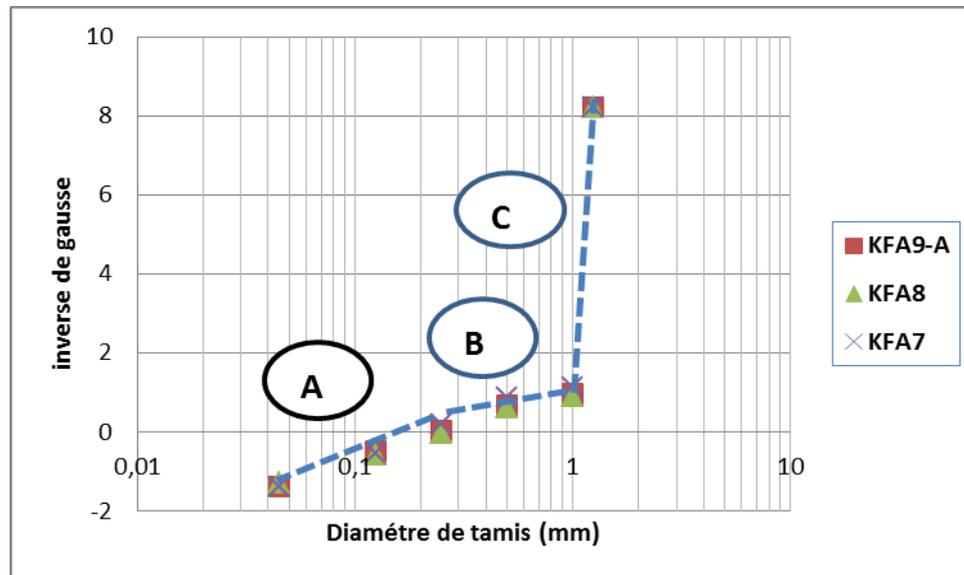


Fig. 34: Graphes des probabilités des échantillons des minerais de phosphates au centre du (horizon B) de l’affleurement d’El KOUIF (Tébessa Nord).

2.1.3. Echantillons des minerais de phosphates au sommet de l’affleurement

Trois (3) échantillons de minerais de phosphate sont été prélevés au sommet de l’affleurement de Douar el Fogaa (voir la figure xxx pour la position des échantillons). Les courbes des fréquences relatives ont montré une distribution clairement de type *bimodale* (Fig. 35–A). Les courbes des fréquences cumulées révèlent que: (1) les fractions inférieures à 0,125, ils sont les plus dominées montrent un pourcentage de 50 % des particules. Ce sont les particules fines représentées essentiellement par des pellets, du ciment et de la matrice ; (2) les fractions variant de 0,150 à 0,5 mm représentent 40 % des particules. Elles sont représentées par pellets essentiellement ; (3) les fractions dont la taille dépasse 0,5 mm montrant 10 % des particules. Il est indiqué la fraction grossière constituée de coprolithes, litho-clastes (Fig. -B).

Tableau.5 : Fréquences relatives de minerais de phosphates de sommet de l’affleurement d’El Kouif.

Diamètres des tamis (mm)	Fréquence relative (%)		
	KFA12	KFA14	KFA16
0,045	11,40	19,64	6,36
0,125	38,42	52,84	41,71
0,25	29,19	9,20	27,34
0,5	11,14	9,09	12,79
1	2,84	2,50	3,38
1,25	7,01	6,73	8,42

Tableau.6 : Fréquences cumulatives de minerais de phosphates de sommet de l’affleurement d’El Kouif.

Diamètres des tamis (mm)	Fréquence cumulées(%)		
	KFA12	KFA14	KFA16
0,045	11,40	19,64	6,36
0,125	49,82	72,84	48,07
0,25	79,01	81,69	75,41
0,5	90,15	90,77	88,20
1	92,99	93,27	91,58
1,25	100,00	100,00	100,00

Les paramètres granulométriques calculés montrent que : (1) la classe moyenne est de 1,877 mm ; (2) le classement est mauvais avec un coefficient de classement σ variant de 1,141 à 1,289 (Moy = 1,209) ; l’indice d’asymétrie Ski varie de -0,279 à -0,167 (Moy = -0,236) montrant une asymétrie vers les grands tailles; (4) l’indice d’acuité K_G varie de 0,934 à 1,517 (Moy = 1,184) qui indique des courbes mésokurtiques à leptokurtiques (Annexe.1).

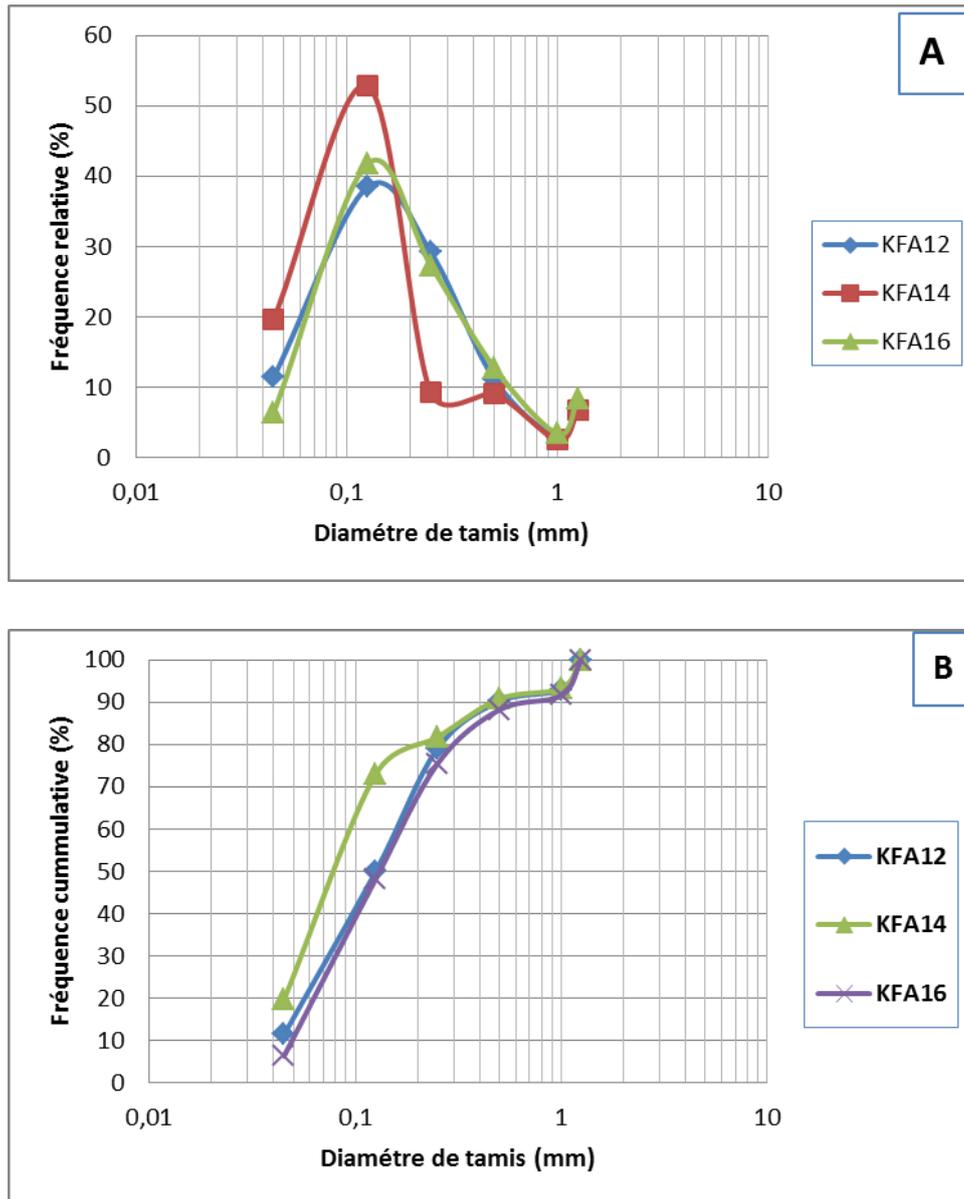


Fig.35: Courbes granulométriques des échantillons de minerais de phosphates au sommet du (horizon B) DE L'affleurement d'El Kouif. (A) : courbes des fréquences relatives ; (B) : courbes des fréquences cumulées.

Les graphes des probabilités de ces échantillons montrent trois domaines(Fig.36) :

(1) le premier domaine (A) caractérise les fractions fines dont la taille des grains est inférieure à 0,250 mm ou le transport est par *suspension*. Il représente 78,7 % de la totalité.

(2) le deuxième domaine (B) caractérise une population des particules dont le diamètre varie entre 0,250 et 1 mm qui sont transportées par *saltation*. Ce domaine représente 13,9 % de la totalité.

(3) le deuxième domaine (C) où le diamètre des particules phosphatées est supérieur à 1mm. Il représente la fraction la plus grossière avec friable pourcentage 7,3 % où le transport est par *roulement*.

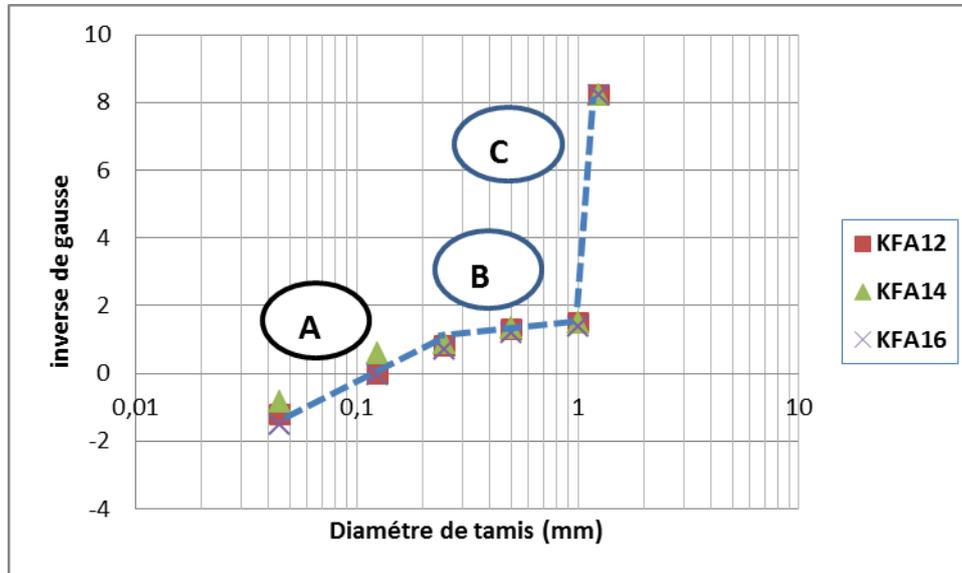


Fig.36 : Graphes des probabilités des échantillons des minerais de phosphates au sommet du (horizon B) de l'affleurement d'El KOUIF (Tébessa Nord).

2.2. Minerais de phosphates de Dj. Kef Esse Noun (Tébessa Sud)

L'analyse granulométrique des minerais de phosphates du gisement de Kef Essenoun a été faite sur sept (7) échantillons. Ces échantillons représentent les minerais phosphates des niveaux de la base, du centre, du sommet de l'affleurement (Fig. 18) (pour la subdivision du faisceau phosphaté).

2.2.1. Echantillons des minerais de phosphates de la couche basale

Quatre échantillons des minerais de phosphates prélevés à la couche basale de Kef Essenoun ont été utilisés pour l'analyse granulométrique. Les courbes des fréquences relatives révèlent deux modes témoignant d'une hétérogénéité granulométrique relativement (Fig.37-A). Les courbes cumulatives montrent que : (1) Les fractions inférieures à 0,125 mm représentent 55 % des particules phosphatées. Les fractions dont la taille varie entre 0,125 à 0,5 mm représentent 35 % (essentiellement des pellets) ; (3) les fractions dépassant 0,5 mm

représentent 10 % qui sont constituées de coprolithes, litho clastes, et des bio clastes (Fig.37-B).

Tableau.7 : Fréquences relatives de minerais de phosphates de la couche basale.

Diamètres des tamis (mm)	Fréquence relative (%)			
	KFS1	KFS2	KFS3	KFS4
0,045	9,25	14,60	15,14	10,37
0,125	36,65	49,10	78,89	41,48
0,25	38,65	34,35	5,336	38,64
0,5	8,14	1,66	0,56	6,94
1	17,90	0,03	0,06	0,54
1,25	5,71	0,26	0	2,04

Tableau.8 : Fréquences cumulatives de minerais de phosphates de la couche basale.

Diamètres des tamis (mm)	Fréquence cumulative (%)			
	KFS1	KFS2	KFS3	KFS4
0,045	9,25	14,60	15,14	10,37
0,125	45,91	63,70	94,04	51,84
0,25	84,36	98,05	99,37	90,48
0,5	92,50	99,71	99,94	97,42
1	94,29	99,74	100,00	97,96
1,25	100,00	100,00	100,00	100,00

Les paramètres granulométriques calculés montrent que : (1) la classe moyenne est de 2,177mm ; (2) le classement est moyen avec un coefficient de classement σ variant de 0,544 à 1,052 (Moy = 0,263); l'indice d'asymétrie Sk_i varie de -0,039 à 0,159 (Moy = 0,034) montrant une asymétrie granulométrique de l'échantillon ; (4) l'indice d'acuité K_G varie de 1,057 à 1,402 (Moy = 1,201) qui indique des courbes leptokurtiques à mésokurtiques.(Annexe.2).

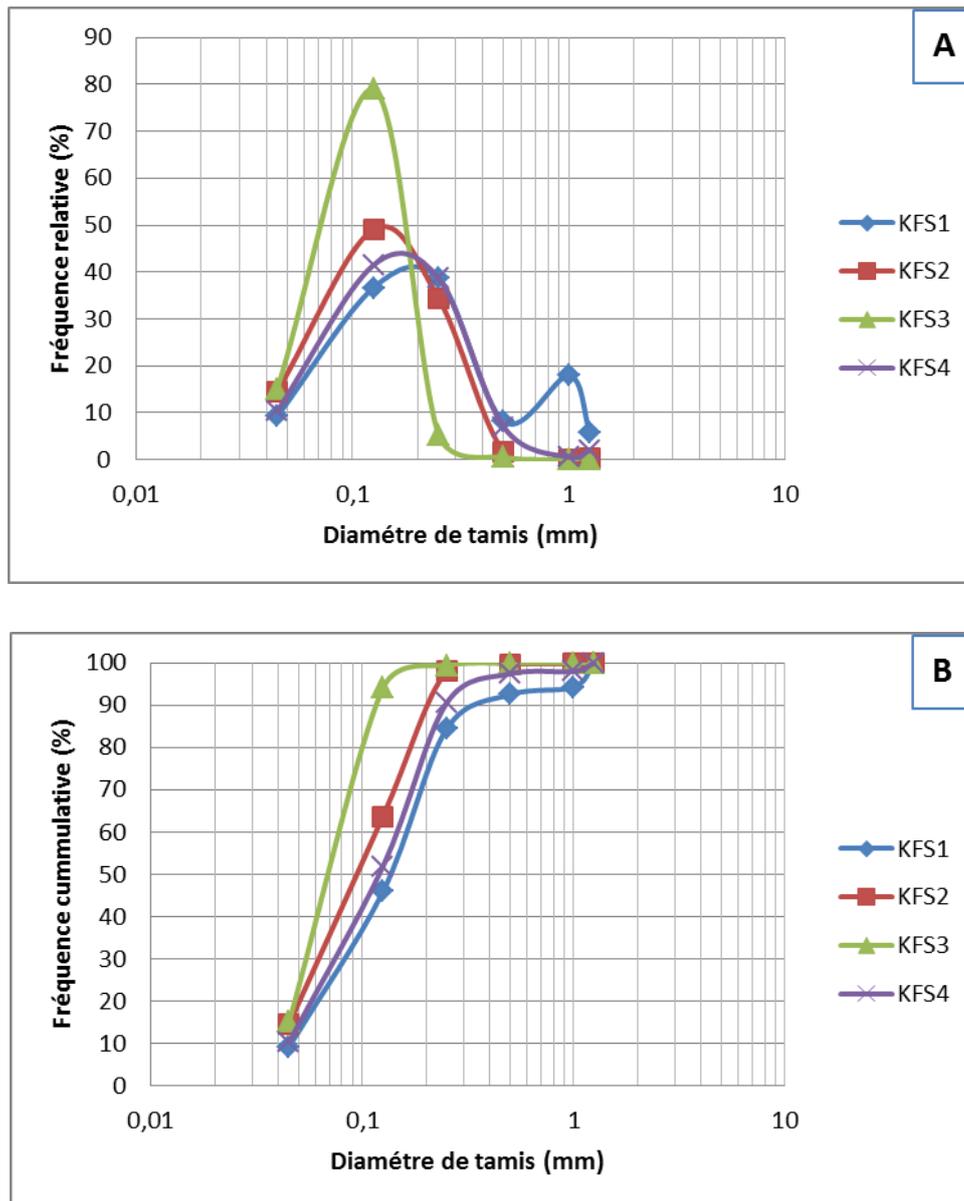


Fig.37 : Courbes granulométriques des échantillons de minerais de phosphates de la couche basale du (horizon B) DE L'affleurement de Kef Essen Noun. (A) : courbes des fréquences relatives ; (B) : courbes des fréquences cumulées.

Les graphes des probabilités de ces échantillons montrent trois domaines(Fig.38) :

(1) le premier domaine (A) caractérise les fractions fines dont la taille des grains est inférieure à 0,25 mm ou le transport est par *suspension*. Il représente 93 % de la totalité.

(2) le deuxième domaine (B) caractérise une population des particules dont le diamètre varie entre 0,25 et 1 mm qui sont transportées par *saltation*. Ce domaine représente 6 % de la totalité.

(3) le deuxième domaine (C) ou le diamètre des particules phosphatées est supérieur à 1mm. Il représente la fraction la plus grossière avec friable pourcentage 1 % ou le transport est par *roulement*.

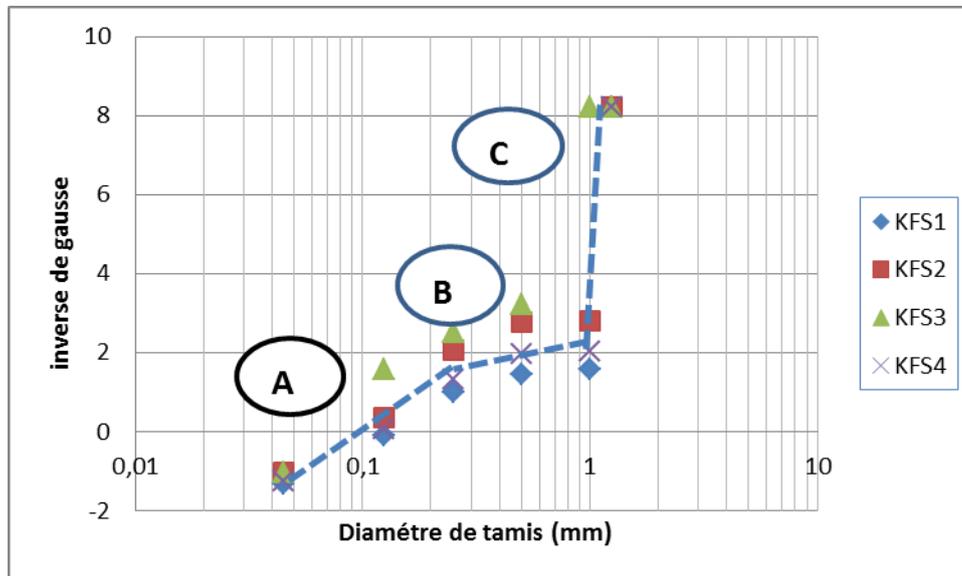


Fig.38 : Graphes des probabilités des échantillons des minerais de phosphates au de la couche basale du (horizon B) de l’affleurement de Kef Esse Noun (Tébessa Sud).

2.2.2. Echantillons des minerais de phosphates de la couche principale

Deux échantillons des minerais de phosphates prélevés à la couche principale de Kef Essenounont été utilisés pour l’analyse granulométrique. Les courbes des fréquences relatives révèlent **un seul mode témoignant d’une homogénéité granulométrique** (Fig.39-A). Les courbes cumulatives montrent que : (1) Les fractions inférieures à 0,25 mm la plus dominées représentent 80 % des particules. La fractions dont la taille varient entre 0,25 à 0,5 mm représentent 18 % (essentiellement des pellets); (3) les fractions dépassant 0,5 mm représentent 2 % qui sont constituées de coprolithes, litho clastes (Fig.39-B).

Tableau.9 : Fréquences relatives de minerais de phosphates de la couche principale des phosphates de Kef Essnoun.

Diamètres des tamis (mm)	Fréquence relative (%)	
	KFS5	KFS6
0,045	8,47	9,76
0,125	20,41	22,16
0,25	54,01	47,98
0,5	16,41	18,95
1	0,38	0,44
1,25	0,32	0,72

Tableau.10 : Fréquences cumulatives de minerais de phosphates de la couche principale des phosphates de Kef Essenoun

Diamètres des tamis (mm)	Fréquence relative (%)	
	KFS5	KFS6
0,045	8,47	9,76
0,125	28,89	31,92
0,25	82,89	79,90
0,5	99,30	98,85
1	99,68	99,28
1,25	100,00	100,00

Les paramètres granulométriques calculés montrent que : (1) la classe moyenne est de 1,716 mm ; (2) le classement est moyen avec un coefficient de classement σ variant de 0,931 à 1,016 (Moy =0,973) ; l'indice d'asymétrie Ski varie de 0,162 à 0,199 (Moy =0,18) montrant une asymétrie vers les petites tailles ; (4) l'indice d'acuité K_G varie de 1,191 à 1,312 (Moy =1,256) qui indique des courbes leptokurtiques (Annexe.2).

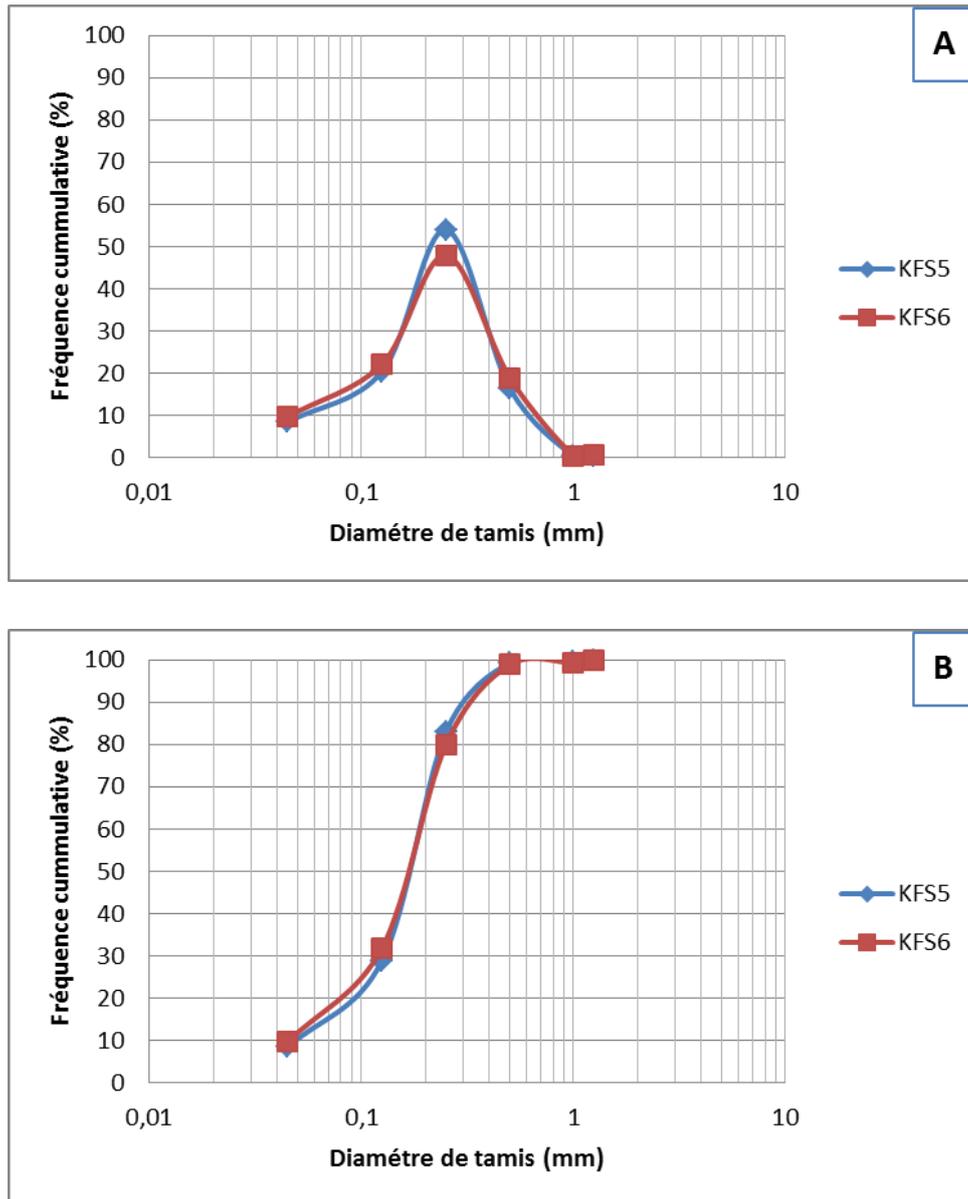


Fig.39 : Courbes granulométriques des échantillons de minerais de phosphates de la couche principale du (horizon B) DE L'affleurement de Kef Essen Noun. **(A)** : courbes des fréquences relatives ; **(B)** : courbes des fréquences cumulées.

Les graphes des probabilités de ces échantillons montrent trois domaines(Fig.40) :

- (1) le premier domaine **(A)** caractérise les fractions fines dont la taille des grains est inférieure à 0,250 mm ou le transport est par *suspension*. Il représente 80 % de la totalité.
- (2) le deuxième domaine **(B)** caractérise une population des particules dont le diamètre varie entre 0,250 et 1 mm qui sont transportées par *saltation*. Ce domaine représente 19 % de la totalité.

(3) le deuxième domaine (C) ou le diamètre des particules phosphatées est supérieur à 1mm. Il représente la fraction la plus grossière avec friable pourcentage 1 ou le transport est par *roulement*.

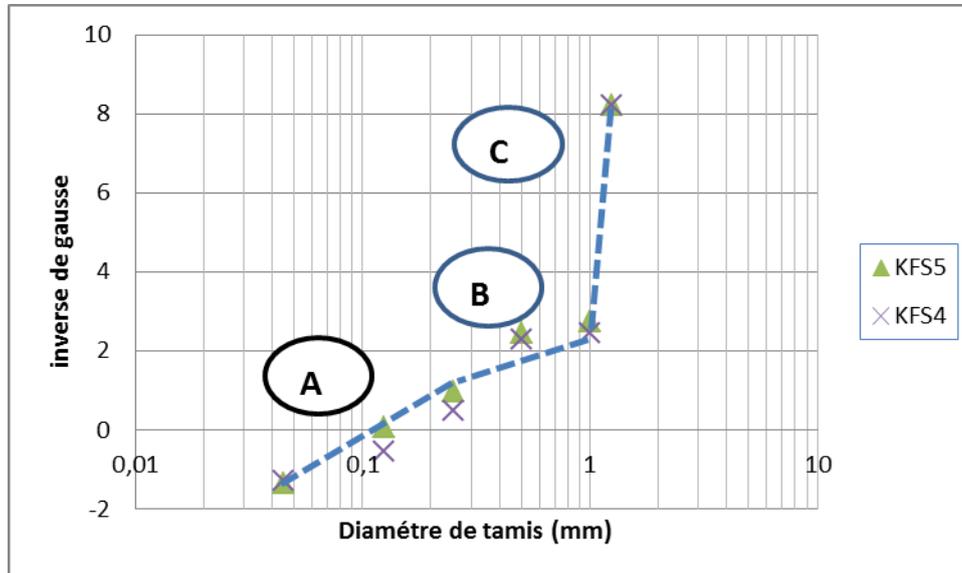


Fig.40 : Graphes des probabilités des échantillons des minerais de phosphates au de la couche principale de l’affleurement de Kef Esse Noun (Tébessa Sud).

2.2. 3. Echantillon des minerais de phosphates de la couche sommitale du phosphate de Kef Essenoun

Un seul échantillon des minerais de phosphates prélevés à la couche sommitale du gisement de Kef Essenoun, a été utilisé pour l’analyse granulométrique. La courbe des fréquences relatives révèle un seul mode témoignant d’une homogénéité granulométrique (Fig.41-A). La courbe cumulative montre que : (1) Les fractions inférieures à 0,25 mm la plus dominées représentent 70 % des particules phosphatées. Les fractions dont la taille varie entre 0,25 à 0,5 mm représentent 22 % (essentiellement des pellets) ; (3) les fractions dépassant 0,5 mm représentent 8 % qui sont constituées de coprolithes, litho clastes (Fig.41-B).

Tableau.11 : Fréquences relatives de minerais de phosphates de la couche sommitale.

Diamètres des tamis (mm)	Fréquence relative (%)
	KFS7-8
0,045	5,25
0,125	14,27
0,25	50,65
0,5	22,34
1	2,30
1,25	5,19

Tableau.12 : Fréquences cumulatives de minerais de phosphates de la couche sommitale.

Diamètres des tamis (mm)	Fréquence cumulative (%)
	KFS7-8
0,045	5,25
0,125	19,52
0,25	70,17
0,5	92,51
1	94,81
1,25	100,00

Les paramètres granulométriques calculés montrent que : (1) la classe moyenne est de 1,342 mm ; (2) le classement est moyen avec un coefficient de classement σ de 0,979; l'indice d'asymétrie Ski de -0,051 montrant une asymétrie granulométrique de l'échantillon ; (4) l'indice d'acuité K_G de 1,25 qui indique des courbes leptokurtiques(Annexe.2).

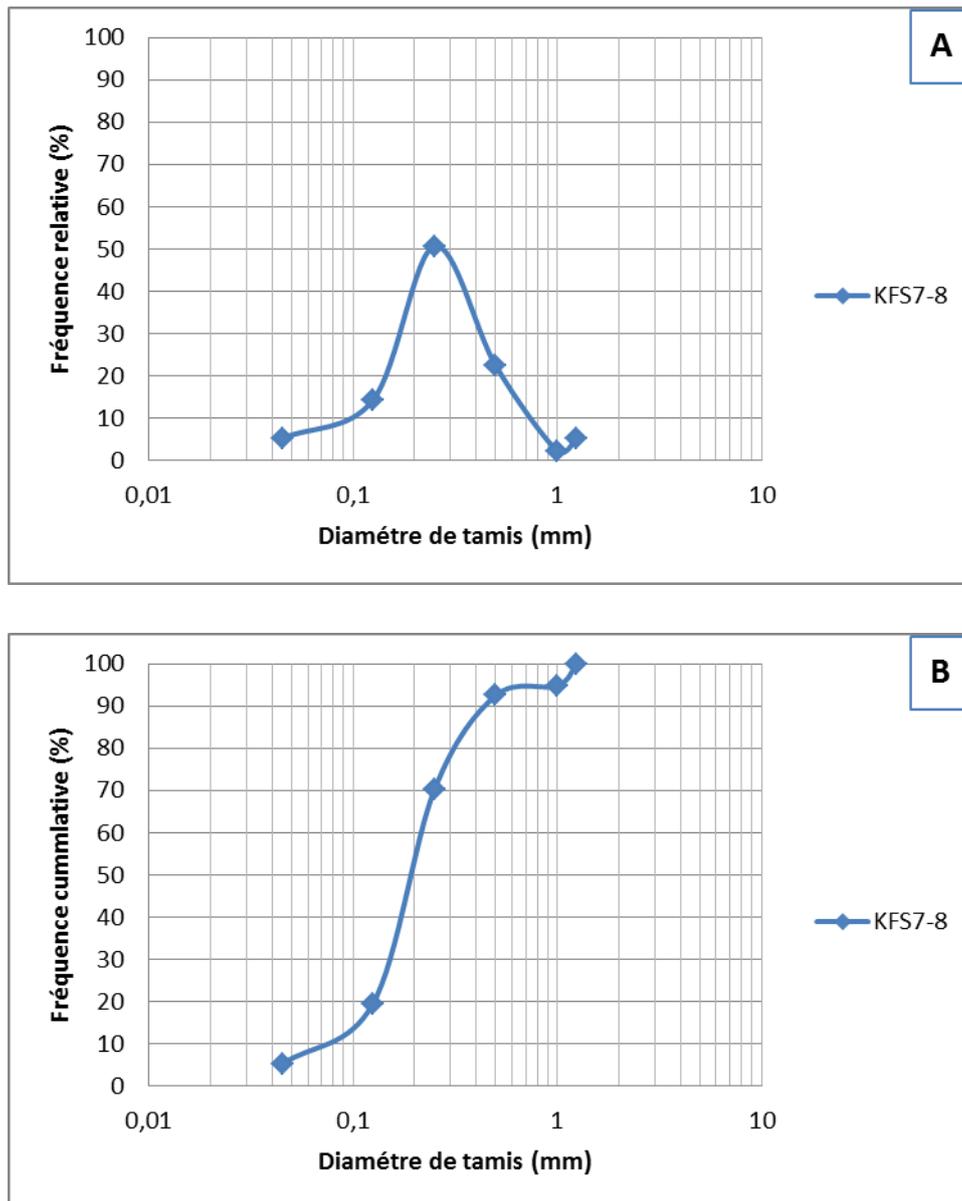


Fig.41 : Courbe granulométrique de l'échantillon de minerai de phosphates de la couche principale du (horizon B) du gisement de Kef Essenoun(**A**) : courbes des fréquences relatives ; (**B**) : courbes des fréquences cumulées.

Les graphes des probabilités de ces échantillons montrent trois domaines(Fig.42) :

(1) le premier domaine (**A**) caractérise les fractions fines dont la taille des grains est inférieure à 0,250 mm ou le transport est par *suspension*. Il représente 70,1 % de la totalité.

(2) le deuxième domaine (**B**) caractérise une population des particules dont le diamètre varie entre 0,150 et 1 mm qui sont transportées par *saltation*. Ce domaine représente 24,6 % de la totalité.

(3) le deuxième domaine (C) où le diamètre des particules phosphatées est supérieur à 1mm. Il représente la fraction la plus grossière avec friable pourcentage 5,3 % où le transport est par *roulement*.

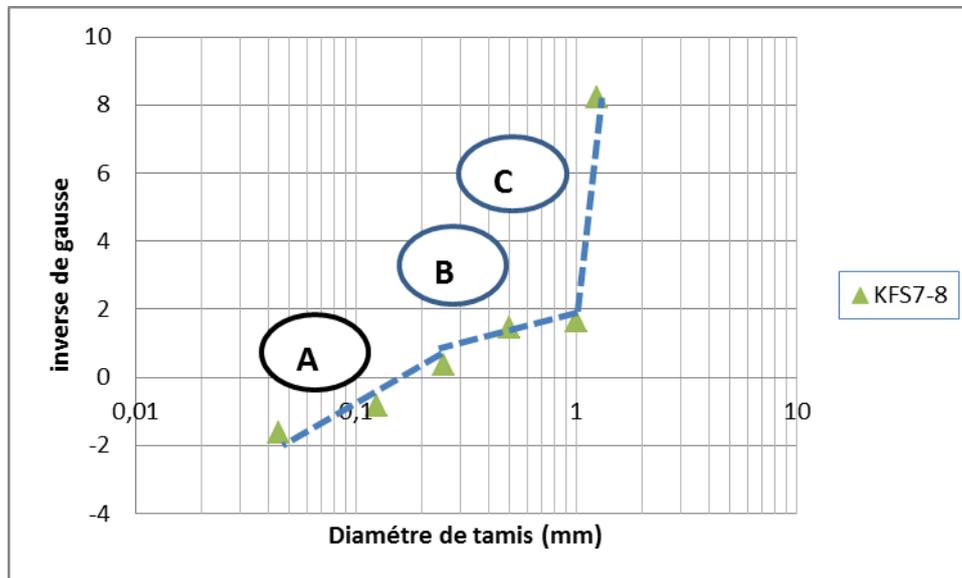


Fig. 42: Graphes des probabilités des échantillons des minerais de phosphates au de la couche sommitale du (horizon B) de l'affleurement de Kef Esse Noun (Tébessa Sud).

3. Comparaison et synthèse sur l'étude granulométrique

Les minerais de phosphates de la base de l'affleurement de douar El Fogaa à Djebel El Kouif sont caractérisés par la présence de la fraction fine à moyenne et parfois grossière, expliquant ainsi leur classement mauvais. Les modes de transport des particules les plus admis sont par suspension.

Les minerais de phosphates du centre de l'affleurement sont caractérisés par d'abondance de la fraction fine avec une symétrie présentant un classement mauvais. La suspension est le mode de transport le plus attribué pour ces particules.

Les échantillons de minerais de phosphates du sommet de l'affleurement montrent une hétérogénéité granulométrique des particules dont le classement est mauvais. Les particules sont eu un mode de transport essentiellement par suspension et par saltation.

Les minerais de phosphates de la couche basale du gisement de Kef Essenoun sont caractérisés par la présence de la fraction fine à moyenne, expliquant ainsi leur classement moyen. Les modes de transport des particules les plus admis sont par suspension.

Les minerais de phosphates de la couche principale de (horizon B) de l’affleurement sont caractérisés par d’abondance de la fraction fine avec une symétrie présentant un classement moyen. La suspension est le mode de transport le plus attribué pour ces particules.

Les échantillons de minerais de phosphates du sommitale de (horizon B) de l’affleurement montrent une homogénéité granulométrique des particules dont le classement est moyen. Les particules sont eu un mode de transport essentiellement par suspension et par saltation.

D’une manière générale l’étude granulométrique a permis de mettre en évidence l’aspect hétérogène des particules phosphatées indiquant ainsi que ces particules sont authigène.

En contraste, les minerais de phosphates du gisement de Kef Essenoun se caractérisent par des courbes de fréquences monomodales indiquant une homogénéité granulométrique des particules phosphatées. Une classe moyenne de 0.2 mm a été observée avec un mode de transport par suspension. Ceci reflète un système de mise en place par remaniement à priori.

Cette étude éclaire la différence entre les phosphates du Nord de Tébessa et ceux du Sud Tébessa et par conséquent la différence dans l’histoire de mise en place de ces phosphates.

CHAPITRE 5 :

ETUDE MORPHOSCOPIQUE DES PARTICULES PHOSPHATEES

Introduction

Ce chapitre a pour objectif, l'étude morphoscopique des grains phosphatés afin de décrire les caractéristiques morphologiques grains phosphatés en l'occurrence les pellets, les coprolithes, la glauconie d'une part et de suivre l'abondance du ciment. Les critères morphoscopiques et les pourcentages de chaque critère au sein de l'échantillon vont aussi faire l'objet de ce chapitre. Ceci va permettre d'interpréter l'effet de transport de ces grains.

1. METHODOLOGIE DE L'ETUDE MORPHOSCOPIQUE

1. 1. Notions sur l'analyse morphoscopique

Les grains des phosphates ont été étudiés suivant la méthode habituelle, qui a été exposée et discutée par l'un de nous (A. Cailleux) en 1942 et 1963. Rappelons brièvement l'essentiel, par grains phosphates nous entendons le sédiment meuble dont les grains ont 0,45 à 1 mm de long. On étudie seulement la fraction comprise entre ces dimensions avec une détermination statistique des différents types de grains des phosphates dans les dépôts.

La morphoscopie, toujours en usage actuellement, consiste à trier par tamisage les principales fractions granulométriques d'un sédiment, puis à classer les grains par observation à la loupe binoculaire (grandissements de 5 fois à 80 fois) pour tenter de déterminer les milieux de dépôt de ceux-ci. Ce classement tient compte de deux critères à savoir (1) la forme des grains et (2) leur aspect de surface.

Cailleux aboutit ainsi à trois catégories principales de grains : les « *Non-Usés* » (*dits* « *NU* »), les « *Emoussés-Luisants* » (*dits* « *EL* ») et les « *Ronds-Mats* » (*dits* « *RM* »). Examinons les principaux types de grains phosphatés, notamment parmi les coprolithes et pellets et glauconies. On distingue ainsi trois sortes principales de grains.

a)- *NU. Non-usés* : Presque toujours anguleux, à sommets ponctuels et arêtes tranchantes. Soit brillants, soit ternes. Et les grains « *NU* » se caractérisent par leur forme anguleuse, que les cristaux soient automorphes (c'est-à-dire bien formés, tels que les cristaux bipyramides) ou

non. Les arêtes, c'est-à-dire les parties saillantes des grains, ne présentent aucune trace de polissage ni d'arrondissement. Leur aspect de surface peut indifféremment être mat ou luisant. Ces grains caractérisent les arènes, les transports dans des cours d'eau douce sur de très faibles distances, les dépôts glaciaires, etc.

b) *EL Émoussés-luisants* : Les sommets et les arêtes sont émoussés et brillants, fonctionnant comme un miroir convexe. Un œil exercé y reconnaît même l'image du filament de la lampe. Subanguleux à subarrondis. Résultat d'une longue usure par l'eau. Les fleuves ne donnent guère que des subanguleux, les petites plages récentes aussi ; sur les plages lacustres et surtout marines, à fort ressac, le façonnement aboutit à la longue à des subarrondis ou arrondis ; enfin par tourbillonnement dans des moulins karstiques ou autres, on peut arriver finalement à des arrondis luisants et ronds-luisants.

Les « EL » présentent une dominance d'arêtes arrondies et peuvent parfois acquérir la forme de sphères presque parfaites. Leur aspect de surface est toujours très poli, brillant, luisant sous l'éclairage de la loupe binoculaire. Ils sont caractéristiques de longs transports en milieux aquatiques continentaux (rivières, fleuves), ou d'évolutions en milieux marins (plateau continental, plages, etc.).

c) *RM. Ronds-mats propres* : Forme arrondie, à peine plus longue que large. Surface entièrement mate, du fait de marques de choc. Résultat de chocs dans l'air, sous l'effet du vent. Entre les non-usés et les ronds mats s'observent, toutes les transitions, qu'on peut appeler *émoussés-mats*. Ce sont d'abord les sommets qui sont mats, puis les arêtes, puis les faces ; enfin le contour tend vers la forme de petites graines presque sphériques.

Les « RM », comme leur nom l'indique, ont une morphologie générale sub-sphérique pouvant parfois atteindre celle d'une sphère parfaite. Leur aspect de surface est toujours dépoli et mat. Ils sont caractéristiques d'une évolution en milieu éolien (transport par le vent), et essentiellement trouvés sur les dunes littorales et dans certains environnements désertiques.

La caractéristique du ronds-mats *sensu stricto*, les émoussés-mats ont été comptés avec les ronds-mats, puisqu'ils indiquent la même dynamique. Il peut arriver que des grains usés par l'eau (EL) ou par le vent (RM) à une époque ancienne, puis inclus dans des grès ou restés meubles, aient été ensuite, du fait de l'érosion, incorporés à des dépôts plus récents, quaternaires ou actuels.

1. 2. Description des grains phosphatés pour l'étude morphoscopique

Les éléments figurés qui font l'objet de cette étude sont :

a) *Les pellets*

Nous considérons généralement par la terminologie pellets toute particule phosphatée dont la taille comprise entre 50 et 800 μm (Ben Hassen et *al.*, 2010). La taille peut aller à plus 1 mm. Ce sont des coprolithes (excréments des êtres vivants phosphatisés). Ces pellets ont une forme arrondie.

b) *coprolithe*

A forme rectangulaire, apparaissent en grains de forme rectangulaires. Ces dimensions varient de 250 μm à plus de 1mm.

c) *La glauconie*

Elle est de couleur verdâtre à verte brunâtre. La taille est variable de quelques centaines de micromètre à 1 mm. La glauconie est souvent répartie entre les grains (intergranulaires). Elle se trouve liée au ciment carbonaté (calcite, dolomie) ou argileux. Le pourcentage de la glauconie dans les phosphates varie d'un type de minerai à l'autre mais elle ne représente plus que 5 % de l'ensemble des grains dans le minerai de phosphate. La présence de la glauconie, généralement indique un milieu réducteur. La formation de ce type de phosphate est rattachée alors à un milieu réducteur. Ce indique à permis la présentation de ces phosphates et se matière organique (Kechiched, 2017).

d) *Débris organiques*

Les débris organiques sont rencontrés dans les minerais de phosphates sous diverses tailles et formes. La proportion est variable d'un type de minerai à l'autre. Ce sont généralement des fragments de coquilles, des dents de poissons et des débris osseux.

2. RESULTATS OBTENUS

2.1. El Kouif (Tébessa Nord)

L'analyse en grains a été faite sur 3 échantillons, représentant, la base, le centre et le sommet de la section étudiée. Après avoir effectué une classification granulométrique. Chacune des fractions a fait l'objet d'un examen sous la loupe binoculaire afin d'identifier les pourcentages de chaque type de grains et le ciment.

2.1.1. Echantillon de la base de l'affleurement (KFA1-B)

a) description de l'échantillon après classification

Le résultat de l'analyse en grains et l'analyse morphoscopique a été effectué pour chaque fraction les résultats sont présentés dans le tableau (Tableau13). L'échantillon montre les caractéristiques suivantes:

- La fraction 45 µm est constituée de pellets essentiellement (25 %), un pourcentage faible de 4 % pour les coprolithes et des traces de la glauconie (1%). Tandis que le ciment représente 70 % de cette fraction.
- La fraction de 125µm montre une augmentation du pourcentage des grains phosphatés (coprolithes : 20%, Pellet : 25 %). Les glauconies sont toujours en trace (1 %). Le ciment représente 54 %.
- La fraction de 250 est caractérisée par la présence de pellets qui représente 30%. Les coprolithes montrent un pourcentage faible (10%)
- La fraction 500µm est caractérisée essentiellement une faible fréquence des grains phosphatés (coprolithes : 5 % ; pellets : 10 %, glauconies : 1%). La fraction montre un pourcentage élevé du ciment (84 %).
- La fraction 1mm représentée par les coprolithes (30%); les pellets (25%); les glauconies (1%) et le ciment (44 %).

Tableau 13 :le pourcentage des éléments figurés de la couche de base (KFA1-B)

Diamètre de tamis	Pourcentage%			
	coprolithes	pellets	glauconie	ciment
45µm	4	25	1	70
125µm	20	25	1	54
250µm	10	30	1	59
500µm	5	10	1	84
1mm	30	25	1	44

b) Description de la fraction 250µm

Cette fraction a été choisie pour effectuer la morphoscopie, car il montre une libération totale des grains de leur matrice (ciment) (Fig.43-A). Les résultats de l'analysemorphoscopique sont présentés au (Fig.43-B). Cette fraction est caractérisée par l'abondance de ciment qui représente 59% de la roche totalité et la présence essentiellement par pellets qui représente 30%. Les coprolithes montrent un pourcentage faible (10%). Les glauconies sont en trace (5 %).

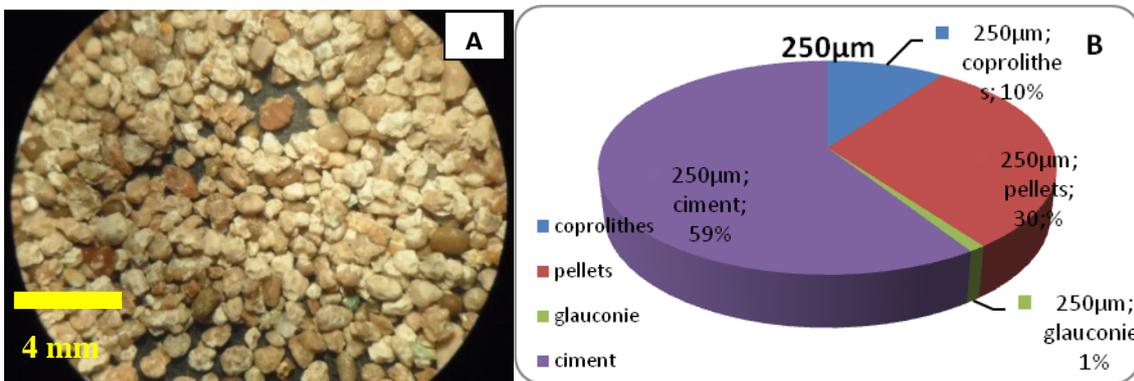


Fig 43: Fraction 250 µm sur loupe binoculaire(A) et pourcentage des grains phosphates (B) (KFA1-B).

L'étude morphoscopique pour chaque type de grains a montré que les coprolithes sont : NU (20%) ; EL (80%) et les pellets sont caractérisés par : NU (0%) ; EL (75%) ; Rond (25%) et les glauconies sont caractérisé par : NU (80%) ; EL (20%) ; Rond (0%) (Fig.44) (Tableau 14).

Tableau 14 : Analyse morphoscopique de la fraction 250 µm d'échantillon (KFA1-B).

Coprolithes			Pellets			Glauconies		
NU	EL	Rond	NU	EL	Rond	NU	EL	Rond
75	25	0	60	40	0	80	20	0
25	75	0	0	80	20	80	20	0
20	80	0	0	75	25	80	20	0
40	60	0	20	50	30	80	20	0
56,7	33,3	10	60	28	12	80	20	0

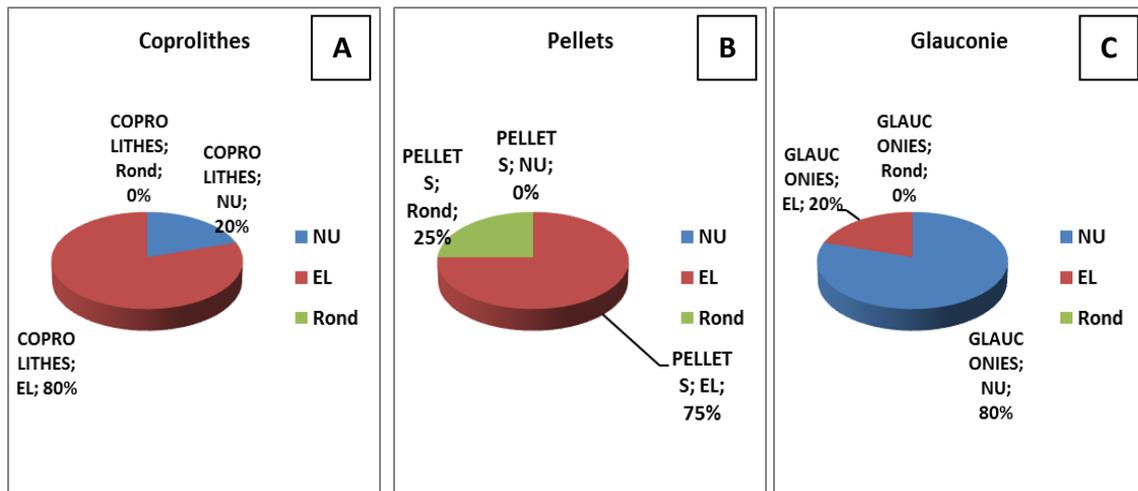


Fig.44 : Résultats de l'analyse morphoscopique (En %) des éléments figurés (A) coprolithes ; (B) pellets, (C) glauconie (KFA1-B).

Ces résultats montrent que les grains sont émoussés luisants indiquant un transport des particules phosphatées en particulier les pellets qui sont (EL+Rond). Les grains ronds sont à l'ordre de 25 % indiquant aussi le transport de ces grains. Les glauconies sont NU qui indique une origine argileuse ayant une forme quelconque.

2. 1. 2. Echantillon de centre de l'affleurement (KFA9-A)

a) Description de l'échantillon après classification

Le résultat de l'analyse en grains et l'analyse morphoscopique a été effectué pour chaque fraction d'échantillon de centre les résultats sont présenté du tableau (Tableau15).

- La fraction 45 μm est constitué de pellets essentiellement (30 %), un pourcentage faible de 10 % pour les coprolithes et pas trouve la glauconie (0%). Tandis que le ciment représente 60 % de cette fraction.
- La fraction de 125 μm montre un baisement du pourcentage des grains phosphatées (coprolithes : 7 %, Pellet : 25 %). Le ciment représente (68 %).
- La fraction de 250 est caractérisée par une augmentation des gains phosphatées essentiellement les coprolithes : (25 %). Les pellets en tandis que le ciment représente par (55 %).
- La fraction 500 μm est caractérisée essentiellement une faible fréquence des grains phosphatés (coprolithes : 5 % ; pellets : 10 %). La fraction montre un pourcentage élevée du ciment (85 %).
- La fraction 1mm représentée par les coprolithes (15 %) ; les pellets (10%) et le ciment avec (85%).
- Il a été constaté que la glauconie est absente dans cet échantillon.

Tableau 15 :le pourcentage des éléments figurés de centre (KFA9-A).

Diamètre de tamis	pourcentage%			
	coprolithes	pellets	glauconie	ciment
45 μm	10	30	0	60
125 μm	7	25	0	68
250 μm	25	20	0	55
500 μm	5	10	0	85
1mm	15	10	0	85

b) Description de la fraction 250 μm

Cette fraction est caractérisé par la diminution ciment qui demeure représenter 55 % de la roche totale les grains phosphatées représente 23% (coprolithes: 25 %, pellets : 20%, glauconie : (0%) (Fig.45).

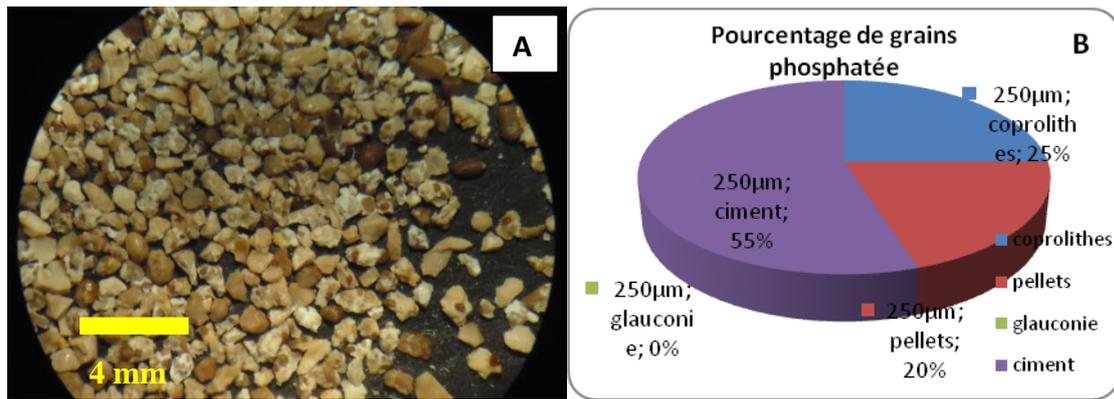


Fig 45: Fraction 250 µm sur loupe binoculaire (A) et pourcentage des grains phosphates(B) (KFA9-A).

L'étude morphoscopique a montré que les coprolithes sont : NU (60%) ; EL (36%) ; RM (4 %) et les pellets caractérisé par : NU (30%) ; EL (50%) ; Rond (20%)(Fig 46) (Tableau 16).

Tableau 16 : Analyse morphoscopique de la fraction 250 µm d'échantillon (KFA9-A)

Coprolithes			Pellets			Glauconies		
NU	EL	Rond	NU	EL	Rond	NU	EL	Rond
70	30	0	50	33,33	16,67	0	0	0
28,57	57,14	14,29	20	40	40	0	0	0
60	36	4	30	50	20	0	0	0
80	20	0	30	50	20	0	0	0
66,67	33,33	0	40	50	10	0	0	0

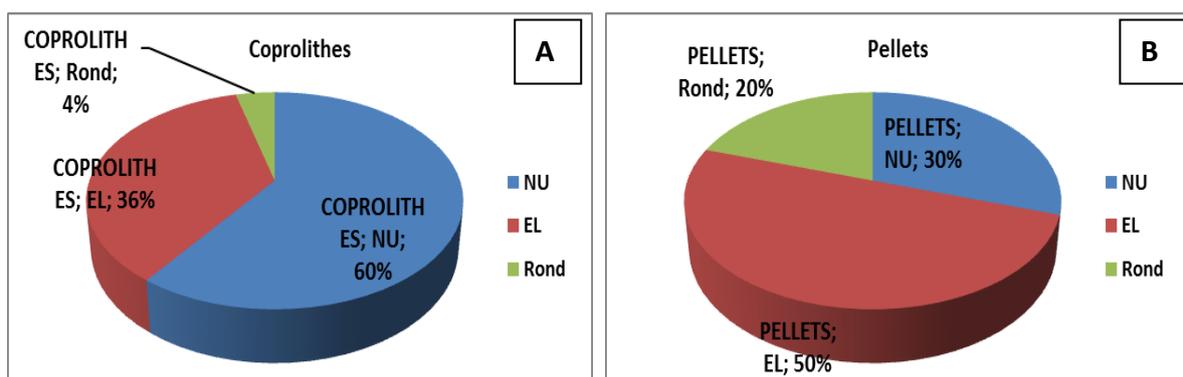


Fig 46 : Résultats de l'analyse morphoscopique (En %) des éléments figurés (A) coprolithes ; (B) pellets (KFA9-A).

1.2.3. Echantillon de sommet de l’affleurement (KFA16)

a) description de l’échantillon après classification

Les résultats de l’analyse en grains et l’analyse morphoscopique a été effectué pour chaque fraction les résultats sont représenté du (Tableau17). L’échantillon montre les caractéristiques suivantes :

- La fraction 45 μm est constituée de coprolithes essentiellement (15 %), un pourcentage faible de 5 % pour les pellets et des traces de la glauconie (1%). Tandis que le ciment représente 70 % de cette fraction.
- La fraction de 125 μm est caractérisée un pourcentage des pellets de (3 %), coprolithes (5 %). Le ciment représente (92 %).
- La fraction de 250 μm montre faiblement du pourcentage des grains phosphatées (coprolithes : 1%, Pellet : 2 %). Le ciment représente (93 %).
- La fraction 500 μm est caractérisée essentiellement une faible fréquence des grains phosphatés (coprolithes : 1 % ; pellets : 2 %). Cette fraction montre un pourcentage élevée du ciment (97 %).
- On note l’absence des glauconies à cause les conditions non favorables à sa formation.

Tableau 17 : le pourcentage des éléments figurés de centre (KFA16).

La fraction	Pourcentages%			
	Coprolithes	Pellets	Glauconie	Ciment
45 μm	15	5	0	80
125 μm	5	3	0	92
250 μm	1	2	0	93
500 μm	1	2	0	97
1mm	1	2	0	97

b) Description de la fraction 250 μm

Cette fraction a été choisie pour effectuer la morphoscopie, car il montre la libération totale des grains de leur matrice (ciment) (Fig 47). Les résultats de l’analyse morphoscopique sont présentés au (Tableau 18).

Cette fraction est caractérisé par très l’abondance de ciment qui représente 93 % de la roche totale les grains phosphatées représente 23% (coprolithes: 3 % : pellets : 4%, glauconie (0%).

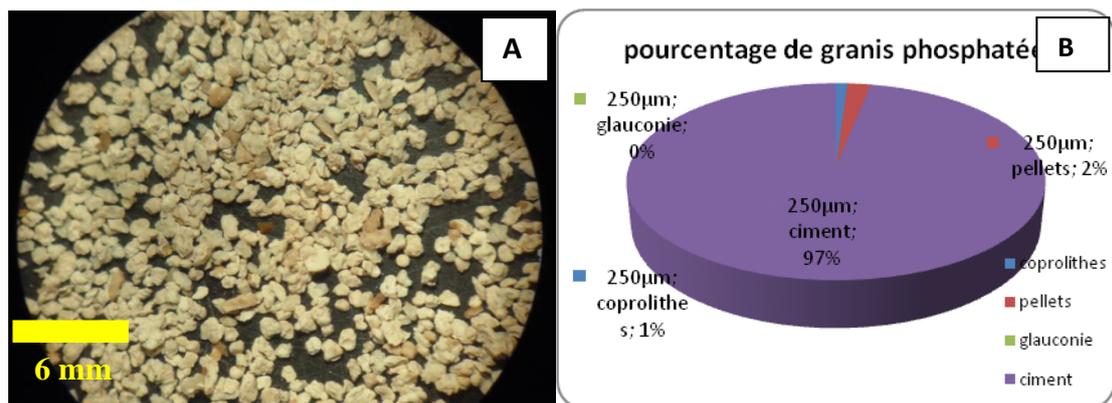


Fig 47: Fraction 250 µm sur loupe binoculaire (A) et pourcentage des grains phosphatés (B) (KFA16).

L'étude morphoscopique a montré que les coprolithes sont : NU (80%) ; EL (20%) ; Rond (0 %) et les pellets caractérisés par : NU (80%) ; EL (20%) ; Rond (0%) (Fig 6).

Tableau18 : Analyse morphoscopique de la fraction 250 µm d'échantillon (KFA16).

Coprolithes			Pellets			Glaucanies		
NU	EL	Rond	NU	EL	Rond	NU	EL	Rond
66,67	26,67	6,67	60	40	0	0	0	0
60	40	0	66,67	33,33	0	0	0	0
80	20	0	80	20	0	0	0	0
80	20	0	80	20	0	0	0	0
100	0	0	80	20	0	0	0	0

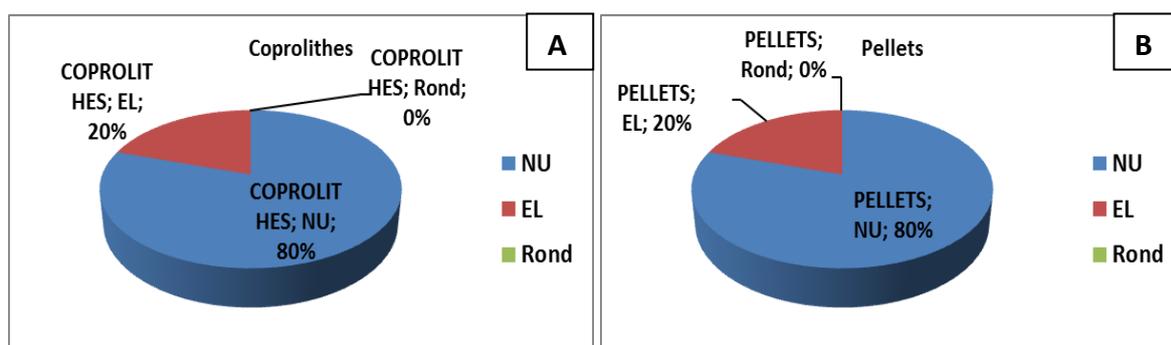


Fig.48 : Résultats de l'analyse morphoscopique (En %) des éléments figurés (A) coprolithes ; (B) pellets(KFA16).

2.2. Kef Essenoun (Tébessa)

2. 2. 1. Echantillon de la couche basale (KFS1)

a) description de l'échantillon après classification

Les résultats de l'analyse en grains et l'analyse morphoscopique ont été effectués pour chaque fraction les résultats sont présentés dans le tableau (Tableau 19). L'échantillon montre les caractéristiques suivantes :

- La fraction 45 μm est caractérisée par une richesse en grains phosphatés représentés par les pellets (25 %), coprolithes (7 %), glauconie (20 %) et un pourcentage de ciment 48%.
- La fraction de 125 μm montre une augmentation du pourcentage des grains phosphatés (coprolithes : 20%, pellet : 30 %). Les glauconies sont en trace (5 %). Le ciment représente 45 %.
- La fraction de 250 μm est caractérisée par la présence de pellets qui représentent 40%. Les coprolithes montrent un pourcentage faible (10%). Les glauconies sont en trace (5 %) et ciment représente 45 %.
- La fraction 500 μm est constituée essentiellement par pellets représentés (30 %) et d'autres grains avec une faible fréquence (coprolithes : 3 % ; pellets : 10 %, glauconies : 5 %). Cette fraction montre un pourcentage élevé du ciment (62 %).
- La fraction 1mm représentée par les pellets (15 %) ; les coprolithes (5%) ; les glauconies (3%) et le ciment (77 %).

Tableau 7 : le pourcentage des éléments figurés de centre (KFS1).

La fraction	pourcentage%			
	coprolithes	pellets	glauconie	ciment
45 μm	7	25	20	48
125 μm	20	30	5	45
250 μm	10	40	5	45
500 μm	3	30	5	62
1mm	5	15	3	77

b) Description de la fraction 250 μ m

Rappelons que la fraction de 250 est caractérisée par la présence de pellets qui représente 40%. Les coprolithes montrent un pourcentage faible (10%). Les glauconies sont en trace (5 %) et ciment représente 45 % (Fig.49) (Tableau 19).

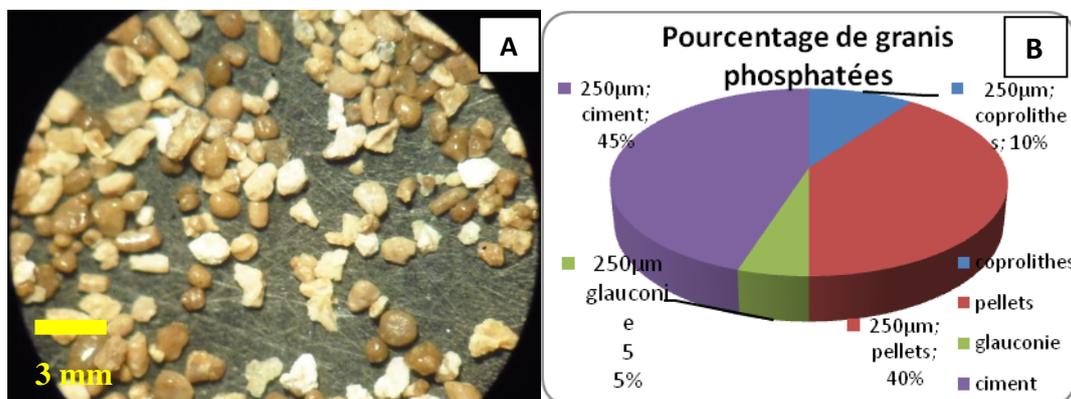


Fig.49: Fraction 250 μ m sur loupe binoculaire (A) et pourcentage des grains phosphates (B) (KFS1).

L'étude morphoscopique a montré que les coprolithes sont : NU (20%) ; EL (**80%**) ; Rond (0 %) et les pellets caractérisé par : NU (0%) ; EL (37,5 %) ; Rond (**62,5 %**) et les glauconies caractérisé pas NU (40 %) ; EL (**60 %**) Rond (0%) (Fig.50) (Tableau 20).

Tableau 20 : Analyse morphoscopique de la fraction 250 μ m d'échantillon (KFS1).

coprolithes			Pellets			Glaucanie		
NU	EL	Rond	NU	EL	Rond	NU	EL	Rond
42,86	57,14	0	0	40	60	50	50	0
25	50	25	0	33,33	66,67	40	60	0
20	80	0	0	37,5	62,50	40	60	0
33,33	66,67	0	0	66,67	33,33	40	60	0
0	100	0	0	33,33	66,67	33,33	66,67	0

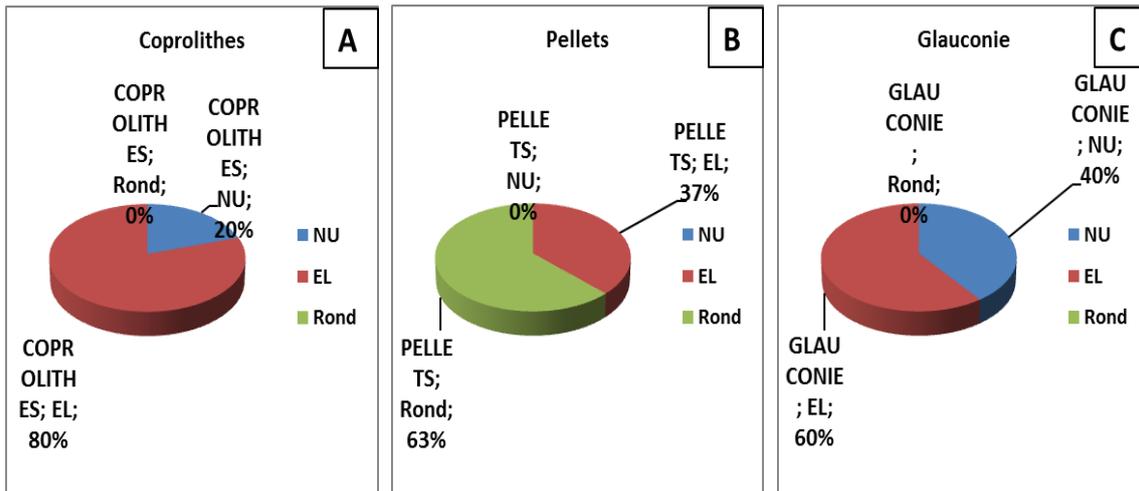


Fig. 50 : Résultats de l'analyse morphoscopique (A) coprolithes ;(B) pellets ;(C)glaucanie (KFS1).

2. 2. 2 Echantillon de la couche principale (KFS6)

a) Description de l'échantillon après classification

Les résultats de l'analyse de l'analyse en grains sont présentés du tableau (Tableau 21). Ce dernier montre ce qui suit :

- La fraction de 45 µm est constituée essentiellement par le ciment et occasionnellement par des de coprolithes (15 %), un pourcentage faible de 7 % pour les pellets et des traces de la glaucanie (7 %).
- La fraction de 125 µm montre une augmentation du pourcentage des grains phosphatés (coprolithes : 40%, pellet : 30 %). Les glaucanies sont en trace (2 %). Le ciment représente approximativement 28%.
- La fraction de 250 est caractérisée par la présence essentiellement de pellets qui représente 60%. Les coprolithes montrent un pourcentage (25%) et trace de glaucanies (5%) et ciment (10 %). C'est en effet la fraction la plus riche par les particules phosphatées
- La fraction de 500µm est caractérisée par une forte fréquence des grains phosphatés (coprolithes : 25 % ; pellets : 60 %, glaucanies : 5 %). La fraction montre un pourcentage faible du ciment (10 %).
- La fraction de 1mm représentée par les coprolithes (7 %) ; les pellets (48%) ; les glaucanies (5%) et le ciment (40 %).

Tableau 21 : le pourcentage des éléments figurés de centre (KFS6).

Fraction	pourcentage %			
	coprolithes	pellets	glauconomies	ciment
45µm	15	7	7	71
125µm	40	30	2	28
250µm	25	60	5	10
500µm	25	60	5	10
1mm	7	48	5	40

b) Description de la fraction 250µm

Cette fraction est caractérisée par l'augmentation la fréquence des grains phosphatés (pellets avec 60 % de la roche totale) le pourcentage des coprolithes est de l'ordre de 25 % ; les glauconomies ayant un pourcentage de 5%). Le ciment ne représente que 10 % (Fig.51).

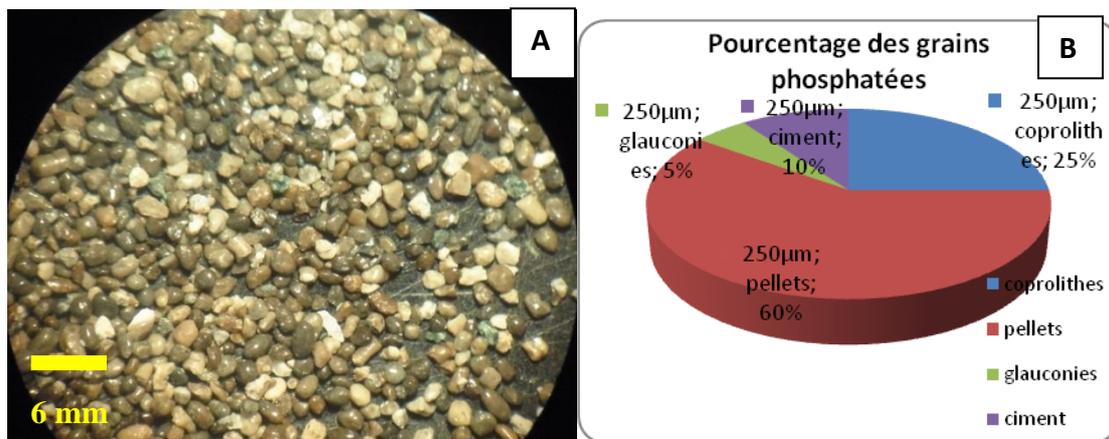


Fig 51: Fraction 250 µm sur loupe binoculaire (A) et pourcentage des grains phosphates (B) (KFS6).

L'étude morphoscopique a montré que les coprolithes sont : NU (12%) ; EL (60%) ; Rond (28 %) et les pellets sont caractérisés par : NU (0%) ; EL (33,33 %) ; Rond (66,6 %). Les glauconomies sont NU (40 %) ; EL (60 %) Rond (0%) (Fig.52) (Tableau 22).

Tableau 22: Analyse morphoscopique de la fraction 250 μm d'échantillon (KFS6).

Coprolithes			Pellets			Glaucnies		
NU	EL	Rond	NU	EL	Rond	NU	EL	Rond
66,67	33,33	0	0	71,43	28,57	42,86	57,14	0
12,5	62,5	25	0	33,33	66,67	40	60	0
12	60	28	0	33,33	66,67	40	60	0
12	60	28	0	33,33	66,67	60	40	0
28,57	71,43	0	10,42	31,25	52,08	60	40	0

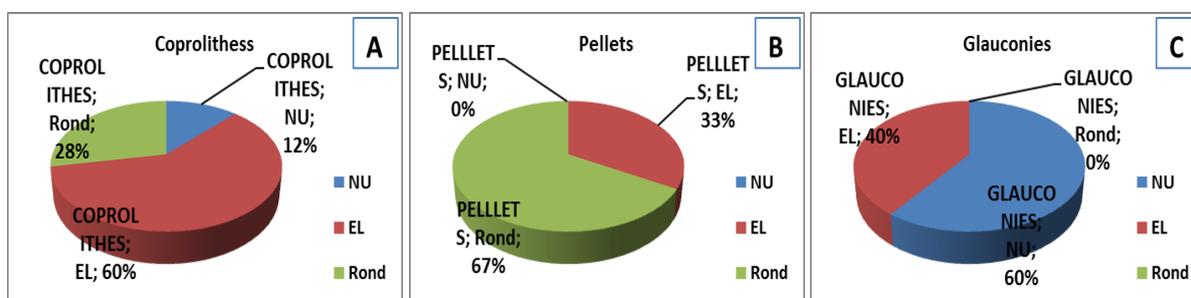


Fig 52 : pourcentage des éléments figurés (A) coprolithes ;(B) pellets ;(C)glaucnie (KFS1).

2.2.3 Echantillon de la couche sommitale (KFS7-8)

a) description de l'échantillon après classification

Les résultats de l'analyse en grains pour chaque fraction sont présentés au tableau (23).

- La fraction 45 μm est constitué par des pellets (25 %), les coprolithes ne représentent que 5 % contre 7 % pour la glaucnie. Le ciment est très abondant avec 63 % de cette fraction.
- La fraction de 125 μm montre une augmentation du pourcentage des grains phosphatés (coprolithes : 10%, pellet : 30 %). Les glaucnies sont en trace (3 %). Le ciment représente 57 %.
- La fraction de 250 μm est caractérisée par la présence de pellets (30%). Les coprolithes montrent un pourcentage augmenté de (15%) et Les glaucnies sont en trace (3 %). Le ciment représente 57 %.

- La fraction 500µm est caractérisée une faible fréquence des grains phosphatés (coprolithes : 15 % ; pellets : 25 %, glauconies : 2 %). La fraction montre un pourcentage élevée du ciment (58 %).
- La fraction 1mm est représentée par les coprolithes (15 %) ; les pellets (25%) ; les glauconies (2%) et le ciment (55 %).

Tableau 23:le pourcentage des éléments figurés de centre (KFS7-8)

Fraction	Pourcentage%			
	Coprolithes	Pellets	Glauconie	Ciment
45µm	5	25	7	63
125µm	10	30	3	57
250µm	15	25	3	57
500µm	15	25	2	58
1mm	15	25	2	55

b) Description de la fraction 250µm

Cette fraction est caractérisée par là un pourcentage des pellets de 25%, de coprolithes à (15 %) et la glauconie avec (5%). Le ciment montre un pourcentage élevé de (57 %) (Fig.53).

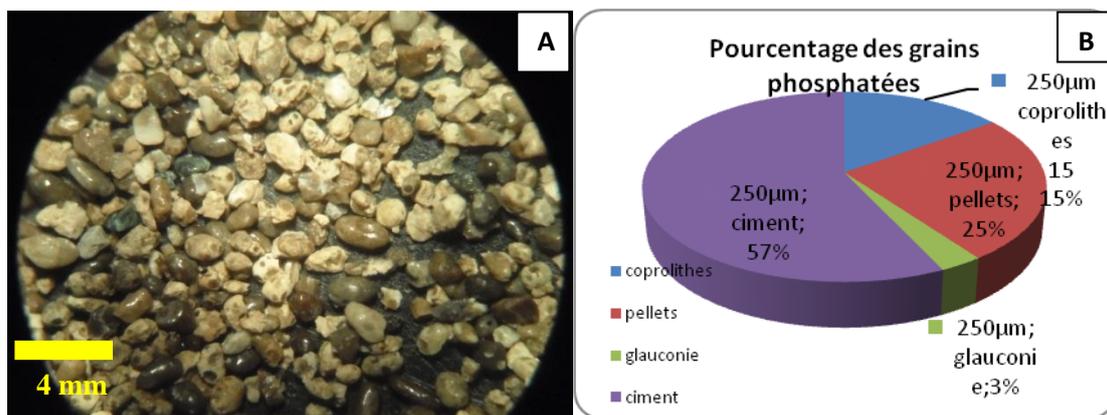


Fig 53: Fraction 250 µm sur loupe binoculaire et pourcentage des grains phosphates (KFS7-8)

L'étude morphoscopique a montré que les coprolithes sont : NU (0%) ; EL (33,33%) ; **Rond (66,67 %)** ; Les pellets sont caractérisés par : NU (0%) ; EL (60 %) ; **Rond (60%)** tandis que les glauconies sont caractérisées par NU (0 %) ; EL (40 %) ; **Rond (60%)** (Fig.54)(Tableau 24).

Tableau 24: Analyse morphoscopique de la fraction 250 μm d'échantillon (KFS7-8)

coprolithes			Pellets			Glauconie		
NU	EL	Rond	NU	EL	Rond	NU	EL	Rond
20	80	0	0	40	60	71,43	28,57	0
10	70	20	0	16,67	83,33	66,67	33,33	0
0	33,33	66,67	0	40,00	60,00	40	60	0
0	66,67	33,33	0	66,67	33,33	70	30	0
0	66,67	33,33	0	66,67	33,33	40	60	0

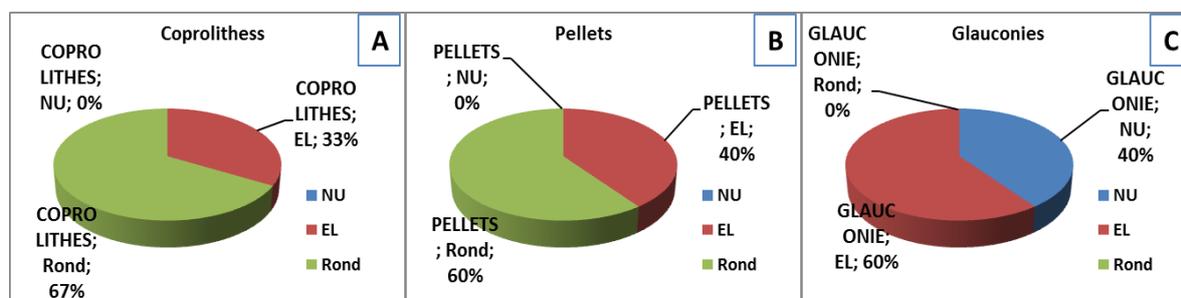


Fig.54 : pourcentage les éléments figurés (A) coprolithes ; (B) pellets ;(C) glauconie

(KFS7-8)

3. INTERPRETATION ET SYNTHÈSE

Les phosphates de la région de Tébessa qui ont fait l'objet de la présente étude en vue de les caractériser sur le plan de la morphoscopie. Ils ont été échantillonnés dans deux affleurements (l'un à El Kouif au Nord de Tébessa et l'autre à Kef Essenoun au Sud de Tébessa).

L'étude morphoscopique en grain a été réalisée sur les phosphates de Djebel Kouif et Djebel Kef Essenoun. Elle a permis de distinguer que la majorité des grains phosphatés sont des pellets, coprolithes, se présente sous forme : cylindrique de couleur marron ou beige. La présence de la glauconie de couleur verte est souvent remarquée. D'une manière générale, la partie Nord Tébessa (Dj el Kouif) est caractérisée par des grains non usés (NU) et émous-

luisant (EL) Tandis au Sud Tébessa (Dj Kef Essenoun) ils sont caractérisée par émous-luisant (EL) et rond (Rond).

Sur la base de cette étude nous constatons que les phosphates de Nord qui sont étudiés à Djebel El Kouif montrent des coprolithes qui n'ont subi un déplacement ils sont accumulées dans le premier endroit de dépôt. Cependant les pellets sont un mélange entre (EL) et (NU) indique un déplacement à court trajet ou bien une fragmentation locale des coprolithes sous l'action des vagues. Généralement les grains sont essentiellement NU indiquant l'aspect authigène de ces grains. Ce sont des phosphates **Autochtone** dans leur majorité qui n'ont pas subi un déplacement, c'est-à-dire sont la mise en place était proche à l'endroit de la productivité. Tandis que les phosphates de Tébessa Sud (Kef Essenoun) qui montre des grains EL et RM surtout pour la couche principale indiquent que ces grains ont fait l'objet d'une mobilisation des grains (remaniement) conduisant à l'arrondissement et le lissage des particules. Le milieu de formation semble être différent à celui de déposition il s'agit à des grains transportés.

Basant sur les résultats de l'analyse granulométriques et morphoscopiques, nous concluons que les phosphates de Djebel El Kouif sont des phosphates autochtones à l'exception de la partie extrême à la base où le transport est faible. Les particules gardent la forme initiale et manifeste des critères morphoscopiques Rond et EL. Les phosphates de Tébessa Sud en particulier ceux de la couche principales sont à priori Allochtone où le transport a jouer le rôle principale conduisant à l'arrondissement des grains et le lissage des surface d'une part et l'accumulation des grains ayant des dimensions semblables et donc un classement bon à moyen. Ces résultat confirment les hypothèses proposées par Chabou-Mostfai (1987) et allons au même sens avec l'interprétation géochimiques du comportement éléments de terre rares dans les deux secteurs d'étude faite antérieurement (Chabou Mostfai, 1987 et Kechiched, 2016 et 2017)

CONCLUSIONS GENERALES

La région de Tébessa est caractérisée par sa richesse en substances utiles. Parmi ces substances les phosphates sédimentaires d'origine marine où ils sont concentrés à Djebel El Kouif vers le nord et à Djebel Kef Essenoun vers le sud. Ces phosphates sont constitués d'un assemblage des grains (coprolithes, pellets, dents de poissons, ..) cimentés par un ciment de nature carbonaté ou argileuse. L'objectif de ce mémoire est d'étudier les caractéristiques granulométriques et morphoscopiques de ces grains comparativement entre ceux du nord et du sud afin de caractériser les conditions de mise en place. Les principaux résultats de ce mémoire sont focalisés sur deux volets :

1. Granulométrie

L'étude granulométrique a permis de mettre en évidence l'aspect hétérogène des particules phosphatées au niveau de Djebel Kouif (Tébessa Nord). Les courbes granulométriques relatives montrent plusieurs modes et asymétrie remarquable. Il s'agit d'un mauvais classement où les particules grossières se trouvent en co-existence avec des particules fines. Ceci caractérise –généralement- les particules authigènes. Par contre, les phosphates du gisement de Kef Essenoun surtout –la couche principale- montrent des courbes de fréquences monomodales et une symétrie autour la classe 0.25 mm indiquant une homogénéité granulométrique des particules phosphatées. Le bon classement reflète un système de mise en place par remaniement à priori. Le mode de transport des particules pour les deux secteurs d'étude a été éclairci à l'aide des graphes de probabilités. Les particules sont transportées par suspension et par saltation pour la majorité des grains.

2. Morphoscopie

L'étude morphoscopique des grains phosphatés a été faite afin de décrire le caractère morphoscopique des grains. Il s'agit autrement dit, de déterminer les critères morphoscopiques et les pourcentages de chaque critère au sein de l'échantillon. Ceci va permettre d'interpréter l'effet de transport de ces grains à chaque affleurement El Kouif (Nord Tébessa) et Kef essenoun (Sud Tébessa) en suivant :

La partie Nord Tébessa (Dj el Kouif) est caractérisée par des grains non usés (NU) et émoussé-luisant (EL). Tandis que ceux de Tébessa Sud (Dj Kef Essenoun) sont caractérisés par un caractère émoussé-luisant (EL) et rond.

Sur la base de cette étude nous constatons que les phosphates de Nord qui sont étudiés à Djebel El Kouif montrent des coprolithes qui n'ont pas subi un déplacement ; ils sont accumulés dans le premier endroit de dépôt. Cependant les pellets sont un mélange entre (EL) et (NU) indique un déplacement à court trajet ou bien une fragmentation locale des coprolithes sous l'action des vagues. Généralement les grains sont essentiellement NU indiquant l'aspect authigène de ces grains. Ce sont des phosphates Autochtone dans leur majorité qui n'ont pas été transportés, c'est-à-dire que la mise en place de ces particules était proche à l'endroit de la productivité. Tandis que les phosphates de Tébessa Sud (Kef Essenoun) qui montrent des grains **EL** et **Rond** surtout pour la couche principale indiquant que ces grains ont fait l'objet d'une mobilisation des grains (remaniement) conduisant à l'arrondissement et le lissage des particules. Le milieu de formation semble être différent à celui de déposition il s'agit à des grains transportés.

Cette étude éclaircit la différence entre les phosphates du Nord de Tébessa et ceux du Sud Tébessa et par conséquent la différence dans l'histoire de mise en place de ces phosphates.

Annexe. 1: Paramètre granulométriques

Tableau .1 : Paramètres granulométriques des échantillons de minerais de phosphates d'El Kouif (Tébessa Nord)

Echantillon	Localisation	Moyenne (µm)	Moyenne (phi)	Classement	Asymétrie	Acuité	Mode1(phi)	Mode2(phi)	D10 (phi)	D50(Phi)	D90(Phi)
KFA1-B	BASE	280,0	1,837	1,029	-0,358	0,995	2500	-0,161	0,045	2,059	2,899
KFA2		273,7	1,869	0,987	-0,396	0,996	2500		0,117	2,092	2,871
KFA3		296,2	1,755	1,132	-0,381	0,943	1500	-0,161	-0,214	2,107	2,92
KFA5		372,4	1,425	1,349	0,016	0,795	1500		-0,451	1,552	3,27
Min		273,7	1,425	0,987	-0,396	0,795	1500		-0,451	1,552	2,871
Max		372,4	1,869	1,349	0,016	0,996	1500		0,117	2,107	3,27
Moyenne		305,6	1,722	1,124	-0,280	0,249			-0,125	1952	2,99
KFA7	CENTRE	424,6	1,236	1,267	0,120	0,771	1500		-0,46	1,254	2,922
KFA8		463,5	1,109	1,313	0,316	0,690	-0,161		-0,716	0,942	2,99
KFA9-A		452,9	1,143	1,302	0,213	0,671	-0,161	2 500	-0,609	1,079	2,927
Min		424,6	1,109	1,267	0,120	0,671	-0,161		-0,716	0,942	2,922
Max		463,5	1,236	1,313	0,316	0,771	1500		-0,46	1,254	2,99
Moyenne		447,0	1,163	1,294	0,105	0,257			-0,595	1,091	2,946
KFA12		SOMMET	285,5	1,809	1,197	-0,167	1,102	2500		0,013	1,994
KFA14	225,6		2,148	1,289	-0,279	1,517	2500		0,085	2,425	3,723
KFA16	313,1		1,675	1,141	-0,261	0,934	2500		-0,172	1,929	2,913
Min	225,6		1,675	1,141	-0,279	0,934	2500		-0,172	1,929	2,913
MAX	313,1		2,148	1,289	-0,167	1,517	2500		0,085	2,425	3,723
Moyenne	274,7		1,877	1,209	-0,236	1,184	2500		0,024	2,116	3,272

Annexe .2 : Paramètres granulométriques des échantillons de minerais de phosphates d'El Kouif (Tébessa Sud)

Echantillon	Localisation	Moyenne (µm)	Moyenne (phi)	Classement	Asymétrie	Acuité	Mode1 (phi)	Mode 2 (phi)	D10 (phi)	D50 (phi)	D90 (phi)
KFS1	Base de la couche principale	266,8	1,906	1,052	-0,039	1,223			0,307	1,894	2,98
KFS2		214,7	2,22	0,827	0,03	1,057	2,5		1,234	2,279	3,465
KFS3		169,8	2,558	0,544	0,159	1,402	2,5		2,051	2,558	3,501
KFS4		245,6	2,025	0,941	-0,013	1,123	2,5		1,012	2,044	3,052
Min		169,8	1,906	0,544	-0,039	1,057	1,5		0,307	1,894	2,98
Max		266,8	2,558	1,052	0,159	1,402	2,5		2,051	2,558	3,501
Moyenne		224,2	2,177	0,263	0,034	1,201	2,25		1,074	2,194	3,249
KFS5	Sommet de la couche principale	302,6	1,724	0,931	0,199	1,312	1,5		0,567	1,609	2,925
KFS6		306	1,708	1,016	0,162	1,191	1,5		0,467	1,623	2,989
Min		302,6	1,708	0,931	0,162	1,191	1,5		0,467	1,609	2,925
Max		306	1,724	1,016	0,199	1,312	1,5		0,567	1,623	2,989
Moyenne		304,3	1,716	0,973	0,18	1,256	1,5		0,517	1,616	2,957
KFS7-8	Couche sommitale	349,5	1,342	0,979	-0,051	1,25	1,5		0,112	1,398	2,667

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aoudjehane M. (1991): Distribution des gîtes à Pb-Zn et fer sidéritique dans le N-E algérien. In M. Pagel et J. Loroy (eds): Source, Transport and déposition of métal. Belkema, Rotterdam, pp. 419-422..

Beghoul , M. (1974). Etude géologique de la région des Hamimat (SE Constantinois). Application à la recherche pétrolière des confins algéro-tunisiens. *Thèse Doct. Ing., Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, France. 140p. (inédit).*

Bouzenoune, A. (1993):Minéralisations périadiapiriques de l'Aptien calcaire : les carbonates de fer du gisement hématitique de l'Ouenza (Algérie orientale). Thèse Doct, d'Univ. Paris IV. P 206.

Burollet P.F., (1956) : Contribution à l'étude stratigraphique de la Tunisie centrale. Thèse Sc. Alger. *Ann. Min. et Géol. Tunis, n°18, 350 p.*

Busson et cornet, 1989 d'évaluation des réserves du district minier de Djebel Onk.

Chihi, L. et Ben Ayed, N. (1991):Le rôle de la fracturation précocesur la distribution des structures récentes le long du décrochement de Kasserine. Annales tectoniques, vol. V, n°1, pp.64-73.

Chihi, L. (1984):Etude tectonique et microtectonique du graben de Kasserine (Tunisie centrale) et des structures voisines : J. Selloum et J. Maargaba. Thèse 3 Eme cycle, Géol. Struct. , Paris XI, 116 p.

Chiki-Aouimeur F., (1998) : Les Rudistes du Crétacé supérieur de l'Algérie. Etude paléontologique données paléoécologiques, biostratigraphiques et paléogéographiques. *Thèse de doctorat, Usthb, Alger, 198p.*

Chevenine, A., Popov, Y., Douha, Dj., Benzeroual, M. (1989). Rapport sur les résultats de l'étude géologique complémentaire des feuilles 124 (Oued Kebarite), 125 (Ouenza), 150 (El Ouinet) et 151 (Boukhadra) pour la préparation à l'édition des cartes géologiques au 1/50.000. *Partie 1, texte (1987-1988) O.R.G.M. Algérie (Rapport inédit).*

Chabou, M.S. (1987). Etude de la série stratigraphique tertiaire du Djebel Onk (Algérie). Leur situation dans le cadre des phosphates algériens. *DEA, Fac. Sci. Alger, 136p.*

Dubourdiou G. (1956): Etude géologique de la région de l'Ouenza (confins algéro-tunisiens). *Thèse des Sciences, Paris, Publications du Service de la Carte Géologique de l'Algérie, Bulletin N° 10, Vol. 1, 659 p.*

Durand Delga m. et Fontbote J.-M., (1960):Le problème de l'âge des nappes alpujarrides d'Andalousie, *in* Revue de géographie physique et de géologie dynamique, (2), vol. III, fasc. 4.

Dubourdiou, G. (1959). Exquise géologique du Dj. Mesloula. *Publ. Serv. Carte géol. Algérie, nouvelle série, Bull., n°21.*

David, L., (1956): Etude géologique des monts de la haute Medjerda. *Thèse Sci. Paris. Publ. Serv. Carte Géol. Algérie, N.S. Bull, n°11, 304p.*

Durand-Delga M (1995) : Le chenal gréseux de l'Oligocène terminal et le Miocène de Sidi Affif dans leur cadre structural Est algérien: Origine saharienne du Numidien et calendrier des charriages miocènes. *C. R. Acad. Sci. Paris 320, 1001-1009.*

Durozoy, M.G. (1956). Carte géologique de l'Algérie au 1/50000, feuille n°206 Tébessa avec notice explicative détaillée. *Publ. Serv. Carte géol. Algérie.*

Dass-Amiour, M. (2012). Eléments en trace et valorisation des minerais de phosphate du gisement de Kef Essenoun - Dj. Onk (Algérie Orientale), *Thèse doctorat, Univ. Annaba, 185 p.*

Faucoult, A. et Raoult, J. F., (1995) : Dictionnaire de Géologie. *Edition Masson, 324p.*

Fleury J.J., 1969 : Stratigraphie du Crétacé et de l'Eocène (Aptien à Lutétien de la feuille 1/50 000 ème Morsott, n°178, Algérie, Constantinois, Atlas Saharien). *Bull. Serv. Géol. Algérie, 39, p.145-157.*

Flandrin, J. (1948). Contribution à l'étude stratigraphique du Nummulitique Algérien. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie, 2e série, n°19, 340p.*

Flandrin J (1948) : Les chaînes atlasiques et la bordure nord du Sahara. *Publ. XIX C. G. I.*

Alger 1952, *Monogr. rég. 1re série, n° 14*, 82 p.

Folk, RF., Ward, WC.(1957): Brazos River bar, a study in the significance of grain-size parameters. *J. of Sedim. Petrol.*, 27: 3-26.

Gradistat. v8.0, (2010): grain programme d'analyse granulométrique. *Développé par le Dr Simon J Blott.*

HAKKOUM. M ET SAYADI .A 2014 : Contribution à l'étude géologique des phosphates de Djebel El Kouif -Tébessa-Algérie orientale. Diplôme d'Ingénieur, *Univ Kasdi Merbah. Ouargla.*

Kowalski , W.M., Hamimed M. (2000). Diapirisme polyphasé ou glacier de sel albien, Dilemme du matériel triasique des confins algéro-tunisiens. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie. Vol.11, n°1 pp. 29-60, 12 fig.,2000.*

Kazakov, A. V., (1930): The phosphate facies: origin of the phosphoresces and the geologic factors of formation of the deposits. *Proc. Sci. Inst. Fertilizers and insecte fungicides, 145p.*

Kazitani, T.N. (1986). Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine: le domaine inter-plaque nord-algérien. Approche mégaséquentielle. *Thèse Doctorat*

Kechiched,R (2011): Typologie géochimique et géostatistique des minerais de phosphates du gisement de Bled El Hadba–Djebel Onk (Algérie Orientale).*mém.mag.168p.114fig. 41tab.*

Kechiched, R., Laouar, R., Bruguier, O., Salmi-Laouar, S., Ameer-Zaimeche, O., Foufou, A., 2016. Preliminary data of REE in algerian phosphorites: a comparative study and paleo-redox insights. *Procedia Engineering 138, 19–29.*

Kechiched Rabah 2017: Les phosphates du Nord de Tébessa, Etude sédimentologique, géologique et géochimique Thèse doctorate s Science, Univ- annaba, 187 pages

Larit Hamza. 2014 : Etude géologiques et géologiques des phosphates de Djebel El

Kouif Tébessa, Algérie orientale. diplôme d'ingénieur d'état, *Univ BADJI Mokhtar annaba*

Mouflih, M. (2015). les phosphates du Maroc central et du moyen atlas (maastrichtien-Lutetien, Maroc): sédimentologie, stratigraphie séquentielle, contexte génétique et valorisation. *Thèse doctorat, Université Cadi Ayyad, Marrakech, 352 pages.*

Mouflih m., Sebti S., Aklil a., Jahroud n., Samih A., Chellai E.h. (2006b): - Calcined Phosphate as a new adsorbent for removal heavy metal". *Proceedings of COVAPHOS I, Tome 2, 292-299.*

Mouflih M., Samih A., Chellai E.h., Pascal A., Benbouziane A., Aklil A., Jahroud N., Sebti S., Amarghzaz M., Bouya B., Mchichi M. (2006c) : Les Cortèges Phosphatés et Bitumineux du Moyen Atlas : Contexte Sédimentologique et Génétique ", *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc, 514, 57-64.*

Nedjari-Belachène, S., Nedjari, A. (1984) : Le Boukhadr: éssquisse paléogéographique aptienne. *5eme séminaire nationale des sciences de la terre, Alger, pp. 102.*

Othmanine A. (1987): Les minéralisations en fluorine, barytine, Pb, Zn et fer sidéritique autour du fossé de Tebessa-Morsott (Algérie). Relation entre paléogéographie aptienne, diapirisme, structure et métallogénie. *Thèse de 3ème Cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, France, 221 p.*

Perthuisot V, Hatira N, Rouvier H et Steinberg M (1987) : Concentration métallique (Pb-Zn) sous un surplomb diapirique: exemple du J. Bou Khil (Tunisie septentrionale). *Bull. Soc. Géol. Fr. III, 6, pp. 1153-1160.*

Perthuisot V, Rouvier H et Smati (1988) : Style et importance des déformations antétraconiennes dans le Maghreb Oriental: exemple du diapir du Jebel Slata (Tunisie centrale). *Bull. Soc. Géol. Fr., (6), IV, 3, pp. 391-398.* Perthuisot 1992.

Rouvier H, Perthuisot V, et Mansouri A (1985): Pb-Zn Deposits and salt-bearing diapirs in Southern Europe and North Africa. *Economic Geology, 80, pp. 666-687.*

Rouvier, H, Perthuisot, V., Mansouri, A. (1985). Pb-Zn Deposits and salt-bearing diapirs in Southern Europe and North Africa. *Economic Geology, 80, pp. 666-687.*

Reynard, B., Lécuyer, C., Grandjean, P. (1999). Crystal-chemical controls on rare-earth element concentrations in fossil biogenic apatites and implications for paleoenvironmental reconstructions. *Chem. Geol.* 155, 233–241.

Smati A. (1986) : Les gisements de Pb, Ba et Fe du Dj. Sлата (Tunisie du centre- nord). Minéralisations épigénétiques dans le Crétacé néritique de la bordure d'un diapir de Trias. Gisements de Sidi-Amour, Ben-Salem et de Sлата Fer. *Thèse de 3ème Cycle, Université de Paris VI, France, 250 p.*

Slansky, M., (1980) : Géologie des phosphates sédimentaires. *Mém. B.R.G.M. n°114, France, 92p.*

Sami, L. (2004) : Contribution à l'étude géologique et géochimique des minéralisations Pb-Zn-Ba-F dans la région de Meskiana: Exemple des indices d'Essouabaa et de M'khiriga (Atlas Saharien oriental, Algérie). *Thèse de Magister, USTHB, Alger.*

Smirnov, V., (1982) : Géologie des minéraux utiles. Traduit en français en 1988. *Edition Mir Moscou, 623 p.*

Simon. J Blott,(2010) : Gradistat. v8.0.grain programme d'analyse granulométrique.

Thibiéroz, J. et Madre, M. (1976):Le gisement de sidérite du Djebel El Ouenza (Algérie) est contrôlé par un golfe de la mer aptienne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du nord, Alger, t.67, fasc. 3-4, pp. 126-150.*

Vila J.M., (1980) : La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro tunisiens. *Thèse de doctorat, Université Paris VI, 665 p.*

Vila J.M., (1992) : Notice explicative détaillée de la carte géologique à 1/50 000 de l'Algérie, feuille n°265, Aïn Télidjène, 27 p., *Publ. Serv. Carte géol. Algérie. Alger.*

Vila JM, Freiberg H, Lahondere J-C, Gourinard Y, Chouabi A, Magne J et

Vila J.M., GHANMI M. & KECHID-BENKHEROUF F., (1996) : Données nouvelles sur l'anticlinal d'El Ouasta-Sakiet (frontière est-algérienne) et interprétation de son Trias comme un « glacier de sel » sous-marin albien le long d'un bloc basculé

Visse, L. (1951) : Le gisement de phosphate de chaux de Djebel Onk. *Rapport interne Soc. Dj. Onk*, 152 p, 32 pl., 10 pl. h.t.

Visher, GS. (1969): Grain-size distribution and depositional processes. *J. of Sedim Petrol.*, 89 : 1074-1106.

RÉSUMÉ

Cette étude a pour but de comparer entre les phosphates du nord de Tébessa à **Dj. Kouif** et les phosphates du Sud de Tébessa représentés par le gisement de **Kef Essenoun** sur plan granulométrique et morphoscopique afin de reconstituer les conditions de la mise en place de ces phosphates. Les particules phosphatées sont représentées par des pellets, des coprolithes et des bioclastes dont la granulométrie et la nature de ciment (carbonaté, argileux et siliceux) varient d'un niveau de phosphate à l'autre et d'une localité à l'autre. L'analyse granulométrique et morphoscopique ont permis de mettre en évidence que les grains de Djebel El Kouif n'ont pas subis un long déplacement et ils gardent la forme primaire. Ils sont autochtones, contrairement, aux particules phosphatées de Tébessa Sud où les courbes granulométriques sont monomodales et avec des grains qui sont émoussés luisant à rond montrant le long trajet de transport. Ils confirment l'aspect allochtone (remaniements) de ces particules. Ces résultats peuvent être utilisés pour modéliser la genèse des phosphates dans ces deux secteurs

Mot- clés : Phosphate ; Granulométrie ; Morphoscopie ; Pellets; Coprolithes ; Djebel Kouif ; Kef Essenoun ;

ABSTRACT

This study aims to compare between the northern phosphorites represented by Dj. Kouif and the southern from the Kef Essenoun deposit on their granulometric and morphoscopic characteristics in order to reconstruct the conditions of phosphatogenesis. Phosphatic particles are represented by pellets, coprolites and bioclasts which show a variation of sizes and cement nature (carbonate, clayey and siliceous) from a level to another and from one locality to another. The granulometric and morphoscopic analysis revealed that Djebel El Kouif's grains did not undergo a long displacement and they kept the original form. They are autochthonous, unlike those from the South of Tébessa phosphate particles', where the granulometric curves are monomodal and grains are dull blunted to round, showing the long transport path. They confirm their allochthonous aspect (reworkings) of these particles. These results can be used to model the genesis of phosphates in these two sectors

Keywords: Phosphate; Granulometry ; Morphoscopy; pellets; Coprolithes; Djebel El Kouif; Kef Essenoun;

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى المقارنة بين الفوسفات شمالي تبسة الذي يمثل جبل الكويف وفوسفات جنوب تبسة الممثل بمكمن كاف السنون على اساس الدراسة الحبيبية و المرفوسكوبيك لمعرفة شروط توضع هذا الفوسفات الذي يتكون اساسا من الحبيبات والكويروليت وبقايا عضوية. هذا الفوسفات يختلف حجمها الجسيمي وطبيعتها الاسمنتية (كلسي وطين وسليسي) من مستوى إلى آخر ومن منطقة إلى أخرى. كشف التحليل الحبيبي والقياس المورفولوجي أن حبيبات جبل الكويف لم تخضع للتنقل الطويل وحافظت على الشكل الأساسي. وهي أصلية ، على عكس جسيمات فوسفات جنوب تبسة ، حيث تكون المنحنيات الحبيبية ذات أحادية الشكل ، مع الحبوب كروية ملساء معبرة على مسار النقل الطويل. مما يؤكد ان هذا الفوسفات غير اصلي بل هو منتقل . هذه النتائج يمكن استخدامها لنمذجة نشأة الفوسفات في هذين القطاعين .

. كلمات البحث: الفوسفات. حجم الجسيمات. المرفوسكوبي، الكريات، الكويروليت، الأوعية الحيوية. جبل كوف، كاف السنون .