

**UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA**

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

**Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.**



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

***En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie***

**Option : Géologie Des Bassins Sédimentaires**

**THEME**

**Les phosphates de la région de Tébessa (Algérie orientale) : Etude comparative et implications sur la génèse.**

*Soutenu publiquement par :*

**M. LAROUCI Mohamed**

*Le ...../...../.....*

**Devant le jury :**

<b>Président :</b>	M. HACINI Messaoud	Prof Univ. Ouargla
<b>Promoteur :</b>	M. KECHICHED Rabah	M. A. A Univ. Ouargla
<b>Examineur :</b>	M. CHERIF Amine	M. A. A Univ. Ouargla

**Année Universitaire : 2015/2016**

# REMERCIEMENTS

*D'abord, je remercie ALLAH le tout puissant qui m'a éclairé mon chemin et qui m'a donné la force pour accomplir ce travail.*

*En tout premier lieu, je remercie vivement ma mère et mon père qui ont me donné tous les outils et les conditions de succès. Stimulation et de confiance et de soins et des dépenses, durant les dix-huit années d'études (1998-2016).*

*Merci pour ma chère grande mère youma yamina, vous étiez un professeur, le père, la mère, l'amie, et vous aviez tracé ma vie, après votre mort, je suis dans la perte, tu me manque !  
(رحمك الله.)*

*Un grand MERCI eu toutes les langues du monde : ( شكرا ; Thank you ; Merci ; Grazie ; 고맙습니다 ; Gracias ; Danke dir ...ect ) pour mon encadreur le plus cher à mon cœur comme un grande frère, Mr. KECHICHED Rabah qui m'a beaucoup aidé et soutenu durant mon parcours à l'université.*

*Je remercie affectueusement, le comité de jury d'avoir accepté l'évaluation de la qualité de ce mémoire.*

*Je remercie aussi tous mes enseignants depuis la ma première année jusqu'à ce jour là, pour tous les efforts déployés et pour les informations et la formation. Je m'excuse si un jour on n'a pas été à l'image. Vous allez me manquer beaucoup, MERCI encore une fois.*

*Je remercie mes frères et sœurs HICHEM et sa femme; ADEL et sa femme ; CHEMSEDDIN et sa femme ; ZAKARIA ; et le perle de mes yeux ABDELHAK pour leur encouragement. Et tout la famille LAROUC et ARROUSSI.*

*Je ne peux pas oublier jamais, mes chers frères et sœurs: BENAROUSSE Farouk et NASRI Seif Allah ; CHAMAM Asma. Et les membres de l'association de Ness el Khir Hassi Messaoud **MERCI MERCI MERCI** pour tous et pour vos encouragements.*

*Je remercie très spécialement de ma 2<sup>eme</sup> famille l'association de Ness el Khir Hassi Messaoud.*

*Je profite de cette occasion pour remercier, Madame BENARRACHE Souad la responsable du laboratoire de DRX au niveau de l'université de Laghouat pour l'aide et les encouragements permettant d'avoir de bonne résultats sur le plan minéralogique.*

*Je remercie tous les collègues de la promotion depuis 2011 jusqu's 2016 (1<sup>er</sup> année tronc commun ; 2<sup>eme</sup> 3<sup>eme</sup> licence ensembles sédimentaires ; 1<sup>er</sup> et 2eme master géologie des bassins sédimentaires). Aussi spécialement, mon cher ami BOUZIDI Aboubaker seddik.*

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

# SOMMAIRE

المخلص .....	I
Résume .....	II
Abstract .....	III
INTRODUCTION .....	1

## CHAPITRE I : GEOLOGIE REGIONALE

1. Geologie regionale de L'Atlas saharien oriental .....	3
1. 1. Localisation de l'Atlas saharienne oriental.....	3
1. 2. Stratigraphie de L'Atlas saharien oriental.....	3
1. 3. Cadre structural.....	10

## CHAPITRE II : GEOLOGIE LOCALE DES GISEMENTS PHOSPHATES DE TEBESSA

1. Geologie locale de Kef Essennoun .....	13
1. 1. Stratigraphie .....	13
1. 2. Tectonique.....	15
1.3. Caractérisation pétrographique en grains des phosphates de Kef Essnoun.	17
2. Géologie locale de la région Tébessa Nord (Djebel Dyr).....	21
2.1. Contexte litho-stratigraphique .....	21
2.2. Tectonique et paléogéographie .....	23

## CHAPITRE III : ETUDE PETRO-MINERALOGIQUE DES PHOSPHATES ET DE LEUR ENCAISSANT

1. Etude petro-mineralogique des phosphates de Dj. Dyr .....	26
1.1 Etude pétrographique des phosphates de Tébessa Nord (Dj. Dyr).....	26
1.2. Etude minéralogique des phosphates de Tébessa Nord (Dj. Dyr) .....	32

<b>2. Etude Petro-minéralogique des phosphates de Dj Onk.....</b>	<b>32</b>
2.1 Etude pétrographique des phosphates de Tébessa Sud (Kef Essnoun).....	34
2.2. Etude Minéralogique des phosphates de Tebessa Sud (Kef Essnoun).....	35
<b>4 . Conclusion .....</b>	<b>38</b>

## **CHAPITRE VI : ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES PHOSPHATES**

<b>1. Materiel et methodes .....</b>	<b>39</b>
<b>2. Définition des grains phosphates de Kef Essnoun Tebessa Sud .....</b>	<b>39</b>
2.1. La couche sommitale.....	39
2.2. La couche principale.....	40
2. 3. Définition des grains phosphatés.....	40
<b>4. Definition des drains phosphates de Djebel Dyr Tebessa Nord .....</b>	<b>41</b>
<b>5. Analyse granulométrique .....</b>	<b>43</b>
5.1. Principe et méthode.....	43
<b>6. Résultats Obtenues .....</b>	<b>43</b>
6.1. Kef Essenoun - bassin minier de Djebel el Onk (Tébessa Sud).....	44
6.2. Djebel Dyr (Tébessa Nord) .....	48
<b>7. Conclusion .....</b>	<b>53</b>
<b>SYNTHESE ET IMPLICATION SUR LA GENESE .....</b>	<b>55</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>56</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>59</b>
<b>Annexe 1 Généralités .....</b>	<b>62</b>
<b>Annexe 2 Mode opératoire de la confection des lames minces .....</b>	<b>68</b>
<b>Annexe 3 Mode opératoire d'étude en grains .....</b>	<b>70</b>
<b>Annexe 4 Traitement des données granulométriques .....</b>	<b>73</b>
<b>Liste Des Figures .....</b>	<b>IV</b>

<b>Liste Des Tableaux.....</b>	<b>VI</b>
<b>Liste Des Planches .....</b>	<b>VII</b>
<b>Liste D'annexes .....</b>	<b>VIII</b>

## المخلص

فوسفات منطقة تبسه يأخذ جزء من فترة (phosphatogénèse), و هذا خلال تاريخ (paléocène-éocène). تركز هذه الدراسة على المقارنة بين فوسفات شمال تبسه والممثل بجبل الدير و فوسفات الجنوب و الذي نمثله بالحقل الذات الالهيمية و المسمى بجبل "كاف السنون". هذه الدراسة تسمح لنا بتحديد السلوك و النمط (Pétrographique) للصخور الفوسفاتية المتواجدة , الجسيمات او الحبيبات الفوسفاتية تظهر لنا على شكل كريات و فضلات الاسماك و حبيبات عضوية اخرى و هذا حسب حجم الحبيبات و طبيعة المادة الذي ساهمت في تماسك هذه الاخير مع بعضها البعض (الكربوناتى , طينية و سليكونية ) . حيث اننا نجد اختلافا و تفاوتات من مستوى إلى الآخر ومن مكان إلى آخر . الدراسة المعدنية ( La ) (minéralogie) للفوسفات التي قمنا بها و بمساعدة تحاليل اشعة (DRX) . هي دراسة ساهمت و بشكل كبير في تحديد المعادن الموجودة في عينات الفوسفات لمنطقة تبسة , حيث ان المعادن الموجودة في تتمثل عامة في ( الهيدروكسيد اباتيت – كربونات فلور اباتيت ) في كلتا المنطقتين الشمالية و الجنوبية مع وجود معادن تابعة دخيلة (exo-gangue) : الدولميت و الكوارتز ) . تم تحليل الحبيبات (granulométrie) بواسطة منحنيات تراكمية ونسبية بينت لن سوء تصنيف الجسيمات , اعدادات التحليل الحبيبي تم حسابه بواسطة نظرية " فولك و وارد " حيث سمحت لنا هذه الاخيرة بتفسير احسن المواصفات و النتائج , كما ان وسيلة نقل الحبيبات تم دراستها بواسطة منحنيات الاحتمالات , كما يبدو ان العناصر المشكلة لهذا النوع من الصخور الفوسفاتية انتقلت بطريقة القفز , اما بالنسبة للمجسمات او الحبيبات للمنطقة الجنوبية تظهر لنا على شكل ( arrondies et émoussées ) فهو نتيجة انتقال لمسفات طويلة على غرار حبيبات الجنوب التي اخدت الشكل المثالي الغير منتظم و الذي نفسره بانتقال لمسفات قصيرة . مجموعة النتائج تشير الى ان فوسفات المنطقة الجنوبية ذات طبيعة (allochtone) عكس فوسفات المنطقة الشمالية لتبسة فهو ذات طبيعة (autochtones) .

**كلمات مفتاحية:** فوسفات ; تحاليل الحبيبي ; كوبوليت ; جبل كاف السنون ; جبل الدير ; تبسه ; الجزائر

# RÉSUMÉ

Les phosphates de la région de Tébessa fait partie d'une large période de phosphatogénèse durant le Paléocène-Eocène. Cette étude est focalisée sur la comparaison entre les phosphates du nord représentés par Dj. Dyr et les phosphates de du Sud avec le gisement important de Kef Essenoun. Cette étude a permis d'identifier le comportement pétrographique des roches phosphatées et de leurs encaissant. En effet, les particules phosphatées se manifestent par des pellets, des coprolithes et des bioclastes dont la granulométrie et la nature de liant (carbonaté, argileux et siliceux) varient d'un niveau à l'autre et d'une localité à l'autre. La minéralogie des phosphates a été éclairée à l'aide de la diffraction des rayons X. Cette dernière a montré que les minéraux phosphatés sont représentés par l'hydroxyapatite et carbonate fluor-apatite dans les deux zones avec des minéraux accessoires (exo-gangue : dolomie et quartz). L'analyse granulométrique à l'aide des courbes cumulatives et relatives a montré le mauvais classement des particules. Les paramètres granulométrique ont été calculés selon Folk et Ward permettant une meilleure caractérisation granulométrique. Le mode de transport a été étudié par le biais des graphes de probabilités. Il ressort que les éléments figurés des roches phosphatés sont transportés par un mode de saltation. Les particules de sud sont arrondies et émoussées indiquent un transport long tandis que celle du Nord sont non usées et anguleux traduisant un transport court. L'ensemble des résultats suggère que les phosphates du sud sont allochtone contrairement aux phosphates du Nord qui sont autochtones (arguments de terrain, pétrographique, granulométrique, ...etc.).

**Mot- clés :** Phosphate ; Granulométrie ; Pellets; Coprolithes ; Djebel Dyr ; Kef Essenoun ; Tébessa; Algérie.

# ABSTRACT

Phosphorites from the Tébessa region are a part of a large period of phosphatogenesis during the Paleocene-Eocene. This study is focused on the comparison between the northern phosphorites represented by Dj. Dyr and the Southern with the giant deposit of Kef Essenoun. This study highlights the petrographic behavior of phosphate rocks and their covering beds. Indeed, phosphatic particles are represented by pellets, coprolites and the bioclastes, of which the granulometry and the nature of the cement (carbonate, clay and siliceous material) vary from one level to another and from one locality to another. Phosphorites mineralogy was clarified using the X-ray diffraction. This latter has shown that phosphatic minerals are represented by hydroxyapatite and carbonate fluor-apatite in both zones with accessory minerals (exo-gangue: dolomite and quartz). The granulometric analysis using the cumulative and relative curves showed a poor sorting of particles. Folk and Word methods allow the granulometric characterization and to calculate their parameters. Transport mode was studied through probability graphs. It appears that the formed elements of phosphate rocks are transported by saltation mode. South particles are rounded and blunt indicating long transport while the northern are sharp and angular indicating a short transportation. The overall results suggest that southern phosphates are allochthonous, whereas, the northern are likely autochthonous according to many arguments (outcrops arguments, petrographic, granulometric, etc.).

**Keywords :** Phosphosphorite ; Granulometry ; pellets ; coprolites; Djebel Dyr; Kef Essenoun; Tébessa; Algeria.





# I NTRODUCTION G E N E R A L E

La région de Tébessa représente un district minier, car elle renferme un grand nombre des gisements métalliques et de substances utiles associés aux contextes sédimentaires. Parmi ces substances : les phosphates naturels qui se concentrent au niveau du sud de Tébessa en particulier, du bassin minier de Djebel Onk dont les ressources peuvent atteindre deux (2) milliards de tonnes avec plusieurs gisements (Kef Essenoun, Bled El Hadba, ...etc). La région de Tébessa Nord contient aussi des phosphates et qui sont exploités partiellement à Dj. El Kouif et à Dj Dyr. Néanmoins, les ressources en phosphates sont faibles, mais l'intérêt à l'étude des conditions de dépôt présente un intérêt primordial. C'est dans cette optique, ce mémoire est proposé pour l'étude comparative sur le plan pétro-minéralogique et granulométrique. Le gisement de Kef Essenoun - Bled El Hadba et de Dj. Dyr ont été retenus pour Tébessa Sud et Nord respectivement. Ces phosphates d'origine marine sont d'âge paléocène-éocène. Ils représentent une partie d'une large période de phosphatogénèse au Nord d'Afrique et au Moyen orient. L'objectif de cette étude comparative vise à retracer les conditions de la mise en place de ces phosphates. Pour cela un travail de laboratoire a été effectué sur des échantillons, qui consistent à la réalisation des lames minces pour une étude microscopique et des analyses de rayons X sur les poudres phosphatées pour éclaircir la minéralogie. L'analyse granulométrique a fait une grande partie de ce mémoire dont l'objectif est de déterminer les paramètres granulométrique et la caractérisation du mode de transport.

Ce mémoire est composé de 4 chapitres à savoir :

- Le premier chapitre est consacré pour la présentation de la géologie régionale de l'Atlas Saharien Oriental ;

-Le deuxième chapitre s'enchaîne avec le premier pour présenter la géologie locale de Kef Essenoun comme un exemple des phosphates du Sud de Tébessa. La géologie locale de Djebel Dyr a été prise comme un exemple pour les phosphates de Tébessa Nord.

Le troisième chapitre s'intéresse à l'étude pétro-minéralogique à l'aide de l'examen microscopique des lames minces des deux secteurs d'étude. Un suivi de l'évolution spatiale des faciès ainsi la comparaison des deux secteurs est l'objet de ce chapitre. La minéralogie des phosphates a été éclaircie par la diffraction des rayons X.

Le quatrième chapitre s'enfonce à l'étude des particules et l'aspect des grains phosphatés avec la description de ces grains sous la loupe binoculaire et l'analyse granulométrique dans un contexte comparative entre les deux secteurs d'étude.

Les résultats obtenus en faveur de ce mémoire représentent une contribution fondamentale à l'étude des conditions des dépôts de phosphates dans la région de Tébessa d'une part et la paléogéographie des phosphates algéro-tunisiennes.

# CHAPITRE I

## GEOLOGIE REGIONALE

### 1. GEOLOGIE REGIONALE DE L'ATLAS SAHARIEN ORIENTAL

#### 1. 1. Localisation de l'Atlas saharienne orientale

L'Atlas saharien est une zone bien individualisée et structurée surtout la partie orientale (Dubourdiou 1956, Thiéberoz et Madre 1976, Chikhi Aouimer, 1982, Belhacène-Ndjari, 1984). Elle se trouve entre la plate forme saharienne, relativement stable au Sud, et l'Atlas tellien 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).

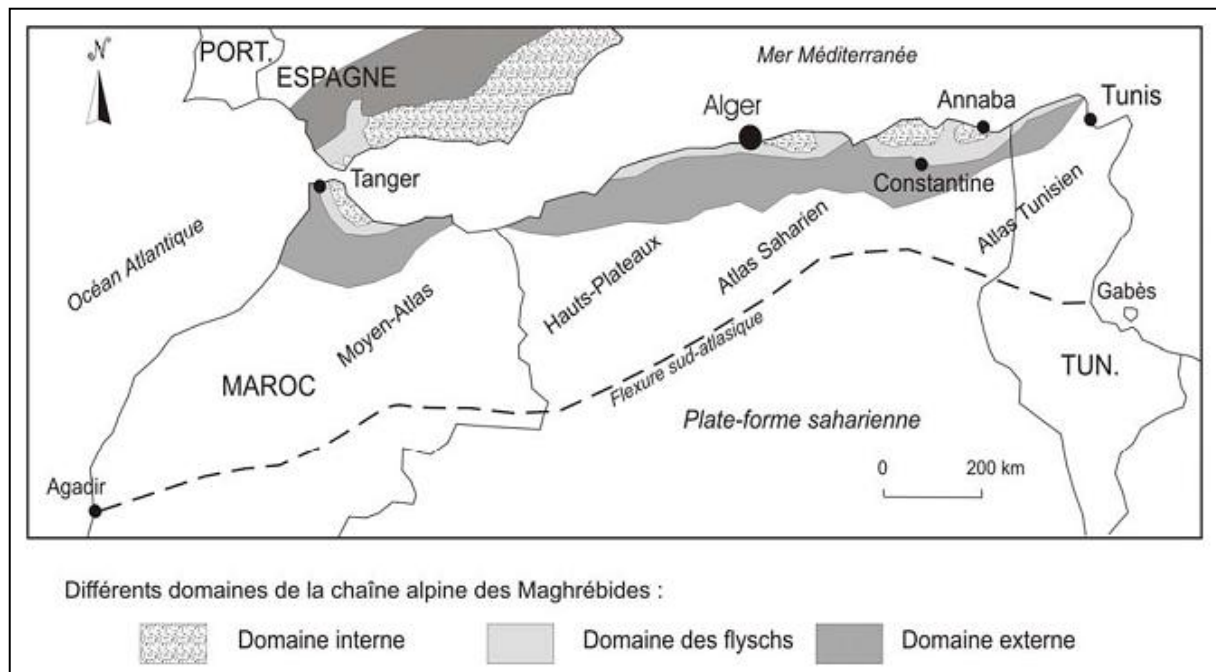
D'un vue de géographique, l'Atlas saharien inclut d'Est en Ouest les Monts de Nemmamcha, les Aurès, le Mont du Mزاب, le Djebel Boukahil, le Mont de Oued Nail, les Monts de Ain Yaghout, et les séries orientales des confins algéro-tunisien (le Mont Morsott et le Mont de Mèllegue) (Fig. 1).

Ce sillon mésozoïque de plongement WN et d'inclinaison qui s'accroît au cours des temps géologique 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 manquée vis-à-vis les régions qui l'encadrent. (Mémoire d'étude pétrographique et sédimentologique de profile paléo-éocène dans la massif (djebel Dyr).

#### 1. 2. Stratigraphie De L'atlas Saharien Oriental

Plusieurs études concernant la géologie de Mèllegue ont été déjà publiées (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 Mèllegue 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. 2).



**Fig. 1** : Schéma des unités structurales d'Afrique du Nord (modifié d'après Durand Delga et Fontboté, 1960).

### 1. 2. 1. Trias

Généralement le Monts de Mellégue 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, Mesloula 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).

		Lithologie	Epaisseur (m)	Description lithologique	
CENOZOIQUE	Quaternaire		⑥ 10-30	Dépôts clastiques d'origine continentale.	
	Néogène	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.
	CRAÏOÏQUE	Maastrichtien		250-300	Calcaires gris clairs, calcaires crayeux et marnes argileuses avec intercalation d'argiles dans la partie supérieure.
			Campanien	500-600	Marnes argileuses gris-foncées et des calcaires blancs dans la partie moyenne et supérieure.
		Santonien	Con-Sant.	500-600	Marnes argileuses grises et grises bleuâtres.
			Turonien	180-250	Calcaires en bancs, partiellement marneux à teinte noire et gris-foncée.
		Cénomanien		900-1000	Marnes gris-verdâtres et grises dans la partie supérieure, avec intercalations de calcaires marneux.
			Vraconien	500-600	Marnes et marnes-argileuses avec intercalations de calcaires argileux et argilites.
		Albien	Clans	100-200	Marnes grises, gris-jaunes partiellement avec des intercalations de calcaires.
Aptien			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.	
Barrémien			< 250	Calcaires et dolomies, argilites et argiles dans la partie supérieure (Grès à Mesloul).	
Jurassique			?	Formations marno-gypsifères bariolées avec peu d'intercalations de grès à grains fins, dolomies et calcaires marno-dolomitique.	
Trias		< 700	Formations marno-gypsifères bariolées avec peu d'intercalations de grès à grains fins, dolomies et calcaires marno-dolomitique.		

Fig. 2 : Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellège. (D'après : Dubourdieu 1956, 1959; David 1956; Madre 1969; Fleury 1969; Thiéberoz et Madre 1976; Chikhi 1980; Otmanine 1987; Bouzenoune 1993 et Vila et al., 2000, in Sami, 2004).

## 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 (Mesloulou, 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 100 à 200m.

### *d) Albien*

Dubourdiou (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 Hameïma (Dubourdiou, 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 (Burollet, 1984).

A Boukhadra, Dubourdiou (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 Mesloul, 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) Cénomanién***

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 feuilletés, 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***

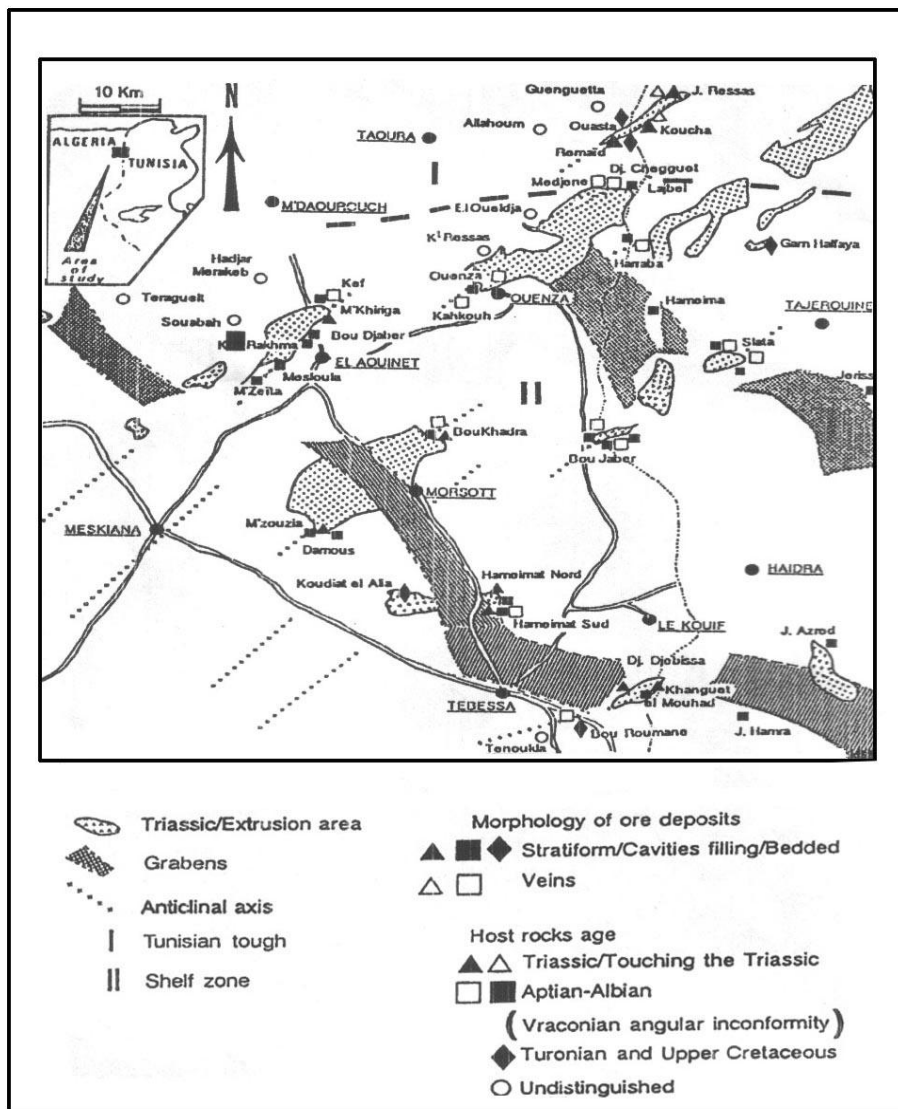
Les dépôts du Miocène inférieur et moyen reposent transgressivement sur les formations anciennes (Albien-Sénonien et même sur le Trias). Il s'agit d'une puissante accumulation de marnes et de grés dont l'épaisseur peut atteindre dans le bassin de Ouled Soukiès (NW de l'Ouenza) 1000 m (Dubourdieu, 1956; 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 (Dubourdieu, 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 (Dubourdieu, 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. 3 :** 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 (Ouled Kseub, 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 dominent 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 Mesloula.

### **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 Ouled Boughanem, 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 II

# GEOLOGIE LOCALE DES GISEMENTS PHOSPHATEE DE TEBESSA

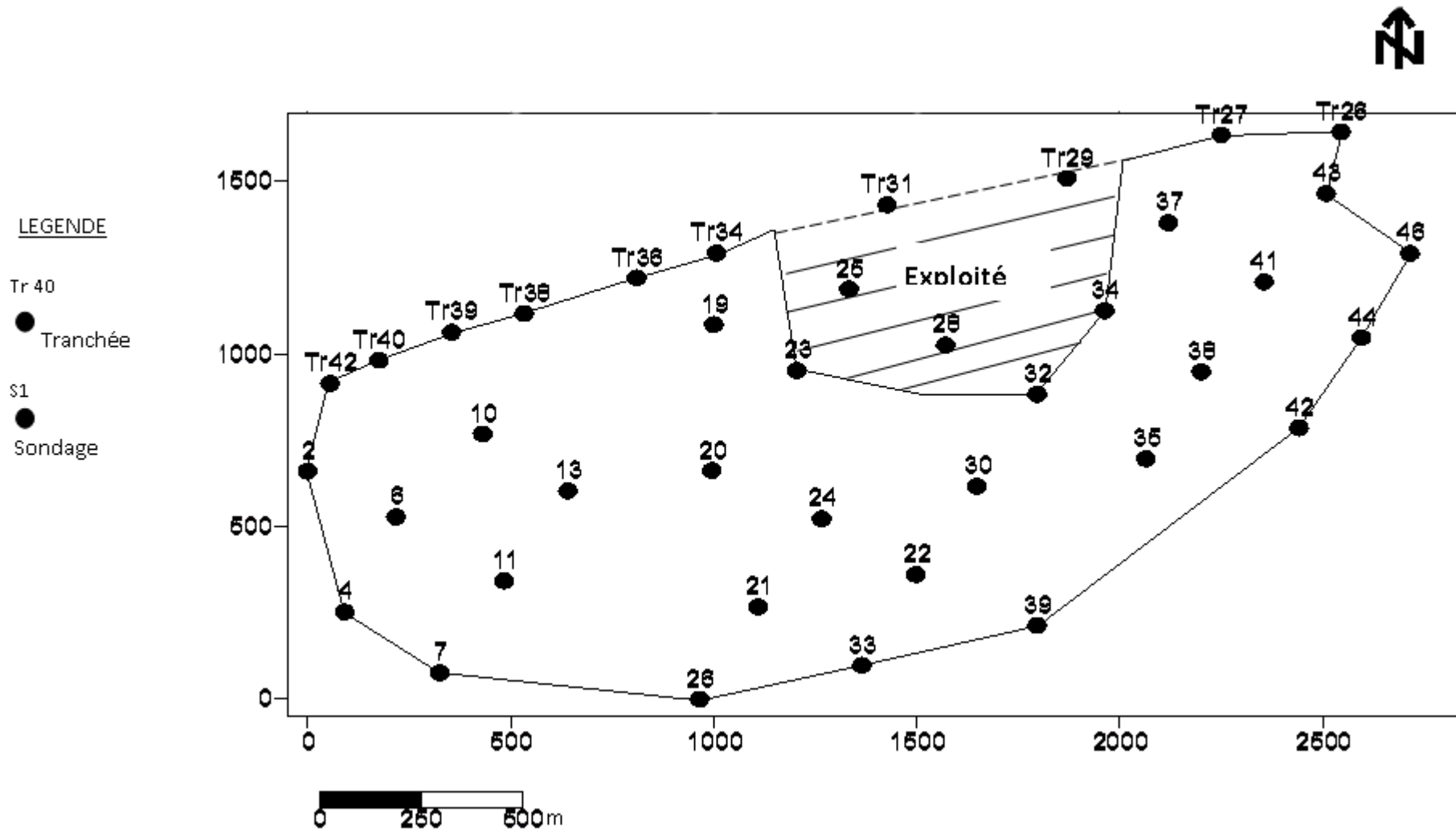
## 1. GEOLOGIE LOCALE DE DJ. KEF ESSENNOUN

### 1. 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 rencontré à Kef Essennoun mais s'indifférencie, cependant, par une épaisseur verticale plus importante du faisceau phosphaté. 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. (Dass Amieur, 2012)

- Le Thanétien inférieur est représenté par une série de marnes schitifiées 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. (Dass Amieur, 2012)



**Fig. 4 :** Situation des sondages et tranchées du gisement de Kef Essennoun – Djebel Onk – Algérie Orientale-

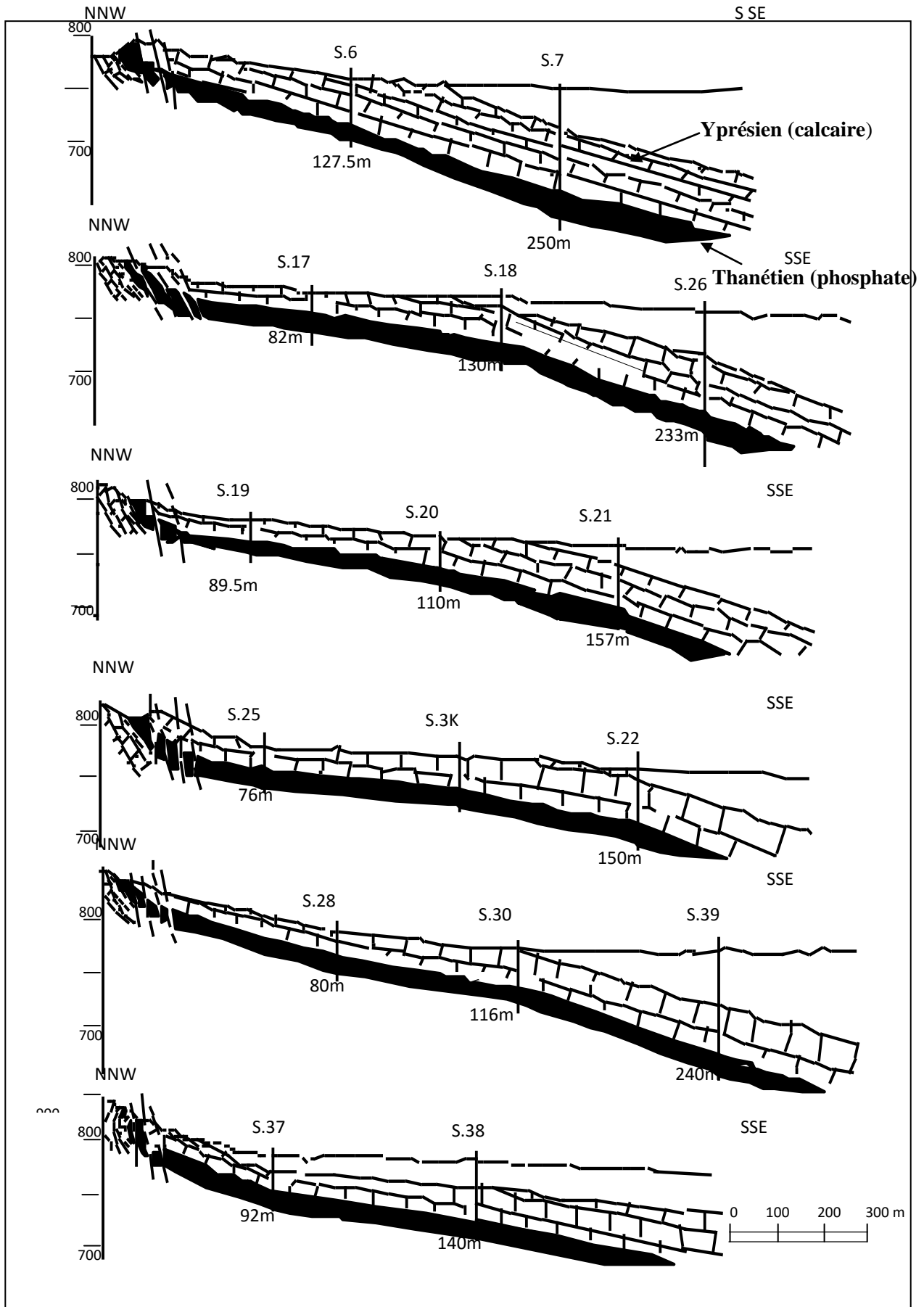
- Le Thanétien supérieur est représenté par la couche productive, il a fait l'objet d'une étude poussée. Les résultats de cette étude sont présentés dans la partie minéralisation

## 1. 2. Tectonique

A l'issu 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. (Dass Amieur, 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. (Dass Amieur, 2012).



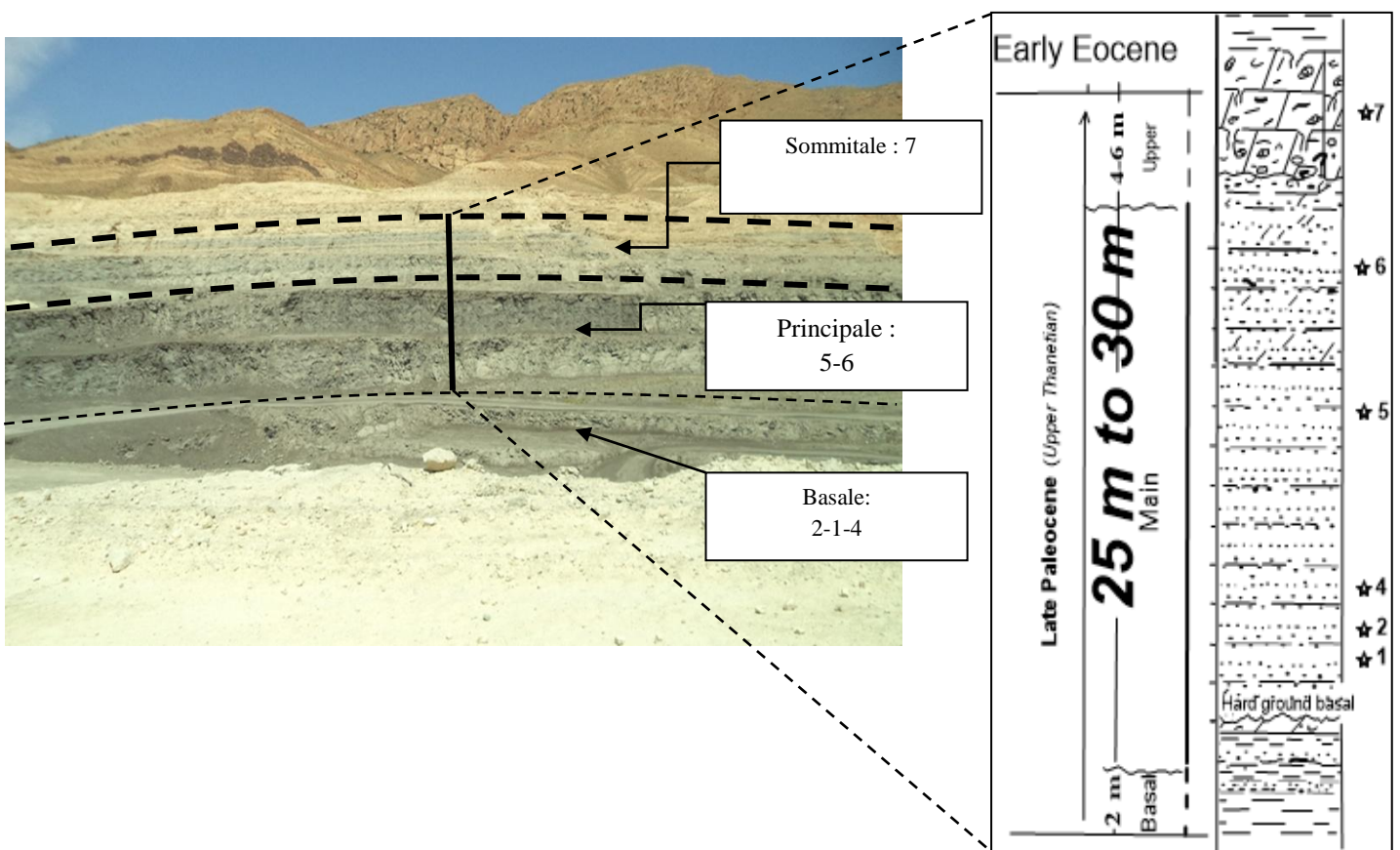


**Fig. 5 :** Coupe géologique schématique du gisement de Kef Essennoun (Cielensky et Benchernine, 1987).

### 1.3. Caractérisation pétrographique en grains des phosphates de Kef Essnoun

#### 1.3.1 Prélèvement des échantillons

Les échantillons ont été prélevés dans la mine de Kef Essnoun en avril 2014, au total ; 8 échantillons représentent les couches : sommitales ; principales et basales. (Fig.6) montre un plan d'échantillonnage au niveau de la mine. Notre étude sera focalisée essentiellement sur les échantillons suivants : (7) de la couche sommitale (Planche I) ; (5-6) de la couche Principale (Planche II) ; (2-1-4) de la couche basale (Planche III).



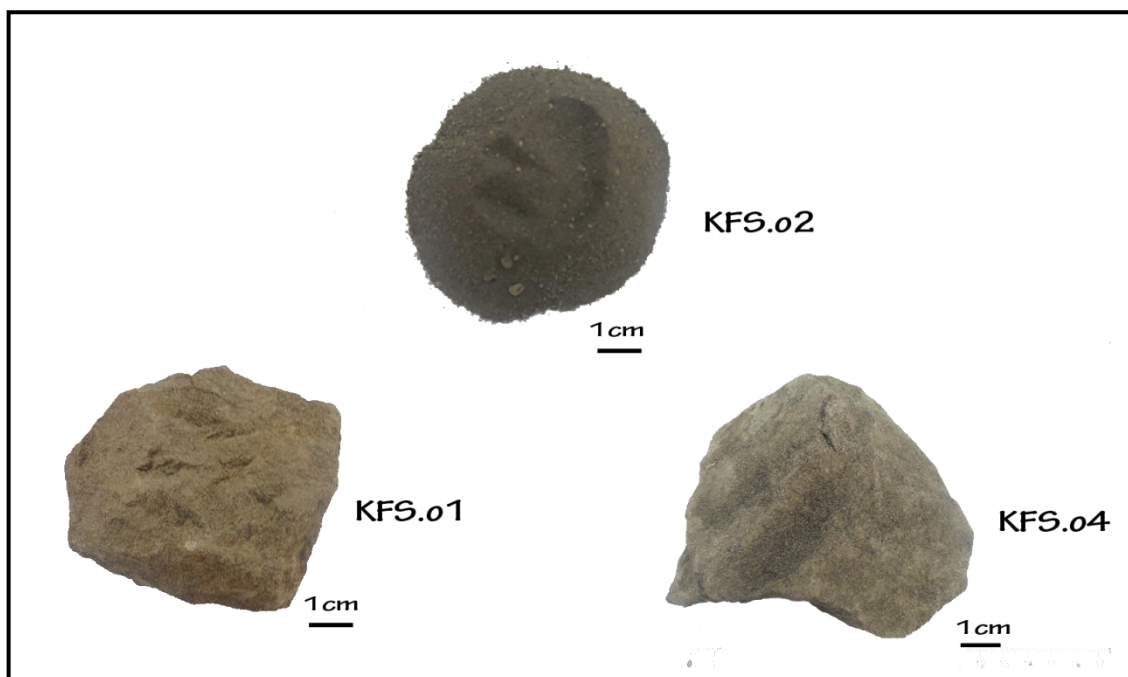
**Fig. 6 :** Localisation des échantillons prélevés au niveau de Kef Essenoun.

### 1.3.2 Etude macroscopique

#### a) Couche basale

L'observation macroscopique des échantillons de phosphates provient de la couche basale, a montré l'existence d'un faciès phosphaté de couleur noire (échantillons : KFS2-KFS3) avec une granulométrie hétérogène (100  $\mu\text{m}$  à 1000  $\mu\text{m}$ ). La couleur noire est due à la présence de la matière organique. Ce faciès est plus ou moins riche en grains phosphatés (KFS4).

#### PLANCHE I : Les échantillons prélevés de la couche basale



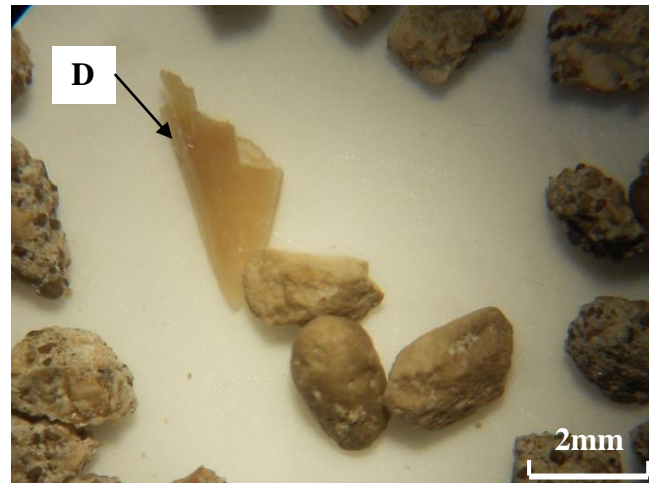
#### b) Couche principale

L'observation macroscopique des phosphates montre une abondance en grains phosphatés et diminution des ciments argileux et carbonatés ou constate l'existence de deux faciès à savoir :

- Facies 1 : Phosphate beige, friable avec un aspect sableux, de ciment carbonaté et argileux, pauvre en matière organique et riche en grains phosphatés (KFS5). Nous constatons l'existence des pellets et des coprolithes. La granulométrie est légèrement homogène (50  $\mu\text{m}$  à 500  $\mu\text{m}$ ).

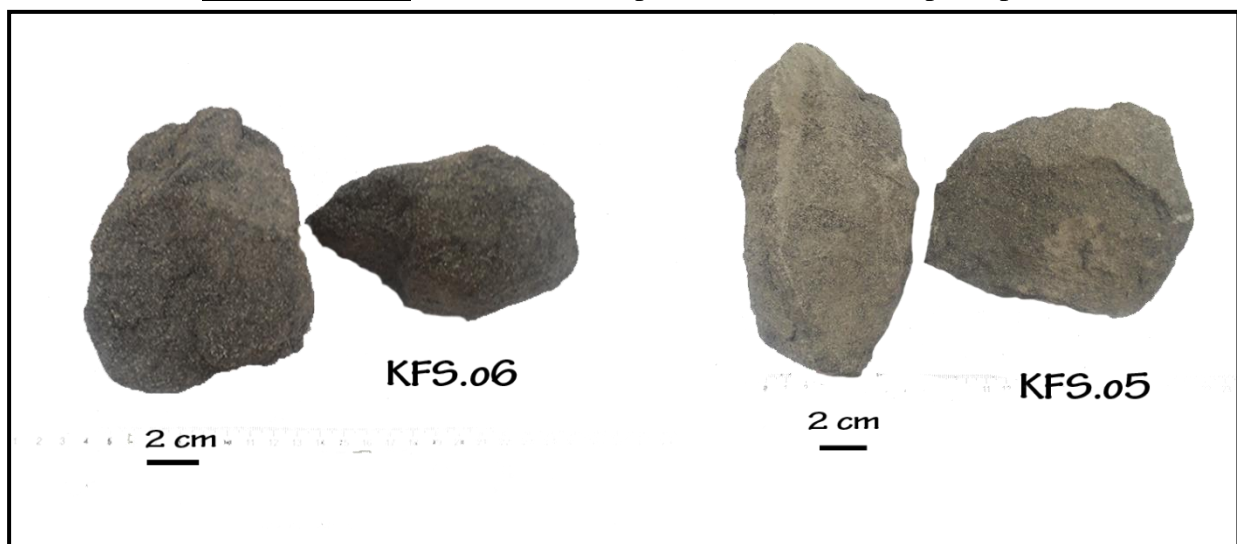
- Facies 2 : Phosphate noire riche en matière organique, friable avec un ciment argileux, pauvre en grains phosphatés (KFS6). Nous constatons l'existence des pellets arrondis et des coprolithes. La granulométrie est légèrement homogène (50  $\mu\text{m}$  à 500  $\mu\text{m}$ ).

Les dents de poissons sont rencontrés dans ces deux faciès en différentes tailles (Fig.7).

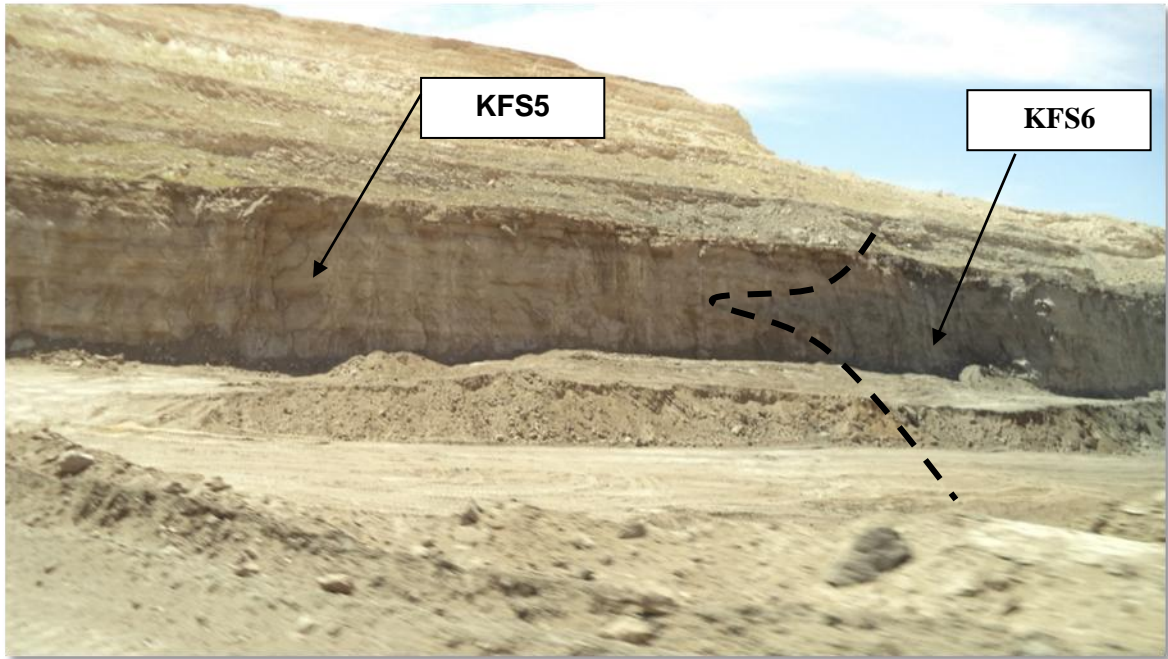


**Fig 7** : les dents de requins

**PLANCHE II** : Les échantillons prélevés de la couche principale



Au niveau de la mine, on remarquée un changement latéral, d'un faciès a l'autre au niveau de la couche principale (Fig. 8).

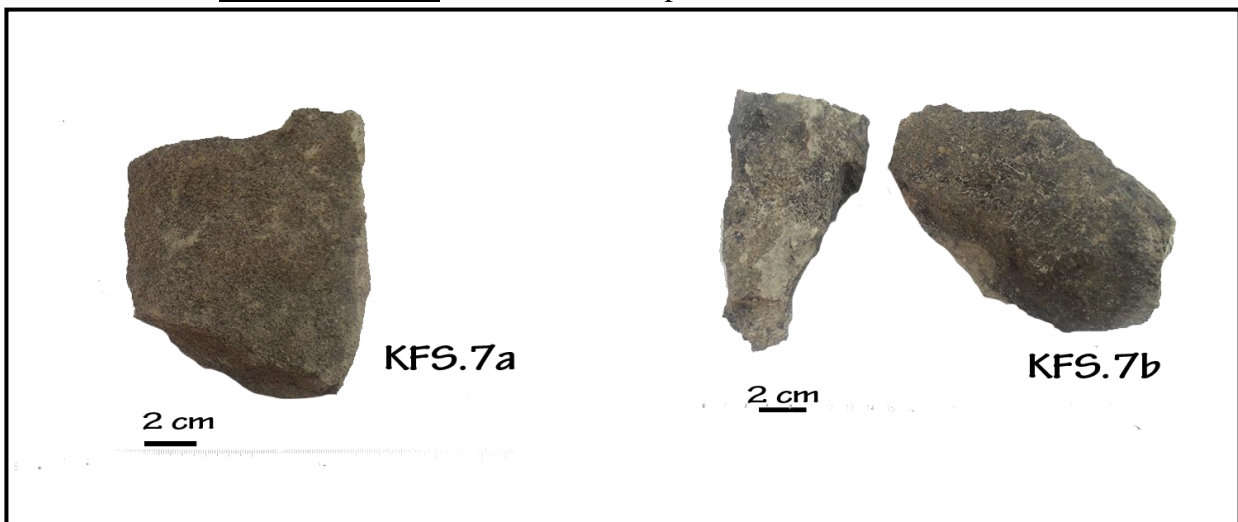


**Fig. 8:** Changement latéral des faciès du faciès 1 (phosphate beige) au faciès 2 (phosphate noire).

*c) Couche sommitale*

Les phosphates de la couche sommitale au niveau de la mine sont de couleur bruns clairs, parfois foncés pauvres en grains phosphatés, ces phosphates sont durs et riche, de ciment nature carbonaté. La granulométrie est hétérogène varient de 50  $\mu\text{m}$  à plus 1 mm.

**PLANCHE III** : Les échantillons prélevés de la couche sommitale



## **2. Geologie locale de la region Tebessa Nord (Djebel Dyr)**

Le secteur d'études Djebel Dyr font partie de l'atlas saharien oriental, est situé à 20 Km au Nord-est de Tébessa et à 11 Km au Nord-Ouest du Kouif elle situe de la région de Morsott, Ce gisement, découvert en 1883, a fait l'objet de nombreuses études. La description lithologique des profils étude a permis de montrer principalement, un faisceau phosphaté encaissé par des formations carbonatées parsemées de silex. Le plateau du Dyr est un fragment de synclinal éocène inferieur dont le prolongement du plissé retrouve au Djebel-Tazbent.

### **2.1. Contexte litho-stratigraphique:**

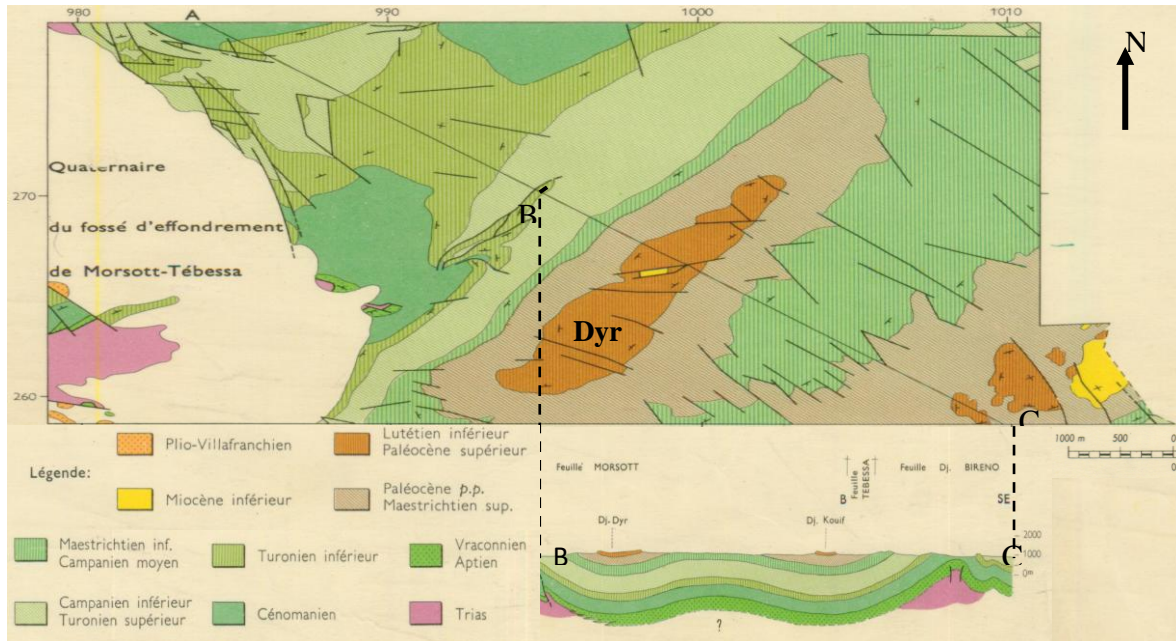
Les principaux formations géologiques rencontrées sont :

#### **a- Danien**

Est formé de 75 à 100 m de calcaires argileux gris clair, un peu crayeux, en petits bancs a surfaces ondulées, alternant avec des marnes grises.

#### **b- Montien**

Il a l'épésseur 200 m en moyens de marnes grises, homogènes, au sommet desquelles apparaissent de rares bancs de calcaires argileux gris et de minces niveaux phosphaté. Une riche lumachelle a Huître.



**Fig .9 :** Carte géologique de zone d'étude (*Dry*) (Bles, J, L. Fleury, J, J. 1970).

**c- thanétien :**

Il a 20 m en moyenne (40 m as sud Djebel Dyr) de calcaires argileux en petits bancs souvent noduleux, à silex. Ces calcaires admettent à leur partie inférieure des intercalations phosphatées. A leur base, se trouve la couche de phosphaté. constituée le plus souvent de deux assises de 1 à 2 m d'épaisseur chacune.

**d-Lutétien inférieur – Yprésien :**

Il a 150 m environ de bancs épais (1m et plus) de calcaires massifs, a gros silex, Huîtres et lumachelle de Nummulites – abondantes au djebel Dyr.

**e-Miocène continental « me » :**

Ces formations du miocène continentale sont représenté par endroits avec des conglomérats a, par des argiles rouges ou bariolées. La série Miocène, continentale repose indifféremment sur les calcaires ou sur les marnes éocènes.

Les formations du quaternaire sont représenté par limon et des éboulis de pente

## 2.2. Tectonique et paléogéographie :

Le secteur d'étude est un synclinal à cœur très larges (à fond plat), alternant des anticlinaux étroits coffres généralement ces structures montrent des directions axiales orientées **WNW – SES**. Les structures sont recoupées par de rares failles mais de grands accidents transversaux qui importantes. Ces structures sont antérieures au Miocène et auraient commencé au campanien pour atteindre leur phase paroxysmale au lutétien.

L'horizon phosphate du paléocène supérieur précédé 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 absent au Kouif mais formant par la quasi-totalité des calcaires du Djebel Dyr compression dont la première manifestation se sent traduites par la formation de fracture conjuguée à intersection vertical (direction NW-SE, dextres et N-S, sénestres) puis de fracture à intersection horizontale pourront être exagérées en véritables failles inverses lors de la formation des plis concentrique de la phase paroxysmale.

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'éocène au SE d'une flexure d'orientation NE-SW, témoin probable d'un rejet d'un accident profond.

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 éocène. Cette dernière phase de compression est suivie de la formation d'une nouvelle surface d'érosion que les failles bordières des fosses tectoniques de Morsott recoupent nettement. Le remplissage de ces fossés et constitué par des sédiments continentaux attribués au Plio-Villafranchien et au Quaternaires récent. Des glissements par gravité se sont produits des avant le Miocène, jusqu'à période actuelle. Développés en bordure des reliefs, ils ont certainement suivi chaque stade de leur formation.



# CHAPITRE III

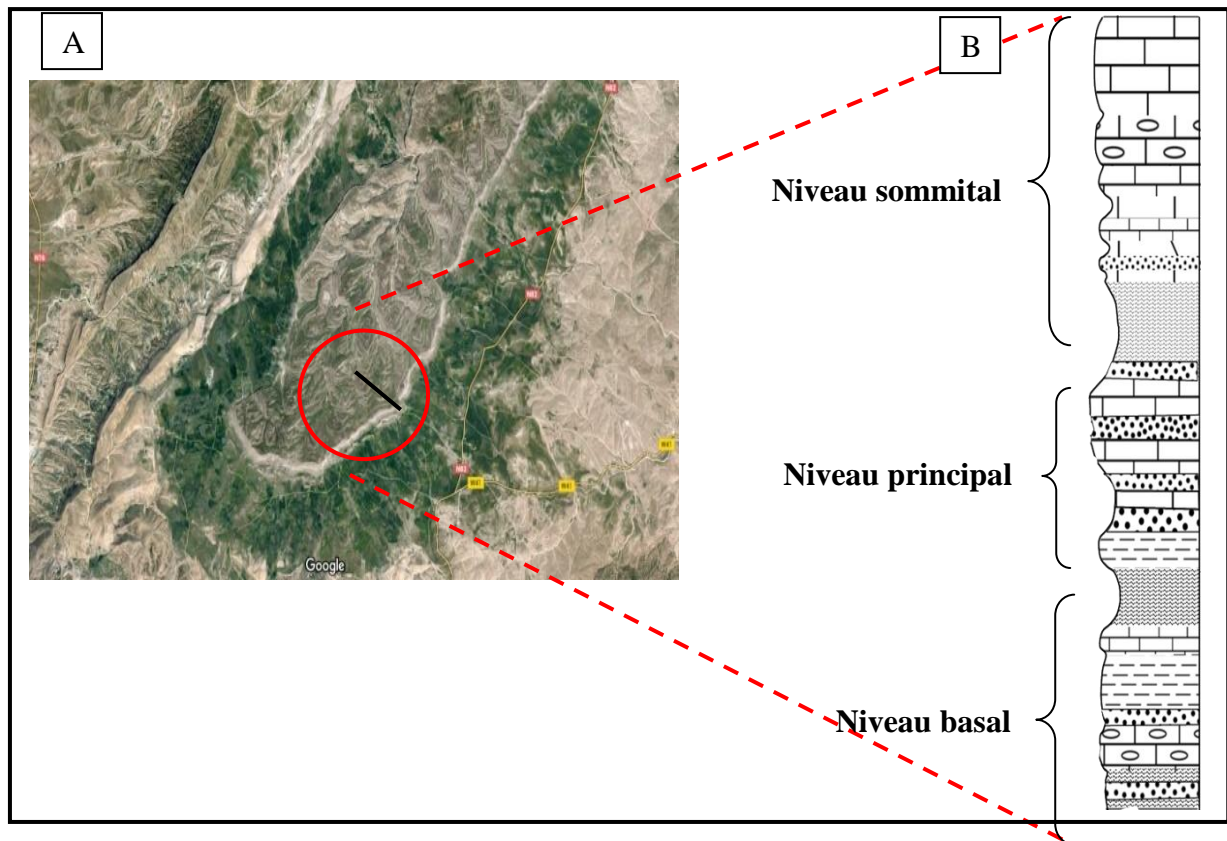
## ETUDE PETRO-MINERALOGIQUE DES PHOSPHATES ET DE LEUR ENCAISSANT

### 1. ETUDE PETRO-MINERALOGIQUE DES PHOSPHATES DE DJ. DYR

#### 1.1 Etude pétrographique des phosphates de Tébessa Nord (Dj. Dyr)

L'étude pétrographique des phosphates a été effectuée à l'aide de la confection et l'étude des lames minces. Au total quatre coupes sur Dj. Dyr ont été échantillonnées et documentées soigneusement. Cependant cette étude a été faite sur la coupe 2 localisée au S-W de Dj. Dyr. Les coordonnées géographiques de cette coupe sont (Fig. 10) :

- Les coordonnées de la coupe (2) en GPS : **X** : 35°, 33, 808. **Y** : 08°, 13, 120.

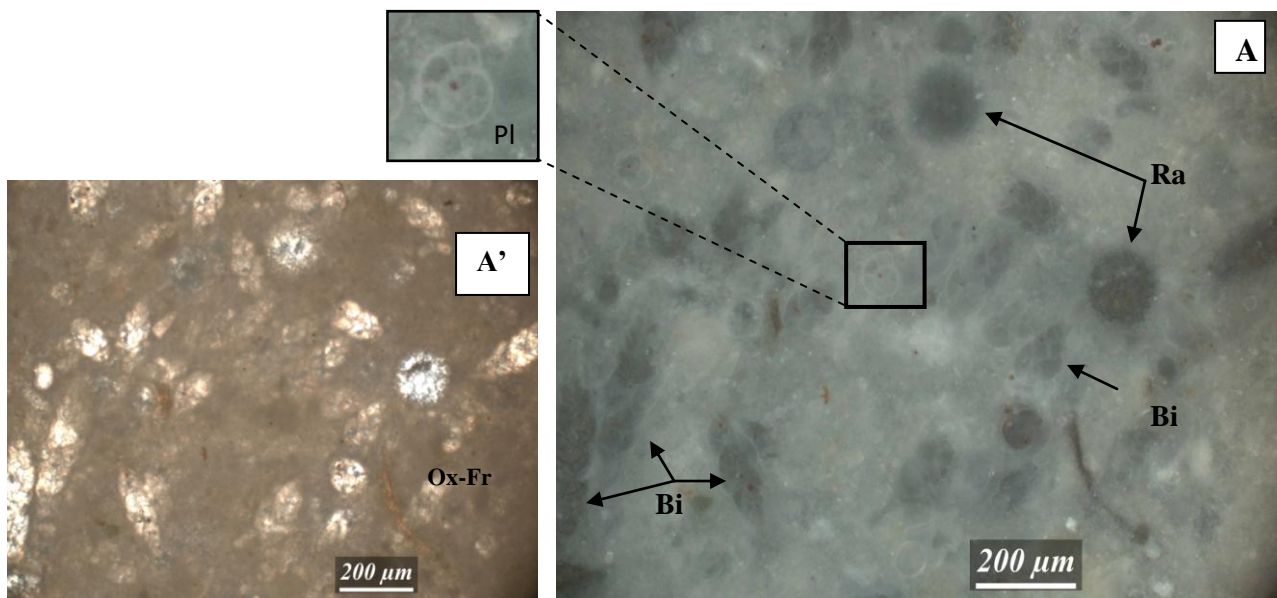


**Fig. 10:** Plan d'échantillonnage de la coupe (2) Dj. Dyr. (A) : Photo satellitaire, (B) : la coupe géologique schématique.

D'une manière générale, cette coupe montre une succession de faciès, marneux à la base, phosphatés puis calcareux et siliceux au sommet (Fig.10. B). L'objectif de cette étude est d'étudier la pétrographie des phosphates ainsi de leur encaissant. Nous présentons une description pétrographique des formations rencontrés ainsi les implications des environnements de dépôt ; du bas en haut, on distingue :

### 1.1.1. Formation carbonatée (Base)

Ce faciès représente l'encaissant des phosphates. Il est généralement, centimétrique à métrique. Les lames ont été confectionnées sur les calcaires et dolomies. Au total, 3 lames ont été réalisées notées **C2D2** ; **C2D1** ; **C2D4**.



**Fig. 11** : Lame C2D1 en lumière réfléchie (A) et lumière naturelle (A') montrant une calcaire bio-micrite riche en foraminifères : Ra : radiolaire ; Bi : foraminifères (Bisérielé). ; Pl: Planispiralé (Rotalina)

a) **Lames C2D2 ; C2 D1** : Elle montre une calcaire bio-micrite à foraminifère (**benthique**). Ces foraminifères sont représenté par les : Globigérines ; les inosérie et les bisériés ; les Miliolids ; les radiolaires. La texture wackestone. (Planche IV). Il est à noté que l'identification des genres des foraminifères était difficile à cause leur mal préservation d'une part et les sections sur lame minces de l'autre part.

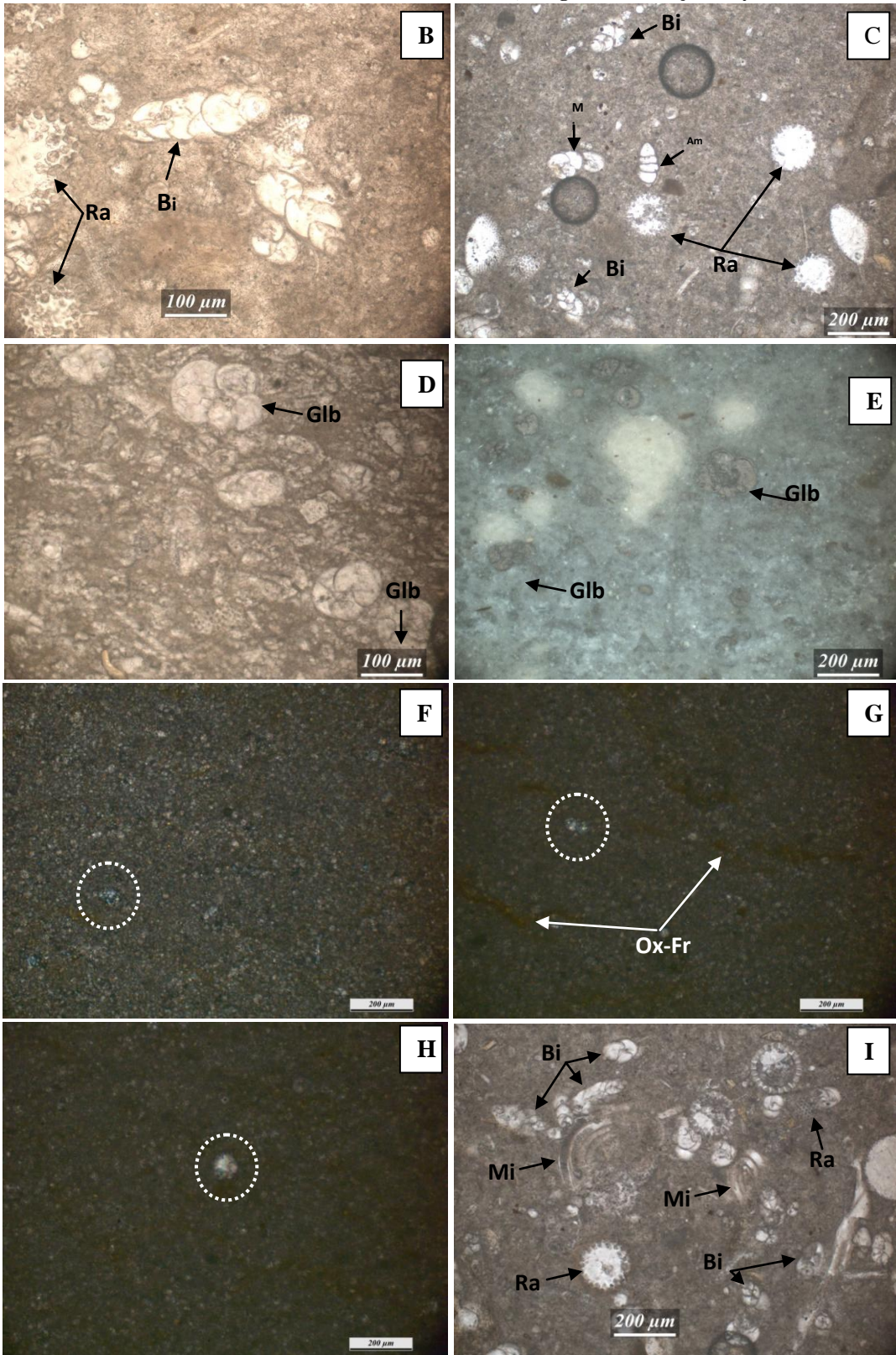
**b) lame C2D4 :** Cette lame montre un calcaire micritique (Une mudstone). Des rhomboèdres de dolomie se manifestent traduisant une légère dolomitisation des calcaires micritiques (**Planche IV. F**). Des foraminifères mal préservés sont aussi rencontrés (**Planche IV. F, E, G**). On note la présence des oxydes de fer témoignant d'une altération (**Planche IV. F,G**). D'autres photographes sont présentés au Planche IV.

**-Interprétation (Planche IV) :**

Cette formation qui représente l'encaissant basal de la formation phosphatée caractérise un milieu profond avec une faible énergie.

**PLANCHE IV : Formation Carbonatées à la base**

Observations en lumière naturelle (LN).[ B.C.D.F.G .H.I] et lumière réfléchie (LR) [E] de lames minces dans des échantillons carbonatés riche en foraminifères, du gisement de djebel Dyr.

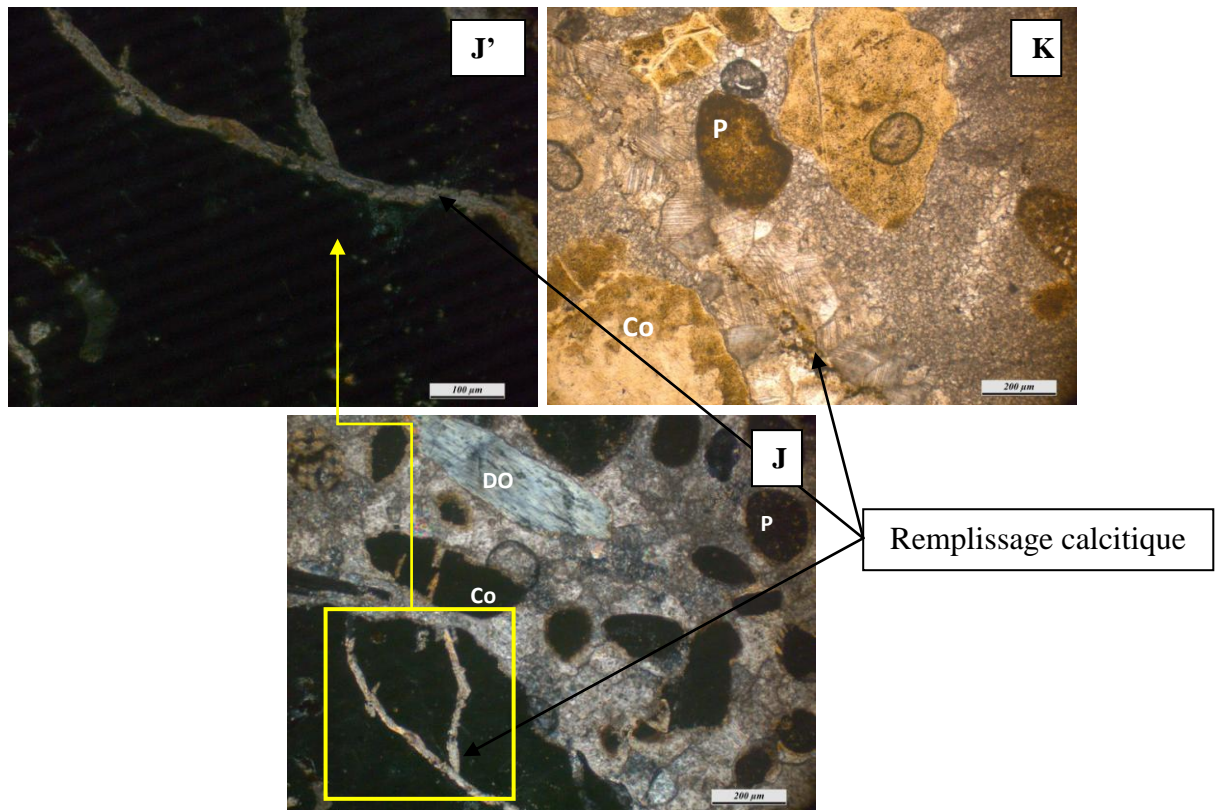


**B.:** photographes du lame C2D1 montrant une bio-micrite ; **C,D,E,I:** lame C2 D2. ; **F,G,H:** C2 D4.  
**Bi :** foraminifères (Bisérié : *Textularia*) . ; **Glb :** Globigérina. ; **Mi :** Miliolida ; **Ra :** radiolaire ; **Ox-Fr :** d'oxydes de fer. ;  
 Foraminifères mal préservées. **Am :** Ammodiscida

### 1.1.2. Formation phosphatée (Centre)

La formation phosphatée occupe le centre de l'affleurement sous forme de niveau centimétrique à décimétrique. Les lames minces confectionnées sur les phosphates montrent une texture en grains jointifs (grainstone). La granulométrie est hétérogène varie de 50  $\mu\text{m}$  à plus 1 mm. Les grains phosphatés sont représentés par des pellets de petite taille à moyenne varient de 100  $\mu\text{m}$  à 250  $\mu\text{m}$ . Ces pellets manifestent parfois un contour externe indique une oxydation de la matière organique (Fig.12) Cependant, la majorité ne montre pas des structures concentriques (Fig.12). Les coprolithes ont des formes rectangulaires parfois cylindriques (Planche N° V- M, N, O, R). Les surfaces des coprolithes montrent des fractures avec des remplissages tardives en calcites (Fig.12 J, K, L). Ces cassures proviennent des contraintes liées à la diagenèse (compaction). La matrice est généralement oo-bio-sparitique. Cette matrice est parfois recristallisée en sparite. Des plages de calcite secondaire qui vient de remplir les fractures tardivement. La présence de pellet à la plage de la calcite indique que cette dernière proviennent d'une recristallisation à priori (Planche N° V- M, L). On note aussi la présence des macro-fossiles (gastéropode) de taille entre 2 à 3 mm à coquille recristallisée (Planche N° V- M, S) D'autres photographes sont présentés au (Planche N° V). Le gypse est aussi rencontré dans les niveaux supérieurs des phosphates.

Ces lames (Planche N° V- P, Q, R) montrent les Pellets et vision un remplissage calcitique. Avec un ciment Oo-sparite.



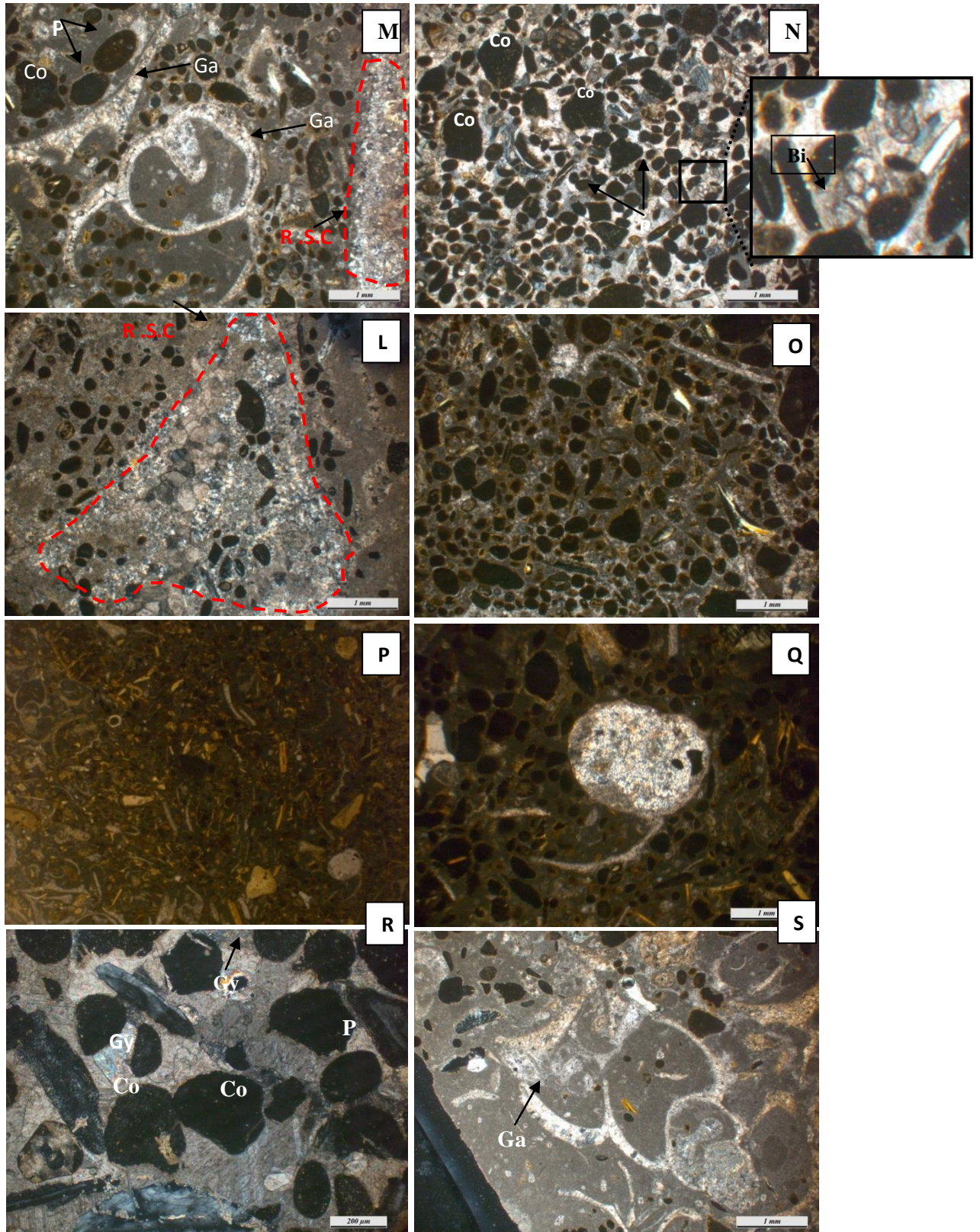
**Fig.12** : Phosphate Oo-sparitique avec un remplissage calcitique. **K** : C2D12a . ; **J-J'**: C2D7  
**LN** : Lumière naturelle. ; **LP**: Lumière polarisant **P** : Pellets. **Co** : coprolithes. **DO** : Débris osseux

**-Interprétation (Planche V) :**

A partir la description de la planche II, la formation phosphatée indique un milieu légèrement agité Sub-oxic a oxic. La nature du ciment ainsi l'assemblage fossilifère indique un milieu peu profond (milieu de plate forme interne). Notant aussi, une évolution verticale de l'environnement de dépôt qui tend à une faible profondeur (présence de gypse dans les niveaux supérieurs)

**PLANCHE V : Formations phosphatées au centre**

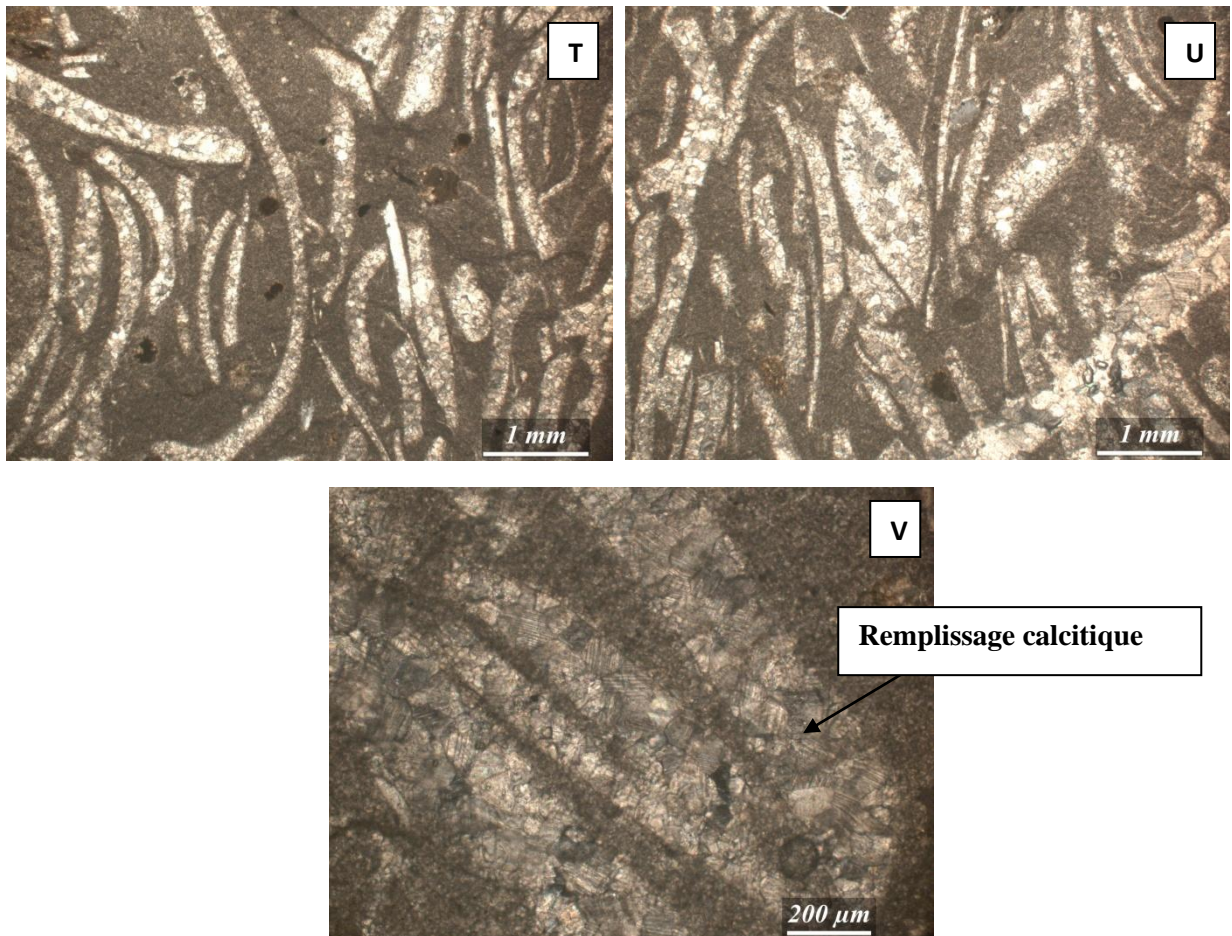
Observations en lumière naturelle (LN) de lames polies taillées dans des échantillons phosphatés du gisement de djebel Dyr. Le grossissement est 1mm et 200µm.



N.R: D2C7. ; O : C2D8. ; L: C2D9. ; M.P.S.Q. : C2D10.

P : pellets. ; Co : coprolithes. ; Ga : Gastéropodes. ; R.S.C : remplissage siliceuse calcitique. ;  
Q : Quartz. ; Gy : Gypse

La formation du sommet de la coupe a fait l'objet de deux lames. Ce sont des calcaires biomicrites. La texture est wackestone selon la description de (Duhman & Embry). La lumachelle est bien préservée et montre un teste calcitique (Planche VI). Les nummulites, ont deviennent de plus en plus abondantes en allant au sommet. Ils sont visibles à l'œil nu avec une taille qui dépasse 2 mm. Cette formation est suivie par une calcaire microparticule à micritique.

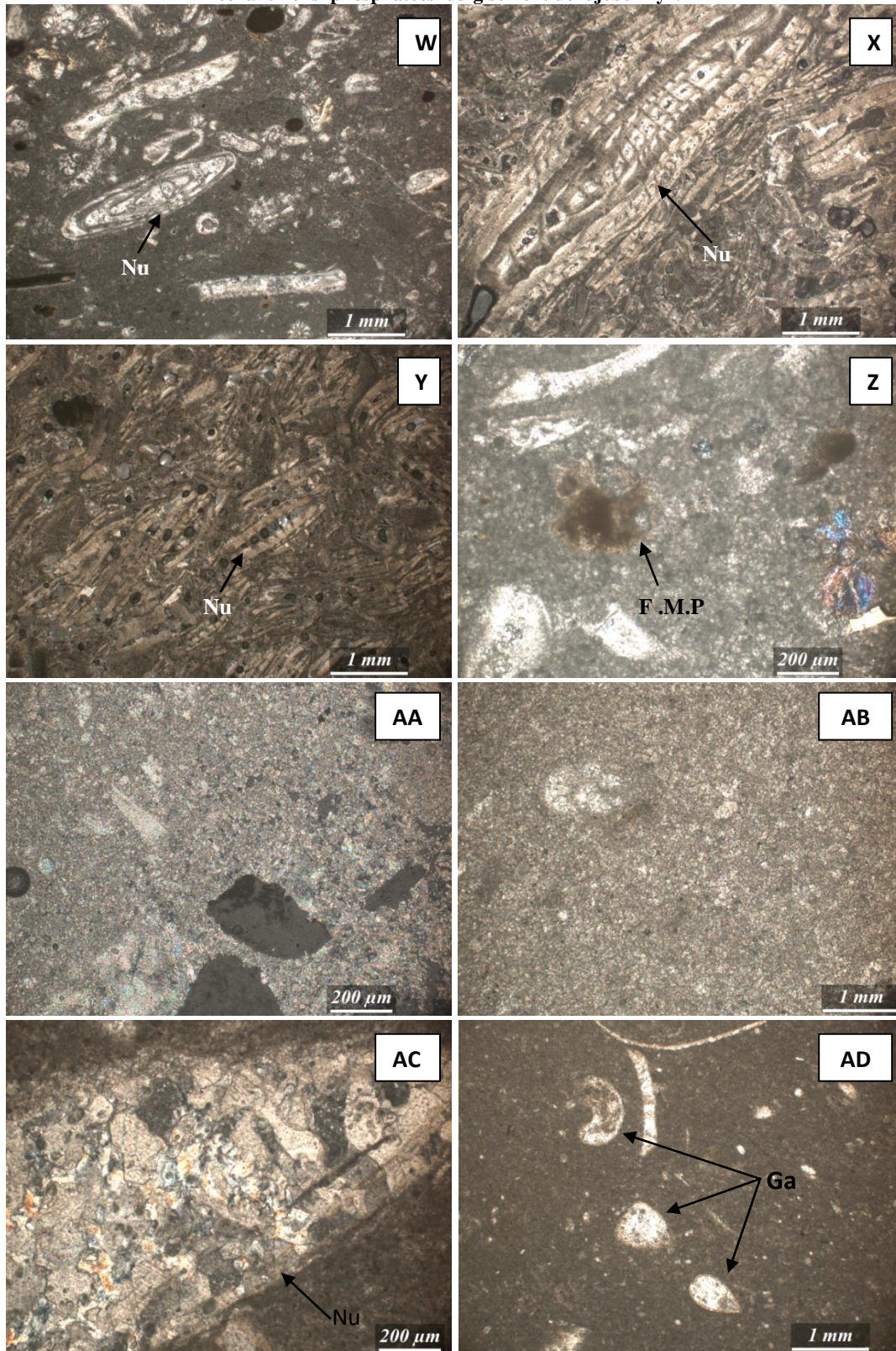


**Fig.13** : lame C2D12e en lumière naturelle bio-micritique, riche en débris nummulitique avec remplissage calcitique.



**PLANCHE VI : Formations sommital**

Observations en lumière naturelle (LN) W.X.Y.AA.AB.AD et lumière polarisant (LP) Z.AC de lames minces dans des échantillons phosphatés du gisement de djebel Dyr.



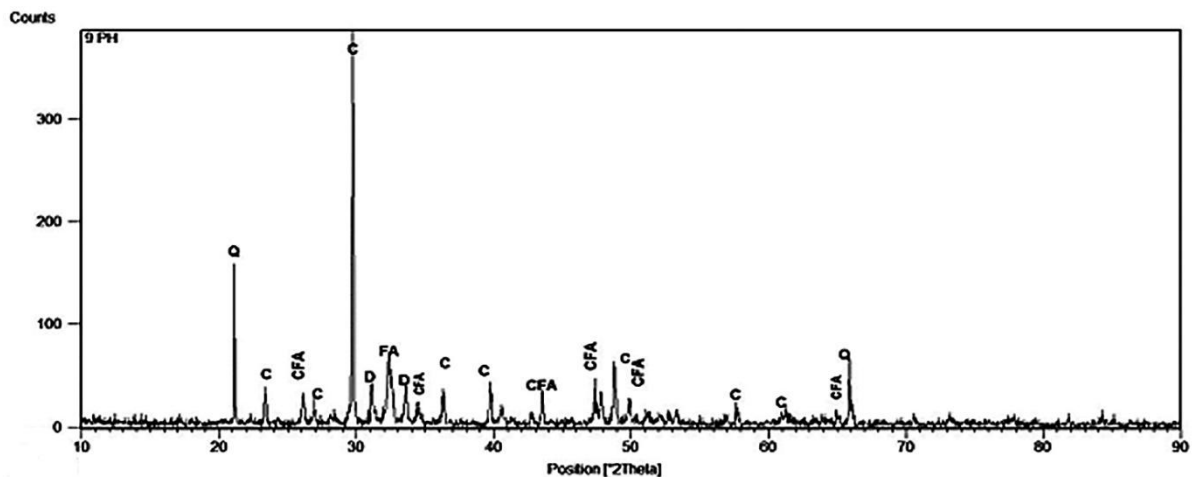
X,Y : D2C16. ; W,Z,AA : C2D15. ; AB , : C2D14. ; AD.AC. : C2D13.  
 Nu : nummulite. ; Ga : gastéropodes. ; F.M.P : foraminifère mal préservé

## Interprétation de la planche VI :

Sur la base de ces lames on distingue un milieu peu profond oxygéné qui a permis le peuplement des nummulites. Ces calcaires nummulitiques sont rencontrés dans la région de Tébessa au Lutétien inférieur. Le milieu devient profond et calme avec la présence d'une micrite au sommet.

### 1.2. Etude minéralogique des phosphates de Tébessa Nord (Dj. Dyr)

La diffraction des rayons X sur les phosphates de Dj. Dyr (Kechiched, 2016) a montré que la minéralogie de ces phosphates est représentée essentiellement par Carbonates-fluorapatite et fluor-apatite avec des minéraux de ciment de dolomie et de calcite avec le quartz.



**Fig.14** : Exemple du diagramme diffraction rayons X de l'échantillon de phosphorite (en Dj. Dyr) montrant principalement la minérale phosphorite (Kechiched, 2016).

Q : Quartz ; CFA : carbonate fluore apatite ; C : Calcite ; D : dolomite

## 2. ETUDE PETRO-MINERALOGIQUE DES PHOSPHATES DE Dj Onk

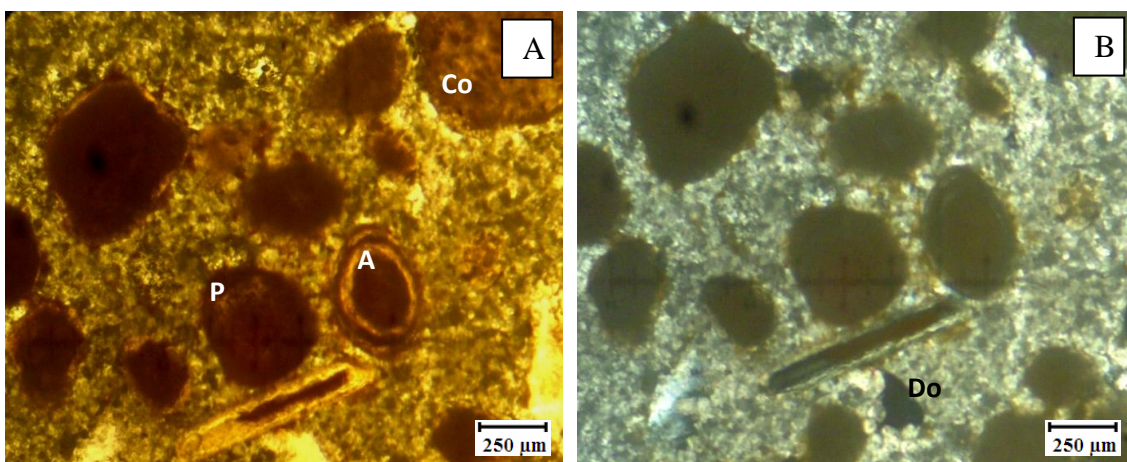
### 2.1 Etude pétrographique des phosphates de Tébessa Sud (Kef Essnoun)

Une comparaison avec les phosphates du bassin minier de Dj Onk est nécessaire. Nous reprenons les travaux de (Kechiched, 2011) sur le gisement de Bled El Hadba qui montre la même disposition que Kef Essenoun. Les phosphates de Dj Onk montrent des différences sur le plan géologique (épaisseur, teneurs, ...) et aussi sur le plan pétrographique. En effet ces

phosphates montrent une section de trois (3) sous couches (Sommital ; Principale ; Basal) chacune à des caractéristiques pétrographiques bien distinguées du bas en haut :

### 2.1.1. La couche basale :

L'étude pétrographique des lames minces de la couche basale (Fig.15) a montré une typologie de phosphate se caractérise par une diminution de la fréquence grains phosphatés et une prédominance de la matrice Oo-micritique (dolomitique) qui peut aller jusqu'à 70% de la roche. Avec une texture packstone. Une hétérogénéité de la granulométrie est observable, en effet les gros grains (coprolithes) et les grains oolitiques peuvent coexister en même temps.



**Fig. 15 : lame de la couche basale (S-BH06 de 158 à 159 m). A: lumière Naturelle, B: lumière polarisant. Co : coprolithe. ; A : apatite. ; P : pellets ; Do : Débris Osseux.**

### 2.1.2. La couche principale :

L'étude pétrographique des lames minces du sondage S-BH06 a fait ressortir la typologie pétrographique de la couche principale :

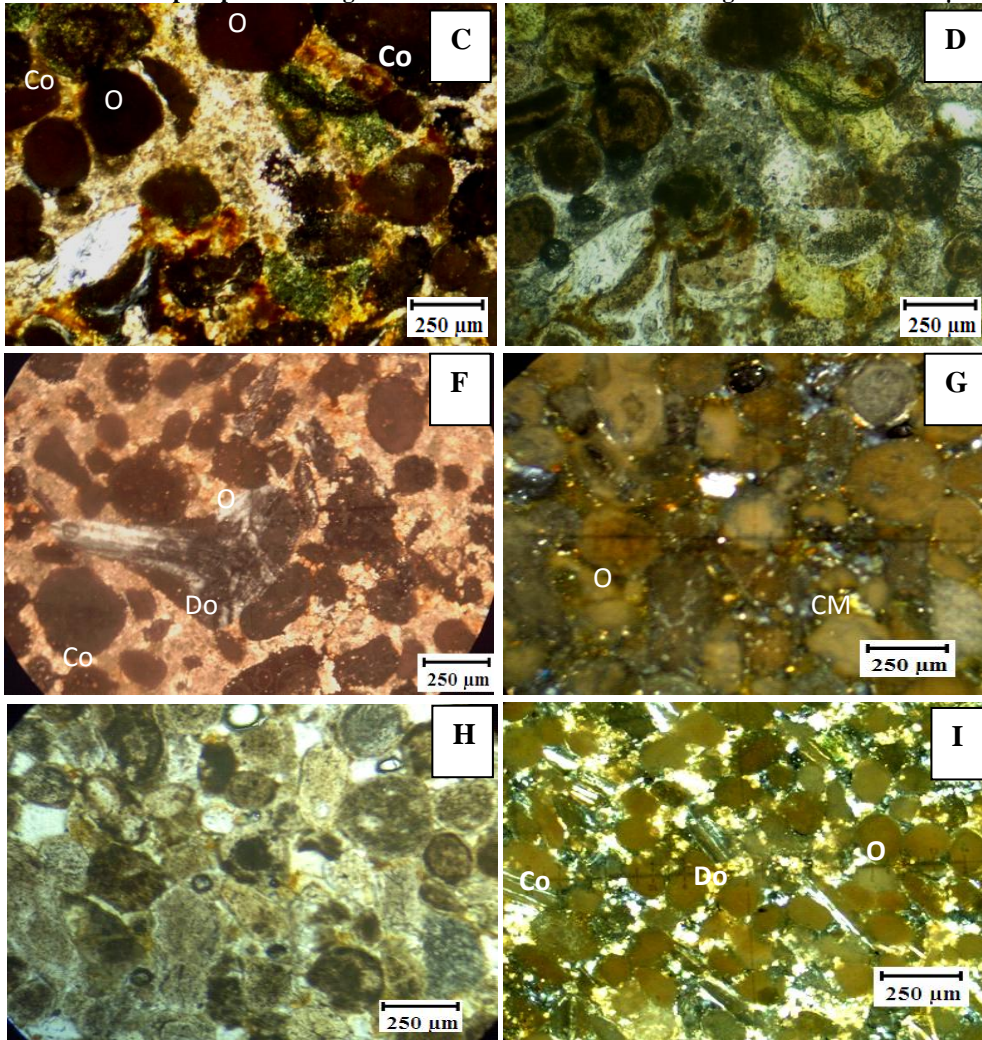
- La couche principale se caractérise par une augmentation de la fréquence de grains phosphatés.
- L'existence de plusieurs faciès de phosphates (Phosphates à grains grossiers à moyens, phosphates coprolithiques-oolithiques à grains moyens, phosphates pseudoolithiques et phosphates à grains fins).

Chacun a des caractéristiques pétrographiques bien définies. L'étude de la typologie pétrographique de la couche principale a permis de mettre en évidence une variation verticale

au comportement pétrographique des phosphates (la granulométrie, la nature du ciment, l'abondance des grains phosphatée ... etc.).

**PLANCHE VII : Formations principale**

Observations en lumière naturelle (LN) C.D.F.H et lumière polarisant (LP) G.I de lames polies taillées dans des échantillons phosphatés du gisement de BLED EL HADBA . Le grossissement est 250µm.



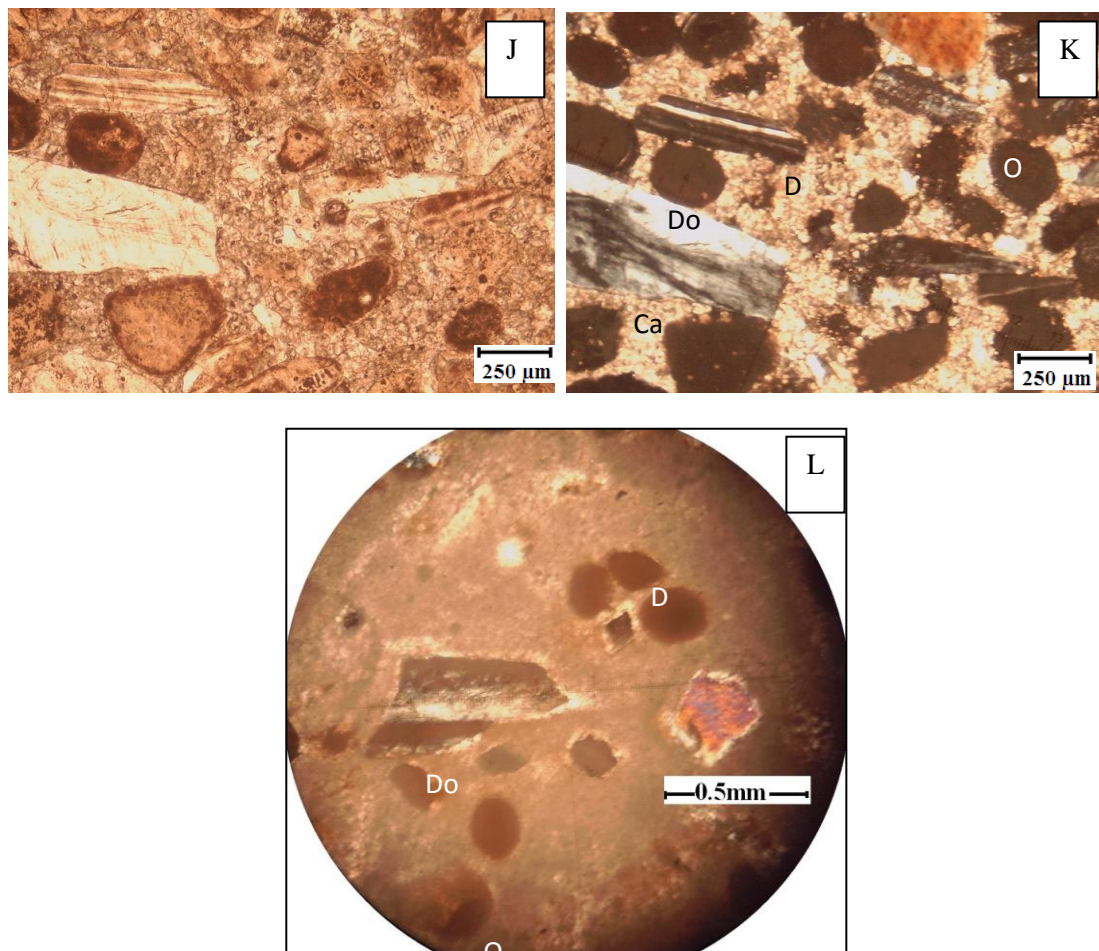
Co : Coprolithe. ; O : Oolithe (pellets). ; CM : Ciment micritique ; Do : Débris Osseux

**2.1.3. La couche sommitale :**

L'observation microscopique montre une hétérogénéité en terme des dimensions. Elle varie entre 50 µm et plus de 1 mm composés essentiellement de pseudoolithes et de débris osseux. Les grains de phosphates grossiers qui peuvent dépasser 1 mm sont représentés par des coprolithes. D'autres éléments figurés représentés par la glauconie et le quartz détritique sub-anguleux dont des dimensions sont plus de 100 µm. La matrice de la couche sommitale est généralement dolomitique.

### **PLANCHE VIII : Formations sommital**

Observations en lumière naturelle (LN) J.K.L. de lames polies taillées dans des échantillons phosphatés du gisement de BLED EL HADBA . Le grossissement est 250µm.



**O** : Oolithe (pellets) . ; **D** : Dolomite ; **Do** : Débris Osseux ; **Ca** : calcite .

## **2.2. Etude minéralogique des phosphates de Tébessa Sud (Kef Essnoun)**

L'étude minéralogique a été faite avec des analyses diffractomètre de rayon X. Ces spectres ont été faits au niveau du laboratoire des rayons X à l'université de Laghouat. Nous avons utilisé le logiciel (X'Pert High Score Plus) pour déterminer les phases minéralogiques dans ces phosphates. Du bas en haut, on distingue deux formations (basal ; sommital) comme suivant :

### **2.2.1. La formation basale :**

Le spectre des phosphates de cette formation se caractérise par la prédominance des Carbonate Hydroxyde-apatite en formule chimique  $Ca_{10}(PO_4)_3(CO_3)_3(OH)_2$ . De type type

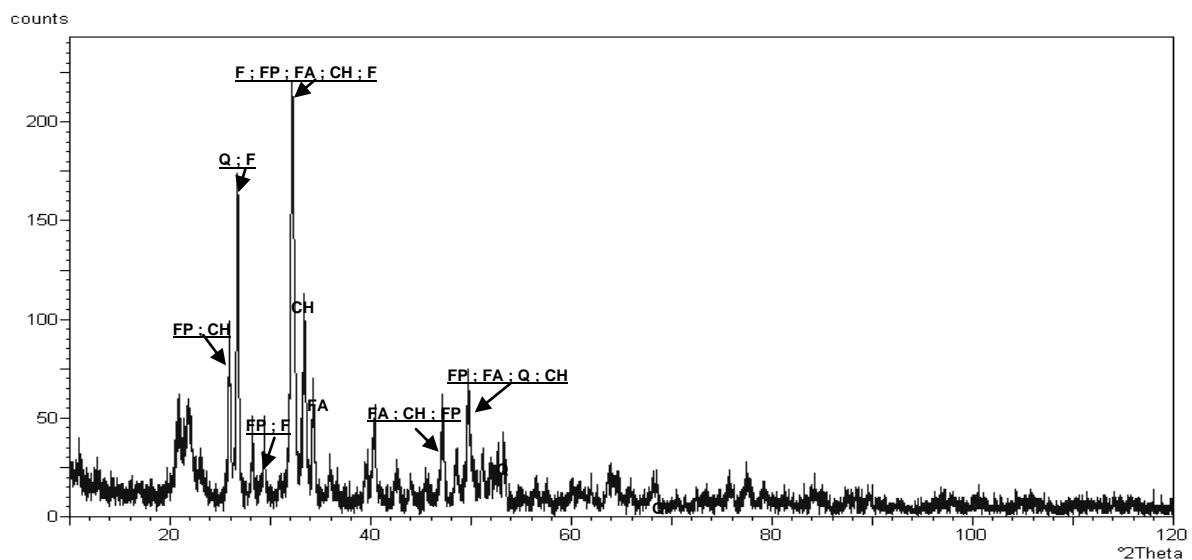
calcium Carbonate Phosphate Hydroxide avec des distances spacing d maximal à 3,403 ; 2,790 ; 2,225 ; 1,925 ; 1,825 (Numéro PDF : 00-0019-0272).

- Le Quartz  $\text{SiO}_2$  dont les raies caractéristiques sont : 3,329; 1,825 ; 1,718 ; 1,367. Numéro PDF (00-001-0649).

- Le Fluor-apatite dont la formule chimique  $\text{Ca}_5 (\text{PO}_4)_3 \text{F}$  dont les des raies de distances spacing sont ; 2,790 ; 1,825 (Numéro PDF : 00-003-0736).

- Le Fluorellestadite Phosphatian  $\text{Ca}_5 ((\text{P}, \text{S}, \text{Si}) \text{O}_4)_3 (\text{OH}, \text{CO}_3)$  de type Calcium Phosphate Sulfate Silicate Carbonate Hydroxide, qui se caractérise par les raies  $d= 2,800$  (en 100%) ; 3,403 ; 3,045 ; 2,790 ; 1,925 ; 1,825 (Numéro PDF 00-006-0454).

- La Froncolite :  $\text{Ca F} (\text{Ca}, \text{C})_4 [(\text{P}, \text{C}) (\text{O}, \text{OH}, \text{F})_4]$ .qui est un type de Calcium Phosphours Flouride Oxyde dans des raies  $d = 3,403 ; 3,045 ; 2,790$ . Numéro PDF (00-002-833).



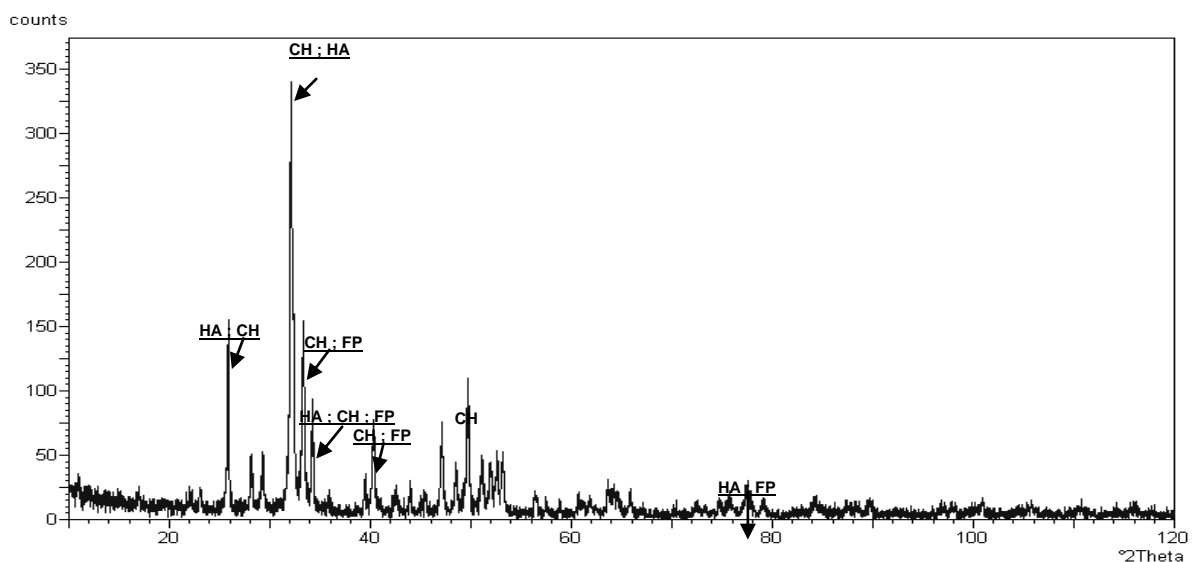
**Fig.16 :** Diffractogrammes des rayons X montrant la minéralogie des phosphates à partir l'échantillon (KFS 2), djebel el Onk. (Kef Essnoun). **HA :** Hydroxyde-apatite. ; **CH :** Carbonate Hydroxyde-apatite. ; **FP :** Fluorellestadite phosphatian ; **F :** Froncolite ; **FA :** Flourapatite ; **Q :** Quartz.

### 2.2.2. La formation sommitale :

Dans cette échantillon (Fig.17) il y a prédominance de la hydroxyde-apatite  $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$  de type calcium hydroxide phosphate, qui donne un distance spacing est 2,7900 en 100% , et dans les autres raies elle caractérise  $d= 3,408 ; 2,798 ; 2,622 ; 1,232$ . Numéro PDF (00-001-1008).

- La Carbonate Hydroxyde-apatite de type calcium carbonate phosphate hydroxide avec une formule chimique  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_3(\text{CO}_3)_3(\text{OH})_2$ . Les raies caractéristiques  $d= 2,7800$  en 100% ;  $3,408 ; 2,798 ; 2,662 ; 2,622 ; 2,225 ; 1,836$ . Numéro PDF (00-0019-0272).

- La fluorellestadite phosphatian  $\text{Ca}_5 ((\text{P}, \text{S}, \text{Si}) \text{O}_4)_3 (\text{OH}, \text{C}_{03})$  de type calcium phosphate sulfate silicate carbonate hydroxide, qui dans des raies  $d= 2,800$  en 100% ;  $2,662 ; 2,622 ; 2,225 ; 1,23$ . Numéro PDF (00-006-0454).



**Fig.17** : diffractogrammes des rayons X montrant la minéralogie des phosphates à partir l'échantillon (KFS 7a), djebel el Onk. (Kef Essnoun). **HA** : Hydroxyde-apatite. ; **CH** : Carbonate Hydroxyde-apatite. ; **FP** : Fluorellestadite phosphatian.

### 3. CONCLUSION

L'étude microscopique à l'aide de la réalisation des lames minces: elle a permis de caractériser (la texture et la nature du ciment matrice pour faire une comparaison pétrographique. Le gisement de Sud (**Kef Essenoun**) est généralement caractérisé par une texture packstone à grainstone et un ciment oo-micritique et parfois oo-sparitique avec une grande abondance de particules phosphatées variant taille (coprolithes ; pellets ; glauconie). La présence des grains de quartz et calcite et aussi des débris osseux.

Les phosphates du Nord sont riches en foraminifère (Bisérié : Textularia ; Globigérina ; Miliolida ; radiolaire ; Ammodiscida...etc.). Variant tailles (100 µm à 2mm). Les formations de cet affleurement montrent une évolution faciologique depuis une formation carbonatée à la base puis une formation phosphatée au calcaire nummulitique du sommet. Le ciment est généralement bio-micrite à oo-micrite ; bio-sparite à oo-sparite. Avec une texture wackestone à grainstone. Notant l'existence de remplissage siliceuse calcitique dans la phase phosphatée et la présence des oxydes de fer témoignant d'une altération.

Les particules phosphatées sont généralement, représentées par des coprolithes et des pellets concentrés dans la formation phosphatée (au centre). Ces pellets manifestent parfois un contour externe indiquant une oxydation de la matière organique. La formation sommitale est totalement nummulitique bien préservée avec des fossiles macroscopiques (ostracodes ; gastéropode).

L'analyse minéralogique à l'aide de la diffraction des rayons a permis de préciser la minéralogie des phosphates. En effet, ces derniers montrent une prédominance des minéraux de phosphates représentés par Carbonate Hydroxyde-apatite, la francolite, le fluor-apatite et aussi Hydroxyde-apatite. Cette minéralogie se ressemble dans tous les phosphates de la région de Tébesa. Les minéraux accessoires (où de ciment) sont représentés par la calcite, la dolomie et le quartz.



# CHAPITRE VI

## ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES PHOSPHATES

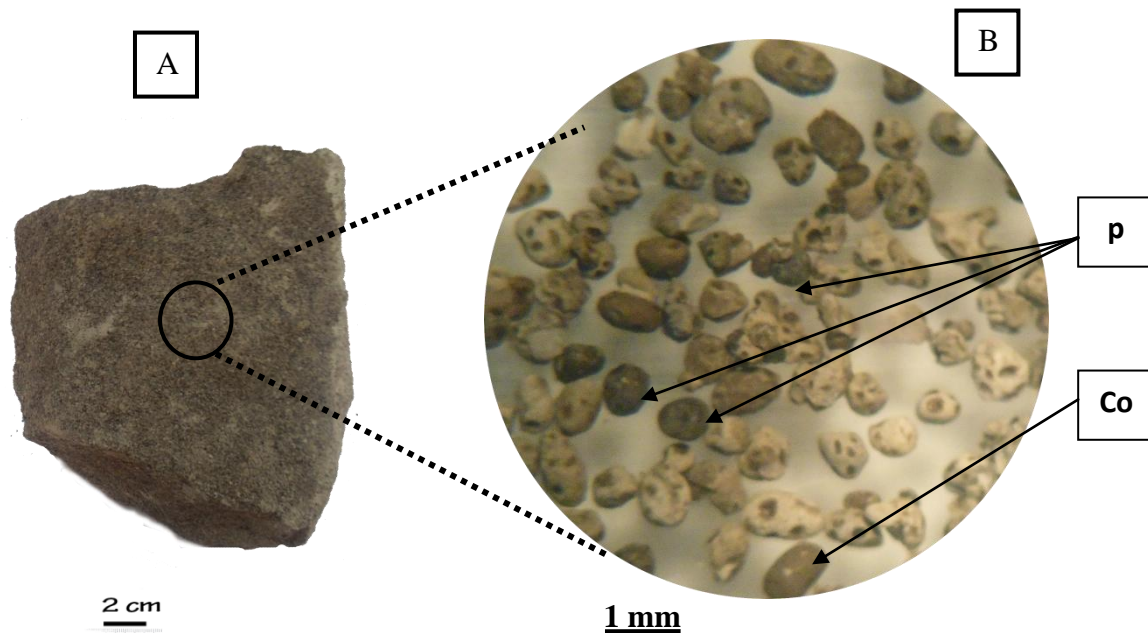
### 1. MATERIEL ET METHODES

La préparation des échantillons a été effectuée au laboratoire de sédimentologie (département des sciences de la terre et de l'Univers – Ouargla). Cette préparation s'effectue sur plusieurs étapes (Annexe 3).

### 2. DEFINITION DES GRAINS PHOSPHATES DE KEF ESSNOUN TEBESSA SUD :

#### 2.1. La couche sommitale :

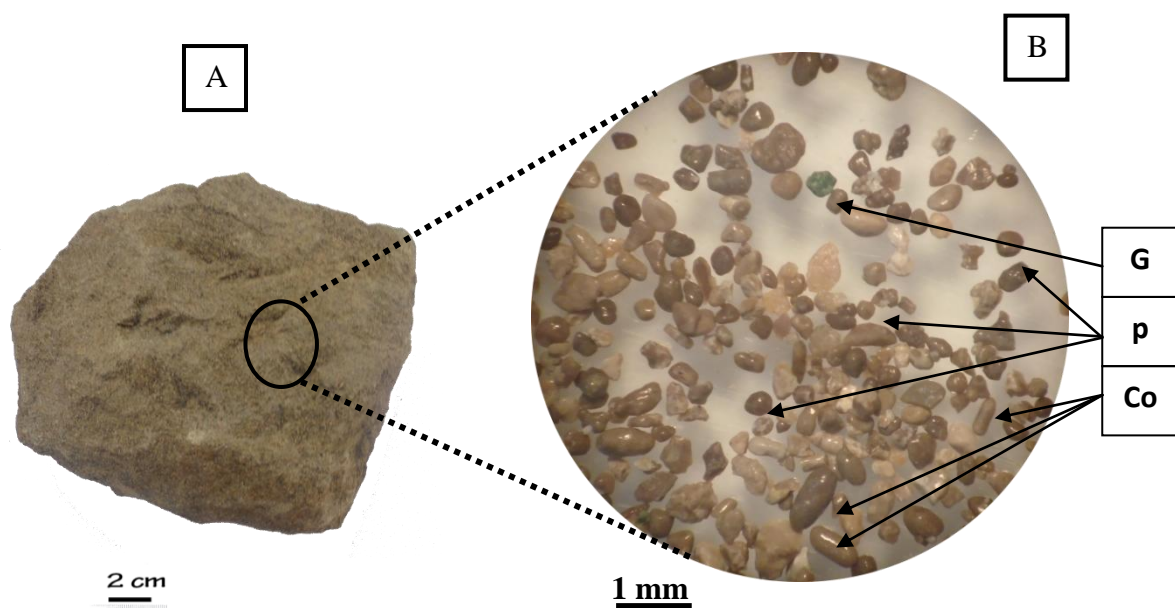
La fraction granulométrique (7) (500  $\mu\text{m}$ ) se caractérise par des grains phosphatés coprolithiques, qui sont associés avec le ciment, cette dernière (la matrice) représente 70% de la totalité des grains avec une couleur beige parfois grisâtre. Les pellets se présentent parfois en formes arrondi de couleur marron foncé représenté 40% de la totalité des grains phosphatés.



**Fig.18 :** (A) échantillon (KFS7a) prélevé de cette couche , (B) La fraction granulométrique (500  $\mu\text{m}$ ) sous la loupe binoculaire. **P** : pellets. ; **Co** : coprolithes.

## 2.2. La couche principale :

La fraction granulométriques de (500  $\mu\text{m}$ ) fait l'objet de l'observation sous loupe binoculaire. Elle montre que la majorité des grains phosphatés sont des pellets. Ces pellets sont de couleur marron ou beige, parfois bruns foncés, se présentent en plusieurs formes (ovoïde, arrondi et spirale) (Figure.19). La glauconie est aussi rencontrée. Elle représente (10 %) de la fraction, elle est de couleur verdâtre on note. Et présence des grains de quartz (plus de 1%), Le ciment (matrice) est de nature carbonatée, de couleur blanchâtre, parfois jaunâtres représente plus de (30 %), notant l'existence des dents de poisson de (2%).



**Fig.19 :** (A) échantillon (KFS1) prélevé de cette couche, (B) La fraction granulométriques (500  $\mu\text{m}$ ) sous la loupe binoculaire. **G** : Glauconie. ; **P** : pellets. ; **Co** : coprolithes.

## 2. 3. Définition des grains phosphatés :

- **Les coprolithes (Co) :** On trouve les coprolithes dans les phosphates sous forme allongé et rectangulaire, parfois fragmentés de tailles variable, (250 $\mu\text{m}$  a +1mm) et de couleur généralement brune et marron et grain de quartz (**Q**).

- **Les pellets (P) :** Les pellets se présentent dans les roches phosphatées sous forme arrondie et sup-arrondie, la taille varie de 50 à 150  $\mu\text{m}$ . La couleur brune et marron (Fig.18 et 19).

- **Le ciment** : Le ciment est généralement carbonatée (dolomitique - calcite). Les argiles sont recueillies à la fraction ( $< 45 \mu\text{m}$ ) à l'occasion du tamisage à voix humide.

- **La glauconie (G)** : Des grains de glauconie sont rencontrés aux faciès argileux indiquant un milieu semi-réducteur à réducteur (Fig.19).

#### **4. DEFINITION DES GRAINS PHOSPHATES DE DJEBEL DYR TEBESSA NORD :**

Comme les phosphates du Sud ; on présenté la description des phosphates du Nord

**a) Coprolithes** : On trouve les coprolithes dans les phosphates sous forme allongé et rectangulaire, parfois fragmentés de tailles variable, ( $250\mu\text{m}$  a  $+1\text{mm}$ ) et de couleur généralement brune et marron (PLANCHE N° IX, A.B).

**b) Pellets** : se présent dans les roches phosphatées sous forme arrondie et sup-arrondie, la taille varie de  $50$  à  $150 \mu\text{m}$ . La couleur brune et marron (PLANCHE N° IX, C ).

Une classification granulométrique a puis de décrire chaque fraction :

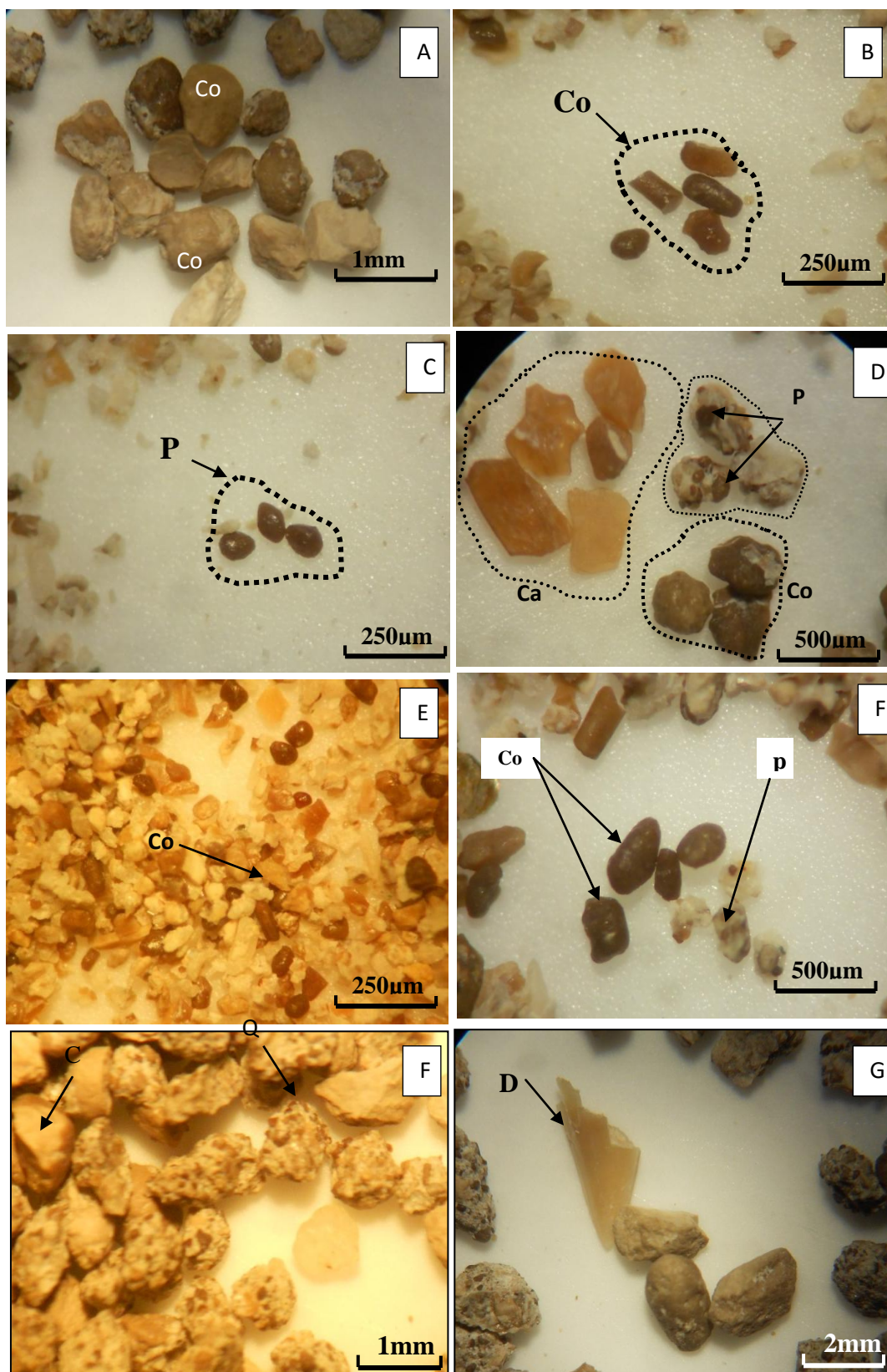
- **La fraction 0.08 mm** : Cette fraction a permis de libérer les grains phosphatés de leur ciment. Les grains phosphatés ont représentés par coprolithes et des pellets ayant la taille au voisinage de  $80\mu\text{m}$ . C'est une maille de libération des éléments figurés. Le ciment est constitué de calcite et la silice (PLANCHE N° IX, E).

- **Les fractions de 0.2 mm et 0.315 mm** : On trouve que les particules phosphatée sont libère du ciment calcitique et dolomitique surtout les coprolithes, cependant les pellets sont toujours associées avec le ciment (PLANCHE N° IX, F).

**La fraction 0.400 mm** : Dans cette fraction, on remarque que les pellets sont associés avec la calcite. Les coprolithes ayant de taille de plus  $400 \mu\text{m}$  sont libérées (PLANCHE N° IX, D).

**La fraction + 1.25 mm** : Les grains phosphatés sont associés avec la calcite. On constate également la présence de la silice amorphe, les fragments des coprolithes sont les plus abondants (PLANCHE N° IX, F). Les coprolithes isolés de leurs ciment, et les pellets sont associes avec le ciment. On constate la présence des dents de requins (PLANCHE N° IX , G).

**PLANCHE IX: Grains Phosphatée De Djebel Dyr.**



**P** : pellets. ; **Co** : coprolithe. ; **Q** : Quartz. ; **D** : dents des requins. ; **Ca** : calcite.

## **5. ANALYSE GRANULOMETRIQUE**

### **5.1. Principe et méthode**

#### **5.1.1. Tamisage**

C'est la méthode la plus ancienne mais elle est encore très largement utilisée car la plus économique. Elle consiste à mesurer le poids de matière qui passe au travers des mailles calibrées d'une toile de tamis. La méthode repose sur la superposition des tamis par maille décroissante et on mesure le poids de matière retenue sur chaque tamis. Cette opération peut se réaliser à sec, et en vibrant l'ensemble de la colonne de tamis, pour des grains de taille relativement importante. Lorsque la population des grains comporte quelques éléments très fins, on associe une dépression d'air. Lorsque la taille des grains est inférieure à 300 µm. Il est nécessaire d'opérer sous un flux d'eau (ou d'alcool pour des produits solubles dans l'eau). Chaque refus est alors séché puis pesé. Cette méthode a été employée dans notre étude en utilisant l'eau.

#### **5.1.2. Traitement des données**

Les résultats de pesage après séchage sont interprétés à l'aide des méthodes de calcul et graphique repose essentiellement sur les méthodes statistiques descriptives telles que : les courbes de fréquences relatives et cumulatives. La courbe de probabilité a été utilisée aussi dans cette étude pour déterminer le mode de transport de particules. Les bases théoriques sont présentées en (Annexe.4).

## **6. RESULTATS OBTENUES**

L'analyse granulométrique des phosphates a été faite au niveau de Dj. Kef Essennoun et Dj. Dyr qui représente les phosphates de Tébessa Sud et Nord respectivement. Trois échantillons de phosphates ont été prélevés dans chaque affleurement, des niveaux phosphatés. Il s'agit des phosphates de la base, du centre et du sommet. Le choix de ces échantillons a été fait sur la base de leur friabilité permettant l'adéquation aux différents traitements granulométriques de bas en haut. L'analyse granulométrique du phosphate a été faite en utilisant le logiciel GRADISTAT 8.0 (Blott, 2010). L'utilisation de ce logiciel permet, à partir des données issues de la tamiseuse, d'obtenir paramètres utilisée dans ce chapitre, Folk et Ward (1957). Cette dernière présentée avec de détail en (Annexe.4).

## 6.1. Kef Essennoun - bassin minier de Djebel el Onk (Tébessa Sud)

### 6.1.1. Couche basale:

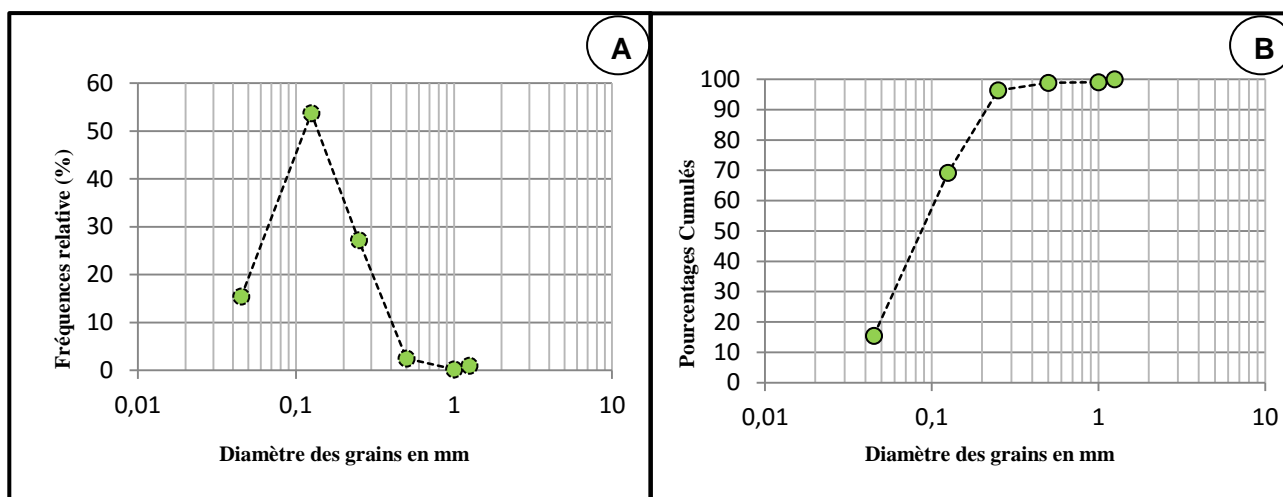
L'échantillon (**KFS4**) représente la base de la couche principale c'est un faciès, plus ou moins riche en grains phosphatés. Les résultats du tamisage à voix humide sont mentionnés dans le **Tableau.1** A partir un poids initial de 148,66 g, la fraction 0.045 mm représente 22,9g soit 15,42%. Cette fraction montre le ciment argileux/dolomitique ainsi les particules fines (glauconie, particules phosphatées fines,...etc.). La fraction de 0.125 à 0.25 mm représente 120,2g soit 80,92 %. Cette fraction représente généralement, les pellets phosphatés. La fraction de 0.5 à 1.25 mm représente un poids de 5,3g soit 3,63 %. Elle représente, essentiellement, les particules grossières tels que : les coprolithes cylindrique, les lithoclastes et les bioclastes.

**Tableau.1** : Résultats de tamisage de l'échantillon des phosphates de la couche basale (**KFS4**)

<b>Diamètre Ø (mm)</b>	<b>Poids (g)</b>	<b>Fréquence relative (%)</b>	<b>Fréquence Cumulée (%)</b>
<b>0,045</b>	22,9	15,42	15,42
<b>0,125</b>	79,8	53,73	69,16
<b>0,25</b>	40,4	27,19	96,35
<b>0,5</b>	3,6	2,46	98,82
<b>1</b>	0,3	0,20	99,02
<b>1,25</b>	1,4	0,97	100
<b>Poids Total</b>	<b>148,66</b>	-	-

A partir ce Tableau 1. La courbe de fréquence relative est en monomodale (Fig.20 A). Cela signifie que cette formation très caractéristique d'une même origine. La courbe cumulative ne présente pas la forme de S. elles traduisent de règle une hétérogénéité et un classement mauvais à moyen du côté des fines (Fig.20 B).

A partir la courbe de cumulative et selon la méthode de **Folk & Ward** (Fig.20), l'indice de classement  $K_i$  est 1,853 qui indique un classement médiocre. L'indice d'asymétrie  $S_{ki}$  est de 0,043 qui montre une symétrie granulométrique de l'échantillon. L'indice d'acuité  $K$  est de 0,973 qui indique une forme de courbe leptokurtique et il témoigne d'une répartition normale des classes granulométriques (Fig. 20).



**Fig. 20 :** Courbes de fréquence relative (A) et cumulative (B) de phosphate de la couche (KFS4) (Kef Essnoun) Djebel el Onk.

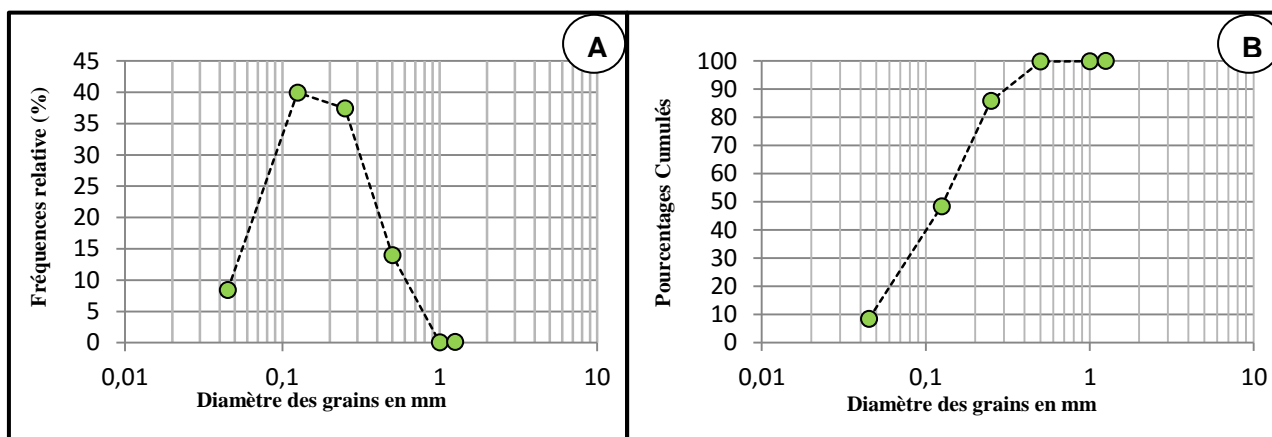
### 6.1.2. Couche Principale :

L'échantillon prélevé de cette couche (KFS1) montre une abondance des grains phosphatés et une diminution des ciments argileux et carbonatés. Les résultats du tamisage à voix humide montrent un poids initial de **169,85 g**. La fraction 0,045 mm représente 14,3g soit 8,42%. Cette fraction montre le ciment, ainsi que les particules fines (glaucanie, particules phosphatées fines, etc.), par contre la fraction de 0,125 à 0,25 mm représente 131,3g soit 77,37%. La fraction de 0,5 à 1,25 mm représente un poids de 24g soit 14,18% essentiellement. Elle représente les particules grossières telles que coprolithes cylindriques, les lithoclastes et les bioclastes (Tableau.2).

**Tableau.2 :** Résultats de tamisage de l'échantillon des phosphates de la couche principale (KFS1)

Diamètre Ø (mm)	Poids (g)	Fréquence relative (%)	Fréquence Cum. (%)
0,045	14,3	8,42	8,42
0,125	67,8	39,94	48,37
0,25	63,5	37,43	85,80
0,5	23,7	13,99	99,80
1	0,1	0,06	99,86
1,25	0,2	0,13	100
<b>Poids Total</b>	<b>169,85</b>	-	-

La courbe des fréquences relative (Fig.21, A) montre une forme de courbe monomodale qui indique une même origine. La courbe cumulative (Fig.21 B) montre une forme typique en forme de S qui témoigne à évolution marine (Mouflih, 2014). L'indice de classement  $K_i$  est 1,778 qui reflète un classement médiocrement. L'indice d'asymétrie  $S_{ki}$  est de 0,031 qui indique une symétrie granulométrique de l'échantillon. L'indice d'acuité  $K$  est de 1,165 qui traduit la forme leptokurtique de la courbe. Elle indique aussi, une répartition montrant la prédominance d'une classe, illustrée par un pic dans la courbe de fréquence.



**Fig.21** : Courbes de fréquence relative (A) et cumulative (B) des phosphate de la couche (KFS1) (Kef Essnoun) Djebel el Onk.

### 6.1.3. Couche sommitale :

Le **Tableau.3** des résultats montre que la fraction 0.045 représente un poids est 6,038 soit 6,38%. Cette fraction, reflète les grains et les particules de petite taille (ciment et fines). La fraction de 0.125 à 0.25 mm représente 55,86 g soit 59,05 %. La fraction de 0.5 à 1.25 mm qui représente les fractions grossières montre un poids de 32,675 soit 34,55 %.

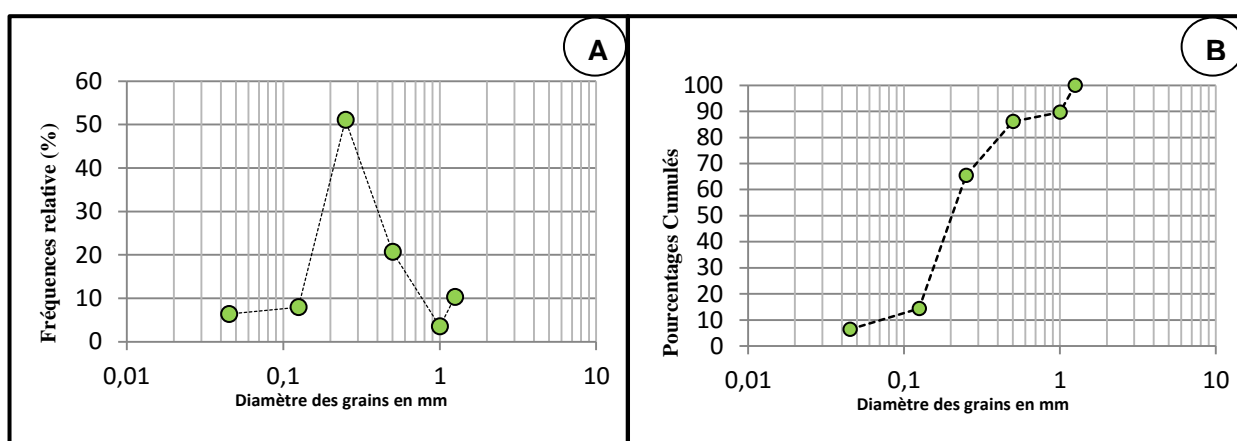
**Tableau.3** : Les résultats de tamisage de l'échantillon des phosphates de la couche sommitale (KFS7a).

Diamètre Ø (mm)	Poids (g)	Fréquence relative (%)	Fréquence Cum. (%)
0,045	6,03	6,38	6,38
0,125	7,54	7,97	14,35
0,25	48,32	51,08	65,44
0,5	19,57	20,69	86,13
1	3,35	3,55	89,68
1,25	9,75	10,31	100
<b>Poids Total</b>	94,599	-	-



La courbe de fréquence relative est en monomodale (Fig.22 A). Elle signifie que cette formation très caractéristique d'une même origine. La courbe cumulative (Fig.22 B) révèle la forme de **S** avec des pentes moyennes à fortes.

Selon (Folk & Ward, 1957) le classement est médiocre (indice de classement  $K_i = 1,990$ ). L'indice d'asymétrie  $S_{ki}$  est de 0,063 qui indique une symétrie granulométrique de l'échantillon. La courbe des fréquences relative est leptokurtique avec une indice d'acuité  $K$  est de 1,136 il y a une répartition montrant la prédominance d'une classe, illustrée par un pic dans la courbe de fréquence.

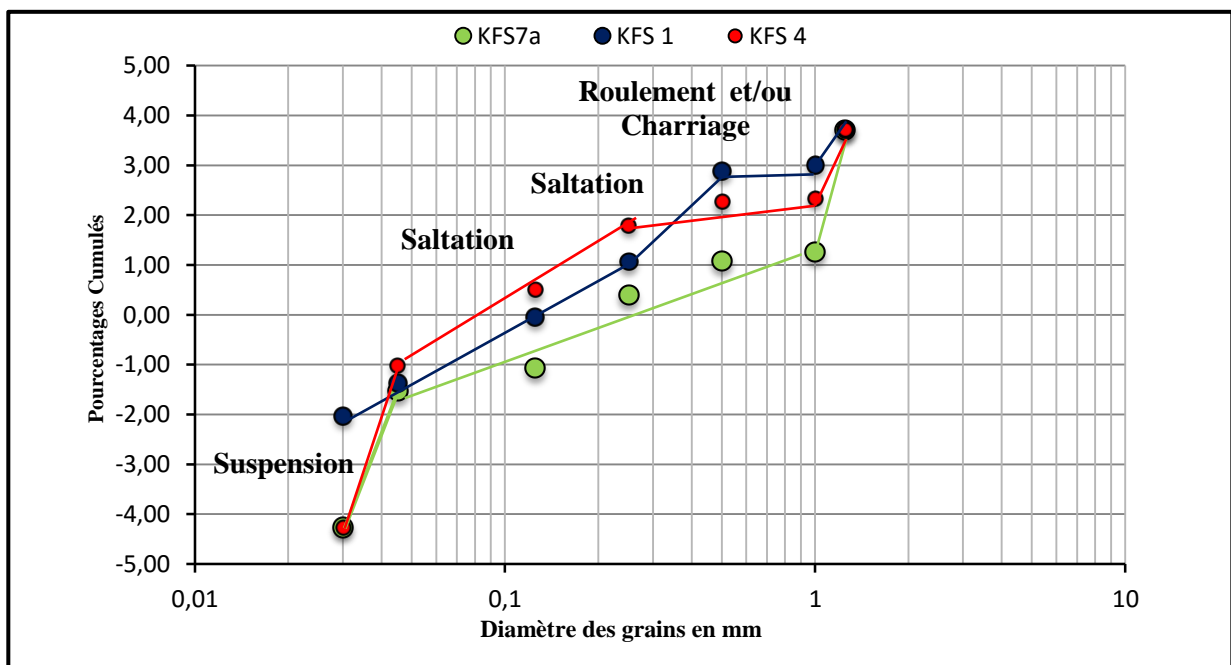


**Fig.22** : Courbes de fréquence relative (A) et cumulative (B) de l'échantillon de phosphate de la couche (KFS7a) (Kef Essnoun) Djebel el Onk.

#### 6.1.4. Mode de transport :

Les graphes de probabilités (Fig.23) ont permis la discrimination des populations graphiquement sur la base des points d'inflexion de la droite d'Henry( graphe de probabilité). La courbe de probabilité de ces échantillons de la région de Kef Essenoun montre de la superposition de trois sous-couches - sommitale, principale et basale représentant respectivement (KFS7a) et (KFS1 ;KFS4). Ces trois échantillons sont présentés groupés en un seul graphe et ils montrent essentiellement quatre domaines.

- Une population représente les particules fines, transportée *par un mode de transport eu suspension*, Ce qui correspond à la première partie de la courbe avec un pourcentage de 10.07% de la totalité des grains.
- Deux (2) populations dont la taille des grains varient entre 0.04 et 0.6 mm au centre de courbe de probabilités (Fig.23). Ces particules sont transportées à priori *par un mode transport eu saltation* avec un pourcentage de 84.82% de tous les échantillons de cette région (Kef Essnoun).
- La dernière population représente les particules grossières avec un pourcentage 5.07% transportée *par un mode de transport eu roulement et/ou charriage* (Fig.23).



**Fig.23** : Courbes de probabilités des échantillons (KFS7) ; (KFS1) ; (KFS4).

## 6.2. Djebel El Dyr (Tébessa Nord)

Cette étude a été faite sur trois échantillons (PH 9; PH5 ; PH1), représentent la base, le centre et le sommet de l’affleurement respectivement.

### 6.2.1. Niveau basale :

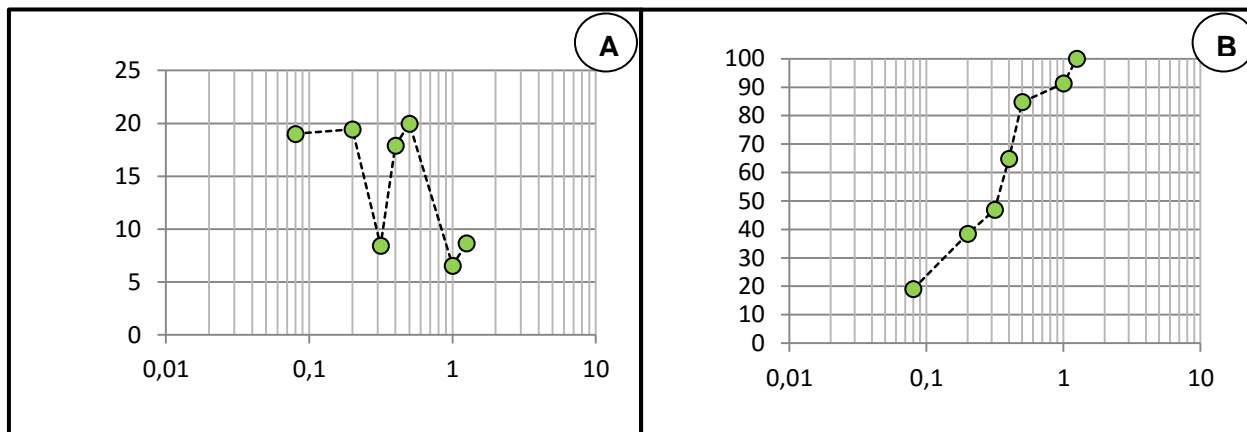
l’échantillon de phosphate (PH9) montre que la fraction de 0.08 mm représente un poids de 7,43g soit 19% de l’échantillon. Les fractions 0.2 a 0.315mm représente 10.9 g soit 27.8%. La fraction 0.4mm représente 7g soit 17,90%. Les fractions 0.5 et 1mm représente un poids de 10.37g soit de 26.52% montre les particules ou les grains grossiers (coprolithe .coprolithes cylindrique, les lithoclastes et les bioclastes). La dernier fraction de 1.25mm, en générale, montre les dents de poissons. Dont le poids est de 3.39g soit un pourcentage de 8.67%.

**Tableau.4** : Les résultats de tamisage de l’échantillon des phosphates du niveau basal (**PH9**).

Diamètre Ø (mm)	Poids (g)	Fréquence relative (%)	Fréquence Cum. (%)
0,08	7,43	19,00	19,00
0,2	7,6	19,44	38,45
0,315	3,3	8,44	46,89
0,4	7	17,90	64,79
0,5	7,81	19,98	84,77
1	2,56	6,54	91,32
1,25	3,39	8,67	100
<b>Poids Total</b>	39,09	-	-

La courbe des fréquences relatives (Fig.24 A) est multimodale. Elle reflète en effet, plusieurs origines probablement.

La courbe cumulative (Fig.24 B) ne présente pas forme de S ; elle traduit de règle une hétérogénéité et un classement mauvais à moyen du côté des grossiers (Mouflih, 2015). Selon la méthode de Folk et Ward(1957) L’indice de classement  $K_i$  est de 1,990 qui indique un classement médiocre. L’indice d’asymétrie  $S_{ki}$  est de 0,063 qui indique un symétrie granulométrique de l’échantillon, L’indice d’acuité  $K$  est de 1,136. Il est typiquement (**leptokurtique**), qui reflète une répartition montrant la prédominance d’une classe, illustrée par un pic dans la courbe de fréquence.



**Fig.24:** Courbes de fréquence relative (A) et cumulative (B) de l'échantillon de phosphate le niveau basal **PH9**.Djebel Dyr.

### 6.2.2. Niveau Principale :

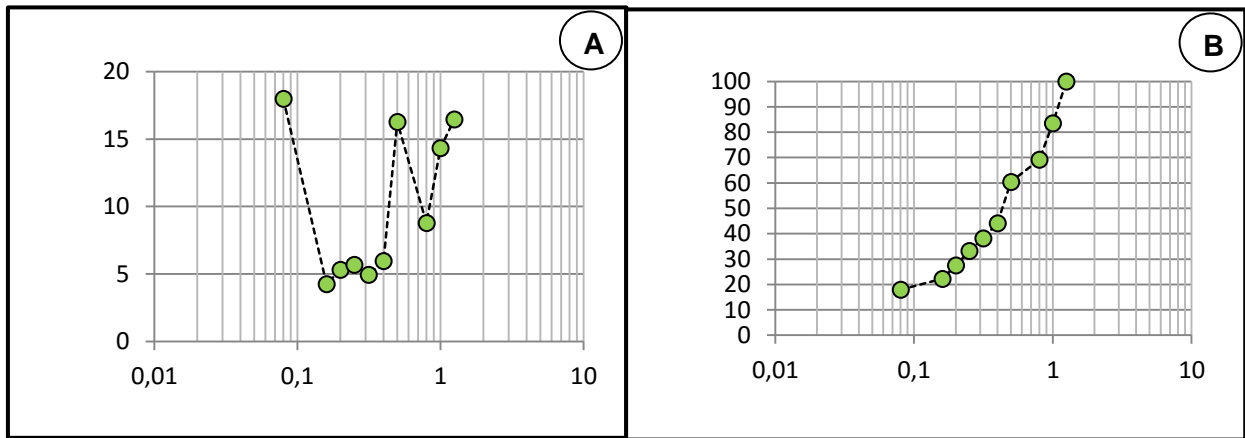
Le tableau des poids issus de la classification granulométrique **Tableau.5** montre que la fraction 0.08 mm représente un poids de 3,89g soit 17,9%. Cette fraction représente les grains plus fins et le ciment / matrice. Les fractions 0.16 à 0.315 mm représentent un poids de 4.37 g soit 20.18% de la totalité : c'est la fraction caractéristique des pellets et des coprolithes. La fraction 0.4 mm représente 1,29 g soit 5,9 % ; Ce sont les particules dont la taille représente les coprolithes et les bioclastes. Les fractions 0.5 à 1mm représentent un poids 8.52g soit de 39.38%. La fraction 1.25 mm représente un poids de 3,56g soit un pourcentage de 16,45 %.

**Tableau.5:** les données granulométriques du niveau Principale (PH 5).

Diamètre Ø (mm)	Poids (g)	Fréquence relative (%)	Fréquence Cum. (%)
<b>0,08</b>	3,89	17,98	17,98
<b>0,16</b>	0,92	4,25	22,23
<b>0,2</b>	1,15	5,31	27,55
<b>0,25</b>	1,23	5,68	33,24
<b>0,315</b>	1,07	4,94	38,18
<b>0,4</b>	1,29	5,96	44,15
<b>0,5</b>	3,52	16,27	60,42
<b>0,8</b>	1,9	8,784	69,20
<b>1</b>	3,1	14,33	83,54
<b>1,25</b>	3,56	16,45	100
<b>Poids Total</b>	<b>21,63</b>	-	-

La courbe de fréquence relative (Fig.25 A) de l'échantillon prélevé de le niveau principale montre un mode multimodale qui peut expliquer différentes origines. Selon la méthode de Folk and Ward(1957). L'indice de classement  $K_i$  est 2,44 qui indique un classement très médiocre. L'indice d'asymétrie  $S_{ki}$  est de -0,40 qui reflète l'asymétrie qui augmente vers les

particules grossières, La courbe de fréquence relative est très leptokurtique, L'indice d'acuité K est de 0,62 indiquant une répartition normale des classes granulométriques.



**Fig.25:** Courbes de fréquence relative (A) et cumulative (B) de l'échantillon prélevé de le niveau principale PH5.Diebel Dyr.

### 6.2.3. Niveau Sommitale :

Le **Tableau.6** montre les résultats du tamisage à voix humide de l'échantillon de le niveau sommitale avec un poids initial total de 13,58g. La fraction 0.08mm représente un poids de 3,89 g soit 28,64 %. Les fractions 0.2 à 0.315mm représentent 2.26 g soit 16.62 %. La fraction 0.4 mm représente 0,7g soit 5,15%. Les fractions 0.5 à 1mm représentent un poids de 4,7g soit 34,6 %. La fraction 1.25mm représente 2,03g soit un pourcentage de 14,94 %.

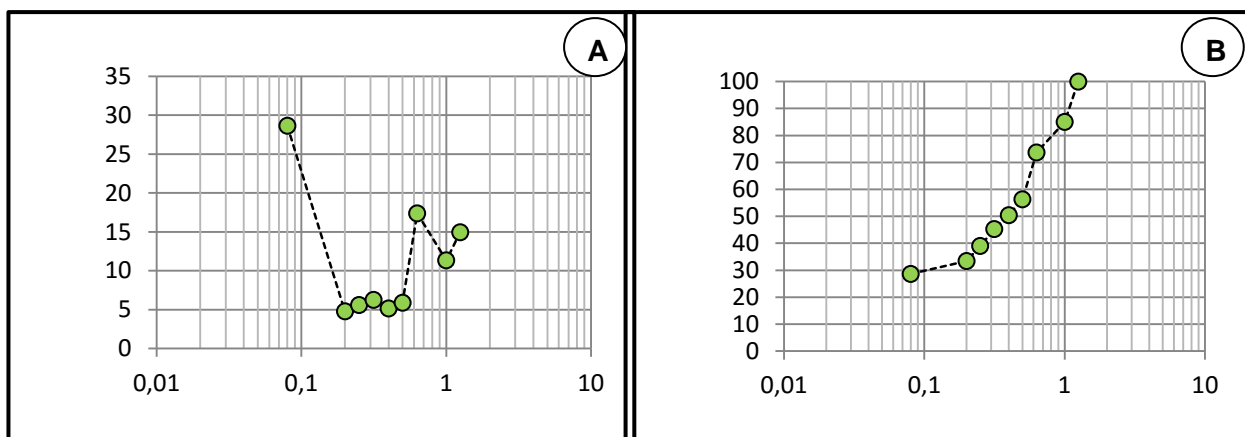
**Tableau.6 :** Les résultats de tamisage de l'échantillon des phosphates de le niveau sommitale (PH 1).

Diamètre Ø (mm)	Poids (g)	Fréquence relative (%)	Fréquence Cum. (%)
0,08	3,89	28,64	28,64
0,2	0,65	4,78	33,43
0,25	0,76	5,59	39,02
0,315	0,85	6,25	45,28
0,4	0,7	5,15	50,44
0,5	0,8	5,89	56,33
0,63	2,36	17,37	73,71
1	1,54	11,34	85,05
1,25	2,03	14,94	100
<b>Poids Total</b>	13,58	-	-

La courbe de fréquence relative de le niveau sommitale PH1 (Djebel Dyr) est multimodale qui traduit différentes origines.

La courbe cumulative de l'échantillon ne présente pas la forme de S. elle traduit de règle une hétérogénéité et un classement mauvais à moyen du côté des grossiers. (Mouflih, 2015).

Selon la méthode FOLK & WARD (1957). Marquée que l'indice de classement  $K_i$  est 1,417 qui indique un classement médiocre. L'indice d'asymétrie  $S_{ki}$  est de 0,416 qui indique l'asymétrie augmente vers les particules fines. L'indice d'acuité  $K$  est de 1,57 qui montrant une répartition avec la prédominance d'une classe, illustrée par un pic dans la courbe de fréquence.

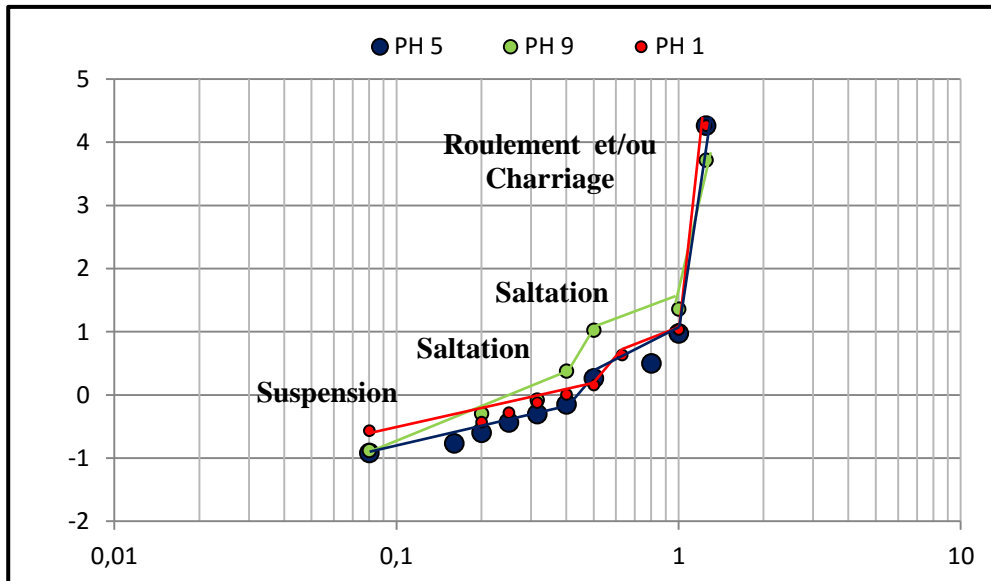


**Fig.26** : Courbes de fréquence relative (A) et cumulative (B) de l'échantillon de le niveau sommitale **PH1**.Djebel Dyr.

#### 6.2.4. Mode de transport des phosphates du nord de tebessa

Les graphes de probabilité traduisent trois populations (Fig.27):

- Une première population où le diamètre des particules phosphatées entre 0,08 et 0,5mm. Au niveau des courbes cumulatives, il correspond aux parties inférieure caractérise les particules phosphatées de petites tailles qui transportée *par un mode de transport suspension* avec pourcentage estimé de 53%.
- La deuxième population dont le diamètre est compris entre 0.5 et 1 mm. Elle correspond aux grains phosphatés. qui présentent un *mode de transport eu saltation* avec pourcentage estimé de 23%.
- La troisième population représente les grains dont la taille varie entre 1 et 1,25 mm elle caractérise la population la plus grossière où le transport peut être considéré par *roulement et/ou charriage* avec pourcentage estimé de 24%.



**Fig.27 :** Courbes de probabilités des faciès (PH1 : Niveau sommitale ; PH5 : Niveau principale ; PH9 : Niveau basale ).

## 7. CONCLUSION

L'étude des phosphates en grains, et l'analyse granulométrique à l'aide d'une classification à voix humide a permis d'effectuer une comparaison entre les deux gisements phosphatés de la région Tébessa, au niveau du sud le gisement de Kef Essenoun, au niveau du Nord Dj. Dyr. En effet, les particules phosphatées sont représentés essentiellement par des pellets et coprolithes ainsi que les dents de poissons et d'autres éléments figurés tels que les glauconies.

A partir Les résultats de l'analyse granulométrique et le calcul des différents paramètres, selon la méthode FOLK & WARD (1957), ainsi que les représentations graphiques (les courbes relatives et cumulatives) permettant d'étudier, la granulométrie des phosphates et le mode de transport des particules.

Le phosphates du gisement de **Kef Essenoun** se caractérise des courbes fréquences relatives généralement monomodal qui indique cette formation très caractéristique d'une même origine et avec une abondance d'une grande quantité de la matière organique et particules phosphatées (pellets ; coprolithes ; glauconies). Le classement est médiocre avec une symétrie granulométrique des échantillons. Le graphe de probabilité a permis de mettre en évidence la

présence de quatre populations. Une population représente 10% des grains avec un mode de transport en suspension. Deux populations au centre de la courbe présentent un mode de transport en saltation dont le pourcentage de 84.82% généralement entre les tailles 0.04 et 0.6 mm. Une population dont le mode de roulement et/ou charriage généralement caractérise les particules plus grossières de taille entre 1 et 1.25 mm avec un pourcentage 5%.

Les phosphates de Dj. Dyr sont caractérisés par des courbes de fréquences multimodales qui représentent une variabilité des tailles des graines. L'indice de classement entre médiocre et très médiocre avec une asymétrie augmente vers les particules grossières. La courbe de probabilité que le mode de transport en suspension estimé de 53%. Tandis que le mode de transport par saltation de 23%. Une population de mode en roulement et/ou charriage avec un pourcentage estimé de 24%.



# C O N C L U S I O N S   G E N E R A L E S

La région de Tébessa est caractérisée par la présence des phosphates sédimentaires d'origine marine. Ces derniers ont fait l'objet de ce mémoire. Notre étude est focalisée sur deux affleurements. Le premier à Kef Essenoun ; au niveau du sud dans la région de Djebel Onk dont l'âge est Thanétien supérieur. La couche phosphatée a une épaisseur de l'ordre de 30 m. Ces terrains sont structurés régionalement en une suite d'anticlinaux et synclinaux fortement assymétriques et faillés dans leurs flancs.

Le deuxième secteur d'étude est à Djebel Dyr situé à 20 Km au Nord-est de Tébessa. La description lithologique des profils d'étude a permis de montrer principalement, du niveau phosphaté encaissé par des formations carbonatées parsemées de silex. Le plateau du Dyr représente un fragment de synclinal éocène inférieur dont le prolongement du plissé retrouve au Djebel-Tazbent. Ces phosphates sont d'âge paléo-éocène selon Bles, J, L. Fleury, J, J. (1970).

Les travaux en faveur de ce mémoire sur le plan pétro-minéralogique et granulométriques ont permis la comparaison entre les phosphates du Sud et le Nord de Tébessa:

L'étude microscopique a été effectuée à l'aide de la réalisation des lames minces: elle a permis de caractériser (la texture et la nature du ciment matrice pour faire une comparaison pétrographique, le gisement de Sud (**Kef Essenoun**) est généralement caractérisé par une texture packstone à grainstone et un ciment micritique et parfois sparitique avec une grande abondance de particules phosphatées variant taille (coprolithes ; pellets ; glauconie). Notamment la présence des grains de quartz et calcite et aussi des débris osseux.

Les phosphates du Nord représente des foraminifère (Bisérié : Textularia ; Globigérina. ; Miliolida ; radiolaire ; Ammodiscida...etc.). Les formations de cet affleurement montrent une évolution faciologique depuis une formation carbonatée à la base puis une formation phosphatée au calcaire nummulitique du sommet. Le ciment est généralement micrite à sparite. Avec une texture wackestone à grainstone. Notant l'existence de remplissage siliceuse calcitique dans la phase phosphaté et la présence des oxydes de fer témoignant d'une altération superficielle.

Les particules phosphatées sont généralement, représentées par des coprolithes et des pellets concentrés dans la formation phosphatée (au centre). Ces pellets manifestent parfois un contour externe indique une oxydation de la matière organique. La formation sommitale est totalement nummulitique bien préservé avec des fossiles macroscopique (ostracodes ; gastéropode).

L'analyse minéralogique à l'aide de la diffraction des rayons a permis de préciser la minéralogie des phosphates. En effet, ces derniers montrent une prédominance des minéraux de phosphates représentés par Carbonate Hydroxyde-apatite, la francolite, le fluor-apatite et aussi Hydroxyde-apatite. Cette minéralogie se ressemble dans tous les phosphates de la région de Tébessa. Les minéraux accessoires (où de ciment) sont représentés par la calcite, la dolomie et le quartz.

L'analyse granulométrique des phosphates de la région Tébessa a été faite pour les phosphates des deux secteurs :

Les résultats de l'analyse granulométrique permettant le calcul des différents paramètres, selon la méthode FOLK & WARD (1957), montre que les phosphates du gisement de Kef Essenoun se caractérisent par des courbes des fréquences relatives généralement, monomodales qui indique que cette formation très caractéristique d'une même origine. Le classement est médiocre avec une symétrie granulométrique des échantillons. Le graphe de probabilité a permis de mettre en évidence la présence de quatre populations. Une population représente 10% des grains dont leur mode de transport est en suspension. Deux populations au centre du graphe indique mode de transport en saltation dont le pourcentage de 84.82% généralement entre les tailles 0.04 et 0.6 mm. Une population dont le mode de roulement et/ou charriage, généralement, caractérise les particules les plus grossières de tailles entre 1 et 1.25 mm avec un pourcentage 5%. Les phosphates de Dj. Dyr sont caractérisés par des graphes des fréquences multimodales qui représentent une variabilité des tailles des graines. L'indice de classement entre médiocre et très médiocre avec une asymétrie augmente vers les particules grossières. La courbe de probabilité que le mode de transport en suspension estimé de 53%. Tandis que le mode de transport par saltation de 23%. Une population de mode en roulement et/ou charriage avec un pourcentage estimé de 24%.

L'ensemble des résultats montrent que les phosphates de Dj. Dyr au nord dont les observations de terrain et la description des faciès (niveaux centimétrique à décimétrique) en

intercalation, par contre, les phosphates de Kef Essnoun au sud montrant une couche de 30 m sans intercalation d'une part, et l'aspect pétrographique avec l'aspect granulométrique qui indique que les phosphates du sud sont allochtones par rapport les phosphates du nord qui sont à priori autochtones. Les arguments de cette hypothèse sont nombreux (aspect des grains abondances des glauconies). Cette étude nécessite une datation absolue à l'aide des méthodes radiométriques (U/Pb) et relatives (identification du contenu fossilifères). Nous recommandons, aussi l'étude chimiostratigraphique des phosphates et la comparaison avec les phosphates tunisiens.

# BIBLIOGRAPHIE

- Beghoul M., (1974)** : Etude géologique de la région des Hamimat (Sud-Est Constantinois). Application à la recherche pétrolière dans les confins algéro-tunisiens. *Thèse Dr.-Ing, Univ. Pierre et Marie Curie (Paris VI)*, 140 p.
- Blès JL et Fleury (1971)** : Carte géologique 1/50 000 Morsott et notice explicative. Publ. Serv. Geol. *Algérie*.
- 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.
- 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.*
- Cielensky., Benchernine. - EREM (1987)** : Travaux de prospection et d'évaluation des phosphates dans la région de Bir El Ater. *Rapport interne, EREM, 80p.*
- Cook, P. J., et Mc. Elhinny, M. W. (1979)**: a reevaluation of the spatial and temporal distribution of sedimentary phosphate deposits in the light of plate tectonics. *Economic geology, vol. 74, 315p.*
- David L (1956)** : Etude géologique des Monts de la Haute Medjerda – Bull. Serv. Carte géol. Algérie. *Nlle. Sér.– Bull. – n°11 Alger.*
- 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.*
- Faucoult, A. et Raoult, J. F., (1995)** : Dictionnaire de Géologie. *Edition Masson, 324p.*
- Fisher, A. Gv. et Jerome, D., (1973)**: Geochimistry of minerals containing phosphorus, in *environmental Phosphorus Handbook, 141 p – John Wiley and Sons. New York, London, Sydney, Toronto.*
- Flandrin J (1948)** : Les chaînes atlasiques et la bordure nord du Sahara. Publ. XIX C. G. I. Alger 1952, *Monogr. rég. Ire série, n° 14, 82 p.*
- Fleury J.J., 1969** : Stratigraphie du Crétacé et de l'Eocène (Aptien à Lutétien de la feuille 1/50 000ème Morsott, n°178, Algérie, Constantinois, Atlas Saharien). *Bull. Serv. Géol. Algérie, 39, p.145-157.*
- Folk R.L., Ward W.C. (1957)** : Brazos Riber bar: a study in the significance of grain parameters. *Journal of Sedimentary Petrology, 27, p. 3-26.*

- Hervé, C. et Jean-François, D., (2011):** Bases de sédimentologie. *Livre, 3eme edition, DUNOD, p.55-68.*
- 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.*
- 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.*
- Mezghache H. et Hani A. (2002) :** Typologie chimique des phosphates du gisement de Djemi-Djema, bassin de Djebel Onk (Algérie orientale). *Géologie Méditerranéenne. Tome XXVII n° 1/2, 2000, pp 95-106.*
- Masse J.P. & Thieuloy J.P., (1979):** Précisions sur l'âge des calcaires et des formations associées de l'Aptien sud constantinois (Algérie). Conséquences paléogéographiques. *Bull. Soc. Géol. de France, 7, XXI, p.65-71.*
- 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 1, Tome 2, 292-299.*
- Mouflih M., Samih A., Chellai E.h., Pascal A., Benbouziane A., Aklil A., Jahroud N., Sebti S., Amarghaz 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.*
- Nicoloni, P. (1990).** Gîtologie et exploration minière. *Edition Tec&doc, Lavoisier.*
- 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.*
- Prian G. P., Cortiel Ph. (1993) :** Etude de développement du gisement de phosphate de Djebel Onk (Algérie). *Rapport d'expertise géologique, B.R.G.M. France, 288p.*
- Raguin, E. (1961).** Géologie des gites minéraux. *Edition Masson et Cie.*
- 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.*
- Slansky, M., (1980) :** Géologie des phosphates sédimentaires. *Mém. B.R.G.M. n°114, France, 92p.*
- Smati A. (1986) :** Les gisements de Pb, Ba et Fe du Dj. Slata (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 Slata Fer. *Thèse de 3ème Cycle, Université de Paris VI, France, 250 p.*

- 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.
- 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 Télijdène, 27 p., *Publ. Serv. Carte géol. Algérie. Alger.*
- Vila JM, Freiberg H, Lahondere J-C, Gourinard Y, Chouabi A, Magne J et 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.*
- 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, plissé au Tertiaire. *C. R. Acad. Sci. Paris, 323, ser. II, p.1035-1042.*
- Zapata., Roy. (2004) :** Engrais et nutrition végétal, *Bulletin FAO, N°13, 175p.*

## LES SITES D'INTERNET

- MEM, (2014) :** Ministère de l'Energie et des mines, <http://www.mem.algeria.org/francais/index.php?page=le-phosphate>.
- USGS, (2015):** *United State Geological Survey, https://www.usgs.gov, Mineral Commodity Summaries, February 2016.*

# ANNEXE 1

## GENERALITES

### 1. GENERALITES SUR LE PHOSPHATE

#### 1. 1. Définition de la roche phosphatée

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 contenue dans des sédiments argilo-carbonatés, ou bien siliceux servant de matrice, et des grains cylindrique ou bien angulaire, et elles contiennent souvent de la glauconie et des éléments détritiques (le quartz par exemple). 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 sur le plateau continentale, ou à son rebord (entre 50 à 200 m) (Faucoult et Raoult, 1995).

#### 1. 2. Nomenclature et classification des roches phosphatées

Une classification a été conçue pour une utilisation internationale, il a été tenu compte les définitions du « Glossary of Geology », ce dernier a été publié en 1974 par l' «American Geological Intitute ». Les termes « phosphorite » et « phosphatite » sont utilisées avec les significations suivantes (Slansky, 1980) : **Phosphorite** : C'est une roche sédimentaire des cavités karstique, sa composition minéralogique essentielle des minéraux phosphatés peut être indifféremment des phosphates de Ca, Al et de Fe. **Phosphatite** : C'est une roche sédimentaire composé en majorité de minéraux de la série d'apatite.

L'utilisation de « phosphorite » comme terme le plus général pour les roches à phase phosphatée prépondérante. Le terme « phosphatite » est d'utilisation moins courante. Lorsqu'une roche sédimentaire contient 50 % de minéraux phosphatés, sa teneur en  $\text{P}_2\text{O}_5$  dépend de la nature des minéraux phosphatés présents (Slansky, 1980). Il est à noter qu'une teneur de 18 % en  $\text{P}_2\text{O}_5$  a été choisie comme une limite entre les roches considérer comme

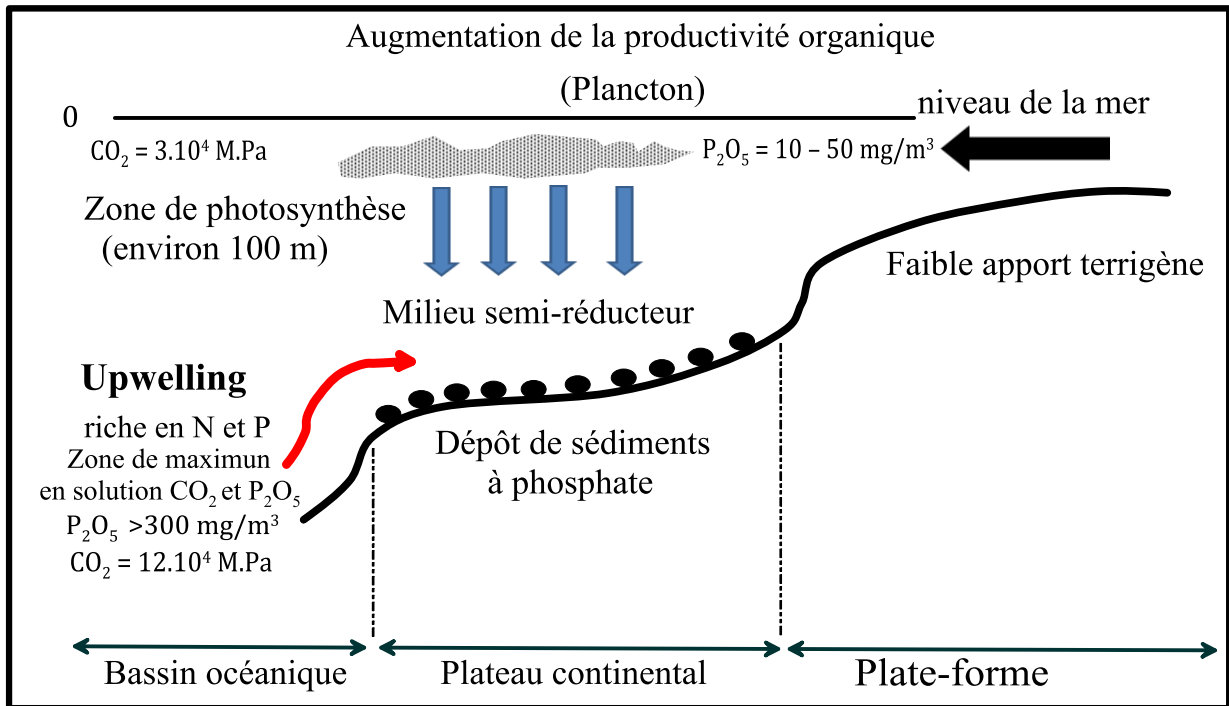
minéral de phosphate ou de roche stérile (Slansky, 1980). En effet, les termes phosphorite ou phosphatite ne peuvent pas être utilisés que dans les roches dont la teneur en  $P_2O_5$  est égale ou supérieure à 18%. Si la teneur est inférieure à 18%, l'utilisation de la nomenclature de la fraction non phosphatée est prise en considération (Slansky, 1980).

### **1. 3. Origine des phosphates sédimentaires (KAZAKOV, 1930)**

L'une des hypothèses la plus adaptée est celle de (Kazakov, 1930), cette hypothèse 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  $CO_2$ , cette diminution amène à la précipitation du  $CaCO_3$ , puis les phosphates. Donc, la sédimentation chimique des phosphates ne peut se produire dans les régions profondes, là où la pression du  $CO_2$  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.





**Fig. 28** – Schéma de phosphatogénèse. (D'après Kazakov 1930)

Les gisements de plate-forme les plus remarquables sont associés aux cycliques. Ils sont mis en place sous un climat aride. Les faciès sédimentaires sont essentiellement de trois types : les granulo ou pseudo-oolithes, les nodules des débris organiques (coprolithes et fossiles phosphatés). 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  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Les gisements du Djebel Onk, Dyr et El Kouif sont de type sédimentaire d'origine marin.

#### 1. 4. Epoques de formation des gisements de phosphate

Les gisements des phosphates naturels comprennent plus de 200 espèces minéralogiques (Fisher, 1973), mais les plus abondamment répandues appartiennent à la famille de l'apatite (Raguin, 1961). Des concentrations importantes sont connues dans des contextes intrusifs, mais la minérale d'apatite est tout aussi présente dans les roches éruptives et métamorphiques. Le milieu sédimentaire, c'est le domaine des grandes concentrations phosphatées, qui sont connus dans les sédiments de presque toutes les périodes géologiques (Nicolini, 1990), depuis le Précambrien jusqu'au Cénozoïque (Fig. 29).

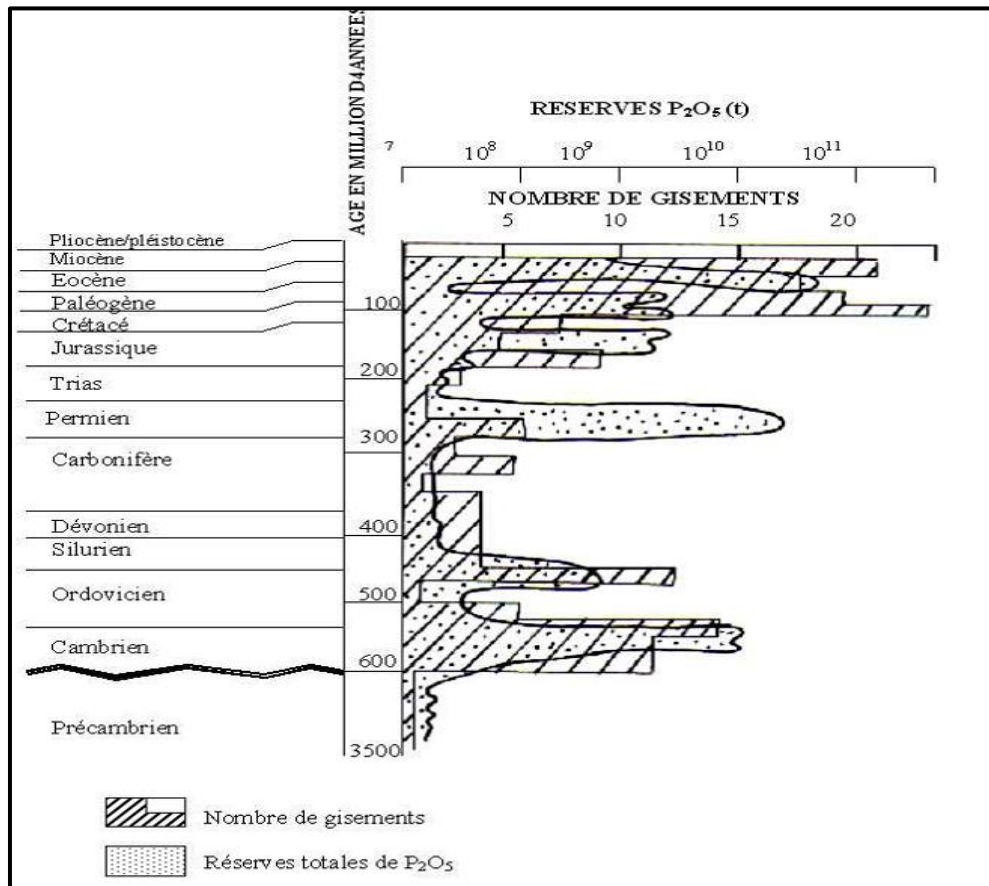


Fig. 29 : Epoque de formation des gisements de phosphates d'après Cook et Elhinny (1979).

### 1. 5. Production et réserves du phosphate

Selon une étude récente publiée par USGS (2016) ; Les pays ayant de grandes capacités sur le plan d'exploitation et des réserves/ressources sont :

- La chine par 100 million de tonne avec une réserve de 3700 million de tonne.
- Les Etats-Unis par 27,6 million de tonne avec une réserve de 1100 million de tonne.
- Le Maroc et Sahara occidental par 30 million de tonne avec une réserve de 50 000 million de tonne.

Ci-dessous ; la production et réserves mondiales par pays de phosphate naturel en 2015

**Tableau. 7 :** Production et réserves mondiales par pays de phosphate naturel en 2015  
(USGS, 2016).

Pays	Production (106 kg)	Part mondiale (%)	Réserve mondiale (106 kg)
États-Unis			
Algérie	1 200	0,54	2 200 000
Australie	2 600	1,17	1 030 000
Brésil	6 700	3	315 000
Chine	100 000	44,83	3 700 000
Égypte	5 500	2,47	1 250 000
Inde	1 100	0,49	65 000
Irak	200	0,09	430 000
Israël	3 300	1,48	130 000
Jordanie	7 500	3,36	1 300 000
Kazakhstan	1 600	0,72	260 000
Mexique	1 700	0,76	30 000
Maroc et Sahara occidental	30 000	13,45	50 000 000
Pérou	4 000	1,79	820 000
Russie	12 500	5,6	1 300 000
Arabie saoudite	3 300	1,48	956 000
Sénégal	1 000	0,45	50 000
Afrique du Sud	2 200	0,99	1 500 000
Syrie	750	0,34	1 800 000
Togo	1 000	0,45	30 000
Tunisie	4 000	1,79	100 000
Viêt Nam	2 700	1,21	30 000
Autres pays	2 600	1,17	380 000
Total	223 000	100	69 000 000

La production algérienne est faible. Elle est classé 15<sup>ème</sup> mondialement (les nouvelle statistiques de l'USGS) avec de 1,2 million de tonne. Mais ses réserves/ressources sont considérables atteignant de 2,2 milliards de tonnes. Le grand gisement de Djebel Onk, au Sud de Tébessa, en cours d'exploitation depuis 40 ans, renferme environ la moitié de ces réserves / ressources.

Les principaux gisements de phosphate en Algérie sont (MEM, 2014). Les réserves prouvées sont réparties comme suit :

- Djebel Onk Sud : 500 Millions de tonnes.
- Djebel Onk Nord : 100 Millions de tonnes.
- M'Zaita : 29 Millions de tonnes.
- El Kouif : 27 Millions de tonnes.
- Djebel Dyr : 8 Millions de tonnes.

Les ressources probables sont plus importantes que celles prouvées et peuvent atteindre les deux milliards de tonnes à Djebel Onk.

## **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.

### **a) Les engrais**

L'intérêt des phosphates, dont plus de 80% de la production mondiale est utilisée par l'agriculture.

### **b) Fabrication de l'acide phosphorique**

L'acide phosphorique est de formule chimique  $H_3PO_4$ , source de composés industriellement importants.

## **1. 7. Traitement des phosphates**

Généralement, les phosphates doivent subir des traitements avant d'être utilisés. Les traitements sont physiques (broyage, calcination, lavage, séchage) et chimiques (attaque du minerai par l'acide sulfurique). L'enrichissement consiste à utiliser les procédés les moins coûteux possibles pour libérer les constituants minéraux, puis à séparer au maximum les impuretés libres par voie physique et ainsi concentrer les éléments phosphatés.

## ANNEXE 2

### MODE OPERATOIRE DE LA CONFECTION DES LAMES MINCES

Dans la plupart des cas, la roche phosphatée est friable. Ceci rend difficilement la confection des lames minces. Une induration de l'échantillon a été nécessaire afin de pouvoir procéder au découpage, polissage et collage. La méthode utilisée dans notre cas est celle de l'induration des roches friables par le vernis (Gaine, 1973). Les lames minces obtenues par cette méthode conviennent parfaitement aux études micro-morphologiques.

Les étapes de consolidations des échantillons de phosphates sont : **a) Séchage**

Les échantillons de phosphates numérotés et orientés sont placés dans une étuve pendant 2 à 3 heures. La température ne doit pas dépasser 100°C. Cette opération permet l'élimination de l'humidité.

#### **a) Imprégnation**

Après le séchage, l'échantillon est placé dans une nacelle de grillage fin pour être immergé, avant son refroidissement dans le vernis plus ou moins dilué. L'échantillon doit être immergé dans le vernis jusqu'à la sortie des bulles d'air, en générale. Cette opération s'effectue à l'air libre pendant 10 minutes ou plus. La proportion de diluant la plus couramment utilisée est de 15 % (Fig. 9).

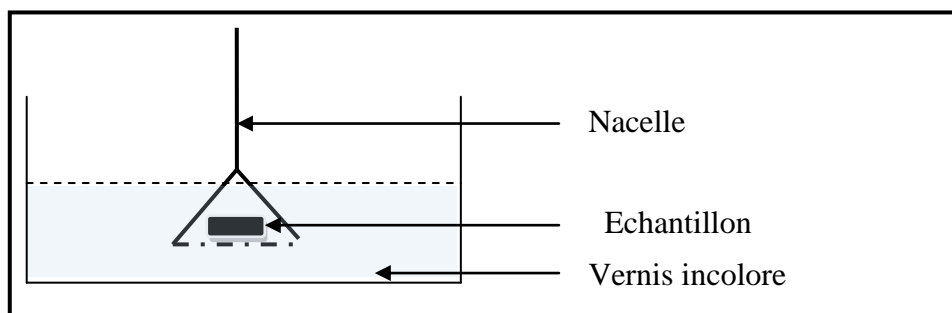


Fig. 30 – Imprégnation des échantillons de phosphate.

## **b) Durcissement**

Le durcissement s'effectue à chaud dans l'étuve utilisée pour le séchage. La température ne doit pas dépasser 100°C pour éviter la carbonisation de l'échantillon. L'induration s'effectue en une heure. Il est nécessaire de surveiller l'échantillon au cours de l'induration. Si sa surface s'assèche, il faut le tremper à nouveau dans le vernis et recommencer l'opération jusqu'à ce que l'échantillon reste enduit de vernis.

Après la phase de durcissement, l'échantillon devient dur et peut subir les opérations de préparation classique des lames minces (sciage, polissage, collage ...).

Les résultats de l'étude pétrographique sont synthétisée dans la figure (Fig. 10) des analyses chimiques ont été également utilisées pour confirmer cette subdivision.

## ANNEXES 3

### MODE OPERATOIRE D'ETUDE EN GRAINS

#### 1. MATERIEL ET METHODES

La préparation des échantillons a été effectuée au laboratoire de sédimentologie (département des sciences de la terre et de l'Univers – Ouargla). La préparation des échantillons s'effectuent sur plusieurs étapes. Nous présentons, ici une synthèse du mode opératoire de traitement des échantillons.

##### 1. 1. Concassage préliminaire

Cette opération (concassage à mâchoire électrique) a été faite pour réduire les dimensions des roches, objet de la présente étude. L'ouverture des mâchoires est réglée à 4 mm. L'objectif de cette opération est de mettre en grains les roches phosphatées légèrement indurées. Cette dimension a été choisie pour ne pas concasser les grains phosphatés et assurer leur préservation et leur signification pour l'analyse granulométrique. Il est à noter que le choix de cette ouverture est dictée par une étude pétrographique sur lames minces dont les grains phosphatés (pellets, coprolithes, dents de poissons, litho-clastes, ...) ont une taille qui ne dépasse pas les 3 mm. Le résultat de ce concassage préliminaire est souvent contrôlé.



**Fig. 31:** Concasseur à mâchoire électrique.



## 1.2. Quartage et pesage

Le quartage est opération faite pour assurer la représentativité de l'échantillon. Soit ensuite procéder à une prise d'essai confinement à la formule :  $200 D < P < 600 D$ , avec D: diamètre moyen estimé du plus gros grain. Peser l'échantillon dans un récipient.

## 1.3. Préparation finale de l'échantillon

Cette étape consiste à imbiber à l'eau distillée, l'échantillon dans un récipient pour une durée de 72 heures. Cette opération vise la fragilisation de l'échantillon et de mettre en suspension les éléments figurés de la roche phosphatée. Les phosphates dont la matrice argileuse sont facilement traitées par rapport les faciès à ciment carbonatée. Cela nécessite la prolongation de la période d'imbibition. A la fin de cette étape, le produit soit quasi pulvérulent dans l'eau distillée.



**Fig. 32** : Pesage préliminaire

## 1.3. Classification a voix humide.

L'échantillon est soumis à une classification à voix humide en utilisant une tamiseuse type *MINOR*. Les phosphates sont généralement de la classe arénites, pour cela les fractions prises en compte sont comprises de moins 45  $\mu\text{m}$  à 2 mm (Fig. xxx). Huit (8) Tamis en plus le récipient des fines ont été utilisés ; il s'agit des tamis : (2 ; 1,25 ; 1 ; 0,5 ; 0,25 ; 0,125 ; 0,45 mm).



Fig. 34 : Série de Tamis *MINOR*.

Le refus de chaque tamis est séché à l'aire libre (Température de 35 C°). Les refus sont pesés et dignement reportés sur une feuille de calcul. Les pourcentages sont calculés sur la base des poids des refus.

N.B : La fraction refus +2 mm n'as pas été prise en compte, car, la visualisation de cette échantillons sous loupe binoculaire a montré des grains qui sont toujours consolidés est bien cimentés. La remise à 100 % a été effectuée pour le reste des fractions et que tous les calculs ont été faits sur ces fractions. Ces dernières montrent une libération des grains par rapport leurs ciments / matrices.



Fig. 35 : La loupe binoculaire utilisée.

## ANNEXES 4

### TRAITEMENT DES DONNEES GRANULOMETRIQUE

Les résultats de pesage après séchage sont interprétés à l'aide des méthodes de calcul et graphique repose essentiellement sur les méthodes statistiques descriptives telles que : les courbes de fréquences relatives et cumulatives. La courbe de probabilité a été utilisée aussi dans cette étude pour déterminer le mode de transport de particules

#### 1. Courbes cumulatives

La cumulation rétrograde des pourcentages en poids de toutes les classes granulométriques dimensionnelles est représentée sous forme de courbes cumulatives. On les obtient en portant en abscisse la dimension des mailles des tamis consécutifs utilisés et en ordonnée la masse totale cumulée, des lots supérieurs à la taille de la maille considérée.

#### 2. Courbes de fréquence

On les obtient en portant en abscisses la dimension des mailles des tamis utilisées et en ordonnées la masse en pourcentage simple. Ces courbes sont en forme de cloches (courbe de Gauss) avec une ou plusieurs culminations ou modes.

#### 3. Les courbes d'ordonnée cumulée ou courbes de probabilité (VISHER, 1969)

Normalement, la courbe est une droite, ce qui traduit un bon triage (maturité). Selon VISHER, le principal facteur qui modifie une telle répartition des particules est le transport. Ce dernier est responsable de l'individualisation de trois segments qui correspondent à trois populations :

- transport par suspension : particules fines
- transport par saltation : particules moyennes
- transport par roulement : particules grossières.

Le nombre, la répartition et la pente de ces segments permettent de définir l'agent et le milieu de dépôt final.

#### 4. Indice de classement TRASK (1932)

Les courbes granulométriques permettent de visualiser le classement et la distribution granulométrique. La valeur de chacun des quartiles  $Q_1$ ,  $Q_2$  et  $Q_3$  est donnée par l'intersection de la courbe cumulative avec l'horizontale représentant respectivement **25**, **50** et **75 %**.

L'indice de classement (Sorting ou déviation standard) indique la dispersion des tailles par rapport à la moyenne de l'échantillon. Il est donné par la formule :

$$S_0 = \left( \frac{Q_3}{Q_1} \right)^{1/2}$$

Quatre classes sont envisageables selon la fourchette de la valeur de  $S_0$  :

- Les phosphates à composants très bien classés ( $S_0 < 2,5$ ),
- Les phosphates à composants bien classés ( $2,5 < S_0 < 3,5$ ),
- Les phosphates à composants moyennement classés ( $3,5 < S_0 < 4,5$ ),
- Les phosphates à composants très mal classés ( $S_0 > 4,5$ ).

### 5. Indice d'asymétrie ou Skewness TRASK (1932)

Il indique la prépondérance, ou non, des particules fines ou grossières par rapport au grain moyen de l'échantillon. L'indice d'asymétrie est donné par la relation :

$$S_k = \frac{(Q_3 \cdot Q_1)}{(Q_2)^2}$$

- $S_k = 1$  distribution symétrique par rapport au grain moyen ;
- $S_k > 1$  les grains fins sont légèrement mieux triés que les gros grains ;
- $S_k < 1$  les gros grains sont légèrement mieux triés que les grains fins.

### 6. Grain moyen

Il donne une bonne idée de l'éventail granulométrique moyen d'un échantillon donné :

$$\mu_\xi = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3} \quad (\text{Folk, 1980})$$

( $\Phi_{16}$  : diamètre des particules, en unité  $\Phi$ , correspondant à un pourcentage pondéral de 16%)

## 7. Classement (Sorting ou déviation standard)

Il indique la dispersion des tailles par rapport à la moyenne de l'échantillon :

$$\Phi_i = \frac{(\Phi_{84} - \Phi_{16})}{4} + \frac{(\Phi_{95} - \Phi_5)}{6,6}$$

$0 < \Phi_i < 0,35$  : très bien classé

$0,35 < \Phi_i < 0,50$  : bien classé

$0,50 < \Phi_i < 0,71$  : assez bien classé

$0,71 < \Phi_i < 1,00$  : moyennement classé

$1,00 < \Phi_i < 2,00$  : médiocrement classé

$2,00 < \Phi_i < 4,00$  : très mal classé

## 8. Asymétrie (skewness)

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

$$\frac{(\Phi_{16} + \Phi_{84} + 2 \Phi_{50})}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2 \Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)}$$

$+1,00 > sk_i > +0,30$  : forte asymétrie vers les petites tailles

$+0,30 > sk_i > +0,10$  : asymétrie vers les petites tailles

$+0,10 > sk_i > -0,10$  : symétrie granulométrique de l'échantillon

$-0,10 > sk_i > -0,30$  : asymétrie vers les grandstailles

$-0,30 > sk_i > -0,10$  : forte asymétrie vers les grands tailles.

# LISTE DES FIGURES

Pages

<b>Fig. 1 :</b> Schéma des unités structurales d’Afrique du Nord (modifié d’après Durand Delga et Fontboté, 1960).	4
<b>Fig. 2 :</b> Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellègue. (D’après : Dubourdiou 1956, 1959; David 1956; Madre 1969; Fleury 1969; Thiéberoz et Madre 1976; Chikhi 1980; Otmanine 1987; Bouzenoune 1993 et Vila et al., 2000, in Sami, 2004).	5
<b>Fig. 3 :</b> Position des extrusions triasiques par rapport aux fossés d’effondrement (Aoudjehane, 1991).	10
<b>Fig. 4 :</b> Situation des sondages et tranchées du gisement de Kef Essennoun – Djebel Onk – Algérie Orientale-	14
<b>Fig. 5 :</b> Coupe géologique du gisement de Kef Essennoun (Cielensky et Benchernine, 1987)	16
<b>Fig. 6 :</b> Localisation des échantillons prélevés au niveau de Kef Essennoun.	17
<b>Fig. 7 :</b> les dents de requins	19
<b>Fig. 8:</b> Changement latéral des facies du faciès 1 (phosphate beige) au faciès 2 (phosphate noire).	20
<b>Fig.9 :</b> Carte géologique de zone d’étude ( <i>Dry</i> ) (Bles, J, L. Fleury, J, J. 1970).....	22
<b>Fig.10 :</b> Plan d’échantillonnage de la coupe (2) Dj. Dyr .....	24
<b>Fig. 11 :</b> Lame C2D1 en lumière réfléchie (A) et lumière naturelle (A’) montrant une calcaire bio-micrite riche en foraminifères.	25
<b>Fig.12:</b> Phosphate Oo-sparitique avec un remplissage calcitique.....	28
<b>Fig.13 :</b> lame C2D12e en lumière naturelle bio-micritique, riche en débris nummulitique avec remplissage calcitique.	30
<b>Fig.14:</b> Exemple du diagramme diffraction rayons X de l’échantillon de phosphorite (en Dj. Dyr) montrant principalement la minérale phosphorite (Kechiched, 2016).	32
<b>Fig. 15 :</b> lame de la couche basal (S-BH06 de 158 à 159 m). .....	33

<b>Fig.16</b> : Diagrammes de DRX de l'échantillon KFS 2, djebel el Onk. (Kef Essnoun). ....	<b>36</b>
<b>Fig.17</b> : Diagrammes de DRX de l'échantillon KFS 7a, djebel el Onk. (Kef Essnoun). ....	<b>37</b>
<b>Fig.18</b> :L'échantillon KFS7a fraction granulométriques (refus 500 µm) sous la loupe binoculaire. <b>P</b> : pellets. ; <b>Co</b> : coprolithes.	<b>39</b>
<b>Fig.19</b> :L'échantillon KFS1 fraction granulométriques refus 500 µm sous la loupe binoculaire <b>G</b> : Glauconie. ; <b>P</b> : pellets. ; <b>Co</b> : coprolithes.	<b>40</b>
<b>Fig. 20</b> : Courbes de fréquence relative ( <b>A</b> ) et cumulative ( <b>B</b> ) de la couche <b>KFS4</b> (Kef Essnoun) Djebel el Onk.	<b>45</b>
<b>Fig.21</b> : Courbes de fréquence relative ( <b>A</b> ) et cumulative ( <b>B</b> ) de la couche <b>KFS1</b> (Kef Essnoun) Djebel el Onk.	<b>46</b>
<b>Fig.22</b> : Courbes de fréquence relative ( <b>A</b> ) et cumulative ( <b>B</b> ) de la couche <b>KFS 7a</b> (Kef Essnoun) Djebel el Onk.	<b>47</b>
<b>Fig.23</b> : Courbes de probabilités des faciès (KFS7a ; KFS1 ; KFS4).....	<b>48</b>
<b>Fig.24</b> : Courbes de fréquence relative ( <b>A</b> ) et cumulative ( <b>B</b> ) de la couche basale <b>PH9</b> .Djebel Dyr.	<b>49</b>
<b>Fig.25</b> : Courbes de fréquence relative ( <b>A</b> ) et cumulative ( <b>B</b> ) de la couche basale <b>PH5</b> .Djebel Dyr.	<b>51</b>
<b>Fig.26</b> : Courbes de fréquence relative ( <b>A</b> ) et cumulative ( <b>B</b> ) de la couche basale <b>PH1</b> .Djebel Dyr.	<b>52</b>
<b>Fig.27</b> : Courbes de probabilités des faciès (PH1 ; PH5 ; PH9).....	<b>53</b>
<b>Fig. 28</b> – Schéma de phosphatogénèse. (D'après Kazakov 1930).....	<b>64</b>
<b>Fig. 29</b> : Epoques de formation des gisements de phosphates d'après Cook et Elhinny (1979).	<b>65</b>
<b>Fig. 30</b> : Imprégnation des échantillons de phosphate.....	<b>68</b>
<b>Fig. 31</b> : Concasseur à mâchoire électrique.....	<b>70</b>
<b>Fig. 32</b> : Pesage préliminaire .....	<b>71</b>

**Fig. 34** : Série de Tamis *MINOR*. ..... 72

**Fig. 35** : La loupe binoculaire utilisée..... 72



# L I S T E D E S T A B L E A U X

	<b>Pages</b>
<b>Tableau.1</b> : Les données granulométriques de la couche basale (4).....	<b>44</b>
<b>Tableau.2</b> : Les données granulométriques de la couche principal (1).....	<b>45</b>
<b>Tableau.3</b> : Les données granulométriques de la couche principal (7).....	<b>46</b>
<b>Tableau.4</b> : Les données granulométriques de la couche basale (PH9).....	<b>49</b>
<b>Tableau.5</b> : Les données granulométriques de la couche Principale (PH 5).....	<b>50</b>
<b>Tableau.6</b> : Les données granulométriques de la couche sommitale (PH 1).....	<b>51</b>
<b>Tableau.7</b> : Production et réserves mondiales par pays de phosphate naturel en 2015 (USGS, 2016).	<b>66</b>

# LISTE DES PLANCHES

Pages

<b>PLANCHE I :</b> Les échantillons de la couche basale .....	<b>18</b>
<b>PLANCHE II :</b> Les échantillons de la couche principale .....	<b>19</b>
<b>PLANCHE III :</b> les échantillons de la couche sommitale .....	<b>20</b>
<b>PLANCHE IV Formation Carbonatées à la base :</b> Observations en lumière naturelle (LN) et lumière réfléchi (LR) de lames minces dans des échantillons carbonatés riche en foraminifères, du gisement de djebel Dyr. Le grossissement généralement entre 100µm à 200µm.	<b>26</b>
<b>PLANCHE V Formations phosphatées au centre :</b> Observations en lumière naturelle (LN) et lumière polarisant (LP) de lames minces dans des échantillons phosphatés du gisement de djebel Dyr. Le grossissement est 1mm et 200µm.	<b>29</b>
<b>PLANCHE VI Formations sommital :</b> Observations en lumière naturelle (LN) et lumière polarisant (LP) de lames minces dans des échantillons phosphatés du gisement de djebel Dyr. Le grossissement est 1mm et 200µm.	<b>31</b>
<b>PLANCHE VII Formations principale :</b> Observations en lumière naturelle (LN) et lumière polarisant (LP) de lames minces dans des échantillons phosphatés du gisement de Bled El Hadba . Le grossissement est 250µm.	<b>34</b>
<b>PLANCHE VIII Formations sommital :</b> Observations en lumière naturelle (LN). de lames minces dans des échantillons phosphatés du gisement de Bled El Hadba. Le grossissement est 250µm.	<b>35</b>

## المخلص:

فوسفات منطقة تبسة بأخذ جزء من فترة (phosphatogénèse), و هذا خلال تاريخ (paléocène-éocène). تركز هذه الدراسة على المقارنة بين فوسفات شمال تبسة والممثل بجبل الدير و فوسفات الجنوب و الذي نمثله بالحقل الذات الالهيمية و المسمى بجبل "كاف السنون". هذه الدراسة تسمح لنا بتحديد السلوك و النمط (Pétrographique) للصخور الفوسفاتية المتواجدة , الجسيمات او الحبيبات الفوسفاتية تظهر لنا على شكل كريات و فضلات الاسماك و حبيبات عضوية اخرى و هذا حسب حجم الحبيبات و طبيعة المادة الذي ساهمت في تماسك هذه الاخير مع بعضها البعض (الكربوناتي , طينية و سليكونية ) . حيث اننا نجد اختلافا و تفاوتا من مستوى إلى الأخر و من مكان إلى آخر . الدراسة المعدنية (La minéralogie) للفوسفات التي قمنا بها و بمساعدة تحاليل اشعة (DRX) . هي دراسة ساهمت و بشكل كبير في تحديد المعادن الموجودة في عينات الفوسفات لمنطقة تبسة , حيث ان المعادن الموجودة في تتمثل عامة في ( الهيدروكسيد اباتيت – كربونات فلور اباتيت ) في كلتا المنطقتين الشمالية و الجنوبية مع وجود معادن تابعة دخيلة (exo-gangue) : الدولميت و الكوارتز ) . تم تحليل الحبيبات (granulométrie) بواسطة منحنيات تراكمية و نسبية بينت لن سوء تصنيف الجسيمات , اعدادات التحليل الحبيبي تم حسابه بواسطة نظرية " فولك و وارد " حيث سمحت لنا هذه الاخيرة بتفسير احسن المواصفات و النتائج , كما ان وسيلة نقل الحبيبات تم دراستها بواسطة منحنيات الاحتمالات , كما يبدو ان العناصر المشكلة لهذا النوع من الصخور الفوسفاتية انتقلت بطريقة القفز , اما بالنسبة للجسيمات او الحبيبات للمنطقة الجنوبية تظهر لنا على شكل ( arrondies et émoussées ) فهو نتيجة انتقال لمسافات طويلة على غرار حبيبات الجنوب التي اخذت الشكل المثلثي الغير منتظم و الذي نفسره بانتقال لمسافات قصيرة . مجموعة النتائج تشير الى ان فوسفات المنطقة الجنوبية ذات طبيعة (allochtone) عكس فوسفات المنطقة الشمالية لتبسة فهو ذات طبيعة (autochtones) .

**كلمات مفتاحية:** فوسفات ; تحاليل الحبيبي ; فلوكوني ; كربوليت ; جبل كاف السنون ; جبل الدير ; تبسة ; الجزائر

## RESUMÉ

Les phosphates de la région de Tébessa fait partie d'une large période de phosphatogénèse durant le paléocène-éocène. Cette étude est focalisée sur la comparaison entre les phosphates du nord représentés par Dj. Dyr et les phosphates de du Sud avec le gisement important de Kef Essenoun. Cette étude a permis d'identifier le comportement pétrographique des roches phosphatés et de leurs encaissant. En effet, les particules phosphatées se manifestent par des pellets, des coprolithes et des bioclastes dont la granulométrie et la nature de liant (carbonaté, argileux et siliceux) varient d'un niveau à l'autre et d'une localité à l'autre. La minéralogie des phosphates a été éclairée à l'aide de la diffraction des rayons X. Cette dernière a montrée que les minéraux phosphatés sont représentés par l'hydroxyapatite et carbonate fluor-apatite dans les deux zones avec des minéraux accessoires (exo-gangue : dolomie et quartz). L'analyse granulométrique à l'aide des courbes cumulatives et relatives a montré le mauvais classement des particules. Les paramètres granulométrique ont été calculés selon Folk et Ward permettant une meilleure caractérisation granulométrique. Le mode de transport a été étudié par le biais des graphes de probabilités. Il ressort que les éléments figurés des roches phosphatés sont transportés par un mode de saltation. Les particules de sud sont arrondies et émoussées indiquent un transport long tandis que celle du Nord sont non usées et anguleux traduisant un transport court. L'ensemble des résultats suggère que les phosphates du sud sont allochtone contrairement aux phosphates du Nord qui sont autochtones (arguments de terrain, pétrographique, granulométrique, ...etc.).

**Mot- clés :** Phosphate ; Granulométrie ; Glauconie ; Pellets ; Coprolithes ; Djebel Dyr ; Kef Essenoun ; Tébessa ; Algérie.

## ABSTRACT

Phosphorites from the Tébessa region are a part of a large period of phosphatogenesis during the Paleocene-Eocene. This study is focused on the comparison between the northern phosphorites represented by Dj. Dyr and the Southern with the giant deposit of Kef Essenoun. This study highlights the petrographic behavior of phosphate rocks and their covering beds. Indeed, phosphatic particles are represented by pellets, coprolites and the bioclastes , of which the granulometry and the nature of the cement (carbonate, clay and siliceous material) vary from one level to another and from one locality to another. Phosphorites mineralogy was clarified using the X-ray diffraction. This latter has shown that phosphatic minerals are represented by hydroxyapatite and carbonate fluor-apatite in both zones with accessory minerals (exo-gangue: dolomite and quartz). The granulometric analysis using the cumulative and relative curves showed a poor sorting of particles. Folk and Word methods allow the granulometric characterization and to calculate their parameters. Transport mode was studied through probability graphs. It appears that the formed elements of phosphate rocks are transported by saltation mode. South particles are rounded and blunt indicating long transport while the northern are sharp and angular indicating a short transportation. The overall results suggest that southern phosphates are allochthonous, whereas, the northern are likely autochthonous according to many arguments (outcrops arguments, petrographic, granulometric, etc.)

**Keywords :** Phosphorite ; Granulometry ; Glauconite ; pellets ; coprolites ; Djebel Dyr ; Kef Essenoun ; Tébessa ; Algeria.