

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

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

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Géologie des Bassins Sédimentaires

THEME

Contribution à l'étude géologique de Djebel Dyr (Tébessa, NE algérien): Lithostratigraphie, micropaléontologie et implication sur la mise en évidence du passage Paleocene-Eocene

Présenté par

BOUMADJI Amina

Devant le jury :

Président :	M. REMITA Abdellatif	M. A. A Univ. Ouargla
Promoteur :	Dr. KECHICHED Rabah	M. C. A Univ. Ouargla
Examineur :	M. MAZOUZI Abdelmounim	M. A. A Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2018/2019

Dédicaces

À la mémoire de ma mère

Ce travail est dédié à ma mère, décédé trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé pour mes études. J'espère que, ce monde la garde ses valeur en appréciant cet humble geste comme une preuve de reconnaissance de la part sa fille qui prié toujours pour le salut à son âme. Que dieu le tout puissante lui accorde sa sainte miséricorde! Et l'accepte dans son vaste paradis.

Je dédie ce mémoire à :

*Mon père **Abdel Hamid**, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Que DIEU PUISSE faire en sorte que ce travail porte ses fruits ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*Mes sœurs **Mounia** et **Yasmina**, qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.*

*Mes frères **Med. Chérif** et **Med. Riad**, qui m'ont toujours entouré et motivé à sans cesse d'être meilleur.*

*Mes nièces **Miral** et **Nadia** et mon neveu **Mohamed Anis**.*

Tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.

Tous mes amis, mes collègues et tous ceux qui m'estiment.

*Tous les membres de ma promotion **2019**.*

R e m e r c i e m e n t

*Tout d'abord, je tiens à remercier **ALLAH, le tout Puissant** de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail. Egalement, **je remercie infiniment ma famille**, qui m'a beaucoup encouragé et aidé à arriver à ce stade de ma formation.*

Je tiens à remercier tous ceux et celle qui ont contribué à Finaliser ce modeste travail.

*Mes remerciements vont à mon encadreur **Dr. Rabah Kechiched** pour m'avoir guidé à la réalisation de ce travail. Ainsi qu'aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail en acceptant de l'examiner de l'enrichir par leur propositions :*

***M. Abdellatif Remita** pour avoir accepté de présider le jury.*

***M. Abdelmounim Mazouzi**, pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Enfin, je n'oserais oublier de remercier tout le corps professoral de l'Université **Kasdi Merbah Ouargla** en particulier tous les enseignants du département des **Sciences de la Terre et de l'Univers**, pour le travail énorme qu'il effectue pour nous avoir créé les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études.*

SOMMAIRE

Liste des figures
Liste des tableaux
Liste des planches
Résumé
Abstract
ملخص.

Introduction générale	1
------------------------------------	----------

Chapitre I : Généralités

1.Généralités sur les phosphates	3
1.1.Définition	3
1.2. Genèse des phosphates.....	3
2.Minéralogie des phosphates	7
3.Chimie des phosphates	8
4.Répartition du phosphore dans l'écorce terrestre	9
5. Types de gisements de phosphate	10
6.Techniques utilisées pour l'analyse des minerais de phosphate	12
7.Utilisation des phosphates	13
8.Historique des phosphates algériens	13

Chapitre II : Géologie régionale

1.Situation géographique de région d'étude	16
2.Géologie de L'Atlas Saharien Oriental	16

2.1. Litho-stratigraphie	16
3.Cadre structural régional.....	23
4.Paléogéographie des phosphates des bassins Algéro-Tunisiens	27
Conclusion.....	29

Chapitre III :Géologie locale

1 .Travaux sur la succession lithologique de Djebel Dyr	30
2.Localisation de secteur d'étude	30
3.Géologie locale - Carte de Morsott.....	31
4.Description lithologique de Djebel Dyr	33
4.1.Symboles et figurés utilisés	33
4.2.Morphologie de l'affleurement	33
4.3.Contexte lithostratigraphique	34
Conclusion.....	39

Chapitre IV : Matériel et Méthodes

1.Travaux de terrain	40
2.Travaux en laboratoire.....	40
2.1.Confection et étude de lame mince.....	40
2.2. Traitement des échantillons meubles ou faiblement induré.....	47

Chapitre V : Résultats et Discussion

1.Litho-Faciès et interprétation.....	50
1.1.Membres marno-phosphatée (A)	50
1.2.Membres marno-calcareux (B)	51

2.Analyse microfaciologique.....	51
3.Etude micropaléontologique et systématique préliminaires	53
4.Inventaire systématique préliminaires	54
4.1.Les foraminifères benthiques	54
4.2.Foraminifères planctonique.....	59
5.Synthèse	61
CONCLUSION G É N É R A L E.....	64

B I B L I O G R A P H I E

Résumé

L'objectif de ce mémoire se focalise sur l'étude lithostratigraphique et micropaléontologique préliminaire des formations d'âge Paléocène-Eocène du secteur de Djebel Dyr (Tébessa, NE Algérie) qui fait partie de l'Atlas Saharien Oriental. L'étude géologique de ce secteur montre que l'affleurement de Djebel Dyr se présente en synclinal perché avec une structure tabulaire à faible pendage dont les dépôts sédimentaires peuvent se regrouper en deux membres du bas en haut: un membre marno- phosphatée et un membre marno-calcaire. Cette étude présente les résultats préliminaire du contenu de la microfaune. L'évolution verticale de l'abondance des foraminifères et les critères des microfaciès a permis la mise en évidence du passage Paléocène – Eocène marquée la diminution drastique des foraminifères benthique à cause le réchauffement planétaire PETM (Paleocene Eocene Thermal Maximum).

Mots clé : Tébessa, Djebel Dyr, phosphate, microfaune, Paléocène, Eocène, lithologie, paléontologie, PETM,

Abstract

The objective of this study is focused on a lithostratigraphical and micropaleontological study of the Paleocene-Eocene formations at the sector of Djebel Dyr (Tebessa, NE Algeria) which is part of the Oriental Atlas Saharan. The geological study of this sector shows that the Djebel Dyr outcrop presents a perched synclinal with a low dip and a tabular structure where the sedimentary deposits can be grouped together in two formations from the bottom up: a marly-phosphorite member and a marly-limestone member. This study presents preliminary results of the microfauna content. The vertical evolution of the foraminifera abundance and the microfacies criteria have allowed the highlighting of the Paleocene-Eocene passage marked by a drastic decrease of the benthic foraminifera abundance that caused by the global warming PETM (Palaeocene Eocene Thermal maximum).

Key words: Tebessa, Djebel Dyr, Phosphate, microfauna , Paleocene, Eocene, Lithology, palaeontology, PETM.

ملخص

يركز هذا البحث على الدراسة الليتولوجية و على المستحاثات المجهرية للتكوينات الجيولوجية خلال الحقة باليوسن-ايوسن في منطقة جبل دير (تبسة , شمال شرقي الجزائر) و التي تعد جزءا من الأطلس الصحراوي الشرقي . تظهر الدراسة الجيولوجية و المورفولوجية لهذا القطاع أن شكل جبل الدير عبارة عن طية مقعرة مرتفعة مع بنية منضدية قليلة الميلان حيث يمكن الاستنتاج أن ترسيبها تم تشكيلين من أسفل الى الأعلى : تكوينة صلصالي-فوسفاتي و تكوينة صلصال-كلسي . تعرض هذه الدراسة النتائج الأولية لمحتوى الاحافير مجهرية مع تحديد وفرتها. التوزيع المقطعي لوفرة المنخربات و معايير السحنات المجهرية سلطت الضوء على مرحلة الباليوسن-ايوسن الذي تميز بنقصان شديد لكائنات مجهرية المنخربات القاعية بسبب الاحتباس الحراري (الاحتباس الحراري الاقصى باليوسن-ايوسن) PETM

الكلمات الدالة : تبسة , جبل دير , فوسفات , كائنات مجهرية ,باليوسن, ايوسن ,مرنبات الحجرية ,علم المستحاثات , الاحتباس الحراري الاقصى باليوسن ايوسن

LISTE DES FIGURES

Titre	Page
Figure. 1 : Mécanisme des courants ascendants Upwelling (Bakun, 1990)	4
Figure. 2 : Mécanisme de développement des faciès phosphatés et siliceux (Keyser et Cook 1972)	5
Figure. 3 : Modèles de mise en place autochtones à Djebel El Kouif (A) et allochtones à Kef Essenoun (B) dans la région de Tébessa (Kechiched et al. 2018)	6
Figure. 4 : Epoques de formation des gisements de phosphates d'après Cook et Elhinny (1979)	10
Figure. 5 : Localisation des principaux types de gisements de phosphates dans le monde (Zapata et Roy, 2004)	12
Figure. 6 : Situation géographique des secteurs étudiés dans la région de Tébessa	17
Figure. 7 : Principaux ensembles structuraux de l'Afrique du Nord et situation de la région d'étude (Caire, 1967)	17
Figure. 8 : Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellègue(d'après Sami, 2004 – colonne de synthèse réalisées sur la base des travaux de Dubourdiou, 1956 ; 1959; David, 1956; Fleury, 1969; Thibieroz et Madre, 1976; Otmanine 1987; Bouzenoune, 1993)	19
Figure. 9 : Principaux ensembles géologiques du domaine atlasique oriental (Selon Burollet et Desforges, 1982)	24
Figure. 10 : Esquisse structurale du fossé d'effondrement de Tébessa et ses abords (Durozoy, 1956).ses abords (Durozoy, 1956).ses abords (Durozoy, 1956).ses abords (Durozoy, 1956)	25
Figure. 11 : Situation paléogéographique des gisements de phosphates de la région de Djebel Onk à l'intérieur du bassin phosphatés Gafsa-Métlaoui-Onk (D'après Burollet et Oudin, 1980 ; Fourine, 1980 ; Sassi, 1974et1980)	28
Figure. 12 : Coupe géologique schématique de Djebel Dyr (D'après Balaya, 1894)	30
Figure. 15 : Liste des principaux symboles et figurés utilisés	33
Figure.16 : Localisation du coupe étudiée sur une vue satellitaire et vue Panoramique représentant du coupe et les différents membres	34
Figure. 17 : Succession lithostratigraphique du secteur de Djebel Dyr	36

Figure. 18 : Imprégnation des échantillons de phosphate au vernis incolore	41
Figure.19 : Classification de texture de roches carbonatées (Dunham 1962), modifiée par Embry et Klovan (1971)	43
Figure. 20 : Classification des carbonates (Folk 1959 et 1962	44
Figure. 21 : Le modelé de rampe Burchette & Wright (1992)	45
Figure. 22 : Technique de trempage	47
Figure.23 : Technique de lavage	48
Figure. 24 : Technique de tri	48
Figure. 25 : Relation entre profondeur du milieu et type de foraminifères présents (modifié d'après Brasier, 1980)	49
Figure. 26 : Illustration photographique des microfaciès (Kechiched ; 2017)	53
Figure. 27 : Synthèse sur la réponse lithologique et du contenu micro-faunistique de Djebel Dyr et mise en place du passage Paleocene-Eocene.	61
Figure. 28 : Dépôt des formations sédimentaires à Djebel Dyr	63

Listes de Tableaux

Titre	Page
Tableau 1 : Teneurs moyennes en élément en traces des échantillons de phosphatites permienne des Montagnes rocheuses, d'après Guibrandsen (1966)	9
Tableau 2 : Récapitulatif des phases tectoniques des Monts du Mellègue (In Degaichia, 2014)	26
Tableau 3 : Classification des phosphates (Mouflih 1991)	45
Tableau 4 : Type de microfossiles observés (Muriel.2008)	49

Listes de planches

Planche I : Photos montrant les faciès de la succession lithologique de Djebel Dyr.....	37
Planche II : Photos montrant les faciès de la succession lithologique de Djebel Dyr	38

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La région de Tébessa fait partie de l'Atlas Saharien Oriental. Dans cette région, les formations sédimentaires en affleurement allant du Trias au Quaternaire. Cette région dans sa partie septentrionale se caractérise par des dépôts marins du Paléocène Eocène associés avec la minéralisation des phosphates. Ces formations qui affleurent dans deux localités à savoir Djebel Kouif et Djebel Dyr ayant une importance primordiale pour l'étude surtout du passage Paléocène – Eocène (P/E) sur plan lithostratigraphique, micropaléontologique et paléoenvironnementale. Ce passage qui a été bien étudié dans des régions avoisinantes en Tunisie mais il reste méconnu en Algérie.

Ce mémoire a pour objectif d'étudier le Passage P/E dans la région de Djebel Dyr où les formations du paléocène-Eocène se trouvent en affleurement (Blès et Fleury, 1971). Il s'agit d'une étude lithostratigraphique et micropaléontologique du l'affleurement de Djebel Dyr. Cette étude qui vise à identifier d'une manière préliminaire le contenu de la microfaune et l'évolution vertical le long du profile. Plusieurs études ont été faites a djebel Dyr comme celles de Boulmia (2015) ; Kechiched (2016 ; 2017 ; 2018) sont basées essentiellement sur les phosphates. Cependant, l'encaissant de la formation phosphatée n'a pas été étudié en détail surtout sur le plan micropaléontologique. Ce travail est alors axé sur les points suivants :

- Définir les unités lithostratigraphiques de cette intervalle chronologique, de faire la description de la coupe levée (la lithologie, les structures sédimentaires, la stratonomie et la couleur observée) ;
- Inventorier les espèces rencontrées (systématique) et suivre leur abondances et limitée le passage paléocène –éocène ;
- La définition des environnements de dépôts à partir de l'interprétation sédimentologiques des faciès définis.

Les résultats présentés dans ce mémoire sont basés sur des observations et analyses multiples effectuées à la fois sur le terrain et au laboratoire :

A. Sur le terrain

Une coupe a été levée dans la localité de Djebel Dyr, tout en notant les particularités sédimentologiques (lithologie, couleur, figures, structures, etc...), paléontologiques (contenu faunistique) et d'échantillonner d'une façon systématique dans les bancs de calcaire et les marnes.

B. au laboratoire

Le travail du laboratoire consiste au lavage des marnes, puis en un tri minutieux des microfossiles sous l'objectif d'une loupe binoculaire. Foraminifères (benthiques comme planctoniques) ont été récoltés pour reconstitutions de paléoenvironnement. Les 'bons' microfossiles stratigraphiques ont bien entendu été soigneusement recherchés.

D'autre part les échantillons indurés ont été sectionnés afin de réaliser des lames minces, et plusieurs autres méthodes ont par ailleurs été employées, pour arriver à déterminer le plus précisément possible les caractéristiques des niveaux étudiés.

Les résultats de ce mémoire sont structurés en 5 chapitres suivants à savoir:

Chapitre I : généralités sur les phosphates ;

Chapitre II : Géologie régionale ;

Chapitre III : Géologie locale ;

Chapitre IV : Matériel et méthodes ;

Chapitre V : Résultats et discussion.

Chapitre. I

Généralités

I-Généralités.

1. Généralités sur les phosphates.
2. Minéralogie des phosphates.
3. Chimie des phosphates .
4. Répartition du phosphore dans l'écorce terrestre.
5. Types de gisements de phosphate.
6. Techniques utilisées pour l'analyse des minerais de phosphate.
7. Utilisation des phosphates.
8. Historique des phosphates algérien

GENERALITES

1 .Généralités sur les phosphates.

1.1. Définition

Les phosphates sont définis selon Faucoult. A et Raoult. J – F(1995) comme suivant :

- **Minéral** caractérisé par le radicale $(\text{PO}_4)^{3-}$. Parmi les nombreuses espèces notons l'**apatite** $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$, la **turquoise bleu** $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4\text{OH}_8, 2\text{H}_2\text{O}$, la **vivianite bleu** $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2, 8\text{H}_2\text{O}$, la **monazite** (Ce, La, Th) PO_4 , et des produits d'altération des gites uranifères (autunite $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2$ ou uranite - **chalcophile** $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2, 12 \text{H}_2\text{O}$).

- **Roche sédimentaires marine** contenant des minéraux phosphatés sous forme amorphe ou cryptocristalline (collophanite), ou sous 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. 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 épigéniser tout ou partie des sédiments. Les roches phosphatées se forment sur le plateau continentale, ou à son rebord (entre 50 à 200 m) ; elles contiennent souvent de la glauconie et des éléments détritiques (quartz (SiO_2) par exemple). Ou encore des hydrocarbures. Les phosphates se trouvent également dans de nombreuses roches par exemple craie phosphaté (à grains de phosphates) minerais oolitique à ciment phosphaté...

1. 2. Genèse des phosphates

La présence d'un gisement de phosphates dans un bassin sédimentaire dépend de plusieurs processus notamment d'une source en phosphore suffisante, des conditions favorables à la formation de l'apatite dans les sédiments et des conditions favorables à la concentration et l'accumulation des minéraux phosphatés. Les auteurs sont subdivisés sur les sources possibles du phosphore en deux à partir des apports océaniques.

Plusieurs théories de la phosphatogenèse ont été proposées par divers auteurs (Kazakov 1937- 1950, McKelvey et al 1953, Rittmann-Nachu 1955, Gulbrandsen 1969,

Baturin 1969, 1974, Price et Calvert 1978, Lucas et Prevot 1981, 1984, 1985, Prevot 1988, et Mouflih 1991), deux possibilités de la genèse de l'apatite soit par précipitation directe sous forme d'apatite, soit par précipitation avec un précurseur calcite initiale, phosphate d'ammonium, phosphate de calcium ou de magnésium amorphe...

Pour expliquer la genèse des phosphates, plusieurs modèles génétiques ont été arborés, nous citons les plus connus :

✓ Le modèle des environnements sédimentaires en contact direct avec la haute mer (Kasakov 1937, Cheney et Sheldon 1959), qui permet l'étalement des courants ascendants (upwellings) (Fig.1).

✓ Le modèle du bassin fermé en communication restreinte avec la haute mer (Boujo, 1972, Sassi 1974, Lucas et Prevot 1975), ce modèle prévoit que le phosphore et les autres minéraux des eaux froides profondes, nécessaires à la formation des phosphates, seront distribués par l'intermédiaire des courants de distribution dans des cuvettes peu profondes protégées des courants forts venus du large. Le modèle des zones anticlinales (Keyser et Cook 1972), les phosphates se sont formés et étalés de part et d'autre de ces zones pour donner du côté interne de sédiments riches. En phosphate et du côté externe des dépôts pauvres (Fig. 2).

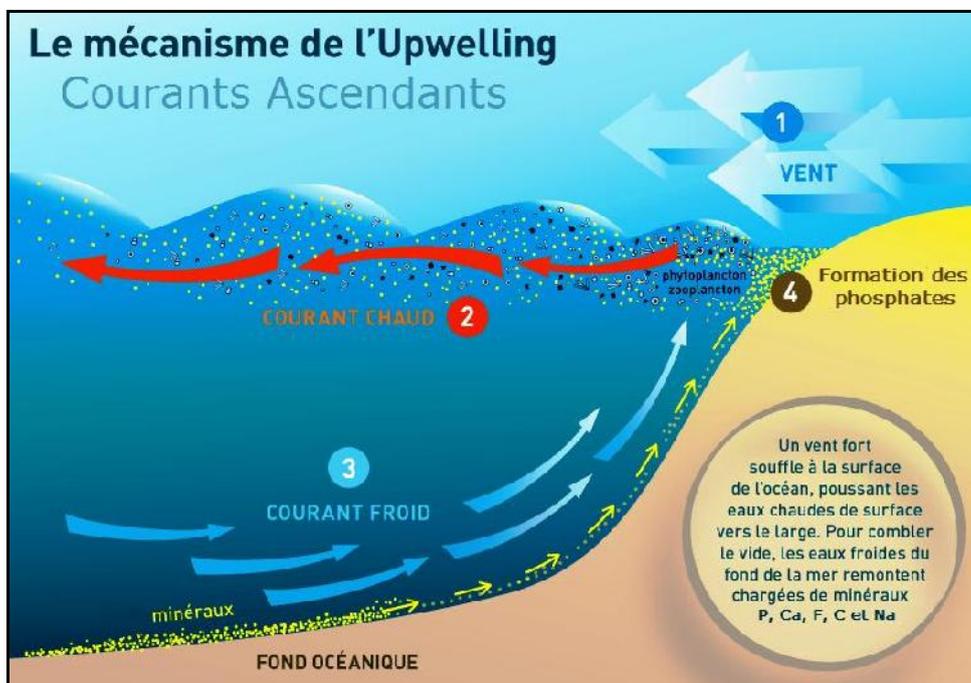


Fig. 1. Mécanisme des courants ascendants Upwelling (Bakun, 1990).

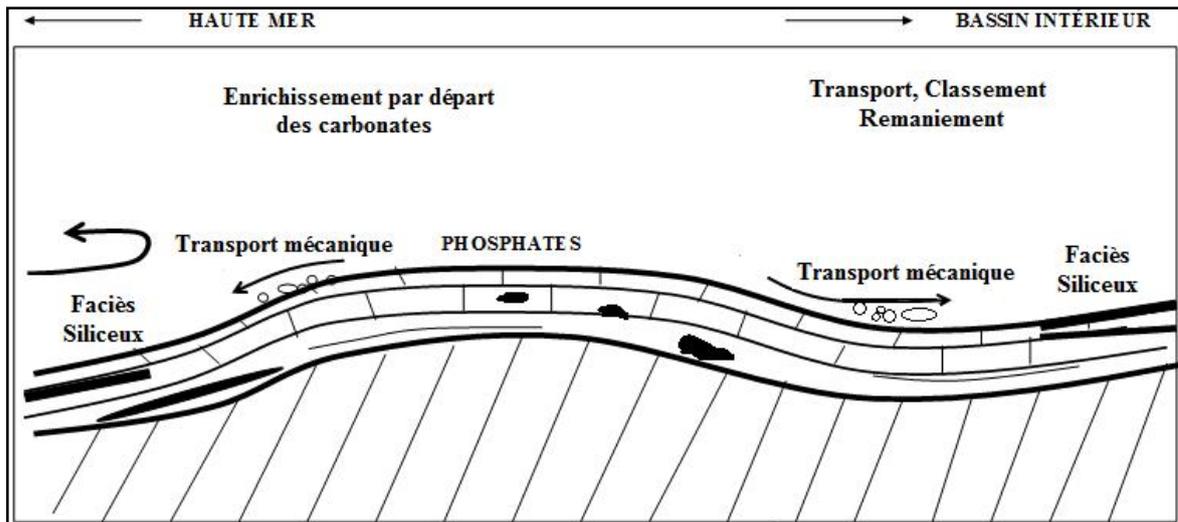


Fig. 2. Mécanisme de développement des faciès phosphatés et siliceux (Keyser et Cook 1972).

Les phosphates allochtones ; ceux des remaniements ont été discutés par Chabou-Mostefai (1987), sur la base de l'étude sédimentologique et pétro-minéralogique pour expliquer la mise en place d'épaisse couches au niveau du bassin de Djebel Onk. Ces résultats ont été confirmés par Kechiched et al. (2016 ; 2018) et Kechiched (2017) par la géochimie des éléments en traces et de terres rares. Ils ont évoqué deux modèles de phosphatogénèses. Le premier représente les phosphates autochtones (authigènes) où la minéralisation phosphatée se mis en place par le processus biochimique conduisant à la phosphatisation des excréments de poissons et des bioclastes dans un milieu primaire où les signatures géochimiques reflètent l'eau de mer. Le deuxième modèle est-ce des phosphates allochtones ou de remaniement. Il s'agit des grains transportés par les courants permettant l'accumulation dans le bassin d'énorme quantité de grains phosphatés enrichis lors du transport où la signature géochimique est pourrait être modifiée. Ce modèle évoque aussi l'accompagnement d'une large glauconitisation des particules préexistantes (Kechiched et al. 2018) (Figure.3)

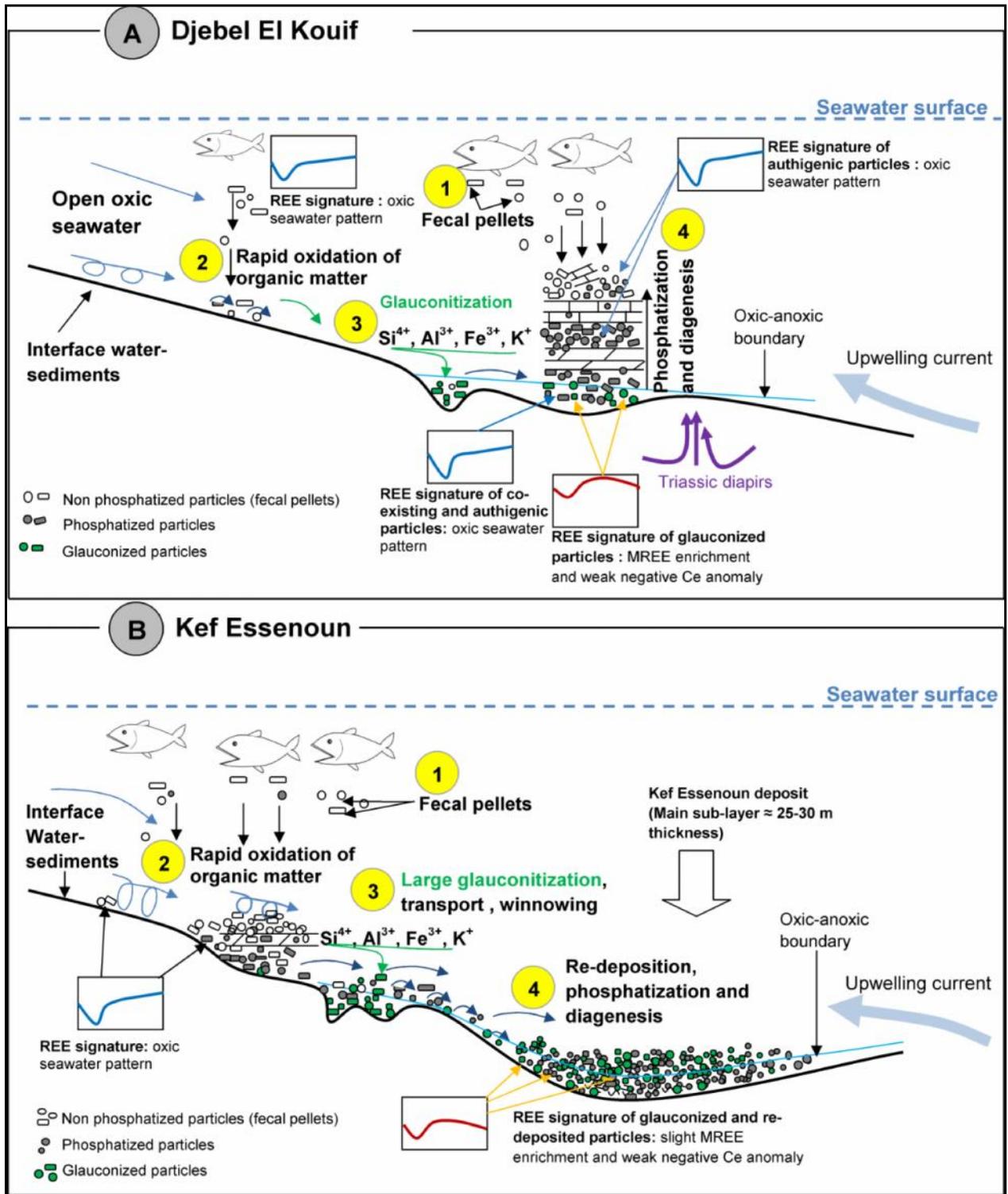


Fig.3 Modèles de mise en place et de genèse des phosphates dans la région de Tébessa (Kechiched et al., 2018).

2. Minéralogie des phosphates

Les phosphates naturels comprennent plus de 200 espèces minéralogiques (Fisher, 1973). Cependant, les plus abondants appartiennent à la famille de l'apatite (Raguin, 1961). Le minéral du phosphate dans un milieu primaire peut se trouver sous plusieurs forme (Straaten, 2002; Abu-Eishah et al., 1991). Parmi les quelles:

- **Fluorapatite** ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$): Principalement dans les roches ignées et les environnements métamorphiques, par exemple, les carbonatites et mica-pyroxénites ;
- **Hydroxyapatite** ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$): Se trouve également dans les roches ignées et métamorphique et les dépôts biogéniques ;
- **Hydroxy-apatite carbonaté** ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4,\text{CO}_3)_6(\text{OH})_2$): Se trouve principalement dans les îles et les cavernes ;
- **Francolite** ($\text{Ca}_{10-x-y}\text{Na}_x\text{Mg}_y(\text{PO}_4)_{6-z}(\text{CO}_3)_z\text{F}_{0.4z}\text{F}_2$): Ce complexe carbonate-apatite substitué se trouve seulement dans les environnement marins ;
- **Dahllite** ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaCO}_3$): Cette structure de phosphate est formée dans les sédiments marins ;
- **Collophane** ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{nCa}(\text{CO}_3,\text{F}_2,\text{O})\text{xH}_2\text{O}$): C'est le minéral typique sédiments de phosphate marin.

Notons l'existence d'autres minéraux phosphatés qui sont dus à l'altération des dépôts à phosphate de Ca. On peut citer parmi les :

- **Millisites**: $(\text{Na-K}) \text{CaAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$;
- **Crandallites** : $\text{Ca}_2\text{Al}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
- **Augelites** : $\text{Al}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})_3$;
- **Wavellites** : $\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$;
- **Turquoises** : $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$;
- **Autunite** $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10-12\text{H}_2\text{O}$;

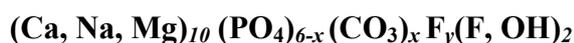
- **Méta-autunite** $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 2-6\text{H}_2\text{O}$.

Ces minéraux ont été étudiés par Capdecemme (1952) dans la région de Thiès (Sénégal). Les millisites, les crandallites et les augelites sont les plus abondantes. Les wavellites et surtout les turquoises sont les plus rares. Tous ces minéraux présentent des compositions chimiques variées de la composition théorique par l'introduction de F et des teneurs marquées de Sr, Ba ou Fe. La vivianite $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ peut apparaître aussi dans un tel profil d'altération. On la rencontre dans les dépôts lacustres ou alluvionnaires.

- Sur les roches calcaires, se forme des phosphates de Ca tel que la monétite (HCaPO_4) ou la **whitlockite** $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, et surtout les minéraux apatitiques généralement peu fluorés. Il peut former, sur les roches calcaires, des phosphates alumino-calcique comme la crandallite ou des phosphates de Fe et Al (Slansky, 1980).

- D'autres minéraux phosphatés peuvent être rencontrés dans les dépôts sédimentaires (fisher, 1973). Exemple : **la monazite**, phosphate de terre rares, que l'on trouve notamment dans l'Ordovicien de Bretagne (In Slansky, 1980). L'**autunite** ou **méta-autunite** sont des minéraux secondaires de certains gisements de phosphates riches en uranium.

L'apatite la plus fréquente est la fluorapatite $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2]$. Les phosphates des dépôts sédimentaires sont cryptocristallins. Les minéraux correspondant sont également voisins de la fluorapatite (Slansky, 1980). L'importance possible des substitutions par Na, Mg et OH conduit (Lehret *al.*, 1967) à proposer, pour les apatites sédimentaires, la formule structurale générale suivante:



3. Chimie des phosphates

a) Eléments majeurs

Les phosphates contiennent les éléments majeurs (oxydes) suivants: P_2O_5 , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , CO_2 , SO_3 , F, Cl et H_2O .

b) Eléments en traces

Le tableau 1 montre des teneurs moyennes en éléments en traces des échantillons de phosphatites permienne Guibrandsen (1966).

D'après Guibrandsen (1966), les éléments en traces sont associés soit avec la matière organique ou par l'intégration dans le réseau de l'apatite. Les concentrations de Ag, As, Mo, Ni, V, Zn, Cr, Cu, Sb, Se, et Cd sont ainsi attribuées à la matière organique, alors que celles de Sr, U, Th et des terres rares sont attribuées à l'apatite tandis que l'uranium peut aussi être piégé par la matière organique. Prevôt et Lucas (1979) et Mezghache et Hani (2002) ont ajouté une possible association avec les argiles

Tableau. 1. Teneurs moyennes en élément en traces des échantillons de phosphatites permienne des Montagnes rocheuses, d'après Guibrandsen (1966).

Elément	Teneur (ppm)	Elément	Teneur (ppm)
U	90	Mo	30
Ag	3	Nd	300
As	40	Ni	100
B	<50	Pb	<10
Ba	100	Sb	7
Be	<0.5	Sc	10
Cd	<50	Se	13
Co	<10	Sr	1000
Cr	1000	V	300
Cu	100	Y	1000
Ga	<10	Yb	10
La	300	Zn	300
Mn	30	Zr	30

4. Répartition du phosphore dans l'écorce terrestre

La teneur moyenne de l'écorce terrestre a été estimée à l'ordre de 0,23 % P₂O₅ par Romov et Yaroshevsky (1969). Des concentrations importantes sont connues dans des contextes intrusifs, mais la minérale apatite est tout aussi présent dans les roches éruptives et métamorphiques. Le milieu sédimentaire reste loin, le domaine des grandes concentrations

phosphatées, qui sont connus dans les sédiments de pratiquement toutes les périodes géologiques (Nicolini, 1990), depuis le Précambrien jusqu'au Cénozoïque (Fig. 4).

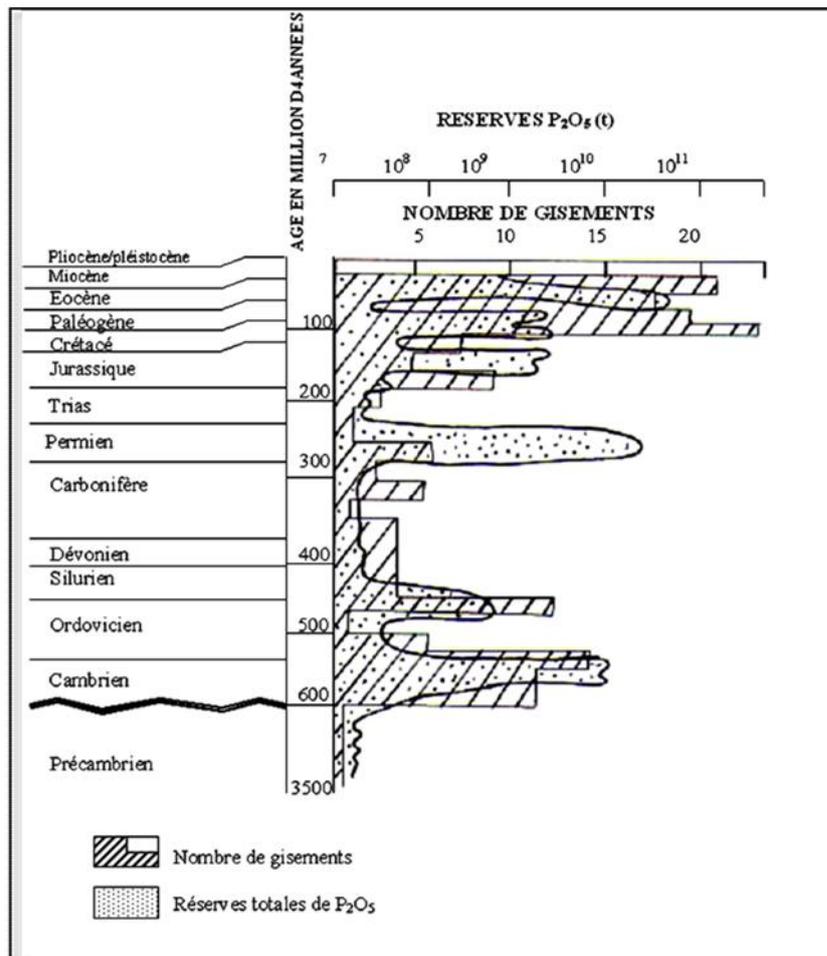


Fig. 4. Époques de formation des gisements de phosphates d'après Cook et Elhinny (1977).

5. Types de gisements de phosphate

Le minerai de phosphate se trouve dans l'écorce terrestre sous différents types de gisements suivant l'origine et le mode de formation de ces gisements, on distingue:

- Les gisements sédimentaires ;
- Les gisements d'origines ignées ;
- Les Guanos.

a) Les gisements sédimentaires (d'après Smirnov, 1982)

Parmi les phosphates, on distingue : les gisements de plate – forme et géosynclinaux.

Les gisements de plate – formes les plus remarquables sont associés aux synclises, quant aux gisements géosynclinaux se sont mis en place sous un climat aride. Les faciès sédimentaires revêtent trois principaux types : les granulo ou pseudoolithes, les nodules les débris organiques (coprolithes et fossiles phosphatisés). Les gisements sédimentaires sont plus importants en nombre et en volume. (figure.5)

b) Les gisements d'origine ignée

Ils sont associés à des complexes intrusifs alcalins dans les quels, les roches les plus fréquentes sont la syénite, néphilinite, carbonatites. Ces gisements moins importants que les précédents. L'apatite qui se trouve sous une forme disséminée, est souvent associée avec des minéralisations en Cu, Nb, Ta, Zn, ... etc. (figure.5)

c) Les gisements de phosphates sédimentaires de type guano

Ils présentent des réserves plus faibles, ils sont connus sur les îles de Pérou où ils constituent des couches atteignant jusqu'à 35m d'épaisseur, du fait de l'accumulation prolongée dans une conjoncture de climat chaud, leur genèse est encore mal comprise. (figure.5)

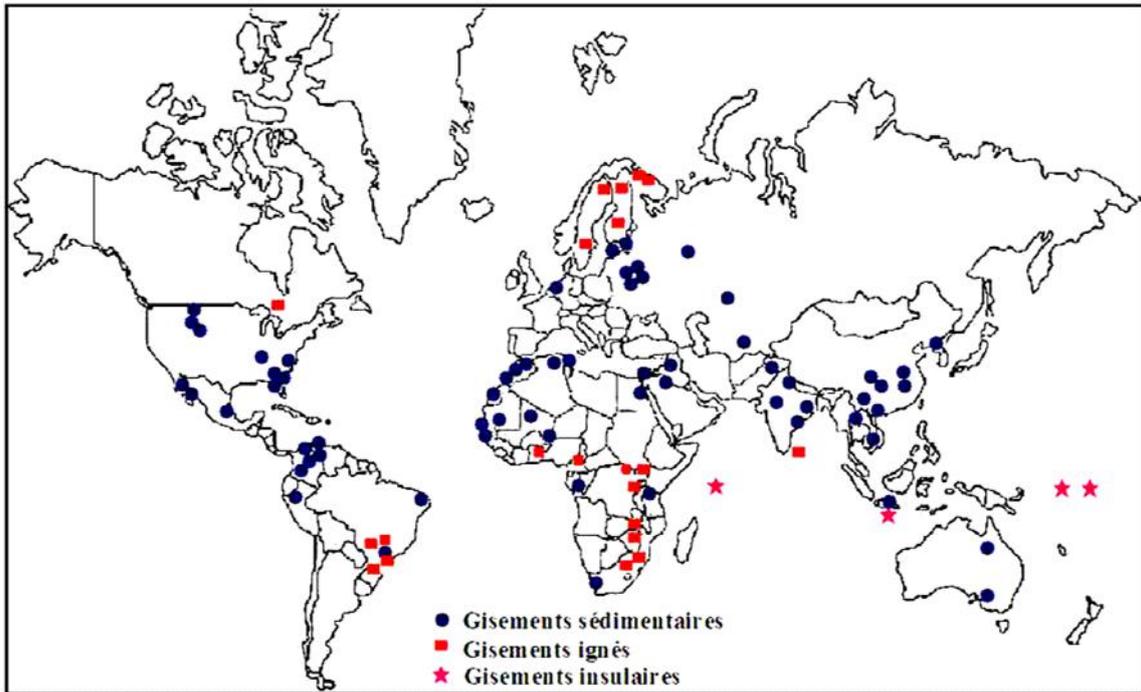


Fig. 5. Localisation des principaux types de gisements de phosphates dans le monde (Zapata et Roy, 2004).

6. Techniques utilisées pour l'analyse des minerais de phosphate

Les techniques les plus utilisées pour l'analyse des minerais de phosphatés sont (Straaten, 2002) :

- Diffraction des rayons X (DRX) pour les analyses minéralogiques;
- Fluorescence aux rayons X (FRX);
- Microscope électronique à balayage (MEB) ;
- L'infrarouge (IR);
- Macroscopiquement et microscopiquement pour l'identification des grains et la relation entre eux;
- Les méthodes de la chimie analytique;
- L'ablation laser ;

7. Utilisation des phosphates

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.

8. Historique des phosphates algériens

L'histoire des travaux sur les phosphates algéro-tunisiens remonte au 18^{ème} siècle. C'est en 1873 que Philippe Thomas découvrit des couches de phosphate près de Rass-El-Ajoun au Sud-Ouest de la Tunisie.

L'ouverture de la carrière de Dj. Dyr se fit en 1893. Durant cette période, l'exploitation commença aussi au niveau du Kouif. Cependant, les conditions d'exploitation et les teneurs faibles en phosphore entraînent l'abandon de Dj. Dyr (1908) et ce n'est que la mine d'El Kouif qui continua à fournir l'essentiel de la production.

Durant la période 1906-1907, M. Joleau, a découvert le gisement de Djebel Onk avec la mise en évidence de deux couches phosphatées à Djemi-Djema au sud de Djebel Onk. Le gisement de Kouif a été exploité par la société des phosphates de Constantine, où la production a atteint 157000 Tonnes en 1918 (publications de la société des phosphates). Visse (1951) a étudié ce gisement de phosphate avec beaucoup de détails sur la stratigraphie

La Société Nationale de la Recherche Minière (SON.AR.EM) a repris l'exploitation du gisement d'El Kouif, dès l'indépendance (1963) et ce jusqu'à la fermeture de la mine en 1979.

La fermeture de la mine d'El Kouif s'accompagne par une exploration intensive dans la région de « Tébessa Sud ». Des levés radiométriques aéroportés ont été effectués sur le bassin du Djebel Onk durant la période de 1961 à 1963. Ces levés interviennent après le succès de cette méthode dans l'Atlas Tellien le long des affleurements de l'Eocène. Par ailleurs, les études ont été reprises par Ranchin (1963) qui avait établi les cartes géologiques à l'échelle 1/5000.

L'exploitation des gisements de Djebel Onk a commencé en Février 1965 au niveau de Djemi-Djema par la « Société de Djebel Onk ». Suite à l'aménagement de la carrière, l'intérêt

porté à la géologie de Djebel Onk s'accroît. Cette région devenait, alors, l'objet de nombreux travaux, parmi lesquels ceux de Chabou-Mostfai (1987) et Mezghache (1991).

De 1971 à 1974, les travaux de recherches et de prospection sur les phosphates de l'Est algérien ont été relancés par la Société Nationale de la Recherche Minière (SO.NA.RE.M) en s'appuyant davantage sur des levés aéro-radiométrique (Rudowicz, 1975).

De 1985 à 1987, la Société Nationale du Fer et des Phosphates (FERPHOS) qui exploite les phosphates de Djebel Onk a confié à l'Enterprise de Recherche Minière (EREM), des travaux de recherche et d'évaluation des ressources en phosphates, de tous les gisements potentiels. Des travaux de sondages carottés ont été réalisés totalisant plus de 10732 m (97 sondages) et avec un programme réalisé de tranchées (64 tranchées). Ceci, est suivi par un contrat avec le Bureau de recherche géologique et minière (BRGM) pour le rassemblement des éléments techniques et économiques au projet de développement de l'exploitation des gisements de phosphate de Dj. Onk (Prian et Cortiel, 1993).

Entre 1993 et 2012 plusieurs mémoires magisters et des thèses ont été soutenus sur le thème phosphates, on peut citer la thèse de DAAS Amieur en 2011, portant sur la valorisation des éléments en trace des phosphates de Djebel Onk et la publication des résultats sur la matières organique , avant cette période plusieurs articles ont été aussi publiées(ex :MEZGACHE ,2004 ; BEZZI et al , 2008-2012) ,et en 2008 il y a eu un éboulements mais y'a pas de pertes humaine .

En 2016, une étude menée sur les éléments de terre rares (ETRs) par Kechiched et al. (2016) dans le bassin sud (gisement Dj. Onk), a permis de mettre en évidence que les teneurs en REE sont comprises 174,41 et 906,39 ppm (Σ REE en moyenne = 623,01 ppm), tandis que les phosphorites du nord ont des teneurs en Σ REE plus faibles (de 125,45 à 472,44 ppm; en moyenne 265,57 ppm).

Récemment, les travaux de Kechiched et al en 2017 , ont permis l'identification des contenus en éléments en terre rares de différent sites de phosphates a Tébessa Nord et Sud sur le plan sédimentologie, gîtologi et géochimique , les études ont aussi portées sur les glauconies comme un élément des porteur des éléments de terre rares dans les phosphates où les analyses « in situ » par ablation laser a montré des teneurs dépassant 1000 ppm, La glauconisation des particules phosphates dans le gisement de Kef Essenoun a aussi utilisé

pour la mise à jour du model de mise en place des phosphates où le modèle allochtone des particules phosphatées est le plus admis (Kechiched et al., 2018).

Chapitre .II

Géologie Régionale

II. GEOLOGIE REGIONALE

1. Situation géographique de région d'étude
2. Géologie de L'Atlas Saharien Oriental
 - 2.1. Litho-stratigraphie
- 3 .Cadre structural régional
4. Paléogéographie des phosphates des bassins Algéro-Tunisiens

CHAPITRE II

GEOLOGIE REGIONALE

Ce chapitre présente le contexte géologique régional de la région de Tébessa où le site d'étude de Djebel Dyr en fait partie. La situation géographique de la région de Tébessa, qui renferme plusieurs gisements et indices de phosphates sera présentée suivie par la géologie de l'Atlas Saharien Oriental avec une synthèse lithostratigraphique et structurale.

1. Situation géographique de région d'étude

Le secteur étudié est localisé administrativement, dans la wilaya de Tébessa à l'extrême-Est de l'Algérie (Fig. 6), proche de quelques kilomètres de la frontière orientale avec la Tunisie. Cette zone est limitée :

- au nord par la wilaya de Souk Ahras,
- au sud par la wilaya d'El Oued
- à l'ouest par les wilayas de Khenchela et d'Oum El Bouaghi.

On désigne par « Tébessa Nord » la zone septentrionale à la proximité de la ville de Tébessa sur un rayon de 25 km (Fig. 6), avec la localité de secteur d'étude Djebel Dyr fait partie avec les coordonnées géographiques suivantes : Longitude : 7° 30' à 8°15' Est, Latitude: 35° 15' à 35°45' Nord.

2. Géologie de L'Atlas Saharien Oriental

La zone d'étude est une chaîne montagneuse faisant partie de l'Atlas saharien oriental précisément des monts de Mellégué. Les Monts de Mellégué font partie intégrante de l'Atlas saharien, qui se poursuit en Tunisie par l'Atlas tunisien. Il est composé de trois faisceaux de plis organisés en échelons et formant du Sud-Ouest vers le Nord-Est ; Monts des Ksours, Djebel Amour, Monts de Ouled Nail, les Aurès et les Monts de Mellégué (Fig. 7).

2.1. Litho-stratigraphie

A Tébessa, les formations sédimentaires reconnues à l'affleurement, sont essentiellement carbonatées, dont l'âge va du Trias au Miocène avec un Jurassique absent. Ces dernières sont recouvertes par des formations superficielles d'âge Quaternaire (Blès et Fleury, 1971).

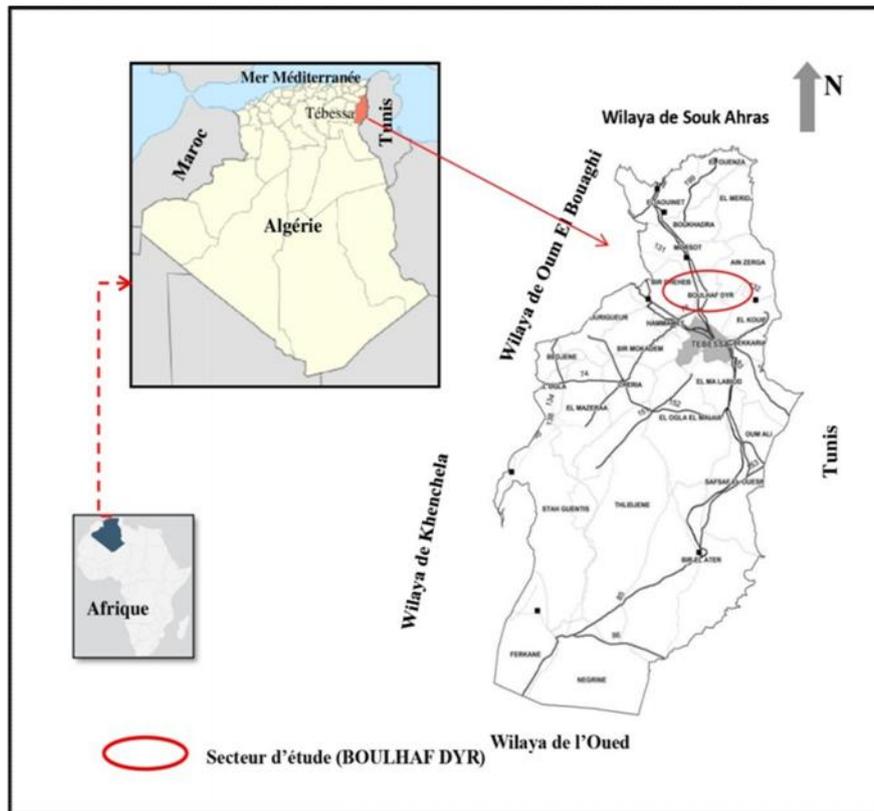


Fig.6. Situation géographique de la région de Tébessa et du secteur d'étude a Djebel Dyr (in kechiched ; 2018)

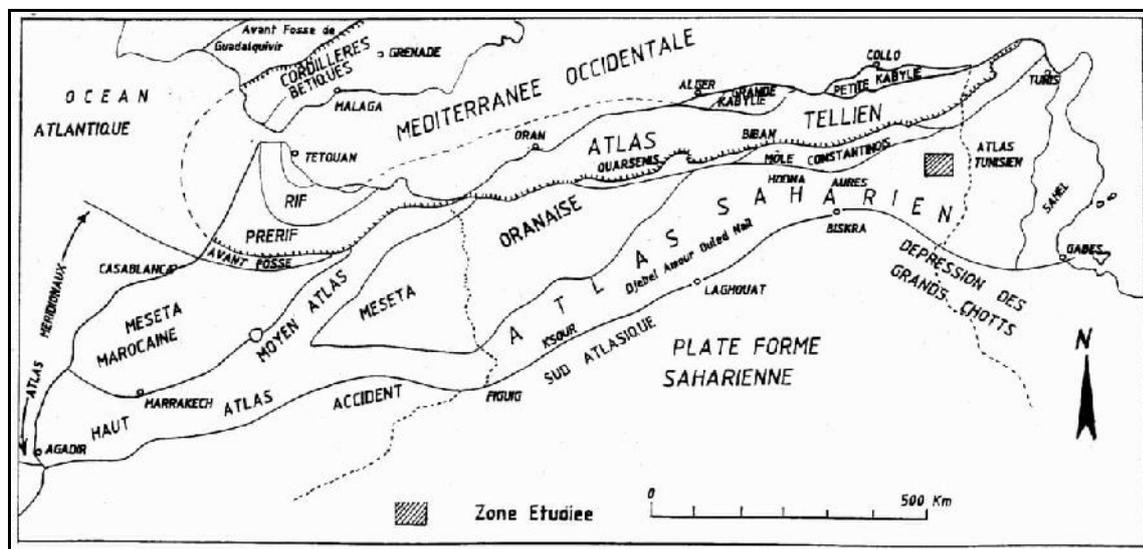


Fig. 7. Principaux ensembles structuraux de l'Afrique du Nord et situation de la région d'étude (Caire, 1967).

Le détail de la lithologie et de son découpage stratigraphique est basé sur la synthèse des travaux de plusieurs auteurs (Dubourdiou 1956 ; 1959; David 1956; Fleury, 1969;

Thiéberoz et Madre, 1976; Rouvier, 1977 ; Perthuisot, 1978 ; Chikhi 1980; Otmanine 1987; Perthuisot, 1992 ; Bouzenoune, 1993 ; ...). La colonne lithostratigraphique suivante résume L'essentiel de ces résultats (Sami, 2004) (Fig. 8).

2. 1. 1. Trias

Généralement le Monts de Mellégué 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, Mesloul 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).

2. 1. 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).

2. 1. 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.

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

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ Pointements triasiques

Fig. 8. Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellège (d'après Sami, 2004 – colonne de synthèse réalisées sur la base des travaux de Dubourdiou, 1956 ; 1959; David, 1956; Fleury, 1969; Thibieroz et Madre, 1976; Otmanine 1987; Bouzenoune, 1993) modifié.

(*) Le paléocène a été signalé dans la carte géologiques de la région Morsott (1/50 000).

b) Aptien

Il recèle une grande partie des affleurements de la région (Mesloulia, 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 200 m.

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 Hameima (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 (Burolet, 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 Mesloula, il observe en 1959, des marnes vertes qu'il n'arrive pas à séparer de celles du Cénomaniens sus-jacent. Dans certains endroits comme à l'Ouenza et au Djebel Slata, le Vraconien transgressif remanie des éléments triasiques (Smati, 1986 ;Perthuisot et al., 1988; Masse et Thieuloy, 1979).

f) Cénomaniens

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

2. 1. 4. Tertiaire

a) *Le Paléocène*

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

b) *Eocène*

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

c) *Miocène*

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

2. 1. 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).

3. Cadre structural régional

La zone d'étude fait une partie d'une vaste province paléogéographique étendue de part et d'autre de la frontière orientale, appelée le bassin atlasique algéro-tunisien. Ce bassin est allongé selon une direction nord-est sud-ouest à la bordure nord orientale de l'Afrique. Il est large au niveau de sa partie sud-occidentale aux Aurès, ce bassin se rétrécit progressivement vers le nord-est tunisien. Il est délimité par des d'accidents (Fig. 9). La partie distale du bassin forme la zone d'étude reconnue sous le nom des monts du Mellégué et qui s'étend jusqu'à l'Atlas tunisien. C'est une zone caractérisée par une tectonique en blocs basculés.

D'une manière générale, la disposition structurale actuelle de ce bassin est le résultat d'une tectonique à mouvements polyphasés. Ces mouvements ont permis de retracer l'évolution paléogéographique et structurale de la région caractérisée par une *forte subsidence, un diapirisme triasique du salifère, un plissement* des séries sédimentaires et la mise en place *de fossés d'effondrement* (Dubourdieu, 1956 ; Benabbas, 2006). Dubourdieu (1956) a conclu de l'existence d'un effondrement avec un enfoncement du socle algéro-tunisien depuis le Barrémien jusqu'à la fin du Crétacé. Cet effondrement est accompagné par une importante accumulation des sédiments dont la puissance peut atteindre 5000 m. Le taux de *subsidence* n'est pas le même dans toute la région. Il est perturbé dès l'Aptien par l'apparition de hauts fonds sur lesquels une sédimentation carbonatée sub- récifale s'est déposée.

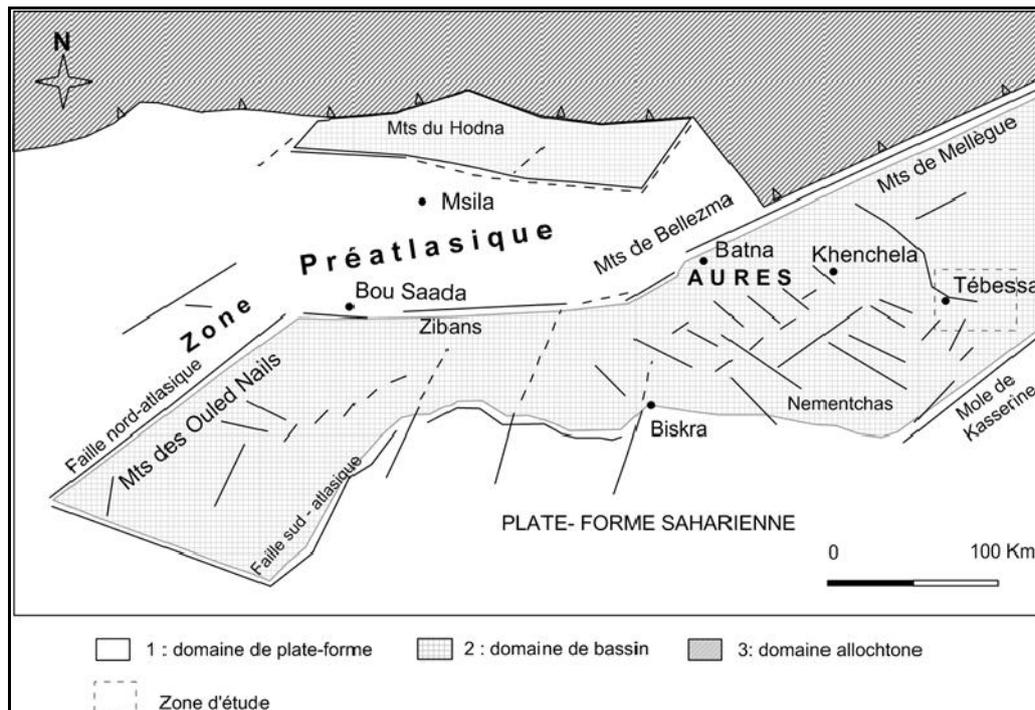


Fig. 9. Principaux ensembles géologiques du domaine atlasique oriental (Selon Burollet et Desforges, 1982). (Benabbas, 2006).

D'autres auteurs ont expliqué l'apparition des hauts fonds par le diapirisme lié aux formations triasiques (Chikhi-Aouimeur, 1982). Cette activité a été déterminée par le jeu d'accidents hercyniens orientés NNE- SSW ou à une dynamique en extension NE-SW à l'Aptien.

L'Atlas saharien oriental est caractérisé par un ensemble de plis anticlinaux à grand rayon de courbure et dont l'ossature est assurée par les niveaux calcaires crétacés. Ces anticlinaux sont souvent percés par le Trias. Ils sont liés à des grandes structures synclinales dont le cœur est constitué par des calcaires éocènes. L'orientation générale de cet ensemble de plis est NE-SW. Ils se sont formés suite à la phase compressive atlasique dont l'âge a été souvent discuté (Dubourdiou, 1956) (Fig. 10). Ces derniers présentent des fermetures périclinales et coniques qui sont souvent interrompues par des accidents orthogonaux bordant les fossés d'effondrement

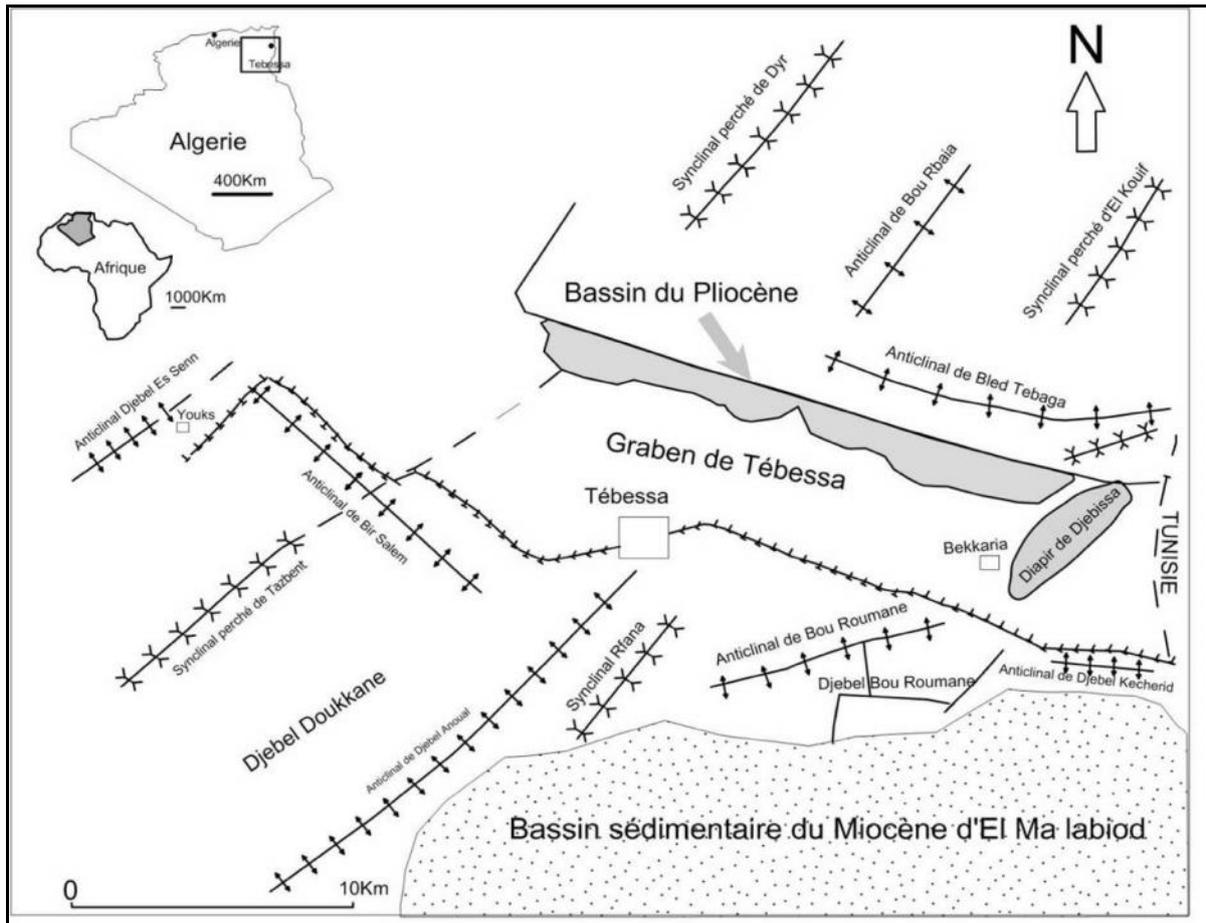


Fig.10 : Esquisse structurale du fossé d’effondrement de Tébessa et ses abords (Durozoy, 1956).

Les plis sont tronqués tardivement par les fossés d’effondrement NW-SE suite à une tectonique distensive post-Miocène inférieur (David, 1956; Dubourdiou, 1956; Kazi-tani, 1986; Kowalski et Hamimed, 2000) (Cf. Fig. 10). Cette activité tectonique compressive-distensive est toujours accompagnée par les phénomènes de l’ascension du matériel triasique traduisant un diapirisme polyphasé (Dubourdiou, 1956; Thibieroz et Madre, 1976; Rouvier et al., 1985; Othmanine, 1987; Perthuisot et al., 1987; Aoudjehane et al., 1992; Bouzenoune, 1993; Bouzenoune et al., 1995; Kowalski et Hamimed, 2000, Salmi-Laouar, 2004). Ces fossés sont comblés par des dépôts plio-quatérnaires dont l’épaisseur peut atteindre une puissance de 170 m dans le fossé de Tébessa-Morsott et près de 300 m dans celui de Kasserine. Les fossés d’effondrements constituent des traits morpho-structuraux majeurs de l’architecture de l’Atlas Saharien Oriental. Ces structures qui se prolongent sur plusieurs kilomètres. Les phases tectoniques manifestées dans les Monts du Mellégue depuis le Crétacé-Eocène sont résumés au tableau. 2

Tableau 2: Récapitulatif des phases tectoniques des Monts du Mellègue (In Degaichia, 2014).

Type	Age	Conséquences	Références
Distensive	Crétacé-Eocène	La formation d'un bassin subsident, où les dépôts y oscillent fréquemment entre des faciès néritiques et des faciès deltaïques, ou même franchement continentaux.	Dubourdiou, 1956; Thibièroz et Madre, 1976; Rouvier et al., 1985; Othmanine, 1987; Perthuisot et al., 1988; Aoudjehane et al., 1992; Bouzenoune, 1993; Bouzenoune et al., 1995; Kowalski et Hamimed, 2000.
Compressive	fini-lutétienne et priabonienne	Des plissements appartenant à la phase atlasique dirigées NE-SW	
Compressive	Pliocène inférieur	- Des plissements orientés W-E -La création des nouvelles structures comme l'anticlinal de Bled Tebega, le Synclinal de Draa Snouber, l'anticlinal de Bir Salem et les anticlinaux de Dj. Kechrid, Dj. Sif Bou Roumane, Dj. Khorza, Dj. Tella et Dj. Anoual.	Durozoy, 1956; Zerdazi, 1990.
Distensive		- L'effondrement du fossé de Foussana ; - L'effondrement partiel de l'anticlinal de Dj. Kechrid ; - L'effondrement du fossé de Morsott.	
Compressive	Plio-Quaternaire	Des plis dans la direction NNW-SSE parallèles au fossé de Morsott : « Anticlinal de Dj. Belkfif » et « Synclinal de l'Oued Faid El Obbiz ».	Blès, 1969; Zerdazi, 1990; Boufaa et al., 1996.
Distensive	Pliocène supérieur	-L'individualisation des fossés de Tébessa et Hammamet avec l'effondrement et le basculement de certaines structures antérieures ; -Réactivation du diapir de Djebissa.	Blès, 1969; Zerdazi, 1990; Boufaa et al., 1996; Kowalski et Hamimed, 2000.

4. Paléogéographie des phosphates des bassins Algéro-Tunisiens

Le Paléocène-Eocène au Nord d'Afrique a fait l'objet de plusieurs études (Pervinquière, 1903 ; Flandrin, 1948 ; Burollet, 1956 ; Busson, 1970 ; Winnock, 1980 ; Sassi, 1974 ; Chabou-Mostfai, 1987 ; Chaabani, 1995, ...). Durant cette période, des dépôts de phosphates se sont mis en place autour de l'île de Kasserine qui date du Crétacé supérieur.

Plusieurs hypothèses, ont été avancées pour discuter la naissance des phosphates et pour reconstituer leur paléogéographie.

Le bassin Gafsa-Métlaoui-Djebel Onk est caractérisé par des dispositifs en haut fonds et sillons. Ce dispositif est à l'origine des variations rapides d'épaisseur de la série phosphatée. Plusieurs travaux admettent que ces bassins phosphatés sont alimentés descourants d'upwellings et littoraux en provenance de la Téthys (Burollet et Oudin, 1980 ; Fourine, 1980 ; Sassi, 1974 et 1980) (Fig. 10).

Dans les deux domaines (néritique et pélagique), le passage du Maastrichtien à l'Eocène est marqué par une série marneuse qui a été décrite par Flandrin (1948). Il s'agit d'une série intermédiaire dano-sélandienne qui peut contenir des niveaux du Maastrichtien et du Thanétien. Ces niveaux ont été observés en Tunisie sous le nom d'El-Haria dans le bassin Gafsa-Metlaoui au sud de l'île Kasserine au Tunisie et Djebel Onk, de Negrine, du Nememchadans l'est des Aurès en Algérie dont le passage est claire (Barut et Bonnefous, 1967 ; Burollet, 1967 ; Said, 1978 ; Ben Abdesselam, 1978 ; Salaj, 1980 ; Cuvillier et al., 1995).

Le sommet du Maastrichtien est caractérisé par une surface rubéfiée qui renferme des traces d'organismes. La série marneuse contient des minces intercalations phosphatées dont plusieurs auteurs ont attribué des datations différentes. L'épaisseur des marnes atteint le maximum au sillon tunisien avec 700 m (Burollet, 1956). Il est de l'ordre de 300 m à Tébessa (Flandrin, 1948) et 70 m à Djebel Onk (Visse, 1951).

-Au Paléocène supérieur, les marnes connaissent une réduction de l'épaisseur surtout à Tébessa. Cette diminution de l'épaisseur s'accompagne avec des calcaires lumachelliques à huitres et au gypse au niveau de Gafsa (Burollet, 1956). Les lumachelles ont fait l'objet de plusieurs travaux de datation. Ils sont datés par Flandrin (1948) et Ranchin (1963) en tant du Montien. Cependant, pour Visse (1951), seulement le banc à « *Venericardiabeaumonti* » qui a

été attribué au Montien puis les formations appartiennent au Thanétien. Les travaux de Kocsis et al (2013), basant sur la datation $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ sur des dents de poissons ont permis de dater la formation Chouabine (Paléocène -Eocène) de $54.6 \pm 1.6\text{Ma}$ à $61.8 \pm 2.2\text{Ma}$.

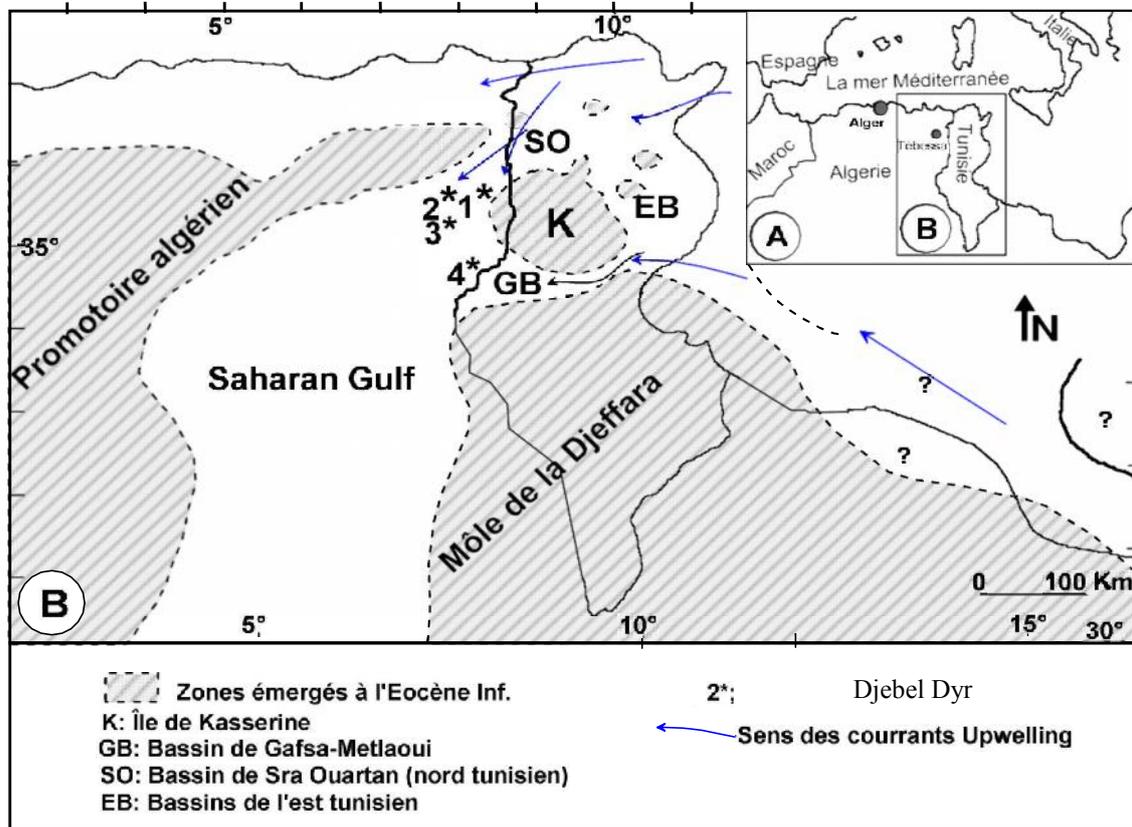


Fig. 11. Situation paléogéographique des gisements de phosphates de la région de Djebel Onk à l'intérieur du bassin phosphatés Gafsa-Métlaoui-Onk (D'après Burollet et Oudin, 1980 ; Fourine, 1980 ; Sassi, 1974 et 1980).

Le passage du Paléocène supérieur-Yprésien inférieur

Les phosphates de travail, se localisent dans le passage du Paléocène supérieur-Yprésien inférieur. Ils se présentent par endroit un intérêt économique. Les datations des formations phosphatées sont aussi controversées. Le Thanétien est l'étage des minerais de phosphates selon Laffitte (1939) et Flandrin (1948). Visse (1951 ; 1952) indique que la série des minerais de phosphates principale du Djebel Onk et de la région de Gafsa sont thanétiennes. Cet âge a été également attribué par Ranchin (1963) à partir de l'étude de la micro-faune à Djebel Onk. La coupe de Chouabine et de l'Oued Tselja près de Metlaoui ont été datées par le Paléocène supérieur- Yprésien inférieur (Ben Abdessalem, 1978).

L'Yprésien montre des formations similaires dans la partie algérienne et tunisienne, déposées dans la merécène. Elles sont représentées par des marnes, des marno-calcaires à silex. Ces formations s'intercalent avec des niveaux de minerais de phosphates sur des épaisseurs variables où les premières nummulites apparaissent aux Aurès, Tébessa et au sud des chaînes telliennes (Flandrin, 1948 et Winnok, 1980). Le Lutétien inférieur représente une nouvelle régression marine dans les Aurès, les Nemencha, Djebel Onk et le bassin de Gafsa-Metaloui. Le Lutétien est marqué par des gypses, des marnes et des calcaires dans la région de Tébessa, le Lutétien inférieur est caractérisé par la présence de calcaires massifs à Nummulites.

Conclusion

La région de Tébessa appartient à l'Atlas Saharien Orientale, faisant partie d'une vaste province paléogéographique étendue de part et d'autre de la frontière orientale, appelée « bassin atlasique algéro-tunisien ». Les formations les plus connues dans cette région, formant la couverture, sont d'âge méso-cénozoïque avec un Jurassique absent. Elles sont de nature essentiellement carbonatées. Les principaux traits structuraux des monts de Méllègue se résument aux plissements, diapirisme et aux fossés d'effondrements. La région de Tébessa est riche en phosphates en particulier, dans sa partie sud. À Tébessa Nord, seuls les secteurs d'El Kouif, de dj. Dyr et Tazbant présentent des minéralisations plus au moins importantes, mais de moindre importance par rapport à celles du sud. La minéralisation phosphatée est généralement localisée dans des formations d'âge Paléocène – Eocène.

Chapitre .III

Géologie Locale

III. *Géologie Locale*

1. Travaux sur la succession de Djebel Dyr
2. Localisation de secteur d'étude
3. Géologie locale - Carte de Morsott
4. Description lithologique de Djebel Dyr
 - 4.1. Symboles et figurés utilisés
 - 4.2. Morphologie de l'affleurement
 - 4.3. Contexte lithostratigraphique

CHAPITRE III GEOLOGIE LOCALE

Ce chapitre va présenter le contexte géologique local du secteur d'étude de Djebel Dyr en fait partie. La situation géographique exacte par rapport la région de Tébessa. Dans ce chapitre, la géologie de la zone d'étude sera détaillée. Il s'agit de la coupe géologique bien documentée au niveau de Djebel Dyr afin de déceler les caractéristiques litho-stratigraphiques. Les résultats vont permettre une bonne étude paléontologique permettant de mettre en évidence le passage Paléocène – Eocène de Djebel Dyr qui s'associe avec la mise en place des phosphates.

1 .Travaux sur la succession lithologique de Djebel Dyr

La synthèse de la géologie de Djebel Dyr est résumée dans la coupe synthétique (Balaya, 1894) figure 12. Le découpage bio -stratigraphique proposé par Dussart (1924) qui attribue un âge Paléocène-Eocène. Cette coupe de synthèse nous a permis de décrire les formations géologiques de Djebel Dyr.

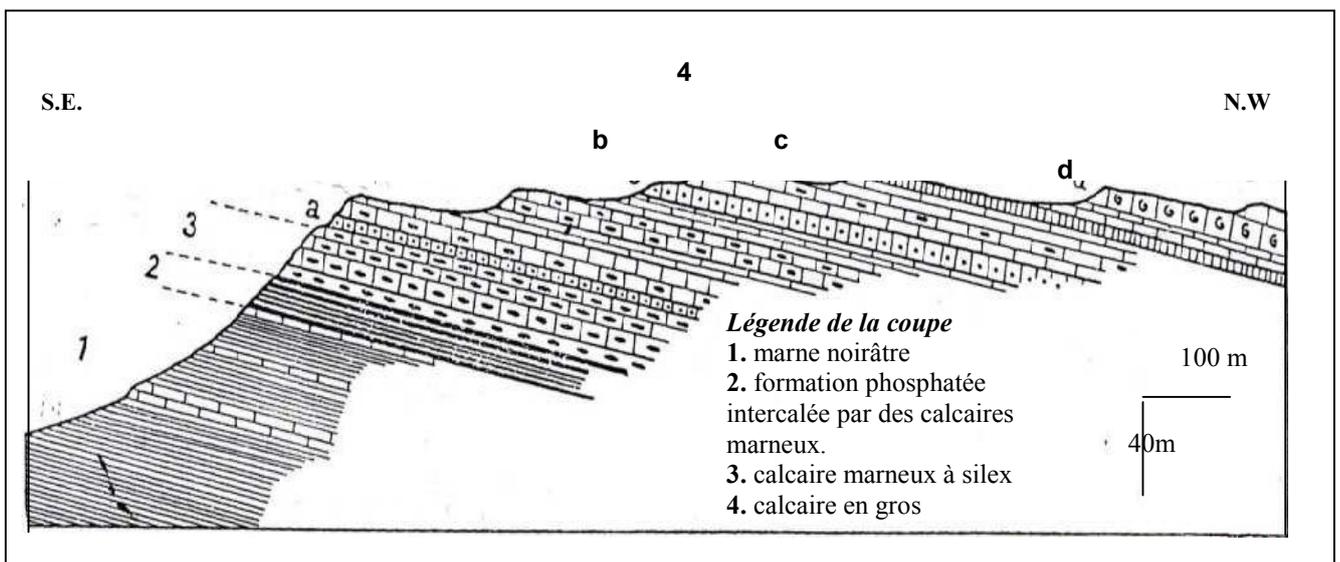


Fig. 12. Coupe géologique schématique de Djebel Dyr (D'après Balaya, 1894).

2. Localisation de secteur d'étude

Le secteur de Djebel Dyr est localisé à 20 Km au nord-est de Tébessa et à 11 Km au nord-ouest du Kouif. Ce secteur est situé dans la feuille 1/50 000 du Morsott. Il s'agit d'un synclinal perché orienté NNE-SSW. L'affleurement de Djebel Tazabent représente la

continuité du plissement de Djebel Dyr Tazbent (Blès et Fleury, 1970). Les minéralisations phosphatées qui ont été découvertes en 1883 ont fait l'objet d'une exploitation. Les ressources sont faibles et elles ne dépassent pas dix (10) millions de tonnes.(figure.13)

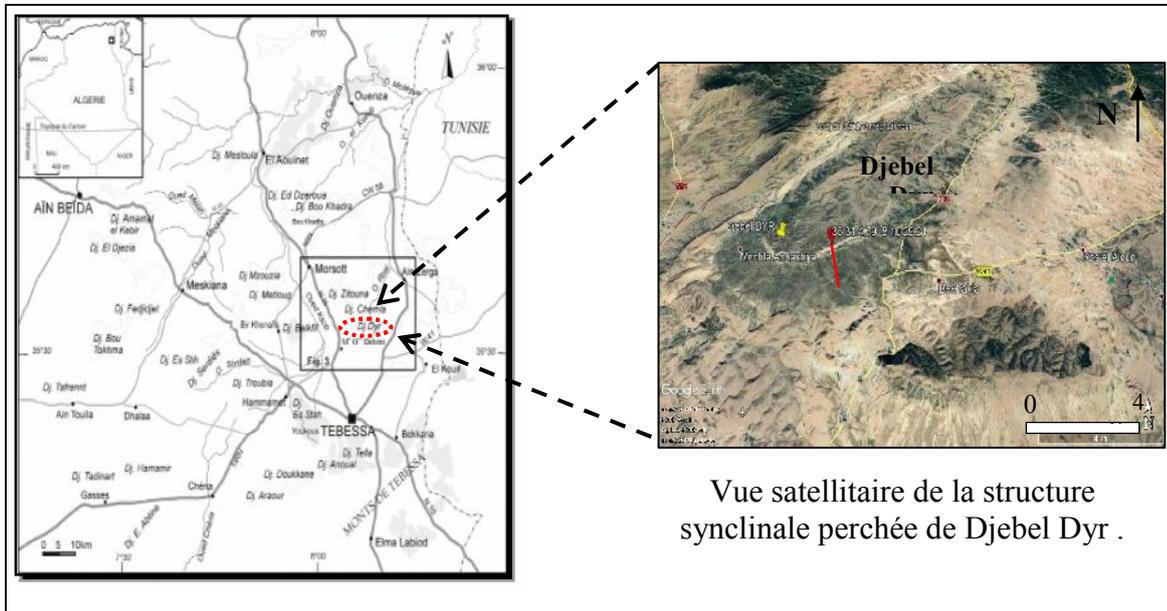


Fig.13. Situation géographique et localisation de la coupe étudiée.

3. Géologie locale - Carte de Morsott

La zone de Tébessa / Morsott ne présente à l’affleurement que des formations Sédimentaires, essentiellement calcaires et marneuses, dont les âges sont compris entre le Trias et le Miocène, le tout étant recouvert par endroit par des formations superficielles quaternaires, de type éboulis de pente ou alluvions (Blès et Fleury, 1970).

La série stratigraphique est cependant loin d’être complète, aucune trace de Jurassique n’ayant été à ce jour découverte, pas plus que de la partie basale du Crétacé inférieur. Le Trias évaporitique est donc la formation la plus ancienne présente, mais il est intrusif au sein de formations sédimentaires plus récentes. Ce diapirisme, très caractéristique de la partie orientale de l’Atlas saharien, ainsi que de l’Atlas tunisien, provoque un bouleversement des roches encaissantes : réduction d’épaisseur, changements brusques voire renversements de pendage, laminage des roches. Pas moins de trois pointements triasiques (« trois diapirs ») sont présents sur la feuille de Morsott, d’ampleur certes variable, au niveau des Djebels Belkif, Hameimat Nord et Hameimat Sud (Fig. 14). Les formations les plus anciennes en ‘position normale’ sont représentées par des dépôts d’âge Aptien dans la feuille

de Morsott, et d'âge Barrémien dans les territoires contigus (par exemple dans la région de l'Ouenza ou au niveau du Djebel Mesloula (Dubourdiou, 1959). L'histoire géologique anté-barrémienne est donc inconnue dans la région.

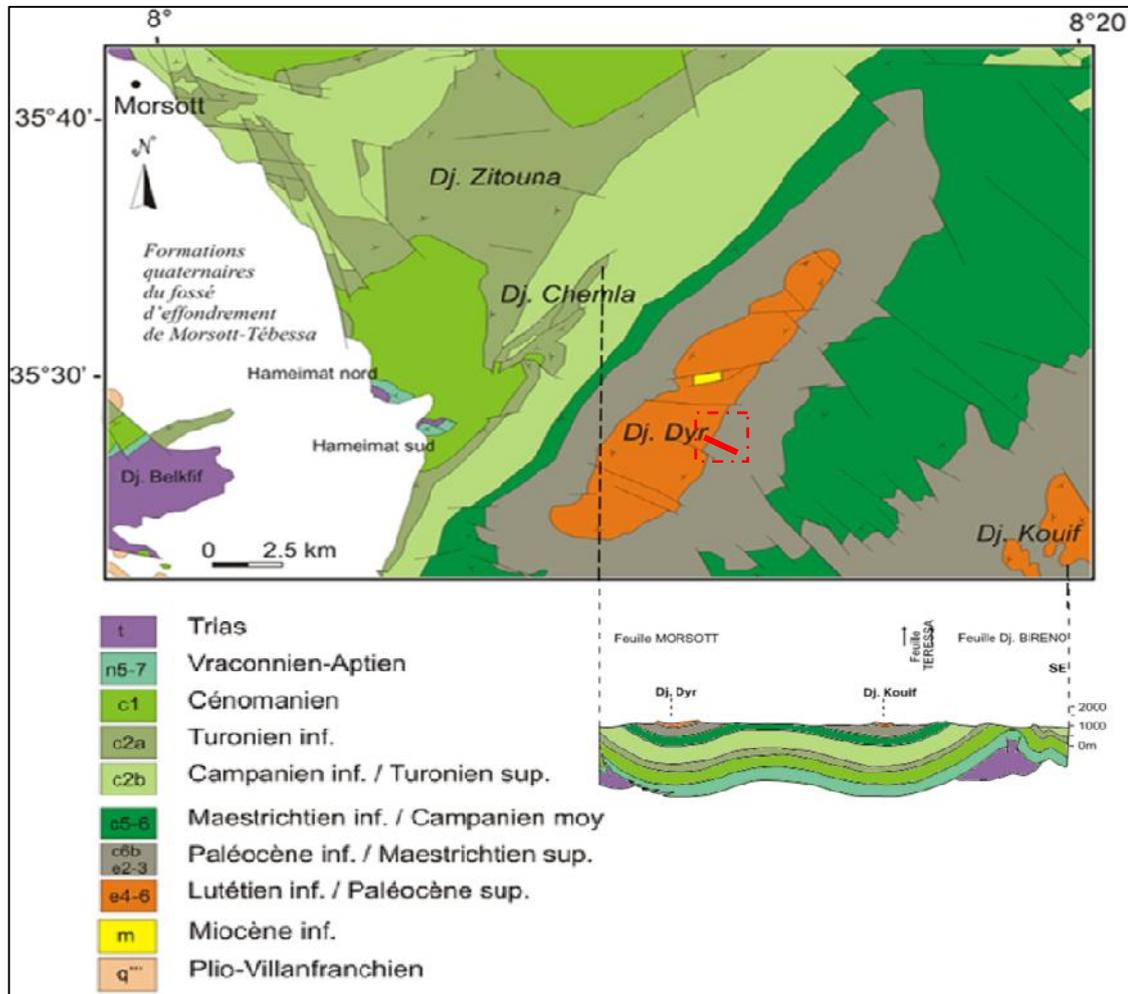


Fig.14. Carte géologique de la région de Morsott (d'après la carte géologique de Morsott au 1/50 000) et localisation de la coupe étudiée.

L'ensemble de ces formations a été plissé de façon modérée, suivant une orientation moyenne NE-SW. Cette direction moyenne, qui représente la phase de plissement principal, dite 'atlasique', a été acquise entre le Lutétien inférieur et le Miocène. Par la suite, se sont individualisés des fossés d'effondrement, d'orientation globale NW-SE, dont ceux de Tébessa (WNW-ESE) et de Morsott (NNW-SSE). Leur mise en place a débuté avant le Plio-Villafranchien et s'est poursuivie jusqu'à une époque récente. L'amplitude verticale maximale du déplacement atteint 450 m environ pour le fossé de Morsott et jusqu'à 800 m pour celui de Tébessa (Blès et Fleury, 1970).

4. Description lithologique de Djebel Dyr

Cette partie est consacrée à l'étude lithostratigraphique d'affleurement du Djebel Dyr. Le Découpage lithologique adoptée dans cette partie est basée sur les données de terrain (caractères lithologiques). La liste des principaux symboles et figurés utilisés est présentée dans la figure (Figure. 15).

4.1. Symboles et figurés utilisés

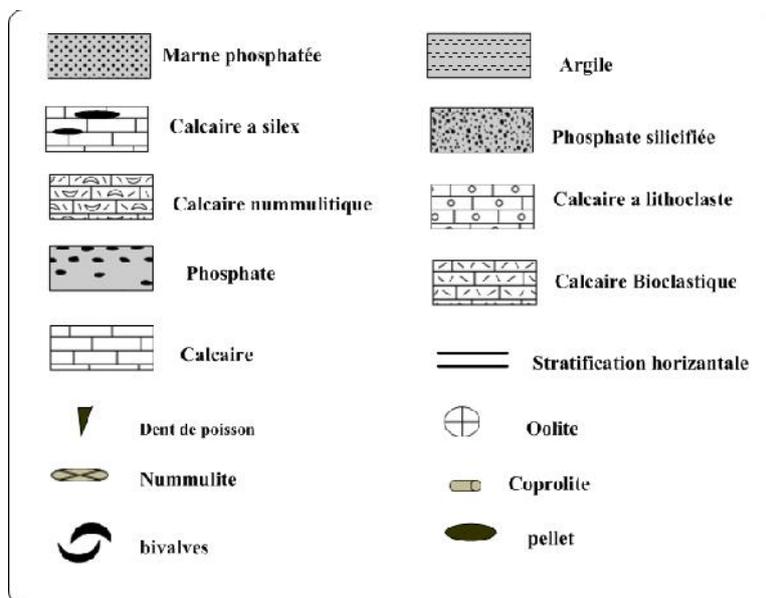


Fig. 15 .Liste des principaux symboles et figurés utilisés

4.2. Morphologie de l'affleurement

A partir de vue panoramique (Fig. 16), l'affleurement du secteur d'étude montre un réseau intense de failles avec des rejets montrant le sens de déplacement. Le pendage des bancs variant est faible $\sim 15-20^\circ$ vers NNW. Les coordonnées géographiques : N $35^\circ, 13', 4.79''$. E : $08^\circ, 10', 29.24''$

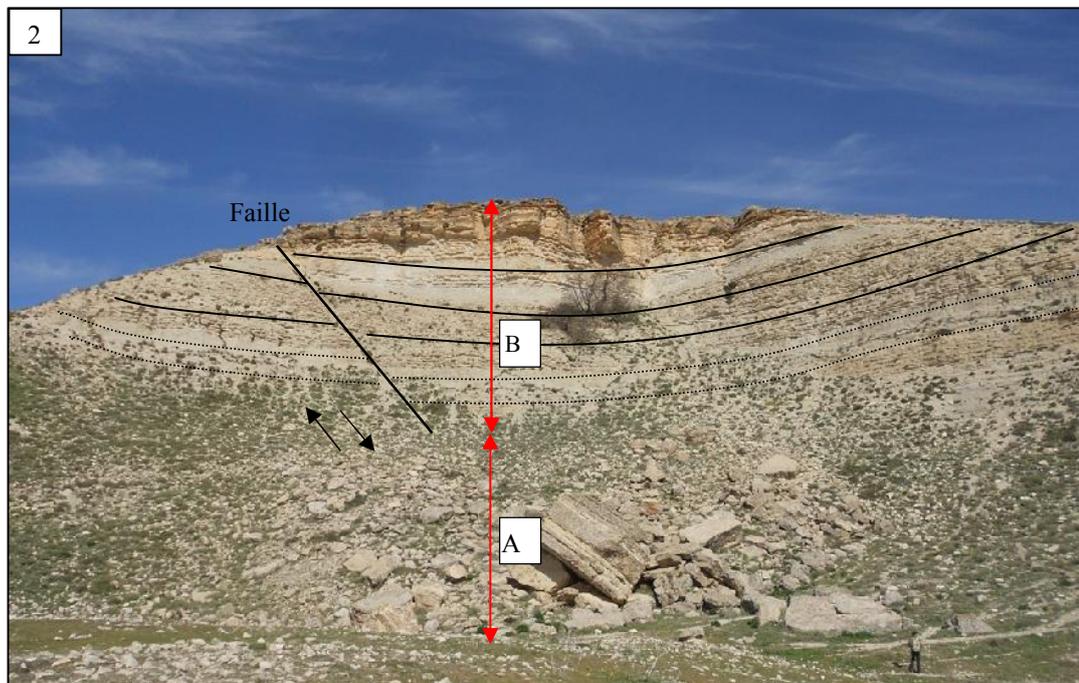
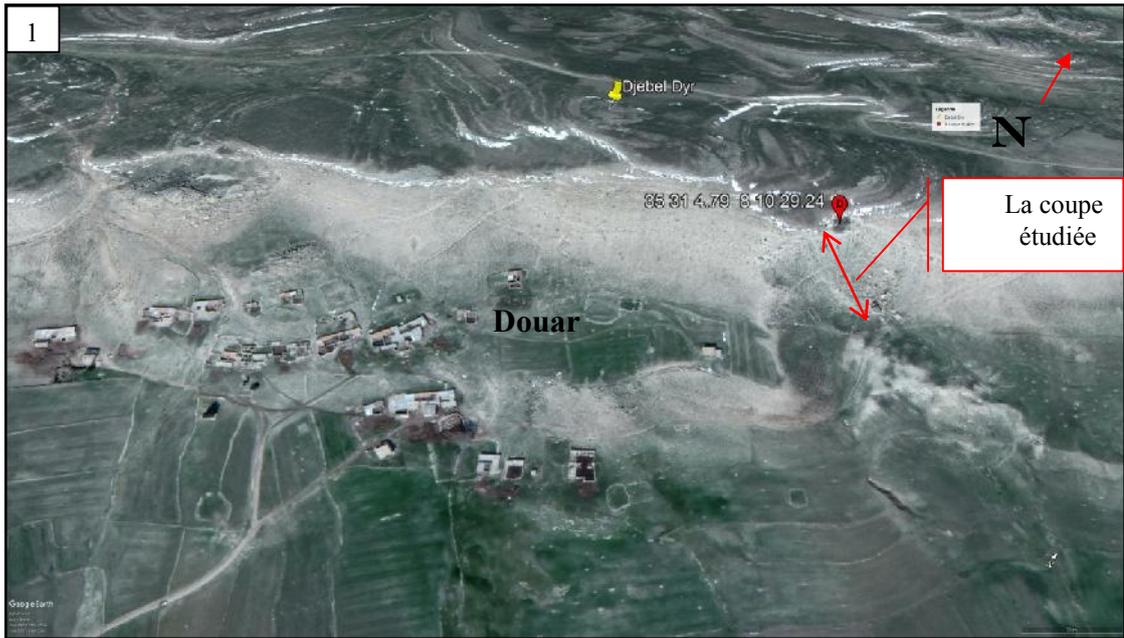


Fig.16. Localisation du coupe étudiée (1) une vue satellitaire (2) vue Panoramique représentant du coupe et les différents membres.

4.3. Contexte lithostratigraphique :

4.3.1. Découpage lithologique et épaisseurs

L'affleurement est constitué en deux grands membres lithologiques (fig. 16) :

- Membre Marno- phosphatée (A);
- Membre marno-calcaire (B).

4.3.2. Description de la coupe (Figs. 16 - 17) :

a-Membre marno-phosphatée (A ; Epaisseur 30m), Sur la base de la lithologie, cette formation est subdivisée en deux membres :

-*unité marneux a des passés d'argile* : il s'agit des marnes phosphatées grisâtres riche en dent de poissons intercalée par des argile friable noirâtre (40 cm) dont les particules phosphatée sont plus ou moins bien calibrées où taille des grains est inférieure à 0.5 mm .(planche I.1)

-*unité marneux a des passées de calcaire* : il s'agit des marnes phosphatées friable grisâtres admettant des mince couche centimétriques à décimétriques de calcaires brunâtre indurée dont les particules phosphatée sont très fin. (Planche I.2). Surmonter par un banc de phosphate grisâtre (1.20m) le plus épaisse que d'autres couches phosphatées trouvé dans cette coupe. (Planche I.3)

b-Membre marno-carbonatées (B ; 30m) : Elle est subdivisée en deux membre

-*Alternance marno-calcaire* : (20m)

À la base de ce membre une couche de phosphate silicifiée dur grisâtre. (Planche I.4) dont les grains ou lithoclast (pellet .coprolithe,) sont de tailles hétérogènes surmonter par une, alternance régulière de bancs marno-calcaire rapprochée (4m). (Planche I.5.), les bancs de calcaire centimétrique jaunâtres admettant des silex stratiformes ou de nodule de couleur noir. (planche I.8) , au-dessus on recentre une autre alternance.(planche I.7) comprise entre deux bancs de phosphate et calcaire .(planche II.1) grisâtres a lithoclast hétérogène , on montons vers le sommet l'alternance marno –calcaire.(planche I.3) continue jusqu'à attendre un niveau marneux de 15 m. .(planche II.2)

-*unité carbonatées* : (10m), il correspondre à des grands bancs métriques de calcaire brunâtre intercalé par des marnes centimétrique grisâtres. Ce membre contient des fragments d'organisme (bivalve, nummulite). (Planche II.4.5)

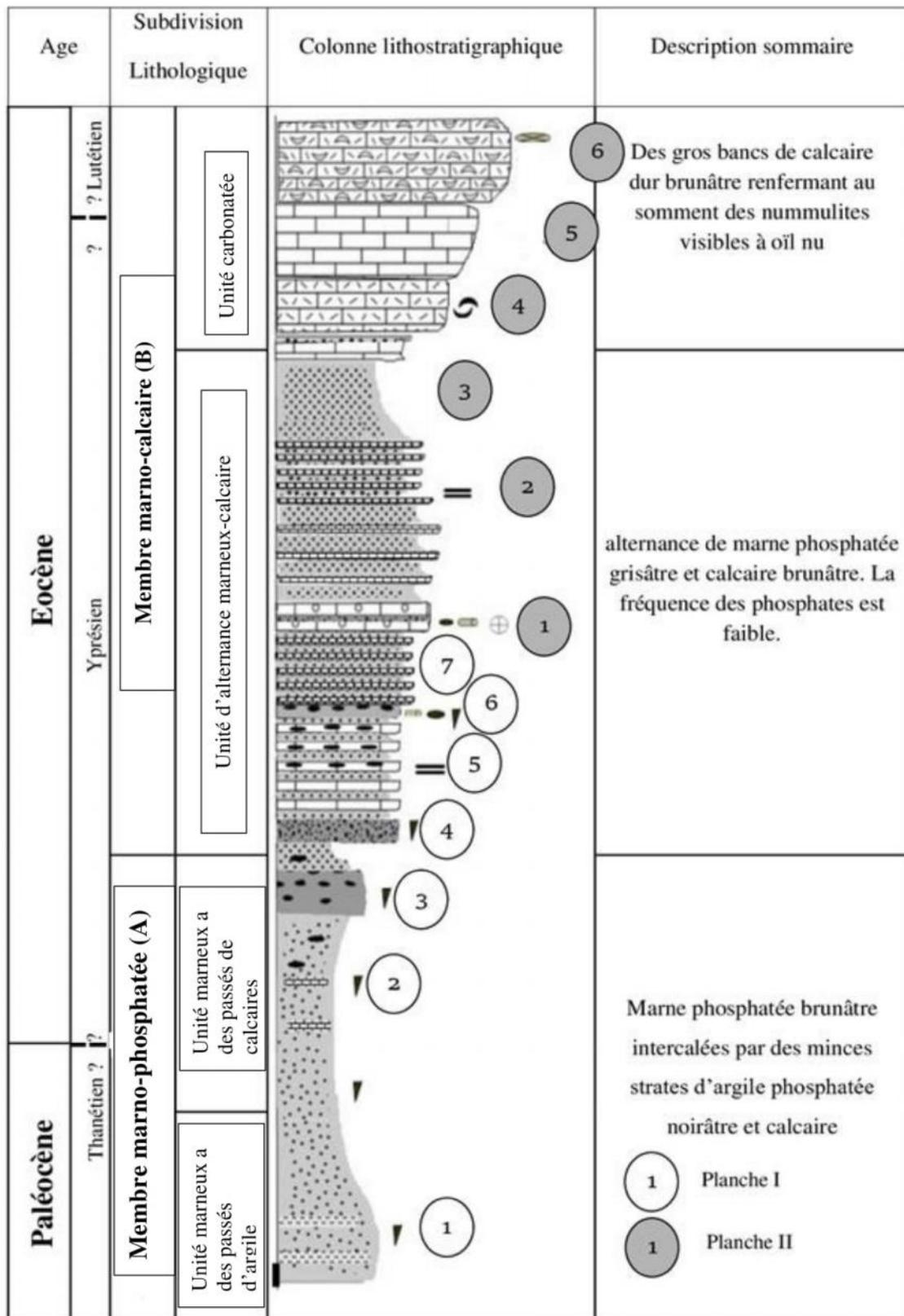


Fig.17.Succession lithostratigraphique du secteur de Djebel Dyr

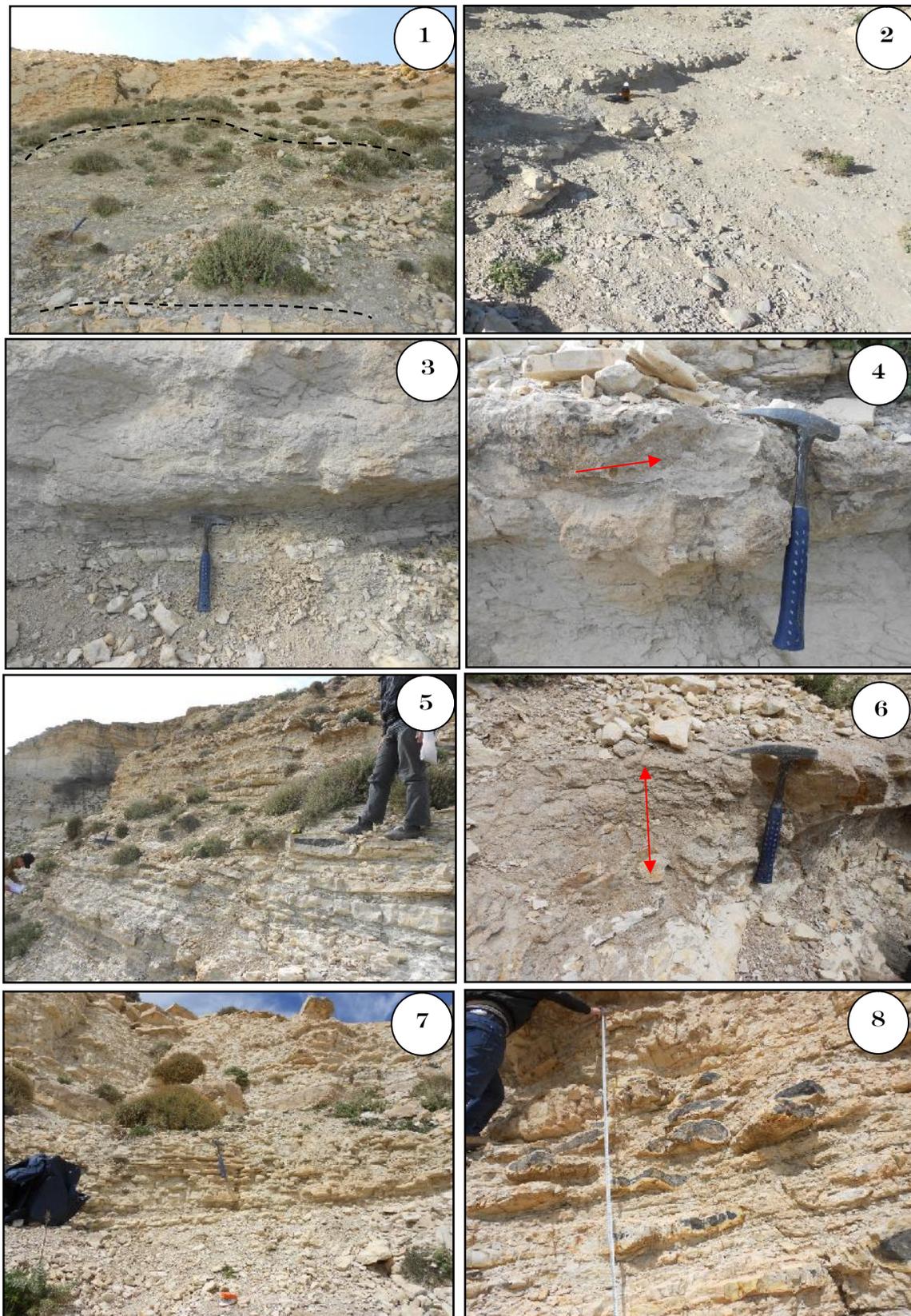


Planche I : Photos montrant les faciès de la succession lithologique de Djebel Dyr . (1) Photo montre les argiles phosphatées à la base ; (2) Marne phosphatée très abondante à la base de couleur grisâtre ; (3) Phosphate marneux fin de couleur grisâtre intercalé par de mince banc de calcaire ; (4) Banc de phosphate silicifié noir très dure ; (5) Alternance marnes-calcaires ; (6) Un niveau phosphaté de 50cm d'épaisseur de couleur beige montrant une granulométrie hétérogène et des oxydes de fer ; (7) Alternance marno-calcaire ;(8) Calcaire à silex avec faible intercalations marneuses.

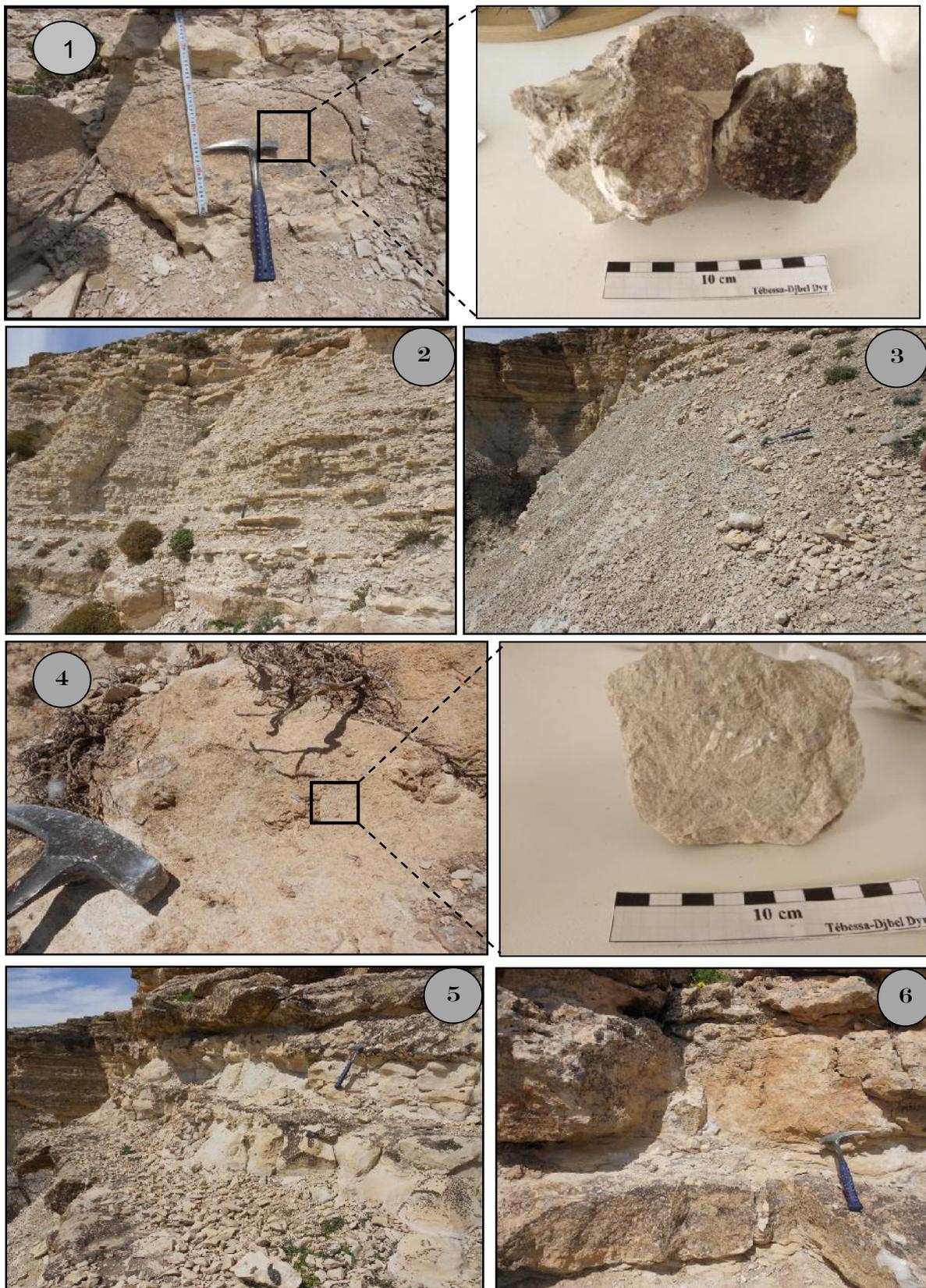


Planche II : Photos montrant les faciès de la succession lithologique de Djebel Dyr . (1) Calcaire phosphatée ; (2) Une alternance marno-calcareux rapprochée ; (3) Marne grise légèrement phosphatée ; (4) Calcaire a bivalves ; (5) Calcaire montrant une figure sédimentaire ; (6) Calcaire du sommet essentiellement nummulitique.

Conclusion

La succession étudiée de la coupe correspond à une suite lithologique de 60 m environ. Elle se caractérise par une alternance régulière de calcaires et de marnes intercalées par des niveaux de phosphates, Cette succession renferme des dents fossiles et reste d'organisme (coprolithe) a la base et la présence d'important accumulation organique dans un membre carbonatée tel que : bivalve et nummulite et les figure de charge au sommet.

Chapitre .IV

Matériel et Méthodes

IV. *Matériel et Méthodes*

1. Travaux de terrains.
2. Travaux en laboratoire.
 - 2.1. Confection et étude de lame mince.
 - 2.1.1 Notions fondamentales
 - 2.2. Traitement des échantillons meubles ou faiblement indurés.

Chapitre .IV

Matériel et Méthodes

Pour atteindre les objectifs fixés dans le cadre de ce mémoire présentés dans l'introduction, les travaux ont été menés aussi bien sur le terrain qu'en laboratoire, ce chapitre présente le matériel et les différentes techniques utilisés.

1. Travaux de terrain

Le travail de terrain consiste à l'établissement de la coupe géologique avec une documentation détaillée du profil de Djebel Dyr. Les caractéristiques lithologiques et morphologiques de l'affleurement sont fidèlement reportées. Un log litho-stratigraphique de synthèse sera établie pour éclaircir ces caractéristiques et que sera aussi bien la base de l'étude paléontologique et les paleo-environments.

Il faut noter qu'environ 3/4 des échantillons récoltés sont marneux phosphatée ou marno-calcaires phosphatée et, donc faiblement indurés. Chacun d'entre eux a bien entendu été prélevé après 'rafraîchissement' de la zone de prélèvement (afin d'éliminer les zones altérées), puis placé dans un récipient approprié et numéroté correctement.

Le reste des échantillons, représenté surtout dans la partie finale de la coupe, est constitué de calcaire induré. Afin de pouvoir réaliser par la suite des lames minces, un petit bloc de roche a été dégagé et collecté. De plus, dans tous les niveaux fossilifères, parfois très riches, nous n'avons pas manqué de récolter quelques fossiles, qui ont été également soigneusement numérotés tel que les dents de poissons.

2. Travaux en laboratoire

2.1. Confection et étude de lame mince

Le travail de laboratoire a consisté à la confection et à l'analyse des lames minces de roches au microscope polarisant. Pour ce faire (8) huit lames minces (Kechiched, 2017) ont été confectionnées au laboratoire d'université Badji Mokhtar – Annaba, les observations microscopiques ont permis de déterminer les microfaciés et la composition minéralogique. Des prises de vue au microscope ont également été réalisées.

La réalisation de lames sur les phosphates nécessite une préparation particulière à cause leur friabilité dans la plupart des cas. Une induration de l'échantillon est donc 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 la résine. Les étapes de consolidation des échantillons de phosphates friables (Kechiched, 2011). Il s'agit des étapes suivantes :

➤ *Séchage*

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

➤ *Imprégnation*

Après le séchage, l'échantillon est imprégné par la résine goutte à goutte sous vide, afin d'éliminer les bulles d'aires. Il existe aussi, une autre méthode qui consiste l'imprégnation de l'échantillon qui doit être immergé dans le vernis incolore au lieu d'une résine jusqu'à la sortie des bulles d'air (Gainé, 1973), en générale. Cette opération s'effectue à l'aire libre pendant 10 minutes ou plus. La proportion de diluant la plus couramment utilisée est de 15% (Fig. 18). L'avantage du vernis incolore c'est l'efficacité de l'imprégnation par rapport la résine qui fait un film sur l'échantillon.

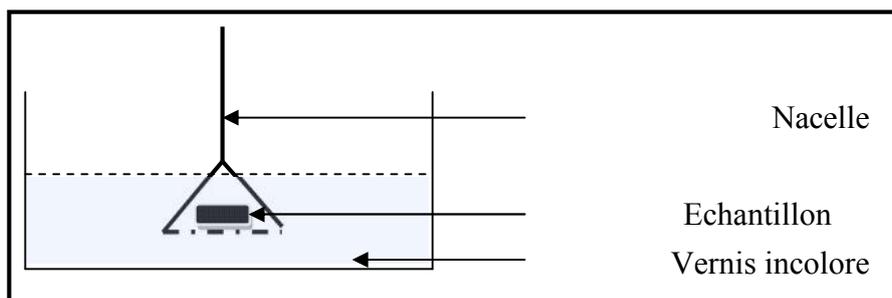


Fig.18. Imprégnation des échantillons de phosphate au vernis incolore.

➤ *Durcissement*

Le durcissement s'effectue à chaud dans l'étuve utilisé pour le séchage où la température est sous 100° C pour éviter la carbonisation de l'échantillon. L'induration se fait en une heure. Il est nécessaire de surveiller l'échantillon au cours de l'induration. Si sa surface

s'assèche, il faut 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 peut subir les opérations de préparation classique des lames minces (sciage, polissage, collage ...).

L'étude pétrographique est basée sur les observations macroscopiques faites sur le terrain des différents faciès et au laboratoire à partir des observations microscopiques. La nomenclature adoptée pour l'étude pétrographique est basée sur la classification des carbonates de Dunham (1962) et de Folk (1959, 1962). La classification utilisée pour les phosphates est celle Slansky (1980), Jourani (1988) et Mouflih (1991).

2.1.1 Notions fondamentales

a. Faciès

C'est la catégorie dans laquelle on peut ranger une roche ou un terrain, et qui est déterminée par un ou plusieurs caractères lithologiques (lithofaciès) ou paléontologiques (biofaciès) et sédimentologiques (faciès marin ou continental, profond ou littoral, confiné ou restreint). L'étude de la répartition des faciès permet de proposer des reconstitutions paléogéographiques.

a.1.Le lithofaciès:

Ce terme a été défini pour la première fois par Krumbein (1948, p. 1909) comme "the sum total of the lithological characteristics of a sedimentary rock", incluant donc outre la lithologie, la nature, l'abondance des organismes s'ils sont caractéristiques de la roche en question. Ce terme est descriptif et ne doit contenir aucun élément interprétatif. Il est donc, pour prendre un exemple, injustifié de parler de "lithofaciès de mer ouverte" pour ce qui devrait être appelé "lithofaciès des calcaires argileux gris foncé à brachiopodes"

a.2.Le microfaciès:

C'est la correspondance microscopique du lithofaciès. Flügel (1982) a proposé la définition suivante: "Microfacies is the total of all the paleontological and sedimentological criteria which can be classified in thin-sections, peels, and polished slabs". Il va sans dire que cette notion est elle aussi purement descriptive.

La première classification largement utilisée pour les calcaires est celle de Dunham

(1962) et Folk (1959, 1962). Celle de Dunham se base sur la description, où les roches sont identifiées en fonction de leur texture de dépôt. Cela est principalement lié à de l'environnement ou milieu de dépôt (Fig.19).

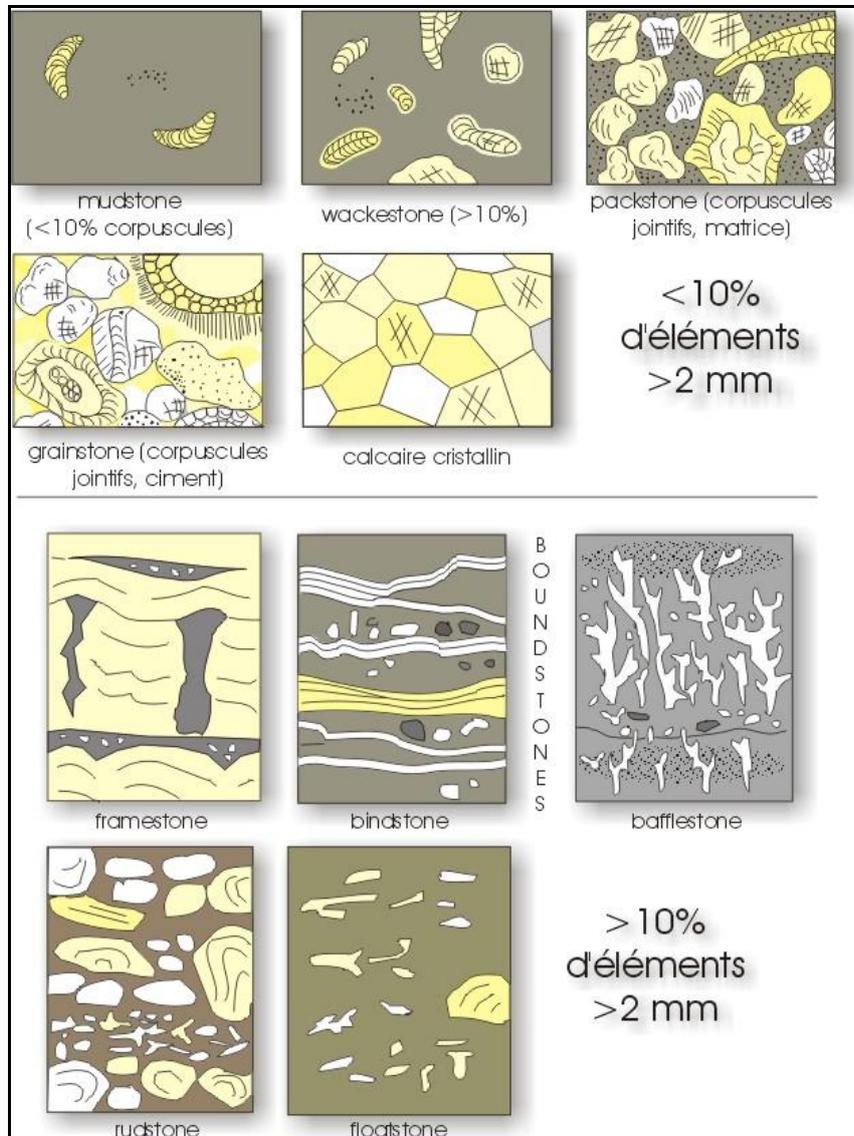


Fig.19. Classification de texture de roches carbonatées (Dunham 1962), modifiée par Embry et Klovan (1971).

La classification de Folk (Fig. 20) également descriptive, elle se base sur la présence des grains (allochèmes) situés dans un ciment sparite, des grains dans une matrice de micrite, des calcaires micritique qui manquent de grains et des calcaires organiques tels que les stromatolites et les roches récifales équivalentes à la boundstone de Dunham.

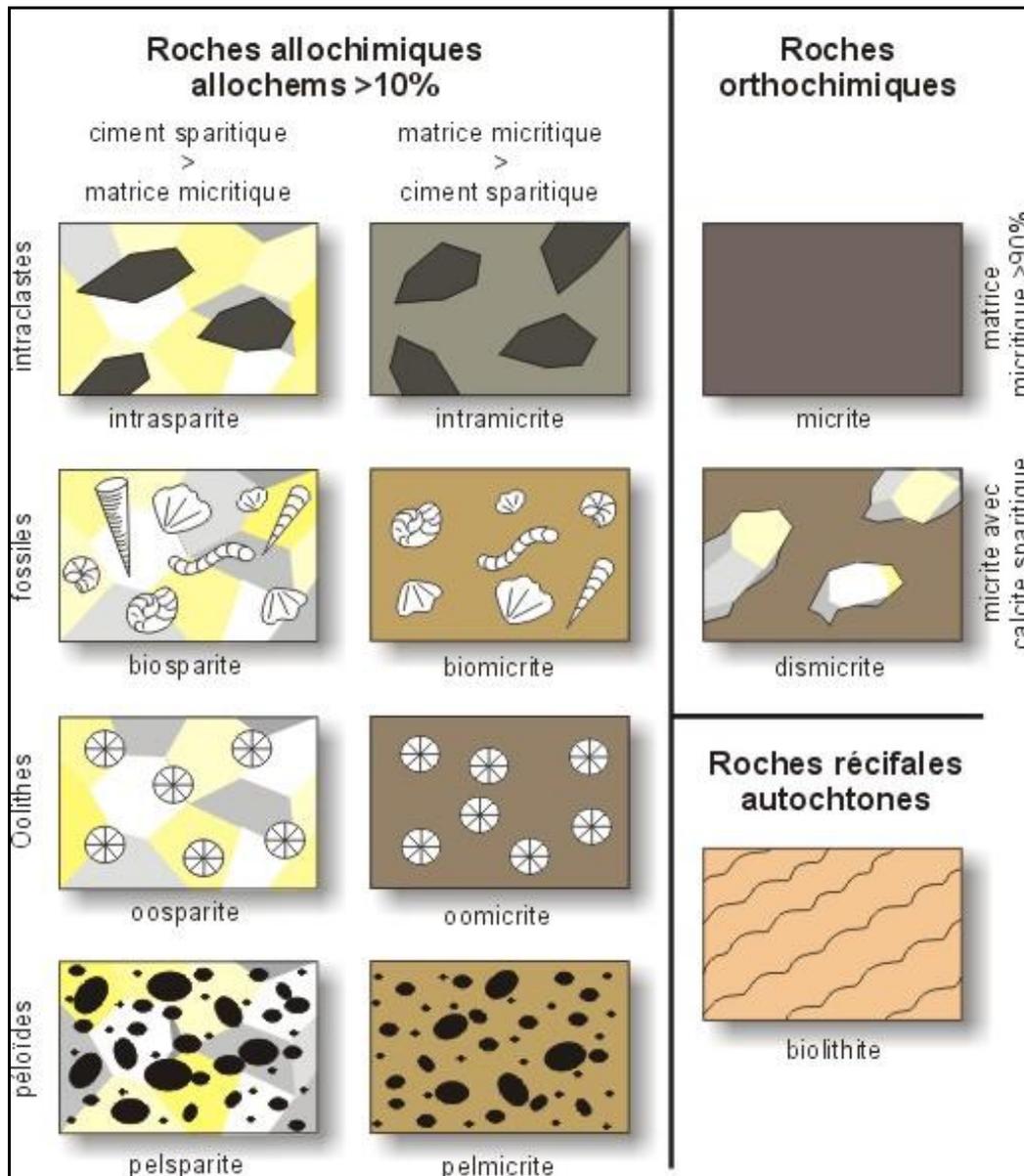


Fig.20. Classification des carbonates (Folk 1959 et 1962).

Pour les phosphates, l'étude s'inspire de la classification de Scolari et Lille (1973). les travaux de Mouflih (1991) proposent une classification a deux objectifs. Le premier consiste à préciser les constituants des faciès phosphatés, ainsi que la phase de liaison ou l'exogangue. Le deuxième traduit la texture et les proportions des éléments figurés phosphatés.

Tableau 3: Classification des phosphates (Mouflih 1991)

	1er Préfixe	2ème Préfixe	Substantif	Précisions éventuelles	Ciments	Exoganges
> 10 % éléments	Bio	Phospha	Rudite ($0 > 2 \mu\text{m}$)	Bioclastique	Micritique Microsparitique Sparlitique Dolomicritique Dlomicrosparitique Dolosparitique Siliceux Argileux, etc.	Argileuse Marneuse Calciteuse Dolomitique Silicifié, etc.
	Intra		Arénite ($2 > 0 > 63 \mu\text{m}$)	Oolithique Coprolithique , etc.		
	Pel		Lutite ($0 < 63 \mu\text{m}$)			
< 10 %	Pel ; Bio	Microphosphatite ($0 < 10 \mu\text{m}$) ;		à : Bioclastes à : Coprolithes à : Intraclastes		

a.3. Description de paléoenvironnement carbonatés

le model de rampe : Ce modèle a été proposé par Burchette & Wright (1992) qui represent la répartition des microfaciès au long de ce modele .(Fig .20)

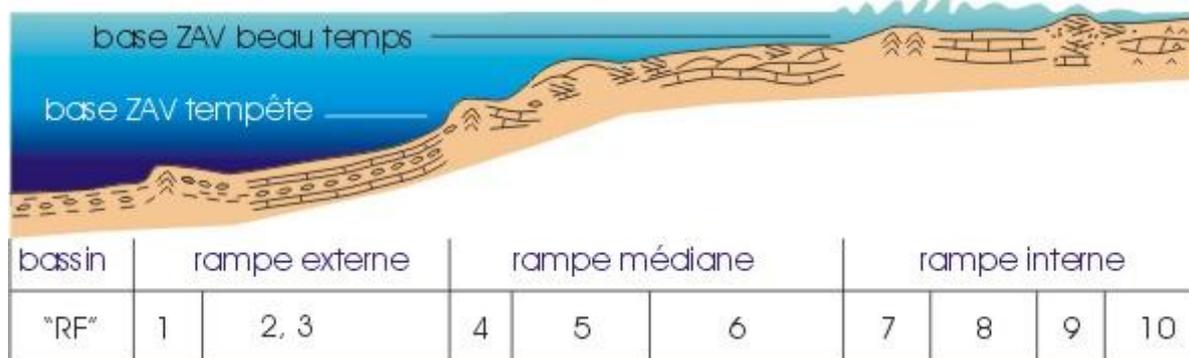


Fig .21. Le modele de rampe Burchette & Wright (1992)

La *rampe externe* est localisée sous la zone d'action des vagues de tempête, à une profondeur de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres. On y observe des sédiments carbonatés fins, autochtones ou allochtones, associés à des dépôts hémiplegiques. Les bioconstructions y sont de type "monticule".

- RF1: monticule micritique: bioconstruction isolée, riche en matrice calcaire et comprenant des éponges et des microbes; tous les organismes sont en position de vie.

- RF2: marno-calcaires: mudstones et wackestones argileux microbioclastiques alternant avec des argiles; la faune est benthique, nectonique, planctonique avec un net caractère ouvert: bryozoaires, éponges, foraminifères planctoniques, échinodermes, mollusques. La bioturbation est présente.
- RF3: tempestites distales: minces niveaux granoclassés dans des sédiments fins. Ces niveaux un peu plus grossiers peuvent inclure des sédiments remaniés issus de zones moins profondes de la rampe.

La *rampe médiane* correspond à la zone située entre la base de la zone d'action des vagues de beau temps et la base de la zone d'action des vagues de tempête. La profondeur y est de quelques dizaines de mètres. Les tempestites sont les dépôts dominants, associés souvent à des niveaux intraclastiques.

- RF4: monticules squelettiques et récifs: il s'agit de bioconstructions à faune plus diversifiée, incluant des niveaux à organismes en position de vie et d'autres remaniés par l'action des vagues; les constructeurs comprennent des bryozoaires, coraux, éponges, échinodermes, algues rouges,...
- RF5: "shoals": grainstones et packstones à bioclastes remaniés (bryozoaires, crinoïdes, brachiopodes,...), stratifications obliques.
- RF6: tempestites proximales, souvent amalgamées: sédiments granoclassés, transportés, structures HCS, grainstones et packstones. Les éventuelles périodes de calme sont représentées par des sédiments plus fins, de type wackestone, bioturbés.

La *rampe interne* comprend la zone située entre la plage et la base de la zone d'action des vagues de beau temps. Cette portion de rampe est située dans la zone photique et le fond marin est remanié pratiquement en permanence par les vagues et les courants. On observe les faciès suivants:

- RF7: récifs: biostromes et patch-reefs à coraux, lamellibranches, rudistes, stromatopores; les constructeurs sont rarement en position de vie; nombreux remaniements.
- RF8: packstones et grainstones à bioclastes variés.

- RF9: shoals oolithiques et bioclastiques; grainstones et packstones à stratification entrecroisée; oolithes, péloïdes, bioclastes (algues vertes, foraminifères, mollusques, échinodermes,...)
- RF10: "plage" et "mares": grainstones et packstones bien classés à stratification plane et/ou mudstones et wackestones bioturbés à faune et flore plus réduite. Les bioclastes gardent un caractère varié et partiellement "ouvert".

2.2. Traitement des échantillons meubles ou faiblement indurés

Au sein de laboratoire de Géologie de l'université de Kasdi-Merbah Ouargla, on a réalisé notre travail pour déterminer le contenu faunistique ; pour cela, trois étapes principales ont été suivies à savoir :

a. Trempage

la première étape consiste à tromper 10 échantillons (100 g par échantillon) dans l'eau pendant plus que 24 h (Fig. 22 a-b) .

Les échantillons marneux, devenus complètement malléables après l'étape de trempage, sont lavés au travers d'une série de tamis (Fig. 23 a) mailles différentes de haut en bas : 250 μ m, 125 μ m, 80 μ m ,45 μ m. L'opération s'effectue sous un filet d'eau. Notons que pour éviter le risque de contamination, les tamis ont été brossés après chaque utilisation après avoir être laissés sécher à l'air libre (Fig. 23 b).

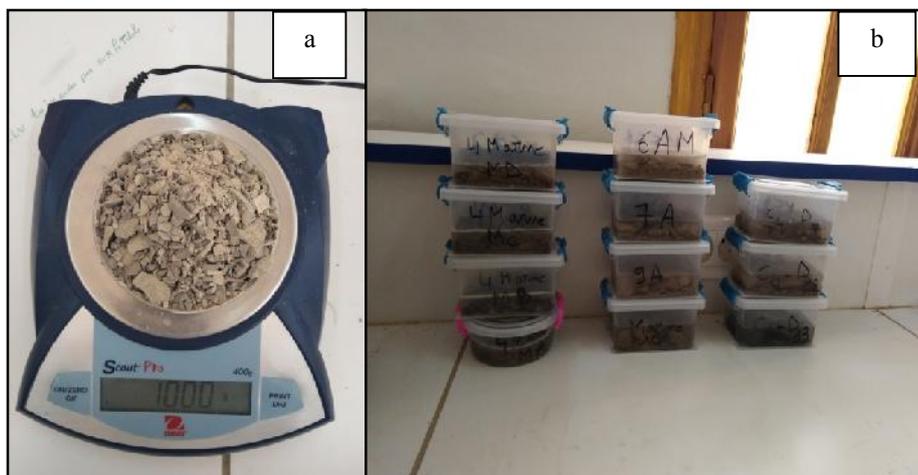


Fig.22.Technique de trempage

a-Balance 400g ; **2-**trempier les échantillons dans l'eau plus que 24h. (b).

b. Le lavage et classification granulométrique.

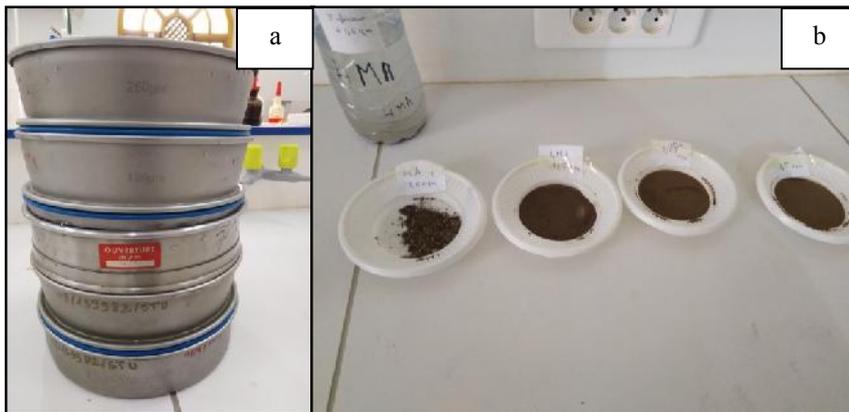


Fig.23. Technique de lavage et de classification granulométrique. (a). Tamisage ; (b) séchage.

c. Le Tri

Une fois l'échantillon parfaitement sec, l'étape finale du tri peut débuter pour l'étude paléontologique. Après avoir étalé quelques mg de sédiments sur un 'plateau de tri' (dans notre cas un simple carton peint en noir), le travail minutieux de tri se fait sous l'objectif d'une loupe binoculaire. Les microfossiles repérés sont soigneusement triés un à un à l'aide d'une 'aiguille aimantée', puis placés, idéalement, dans une 'tube de microfaune' (Fig. 24).



Fig.24. Technique de tri.

Lors du tri, les microfossiles identifiés ont été regroupés par populations. Nous avons ainsi pu différencier (tableau 5):

- les foraminifères benthiques (B), parmi lesquels nous distinguerons les foraminifères benthiques calcaires (BC) et ceux agglutinés (BA),
- les foraminifères planctoniques (P), parmi lesquels nous distinguerons les foraminifères planctoniques globuleux (PG) et ceux carénés (PC),

- les ostracodes (O).

Les valeurs obtenues donneront des indications sur les paléoenvironnements (Fig. 23).

Tableau 4 : Type de microfossiles observés (Muriel.2008).

Foraminifères (protozoaires)	<p>Foraminifères benthiques (B) Vivent sur le fond, fixés ou non, enfouis dans le sédiment (endobionte) ou à la surface (épibionte). Leur abondance diminue progressivement en s'éloignant du littoral. Les espèces benthiques sont beaucoup plus répandues que les espèces planctoniques (actuellement seules 70 des 4000 espèces vivantes décrites sont planctoniques)</p>	<p>Foraminifères benthiques calcaires (BC) Pourvus d'un test calcaire sécrété par l'animal, et abondants dans les zones les plus superficielles (ex : <i>Nodosaria, Lagena...</i>)</p> <p>Foraminifères benthiques agglutinés = arénacés (BA) Pourvus d'un test d'origine exogène, constitué de particules captées dans le milieu environnant. Sont présents à toutes les profondeurs, mais sont les seuls qui subsistent à de grandes profondeurs. Leur abondance relative augmente donc avec l'approfondissement (ex : <i>Ammodiscus, Textularia...</i>)</p>
	<p>Foraminifères planctoniques (P) Flottent librement dans la tranche d'eau, et sont présents aussi bien près des côtes qu'au large. Leur abondance relative augmente cependant avec l'approfondissement, en rapport avec la moindre proportion d'organismes benthiques présents dans les plus grandes profondeurs.</p>	<p>Foraminifères planctoniques globuleux (PG) Vivent à proximité de la surface (ex : <i>Heterohelix, Hedbergella...</i>)</p> <p>Foraminifères planctoniques carénés (PC) Formes plus complexes, munies d'une carène, vivant à de plus grandes profondeurs (ex : <i>Globorotalia, Rotalipora...</i>)</p>
	<p>Ostracodes (O) Groupe d'arthropodes crustacés, dont la taille peut aller jusqu'à 10 mm. Vivent dans tous les milieux aquatiques, et sont généralement benthiques, endobiontes (donc enfouis dans le sédiment) ou épibiontes (sur le sédiment). Certains sont pélagiques (et munis d'appendices servant à la nage). L'étude des populations d'ostracodes donne de précieuses indications en termes de paléoenvironnement (bathymétrie, salinité notamment).</p>	

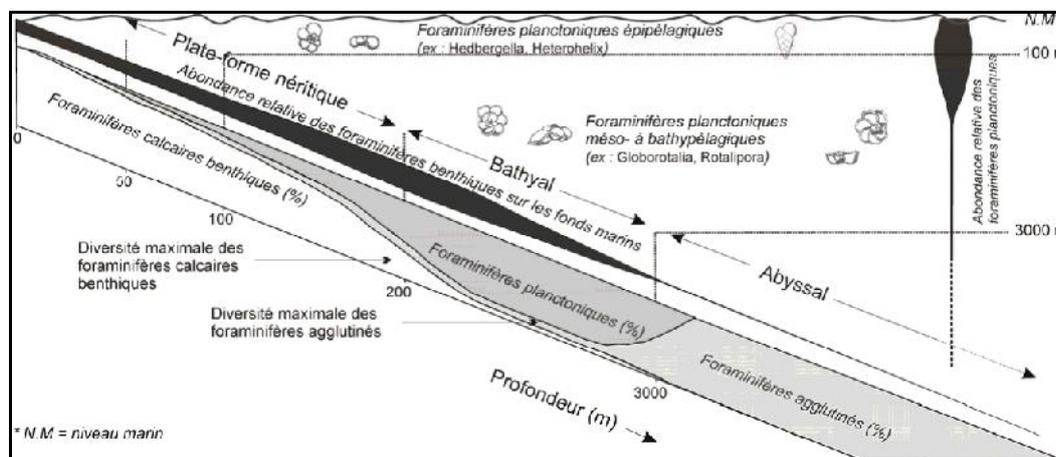


Fig.25. Relation entre profondeur du milieu et type de foraminifères présents (modifié d'après Brasier,1980).

La détermination de ces différents microfossiles va nous permettre d'obtenir des informations sur l'évolution des paléoenvironnements (figure .25), chacune des populations distinguées étant spécifique d'un environnement particulier (voir l'exemple des foraminifères

Chapitre .V

Résultats et Discussion

V. Résultats et Discussion

1. Litho-faciès et interprétation
2. Analyse micro faciologique
3. Etude micropaléontologique.
4. Inventaire systématique préliminaires
 - 4.1. Foraminifère benthiques
 - 4.2. Foraminifère planctoniques
5. Synthèse

Chapitre .V

Résultats et Discussion

L'objectif de ce chapitre se focalise sur la présentation des résultats obtenus de l'étude lithostratigraphique, micropaléontologique et de leur interprétation. Une synthèse des résultats acquises au cours de ce travail afin d'évaluer leurs apports à la connaissance de la dynamique de l'aire de sédimentation et pour reconstituer les milieux de dépôts des formations sédimentaires au niveau du secteur de Djebel Dyr. Ce travail est axé sur l'analyse des microfaciès et de la microfaune. Les implications paléoclimatiques du passage Paleocene-Eocene seront également discutées.

1. Litho-Faciès et interprétation

Dans le secteur d'étude, deux (2) membres lithologique principales obtenus (cf. fig17) qui sont décrites et interprétées ci-dessous :

1.1. Membre marno-phosphatée (A)

a) Description

Ce membre est caractérisé par la dominance de marne phosphatée grisâtre métrique intercalée par un banc et des niveaux de phosphate décimétrique et centimétrique.

b) Interprétation

Les marnes indiquent une sédimentation dans un milieu calme (à faible énergie) et profond (200 à 300 m).

1.2. Membres marno-calcareux (B) : qui est subdivisée en deux membre

a) Description

- Unité d'alternance horizontale de marne phosphatée grisâtre et calcaire brunâtre contenant de silex soit en forme nodule soit stratiforme noirâtres. Cette alternance caractérisée par une succession startocroissant/startodécroissante est séparée par un banc de calcaire oolitique centimétrique.
- unité carbonatée avec de bancs épais de calcaire superposée ; du bas en haut: calcaire bioclastique, calcaire à figure de charge, calcaire dur brunâtre nummulitique.

b) Interprétations

- *unité d'alternance marno-calcaire* à structure horizontale correspond à une sédimentation rythmique de calcaires et de marnes de dominance calcaire avec interstrates ou inter-lits marneux. Il s'agit en effet, d'une sédimentation monotone qui consiste à une cyclicité.

La présence de silex en différentes formes (nodules ou stratiformes) de plus de 50 cm est considérée comme un accident siliceux dans les calcaires qui indique un milieu saturé en silice hydratée dont l'hydrodynamisme est fort et peu profond. Le calcaire à lithoclastes. Ce calcaire se forme dans un milieu marin peu profond mais agité.

- *Membre carbonatée*

-Calcaire bioclastique : Elle est formée essentiellement de coquilles, surtout de Lamellibranches, entières ou brisées, peu cimentée accumulées et consolidées sur place. C'est pourquoi ce faciès est souvent néritique, indiquant un rivage.

-Calcaire nummulitique : ce faciès caractérisé par les nummulites fossilisées à la forme de disques pouvant atteindre un diamètre de 1 cm, ces organismes unicellulaires indiquent un milieu énergétique et peu profond.

2. Analyse microfaciologique

Cette étude est axée sur l'analyse des lames au microscope polarisant à partir des échantillons prélevés aux niveaux des calcaires et phosphates. Cette étude a pour but de déterminer le microfaciès et de dénommer la roche en basant fortement sur la classification de Dunham (1962) et celle de Folk (1958) (Fig. 26).

-L'analyse microscopique des calcaires phosphatés permet de montrer les allochèmes (>10%) qui sont : fossile (foraminifère benthique, planctonique) et les grains phosphatés (pellets) non jointifs entre eux par un micrite sombre dont la texture wackestone (Fig 26-1)

-L'analyse microscopique de phosphate au centre de l'affleurement montre que la texture se devient grainstone sous forme de niveaux centimétriques à décimétriques ; c'est un minerai de phosphate montrant une texture grainstone jointive. La granulométrie est hétérogène variant de 50 µm à plus de 1 mm. Les grains phosphatés sont représentés par des pellets de petite taille, en moyenne (100 à 250 µm). Ces pellets montrent parfois, des contours externes de couleurs rouges et marron qui peuvent indiquer soit une oxydation ou la présence de la matière organique. Les coprolithes ont des formes cylindriques avec des surfaces fracturées

contenant des remplissages tardives en calcite. Ces cassures sont probablement liées à des contraintes au cours de la diagenèse (compaction). La matrice est généralement, microspartique, recristallisée par endroit en sparite. Ce faciès renferme du gypse ainsi que de gros fragments de gastéropodes dont la taille varie de 2 à 3 mm (fig.26.2-3)

- l'analyse microscopique des carbonates au sommet d l'affleurement montre. Ce sont des biomicrites à texture wackestone bioclastique. Les nummulites sont très abondantes de taille considérable, visibles à l'œil nu (Planche.III.4). Ce sont des calcaires à nummulites du Lutétien inférieur (Flandrin, 1948). Cet horizon est surmonté par un calcaire microspartique à micritique dans les niveaux supérieurs de l'affleurement (fig.26.4-5)

Interprétations

La synthèse des données tirées de la description des microfaciès des différents horizons révèle que le mur de la formation à passées de phosphates à Dj Dyr traduit un milieu profond avec une faible énergie.

L'horizon phosphaté, par contre, présentant un assemblage fossilifère et du gypse nous permet d'affirmer l'installation de nouvelles conditions de mise en dépôt peu profondes.

La prolifération des nummulites dans les calcaires du toit traduit un milieu peu profond et bien oxygéné. Ces faciès ont été déjà décrits dans la région de Tébessa au Lutétien inférieur (Flandrin, 1948). Vers les derniers termes, le milieu a tendance à s'approfondir et se calmer avec la dominance de la micrite

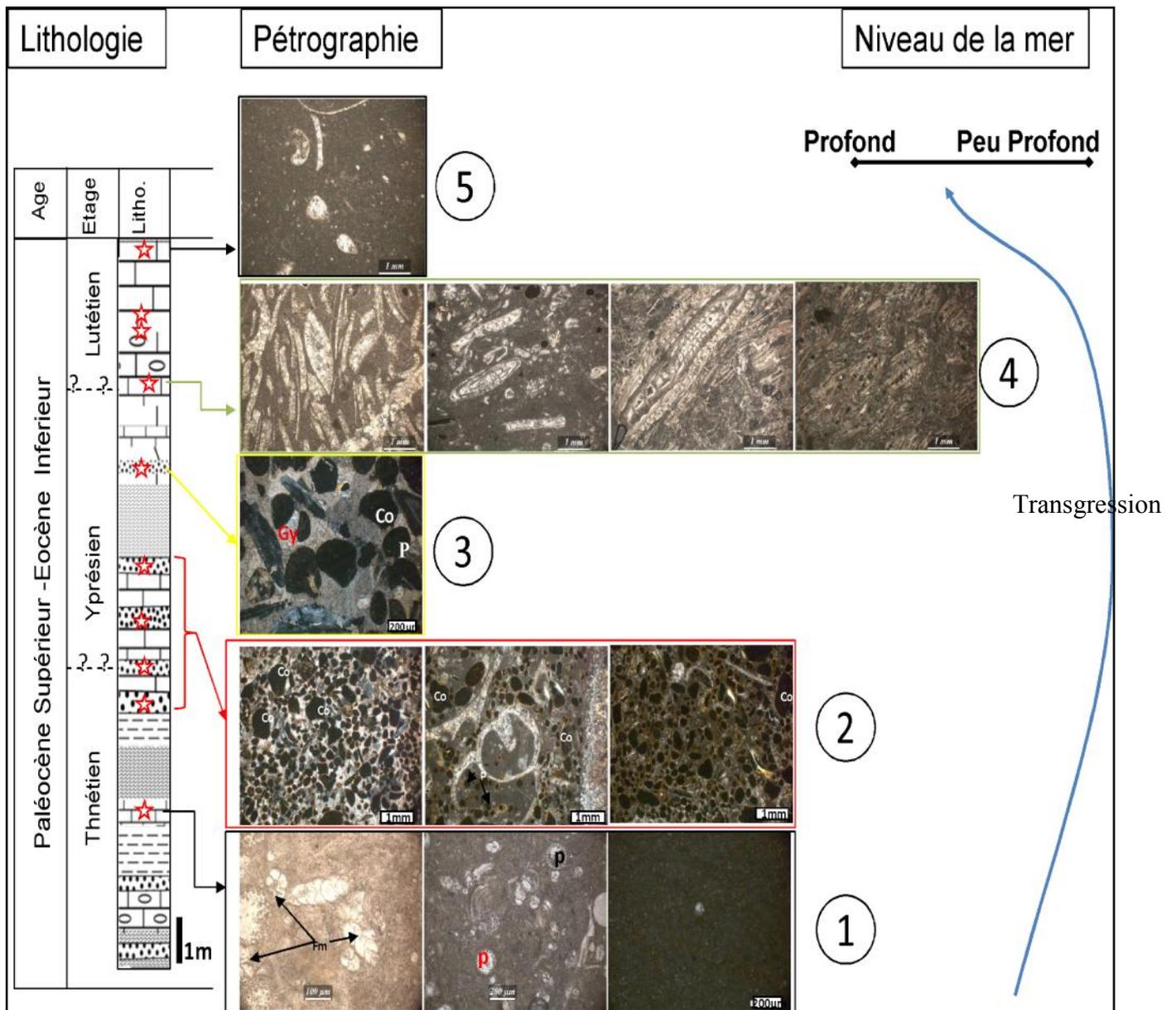


Fig.26. Illustration photographique des microfaciès (kechiched ; 2017)

3. Etude micropaléontologique et systématique préliminaires

L'étude micropaléontologique a été faite pour identifier contenu et l'abondance de la microfaune. Cette partie est consacrée à la description et détermination préliminaire des foraminifères benthique et planctonique et leur pourcentage d'abondances qui nous a permis de réaliser et d'identifier la limite paléocène –Eocène Djebel Dyr.

A partir de la coupe de Djebel Dyr 11 genres des foraminifères ont été préliminairement déterminés dans les différents niveaux des marnes et à l'aide d'un catalogue

de Cushman et plusieurs articles publiés en Tunisie sur le même contexte (Paléocène – Eocène) en particulier dans le bassin du Nord dont la continuité à Tébessa Nord.

- **formes benthique (9 espèces)** : nous citons : *Dentalina sp*, *Frondicularia phosphatica*, *Amphimorphina gracilis*, *toppaninna selmensis*, *lenticulina articulate texana*, *lenticulina exisa*, *sp.lenticulina*. *Haplophragmoides*.

-**formes planctonique (3 espèces)** : *Globovalvuloides*, *Globobulimina*, *Dipsidripella*,

-**Principaux des espèces index** : *Frondicularia phosphatica* ; *Haplophragmoides*

La classification de foraminifères tient compte de :

- ✓ La forme et l'arrangement de loge ;
- ✓ La composition et la structure de la loge.
- ✓ L'ouverture et l'ornementation du test.

La classification supra générique des foraminifères est la suivante (Debenay et al, 1997.)

Règne : Protistes

Sous-règne : Protozoaires

Embranchement : Sarcostigophora Honigberg et Balamoit, 1963.

Sous-embranchement : Sarcodina Schmarda, 1871.

Super-classe : Rhizopoda von Siebold, 1845.

Classe : Granuloreticulosa de Saederleer, 1934

Ordre : Foraminiferida Eichwald, 1830

4. Inventaire systématique préliminaires

(Planche III ; planche IV)

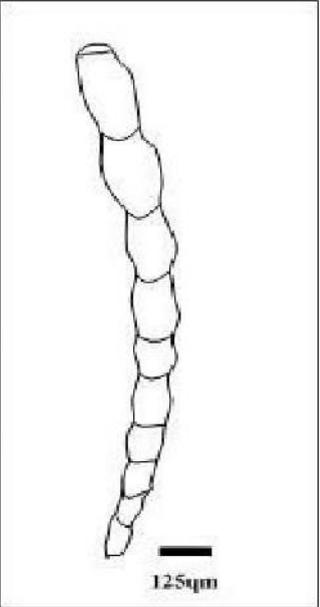
4.1. Les foraminifères benthiques

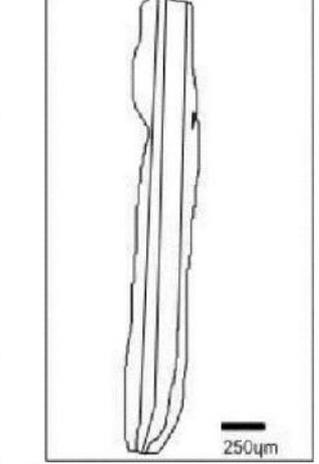
Classe: **NODOSARIATA**

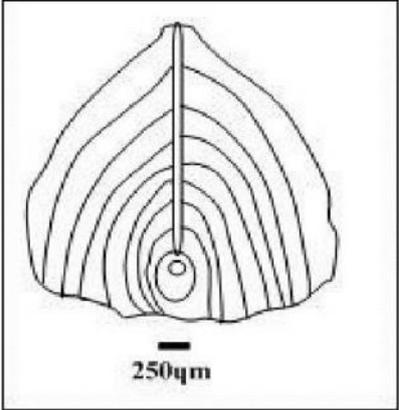
Sub-classe: **NODOSARIANA**

Ordre: **NODOSARIIDA**

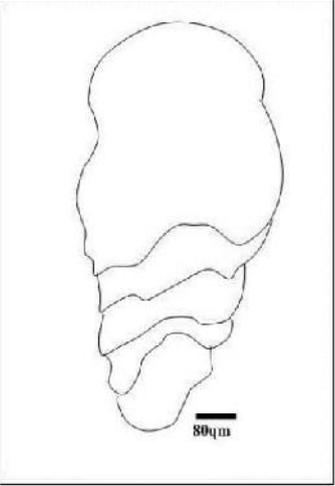
Famille: **NODOSARIIDAE**

<p>Nom : <i>Dentalina</i> sp.</p>	
<p>Description : test calcique, pluriloculaire unisérié rectiligne d'ouverture terminal rond, Cette espèce, exceptionnelle, se caractérise par sa grande taille et par la disposition irrégulière de ses sutures. Les loges également ont toutes une forme et une taille différentes. La paroi est lisse.</p>	
<p>Répartition stratigraphique : Paléogène - paléocène</p>	
<p>Référence : Cushman, J., A., 1923: The Foraminifera of the Atlantic Ocean. Part 4. Lagenidae. Bull. U.S. Natl. Mus. 104. in Smithsonian Institution United States National Museum Bulletin 104. Plate 15, Fig.</p>	

<p>Nom : <i>Amphimorphina gracilis</i> Cushman and Todd, 1936</p>	
<p>Description : test calcique uniloculaire Cette espèce se caractérise par la présence de stries longitudinales. Les loges sont peu globuleuses et les sutures peu visibles.</p>	
<p>Répartition stratigraphique : Paléogène -Eocène</p>	
<p>Référence : INMNH Department of Paleobiology Collections Online Catalog as USNM CC 56685</p>	

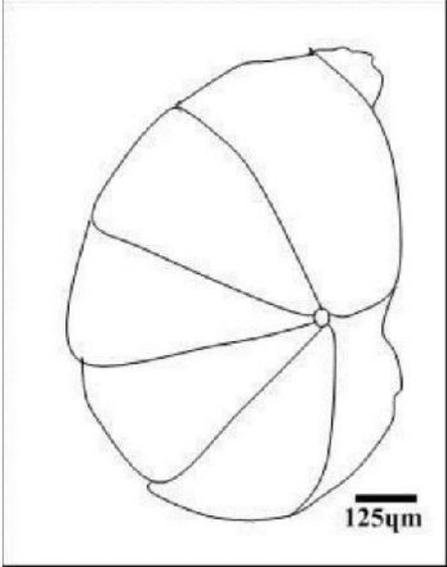
<p>Nom : <i>Frondicularia phosphatica</i> Russo, 1934</p>	
<p>Description :</p> <p>Cette espèce, de grande taille, possède un test très caractéristique, très large et aplati(en forme de 'cœur'), avec des loges peu nombreuses et des sutures, non déprimées, toujours en forme de chevrons. La surface est lisse</p>	
<p>Répartition stratigraphique :</p> <p>Paléogène- Paléocène- Thanétien</p>	
<p>Référence : Speijer, R.P., 1994: Extinction and recovery patterns in benthic foraminiferal paleocommunities across the Cretaceous/Paleogene and Paleocene/Eocene boundaries. in Geologica Ultrajectina Volume 124. Dissertation Plate 9 from Ch. 6, Fig. 2</p>	

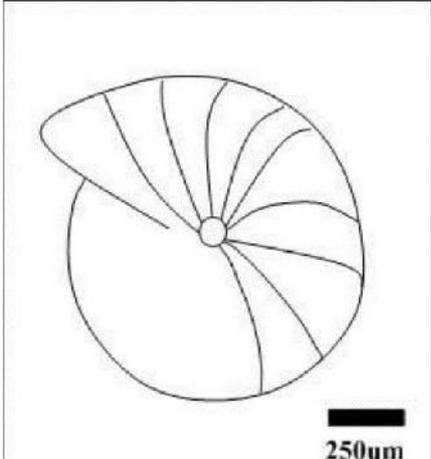
Famille: **Chrysalogoniidae**

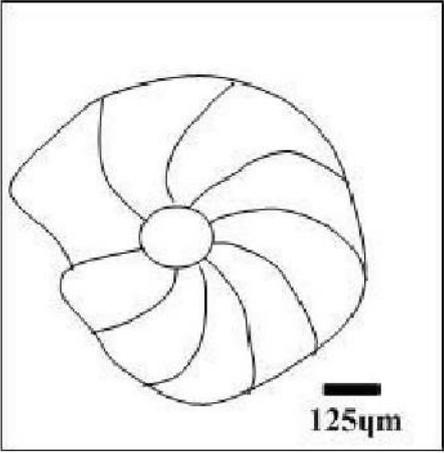
<p>Nom : <i>Toppaninna selmensis</i> CUSHMAN ,1953</p>	
<p>Description : test calcique, pluriloculaire unisériel rectiligne</p>	
<p>Répartition stratigraphique : Paléogène - Eocène</p>	
<p>Référence : ORTIZ, N. (1993) - Los microforaminiferos bentonicos del transito Paleocene-Eocene y sus implicaciones bioestratigraficas y paleoecologicas. Thesis. Univ. Zaragoza, 274 pp</p>	

Classe: **NODOSARIATA** Mikhalevich, 1992
 Order: **VAGINULINIDA** Mikhalevich, 1992

Famille: **VAGINULINIDAE** Reuss, 1860

<p>Nom : <i>Lenticulina excisa</i> (Bornemann, 1851)</p>	
<p>Description : teste pluriloculaire spiralés. dont l'ouverture de type terminal radiée</p>	
<p>Répartition stratigraphique : Paléogène- Eocène</p>	
<p>Référence : Hesemann, M., 2019: <i>Lenticulina excisa</i> (Bornemann, 1851). In: Hesemann, M. 2019 Foraminifera.eu Project Database.</p>	

<p>Nom : <i>Lenticulina sp. ---</i></p>	
<p>Description : Les loges présentent un enroulement trochospiralé légèrement aplatie. Les loges sont visibles. L'ouverture est périphérique à la base de la dernière loge.</p>	
<p>Répartition stratigraphique : Paléogène- Eocène Lutétien</p>	
<p>Référence : Hesemann, M., 2019: <i>Lenticulina ---</i>. In: Hesemann, M. 2019 Foraminifera.eu Project Eocène Lutétien Database.</p>	

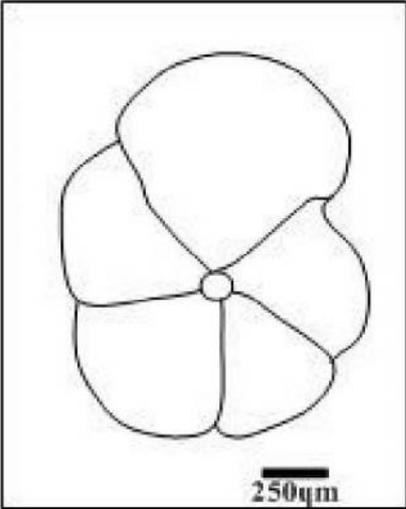
<p>Nom : <i>Lenticulina articulata texana</i> Cushman & Applin, 1926</p>	
<p>Description : teste pluriloculaire spiralés. dont l'ombilic sous forme bouton dont la taille des loges sont identique</p>	
<p>Répartition stratigraphique : Paléogène - Eocène</p>	
<p>Référence : SINMNH Department of Paleobiology Collections Online Catalog as USNM CC 539</p>	

Class: ROTALIATA

Sub-classe : **TEXTULARIANA**

Ordre: **HAPLOPHRAGMOIDIDA**

Famille: **HAPLOPHRAGMOIDIDAE**

<p>Nom : <i>Haplophragmoidesporrectus</i> Maslakova, 1955</p>	
<p>Description le test calcique trochospiralé composer de 4 logs la dernier est étiré, l'ombilic e est en forme de bouton et profond</p>	
<p>Répartition stratigraphique : Paléogène - Paléocène - Thanétien</p>	
<p>Référence: Galeotti, S., Kaminski, M.A., Coccioni, R., Speijer, R.P., 2004: High-resolution Deep-Water Agglutinated Foraminiferal record across the Paleocene/Eocene transition in the Contessa Road Section (central Italy). in Bubik, M., Kaminski, M.A. (Eds.), Proceedings of the Sixth International Workshop on Agglutinated Foraminifera, Grzybowski Foundation Special Publication, 8. pages 83-103 Plate 3, Fig 8</p>	

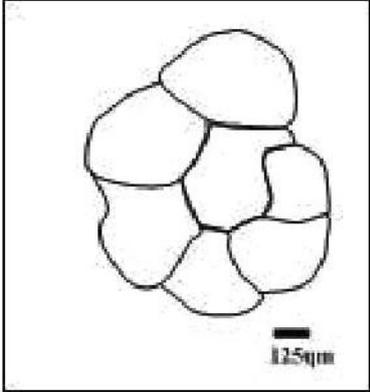
4.2. Foraminifères planctonique

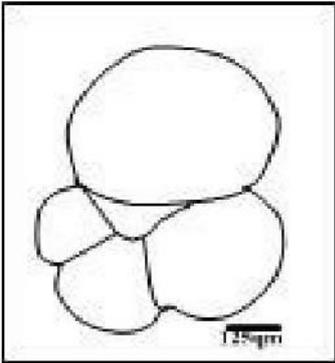
Classe: **ROTALIATA**

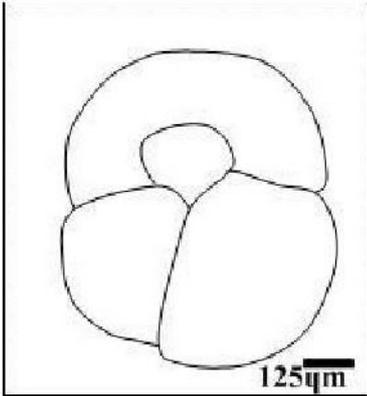
Sub-classe : **GLOBIGERINANA**

Ordre: **GLOBIGERINIDA**

Famille: **CATAPSYDRACIDAE**

Nom : <i>Dipsidripella liqianyui</i> Huber & Pearson, 2006	
Description : Le test globuleux, présente un enroulement trochospiralé. La paroi est perforée. Les 5 à 6 loges du dernier tour présentent un accroissement rapide. Sur la face spirale plus ou moins convexe (spire haute), les loges sont globuleuses et les sutures légèrement courbes et déprimées L'ombilic est modérément large et profond. L'ouverture est une fente étroite, ombilicale ou extraombilicale, bordée par une lèvre épaisse. La structure ombilicale n'est pas très visible.	
.Répartition stratigraphique : Paléogène -Eocène	
Référence: SINMNH Department of Paleobiology Collections Online Catalog as USNM PAL 52331	

Nom : <i>Globorotaloides quadrocameratus</i> Olsson, Pearson and Huber, 2006	
Description : Le test est trochospiralé, Les quatre loges sphériques, la dernière est allongée. L'ombilic est ouvert	
Répartition stratigraphique : Paléogène - Eocène	
Référence : SINMNH Department of Paleobiology Collections Online Catalog as USNM PAL 521866	

Nom : Globigerinatheka <i>index</i> (Finlay, 1939)	
Description : Test trochospiralé. Les loges sont globuleuses. Les sutures sont déprimées, faiblement incurvées. L'ouverture est intériormarginale, ombilicale à extraombilicale ouvert	
Répartition stratigraphique : Paléogène- Eocène- Priabonian	
Référence: Hicks, S.B., 2014: Paleoecology and sedimentology of the volcanically active Late Eocene continental shelf, Northeast Otago, New Zealand. in unpublished Thesis, Doctor of Philosophy. University of Otago. Plate 1, Fig 1	

Interprétation

La succession lithologique et la répartition verticale des foraminifères nous aident à démontrer : (fig.27)

-La disparition des foraminifères (figure. 27) à cause d'un événement hyperthermique soudain a provoqué le réchauffement de la planète, engendre au maximum thermique **du Paleocene-Eocene** (*Paleocene-Eocene Thermal Maximum*, ou PETM) dont la température a augmenté d'environ 6 °C, avec une hausse correspondante du niveau des mers en même temps que l'ensemble des océans se réchauffaient. Cet événement est associé à des changements dans les circulations océanique et atmosphérique, à l'extinction de nombreux foraminifères benthiques plus que planctonique.

-L'existence des foraminifères index et diversifier utiliser comme une preuve pour bien sélectionner le passage paléocène–éocène à savoir *Fronidicularia phosphatica*.

Dyr appartient au domaine marin dont la profondeur ne dépasse pas 200-300m, milieu énergétique, la série sédimentaire est transgressive à l'exception du bas du profile marneux.

Sur la base de ces travaux nous suggérons le modelé descriptive (le milieu de dépôt) basant sur et la texture, la lithologie, allochèmes associés avec le model de rampe (Burchette et Wright, 1992) (Fig.28).

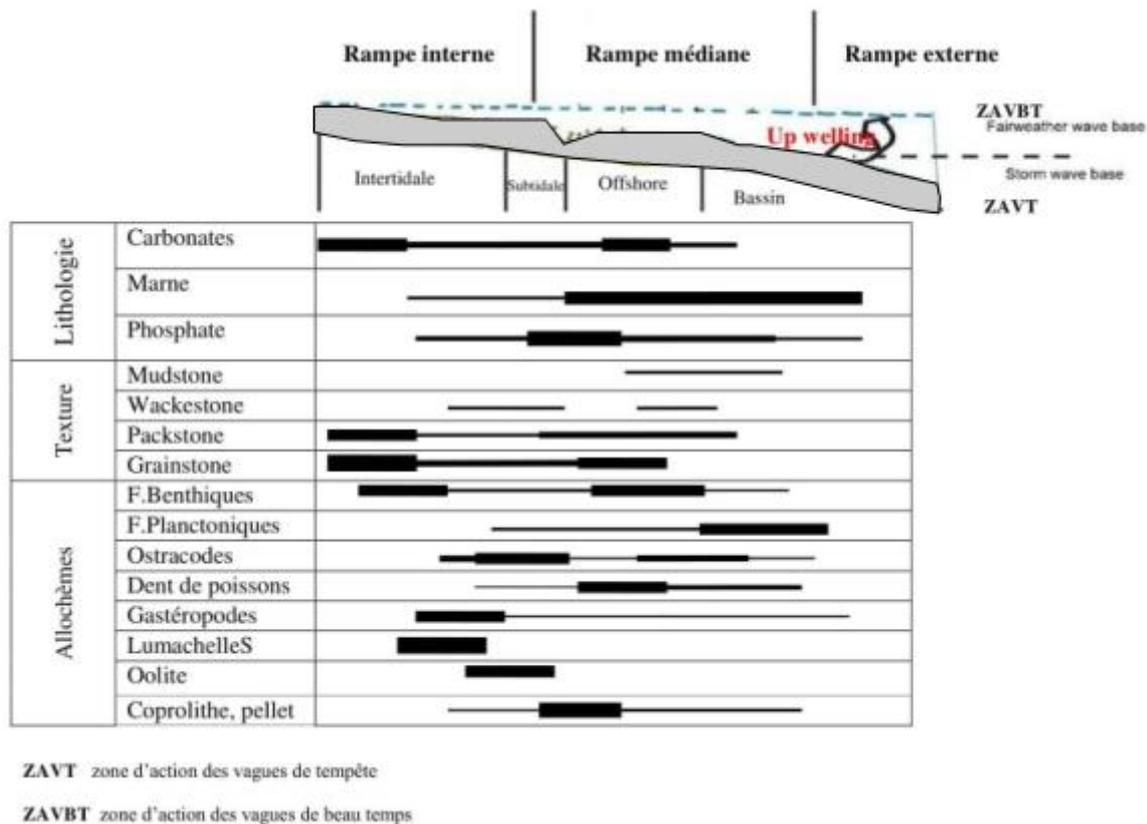


Fig.28. Dépôt des formations sédimentaires à Djebel Dyr.

Les foraminifères récoltés nous a permis de estimer l'abondance (benthique plus que planctoniques) qui a permis de mettre en évidence le passage P/E où une diminution drastique de l'abondance des foraminifères benthique a été remarquée. Ceci indique le réchauffement planétaire qui a accompagné la mise en place de ces dépôts il y'a 55million d'années.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Faisant partie de la l'Atlas Saharien Oriental, La région de Tébessa représente un lieu privilégié pour l'étude des formations sédimentaires tertiaires en particulier celle du Paléocène Eocène. Dans ce contexte, ce mémoire a été réalisé sur le profile de Djebel Dyr qui fait partie de la région de Tébessa Nord où le site d'étude consiste à un synclinal perché qui date du Paléocène – Eocène. L'objectif de se mémoire s'est focalisé sur l'étude lithostratigraphique et un aperçu sur le contenu micro-faunistique. Il s'agit aussi de suivre l'évolution verticale des microfacies et de l'abondance de foraminifères afin de mettre en évidence le passage Paléocène- Eocène largement discuté dans les régions avoisinantes. Des travaux de terrain et de laboratoire ont effectué. Les résultats obtenus en faveur de ce mémoire nous conduire à conclure les principaux points suivants :

Sur le plan lithostratigraphique

L'étude lithostratigraphique a permis de subdiviser la série sédimentaire étudiée en deux formations d'âge Paléocène- Eocène. Il s'agit de : (1) membre marno-phosphatées caractérisée par la présence des niveaux centimétriques a métriques des phosphates et (2) la membre marno-carbonatées caractérisée par des alternances marno-calcaires avec un banc de silex bien repéré de éocène. Cette formation renferme des macrofaunes en particulier, de la lumachelle et des nummulites.

Sur le plan micropaléontologique

L'étude paléontologique a porté sur l'identification, la classification systématique et l'inventaire préliminaire des organismes fossiles récoltés et de leurs abondances. La faune est représentée par des fragments de gastéropodes, dent de poissons, Ostracodes, foraminifères (benthique et planctoniques).

Les foraminifères sont représentés par 12 espèces parmi lesquelles 9 espèces benthiques (*Dentalina sp*, *Frondicularia phosphatica*, *Amphimnorphina gracilis*, *toppaninna selmensis*, *lenticulina articulate texana*, *lenticulina exisa*, *sp.lenticulina*. *Haplophragmoides*. *Nummulites*) et 3 espèce planctonique (*Globovaloides*, *Globierinatheka*, *Dipsidripella*).

L'enchaînement verticale de répartition des foraminifères à permis de démontrer que le paléoenvironnement était une rampe carbonatées. L'étude de cet évolution a permis d'identifier le passage Paléocène – Eocène marquée par une nette diminution de l'abondance

des foraminifères benthique qui s'aligne avec l'existence l'évènement thermal maximal PETM (Paleocene Eocene Thermal Maximum).

Recommandations

A l'issu de cette étude lithostratigraphique et l'aperçu préliminaire sur le contenu de la faune au profile de djebel Dyr qui s'associe au passage Paléocène Eocène où l'évènement du PETM s'est installé. Nous recommandons:

- (1) Effectuer une étude détaillée sur la microfaune (identification par experts du Paléocène – Eocène, associations) et de suivre leur abondance verticale et latérale en effectuant des corrélations avec El Kouif et les affleurements du même contexte en Tunisie du Nord.
- (2) Etude chimio-stratigraphique qui intègre les isotopes stables de O^{18} et C^{13} pour mettre en évidence le passage P/E et de caractériser l'évènement PETM.
- (3) Modéliser les environnements de dépôts sédimentaires algéro-tunisiens et la mise en place des phosphates au cours du Paléocène – Eocène

BIBLIOGRAPHIE

- **Abu-Eishah, S.I., El-Jallad, I.S., Muthaker, M., Tooqan, M., Sadeddin, W. (1991).** Int. J. Mineral. Processing. 31, 115–126
- **Benabbas, C. (2006).** Évolution mio-plio-quaternaire des bassins continentaux de l'Algérie nord orientale : apport de la photogéologie et analyse morphostructurale. *Thèse de Doctorat d'état. 242p. Berthois L (1975) Etude sédimentologique des roches meubles (techniques et méthodes) – Doin Edit. – Paris – 278p.*
- **Ben abdessalem, S. (1978).** Etude palyonologique et micropaléontologique de la series phosphatée du bassin de Gafsa – Metlaoui (Tunisie). *Thèse 3ème cycle .Univ.Paris VI , 123 p Mém. BRGM n° 116.*
- **Blès, J.L. (1969).** Contribution à l'étude des déformations cassantes de la feuille de Morsott (SE Constantinois-Algérie). Les microfracturations et leurs relations avec les failles et les plis. *Pub. Ser. Géol. Algérie, (Série N° 11), Bull. N° 39, pp. 7-17.*
- **Blès, J.L et Fleury. (1971).** Carte géologique 1/50 000 Morsott et notice explicative. *Publ. Serv. Geol. Algérie. .*
- **Boulvain.F,(2019).** Eléments de Sédimentologie et de Pétrologie sédimentaire, <http://www.geolsed.ulg.ac.be/sedim/sedimentologie.htm>
- **Bousson, G. (1970).** le Mésoïque saharienne. 2eme partie : Essai de synthèse des données de Sondage algéro-tunisien. *Publ. Centr Rech.Zones Arides (CNRS), Paris, série Géol., 11.*

- **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.*
- **Burollet, P.F., Oudin, J.L. (1980).** Paléocène et Eocène en Tunisie – Pétrole et phosphate – in Géologie comparée des gisements de phosphate et de pétrole.
- **Chaabani, F. (1995).** Dynamique de la partie orientale du bassin de Gafsa au Crétacé et au Paléogène: Etude minéralogique et géochimique de la série phosphatée Eocène, Tunisie méridionale. *Thèse Doct. Etat, Univ. Tunis II, Tunisie.*
- **Chabou, M.S. (1987).** Etude de la série stratigraphique tertiaire du Djebel Onk (Algérie). Leur situation dans le cadre des phosphates algériens. *DEA, Fac. Sci. Alger, 136p.*
- **CHERIF A. (2009)-** *Le Crétacé inférieur D'Aïn El Hadjla : biostratigraphie et dynamique Sédimentaire (Ouarsenis, Algérie occidentale). Mém Magist. d'Etat, Univ. Oran, 108 p, 41 fig., 8 pl.*
- **David, L. (1956).** Etude géologique des monts de la haute Medjerda. *Thèse Sci. Paris. Publ. Serv. Carte Géol. Algérie, N.S. Bull, n°11, 304p.*
- **Degaichia, A. (2014).** Sédimentologie et paléoenvironnements des sédiments du pliocène du fossé d'effondrement de Tébessa et ses abords (Atlas saharien oriental, ne de l'Algérie. *These doctorat, Université Badji-Mokhtar Annaba, 195 p*
- **Dubourdiou, G. (1956).** Etude géologique de la région de l'Ouenza (confins algéro tunisiens). *Pub. du service de la carte géologique de l'Algérie, Alger, N.S., 10, 659 p.*

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

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

 - **Durand-Delga, M., Fontboté, J.-M., (1980).** Le cadre structural de la méditerranée occidentale. *Mémoire du bureau de recherches géologiques et minières. 115, 65 -85.*

 - **El Haddi, H.(2018) :** Les silicifications de la série phosphatée d'ès Ouled Abdoun (Maastrichtien-Lutétien Maroc) : Sédimentologie, Minéralogie, Géochimie et Contexte Génétique . Thèse de Doctorat en Géologie. 135p.

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

 - **Flandrin, J. (1948).** Contribution à l'étude stratigraphique du Nummulitique Algérien. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie, 2e série, n°19, 340p. aris, 360 p.*

 - **Fourine, D. (1980).** Phosphates et pétrole en Tunisie. *Mém. BRGM N.04 , pp. 30-34.*

 - **Guibrandsen, R.A. (1966):** Chemical composition of phosphorites of the Phosphoria formation. *Geochim. Cosmo-chim. Acta, 30, p. 365-382.*

 - **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.*
-

- **KAROUI-YAAKOUB.N. (2006).** Effet du réchauffement climatique global sur le comportement des foraminifères benthiques de l'intervalle de passage Paleocene-Eocene de la coupe d'Ellès (Tunisie). *19 p.*
- **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 insect fungicides*, 145p
- **Kazi, T.N. (1986).** Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine: le domaine inter-plaque nord-algérien. Approche mégaséquentielle. *Thèse Doctorat ès Sciences, Université de Pau et des Pays de l'Adoure, 2 tomes. 871 p., 347 fig.*
- **Kechiched, R., 2011.** Typologique géochimique et géostatistique des minerais de phosphates du gisement de Bled El Hadba (Algérie Orientale), mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba 187 p. <http://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2014/04/Memoire-de-Magister-KECHICHED-Rabah.pdf>
- **Kechiched, R., Laouar, R., Bruguier, O., Salmi-Laouar, S., Ameer-Zaimeche, O., Fougou, A., 2016.** Preliminary data of REE in algerian phosphorites: a comparative study and paleo-redox insights. *Procedia Engineering* 138, 19–29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.048>
- **Kechiched, R. 2017.** Les phosphates du Nord de Tébessa: Etude sédimentologique, gîtologique et géochimique. These doctorat en sciences, Université Badji Mokhtar Annaba 184 p. <http://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2019/05/These-Kechiched-Rabah.pdf>
- **Kechiched, R., Laouar, R., Bruguier, O., Salmi-Laouar, S., Kocsis, L., Bosch, D., Fougou, A., Ameer-Zaimeche, O., Larit, H., 2018.** Glauconite-bearing sedimentary phosphorites from the Tébessa region

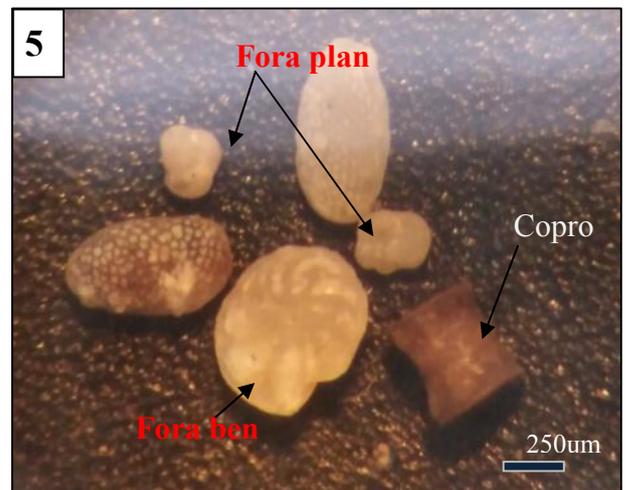
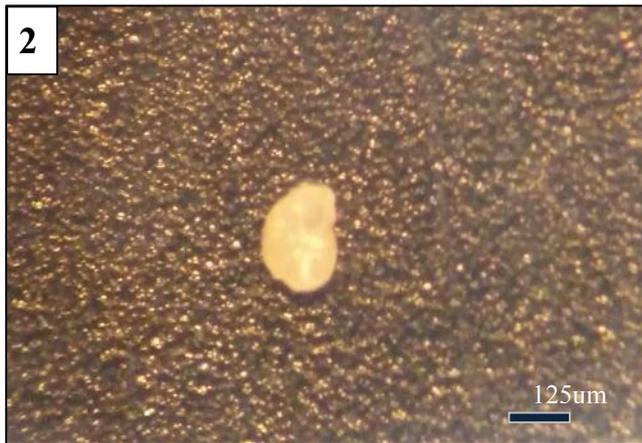
(eastern Algeria): Evidence of REE enrichment and geochemical constraints on their origin, *Journal of African Earth Sciences* 145, 190–200. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2018.05.018>

- **Keyser, F., Cook, P.J. (1972).** Geology of the Middle Cambrian Phosphorites and Associated Sediments of Northwestern Queensland. Dep. of Nation Geol. Geophys. Bull. Canberra, n° 138. Development, Bur. Minera. Res
- **Kowalski, W.M., Hamimed M. (2000).** Diapirisme polyphasé ou glacier de sel albien, Dilemme du matériel triasique des confins algéro-tunisiens. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie. Vol.11, n°1 pp. 29-60, 12 fig., 2000.*
- **Pervinquière, L. (1903).** Etude géologique de la Tunisie centrale. *Thèse, de Rudeval, P*
- **Ranchin, G. (1963, a).** Les phosphates de chaux sédimentaires de la région de djebel Onk (Algérie). *S.E.R.E.M. Paris, 85p*
- **Sassi, S. (1974).** La sédimentation phosphatée au Paléocène dans le Sud et le Centre Ouest de la Tunisie. *Thèse Doct. ès-Sci. Univ. Paris-Sud Orsay, France.*
- **Salvan, H 5. (1955).** A propos des formations siliceuses des phosphates marocains. *Geol. Rdsch. Stuttgart, Vol. 43, h.2, p. 503-515.*
- **Sami, L. (2004).** Contribution à l'étude géologique et géochimique des minéralisations Pb-Zn-Ba-F dans la région de Meskiana: Exemple des indices d'Essouabaa et de M'khiriga (Atlas Saharien oriental, Algérie). *Thèse de Magister, USTHB, Alger.*
- **Smirnov, V. (1982) :** Géologie des minéraux utiles. Traduit en français en 1988. Edition Mir Moscou, 623 p.

- **Thomas, Ph.** (1888) : Sur les gisements de phosphates de chaux d'Algérie. *C. R. acad. Sci. Paris, 106, pp 379 -382.*
- **Visse, L.D.** (1948). Contribution à l'étude pétrographique des phosphates marocains. *B. Soc. Géol. Fr., sér., t. 18, fasc. 8-9, p. 675-684.*
- **Winnock, E.,(1980).** Les dépôts de l'Eocène au Nord de l'Afrique: aperçu paléogéographique de l'ensemble. In : Géologie comparée des gisements de phosphates et de pétrole, Colloque International, Orléans, 6-7 Novembre 1979, Document du BRGM N°24, pp. 219-243.
- **Zapata., Roy. (2004) :** Engrais et nutrition végétal, Bulletin FAO, N°13, 175p.
- **Site internet Cushman Joseph. A.** <https://www.foraminifera.eu/>

Annexe

Planche III



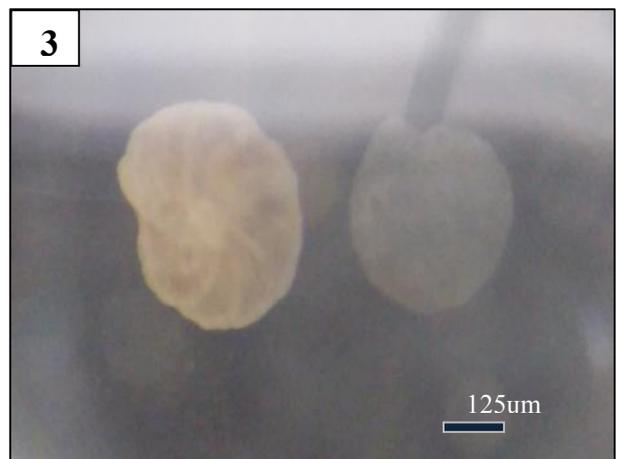
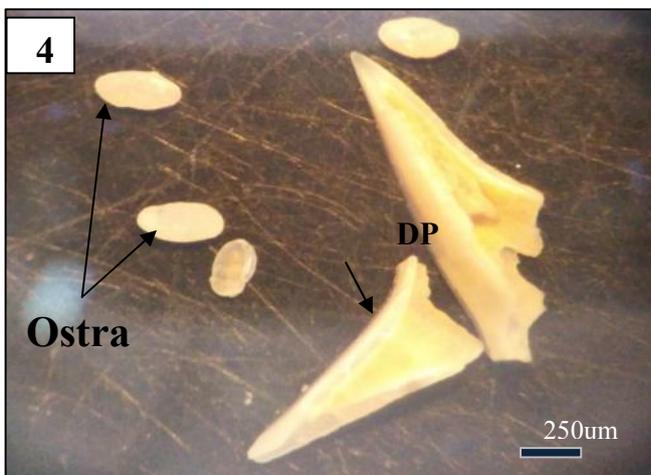
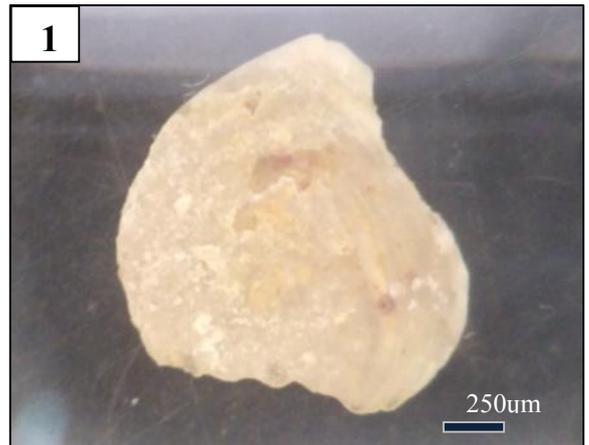
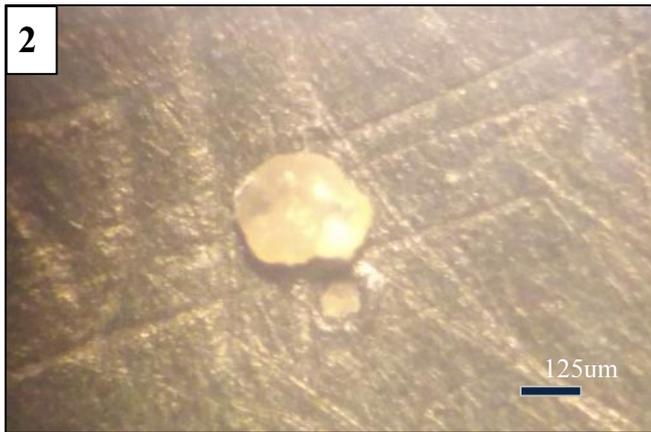
Fora plan : foraminifères planctoniques ; **Copro** : coprolithe ; **fora ben** : foraminifères Benthique

1. *Toppaninna selmensis* CUSHMAN, 1953; 2. *Lenticulina excise* Bornemann, 1851

3 . *Lenticulina articulata texana* Cushman & Applin, 1926 ; 4. *Amphimorphina gracilis*

Cushman and Todd, 1936 ; 5.6.groupe de microfaunes.

Planche I.V



Ostra : ostracodes ; **DP** : Dent de Poissons

1. *Fronicularia phosphatica* Russo, 1934

2. *Haplophragmoides porrectus* Maslakova, 1955

3. *Lenticulina articulata texana* Cushman & Applin, 1926

4. Groupe de microfaune