



Université d'Oran 2
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Sciences de la Terre
Laboratoire de Paléontologie Stratigraphique et de
Paléoenvironnement

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master
En Sciences de la Terre
Option : Géologie des Bassins Sédimentaires

LES CALCAIRES MESSINIENS DE LA CARRIERE D'OGGAZ (DJBEL
AOUD SMA, BORDURE NORD DES MONTS D'OULED ALI) :
MICROFACIES ET GEOCHIMIE.

Présenté et soutenu publiquement par :
Mr. Tahar Sahnoune

Devant le jury composé de :

Mr. ATIF. K	M.C.A	Université d'Oran 2	Président
Mr. MANSOUR. B	Professeur	Université d'Oran 2	Rapporteur
Mr. BELHADJI. A	M.C.B	Université d'Oran 2	Examineur
Mr. Boutiara R	Ingénieur d'Etat	Lafarge Ciment Oggaz	Invité

29 Septembre 2022

Dédicaces

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné la Chance de vivre, la force et la patience d'accomplir mes études. J'adresse mes sincères remerciements à tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail.

Je dédie ce travail à mes chers parents, les mots sont trop faibles pour exprimer ma profonde gratitude quant à vos sacrifices et dévouements consacrés à mon éducation et mes études.

Je remercie ma grand-mère pour tout le soutien et l'amour que vous m'avez apportés depuis mon enfance et pour vos prières dont vous ne m'avez jamais privé.

Une myriade de mercis très affectueux à mes chers frères, sœurs et mon cousin Benameur Hadj Pour leurs soutiens et les encouragements de tous les instants. Je vous souhaite le meilleur et le succès dans votre vie.

J'exprime ma profonde gratitude à tous mes chères camarades qui m'ont accompagné durant mes 5 ans d'étude. **Ahmed. B, Mohamed. B, Cherif. O, chakib. B, yacine. S, Houari. B, Saleh. B, Redjaa. G, Imen. A, Khawla. T, Nour. C, Marwa. D** et tous mes collègues au Département des Sciences de la Terre

Enfin, je remercie l'agent de sécurité **Omar** pour tout le soutien et l'assistance qu'il nous a apporté et les bons moments que nous avons passés ensemble.

Remerciements

J'exprime mes profonds gratitude à mon cher encadreur **Mr Bouhameur Mansour** c'est La personne que je remercie intensément, il ma fait confiance de traiter ce sujet et ma beaucoup appris pendant mon cursus et surtout les sorties de terrains Je n'oublierai jamais ses conseils précieux. Je le remercie également pour sa disponibilité à tous les instants, son professionnalisme et pour le temps qu'il m'a consacré sur le terrain, ainsi durant la préparation de ce mémoire. J'espère qu'il y aura d'autres expériences à partager.

Je remercie vivement **Mr Atif. k** qui a accepté d'examiner ce travail. Veuillez recevoir l'expression de mon profond respect.

Je remercie profondément **Mr Belhadji. A** pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire présidente le jury de ce mémoire. Et pour les bons moments partagés au cours du stage dans les terrains de Sassel et sbiaat en M1

Je tiens aussi à exprimer mes remerciements et ma plus vive gratitude à **Mlle Satour. L** de m'avoir aidé à identifier les bivalves dans ce travail et leur assistance pour réalisation de ce modeste travail.

Un grand merci à toute l'équipe des travailleurs de l'entreprise Lafarge Ciment Oggaz : **Abdelkader, Houari, Dahou** et spécialement **Radouan Boutiara** chef des carrières additives pour son encadrement durant mon stage de fin d'étude, pour sa confiance, pour le matériel qu'il a mis à ma disposition. Je n'oublierai jamais vos efforts pour que je réalise ce travail. J'espère qu'il y aura d'autres expériences à partager.

J'exprime ma profonde et sincère gratitude à **Mr Ouali Mehadji. A** pour tous ces encouragements et ces orientations surtout pour le partage de ses connaissances concernant la géodynamique.

Je tien a présenter mes vivre remerciements à mes enseignants d'université de mascara: **Mr Abbach.A, Mr Zaagen.M, Mr Benyoucef.M** pour leurs qualité d'enseignement dans L1 et L2 et pour leurs conseils de choisir cette spécialité (géologie des bassins sédimentaire) et les bons moments passé au stage de Ain Ouerka

Je dédie ce travail à mes chers professeurs, **Mr Bouterfa.B, Mr Boulem.N, Mr Benhamou.M, Mr Mahboubi.M, Mme Lagraa.K** et tous mes enseignants d'université d'Oran 2 que j'ai eu la chance d'être leurs étudiant durant mon cursus.

TABLE DES MATIERES

Chapitre 01

I. INTRODUCTION	01
II. CADRE GEOGRAPHIQUE	01
1. Cadre géographique générale	01
2. Cadre géographique local	02
III. CADRE GEOLOGIQUE	04
1. Cadre géologique général	04
2. Cadre géologique local	05
2.1. unité pré-Récifale (unité de calcaires à algues et diatomites)	05
2.2. unité récifale (unité du calcaire à algues et diatomites)	05
2.3. Unité post-récifale	06
IV. MORPHOLOGIE	08
V. METHODE DE TRAVAIL	08
1. Sur le terrain	08
1.1. Généralité sur le carottage	08
1.2. La méthodologie de carottage au gisement de Aoud Sma	10
2. Au Laboratoire	11
2.1. Analyse géochimique	11
2.1.1. Principe de la fluorescence X	11
2.1.2. Préparation des échantillons	11
3. Confection des lames minces	14
3.1. Préparation des lames minces	14

Chapitre 2

I. INTRODUCTION	15
II. DESCRIPTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE	16
1. Sondage AS3	17
1.1. Description lithologique	17
1.1.1. Ensemble 1 calcaires pauvres en algues (30 m)	17
1.1.2. Ensemble 2 calcaires riches en algues (15 m)	17
1.1.3. Ensemble 3 calcaires riches en algues (24m)	17
2. Sondage LO-35	19
2.1. Description lithologique	19
2.1.1. Formation des calcaires à Algues (87m)	19
A. Ensemble 1 calcaires pauvres en algues (42 m)	19
B. Ensemble 2 calcaires riches en algues (10m)	19
C. Ensemble 3 calcaires riches en algues (35m)	20
2.1.2. Formation des calcaires récifaux (13m)	20
3. Coupe de Chaabat Almagtaa (Allaoua, 2017)	23
3.1. Description lithologique	23
3.1.1. Formation Calcaires à Algues (25m)	23

A. Ensemble 1 calcaires pauvres en algues (17 m)	23
B. Ensemble 2 calcaires riches en algues (08m)	23
3.1.2. Formation des calcaires récifaux (2m)	23
4. Coupe Du Djebel Haouhd El Matmar (Naimi, 2019)	24
4.1. Description Lithologique	25
4.1.1. Formation des Marnes grises (10 m)	25
4.1.2. Formation des Diatomites (15 m)	25
4.1.3. Formation des calcaires à Algues (2,45m)	25
A. Ensemble1 calcaire micritique à algues <i>Halimeda</i> (0,75m)....	25
B. Ensemble 2 calcaires à algues Mélobésiées (1,7m).....	25
4.1.4. Formation de calcaire récifal (0,55m)	26
5. Coupe du Télégraphe de Oggaz (Naimi, 2019).....	28
5.1. Description lithologique.....	28
5.1.1. Formation des Calcaires à Mélobésiées (20m).....	28
5.1.2. Formation des calcaires récifaux (2.5 m)	28
6. Coupe du Djebel Haoued El Kebir (Chekkeli, 2019).....	29
6.1. Description lithologique	29
6.1.1. Formation diatomitique (05m).....	30
6.1.2. Formation des calcaires récifaux (4 m).....	30
III. CONCLUSION	32

Chapitre 03

I. INTRODUCTION	33
II. ETUDE MICROFACIOLOGIQUE.....	33
1. Sondage AS3.....	33
1.1. Formation de calcaires à algues	33
1.1.1. Ensemble de calcaires pauvres en algues.....	33
A. Echantillon S3P70	33
B. Echantillon S5P60	34
C. Echantillon S4P53.....	34
1.1.2. Ensemble de calcaires riches en algues	34
A. Echantillon S5P15	34
B. Echantillon S3P3	34
2. Sondage LO-35.....	40
2.1. Formation de calcaires à Algues	40
2.1.1. Ensemble de calcaires pauvres en algues.....	40
A. Echantillon AF+340	40
2.1.2. Ensemble de calcaires riches en algues	40
A. Echantillon AF+366	40
2.2. Formation de calcaires récifaux.....	40
2.2.1. Echantillon AF+385	40
2.2.2. Echantillon AF+400	40
III. GEOCHIMIE.....	46

1. Discussion et analyse des résultats	48
1.1. Sondage AS3	48
1.2. Sondage LO-35	49
1.3. Coupe de Chaabat Almagtaa (Allaoua, 2017).....	49
1.4. Coupe de Djebel Haoudh El Matmar (Naimi, 2019)	50
1.5. Coupe de Télégraphe d'Oggaz (Naimi, 2019)	51
1.6. Coupe de Djebel Haoud El Kebir (Chekkali, 2019)	52
IV. CONCLUSTION.....	53
CONCLUSION GENERALE	55

Résumé

L'étude lithologique, géochimique et microfaciologique des Calcaires à algues (Mélobésiées) messiniens des sondages AS3 et LO-35 (LAFARGE) du Djebel Aoud Sma, situé dans la partie méridionale du bassin du Bas Chélif, à environ 3 km au Sud-Ouest du village d'Oggaz, ont mis en évidence trois ensembles lithologiques ou sédimentaires relativement distincts (2 ensembles des calcaires riches en Algues set calcaires pauvres en Algues).

L'analyse microfaciologique des calcaires à algues et des calcaires récifaux des sondages LO-35 et AS3 montre qu'ils se sont déposés dans une plate-forme peu profonde, relativement calme et envasée et étant le siège de plusieurs épisodes d'apports détritiques, confirmé par la teneur en silice de certains niveaux. Toutes fois une certaine différence s'observe entre les deux ensembles définit lithologiquement (les calcaires riches en algues et les calcaires pauvres en algues), dans la texture, le type de ciment et l'analyse géochimique.

La concentration de certains éléments chimiques tels que SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , Al_2O_3 et MgO et leur variation spatio-temporelle sont important pour la qualité de la matière industrielle. Or dans certains niveaux, la teneur en MgO peut constituer un problème quand à la l'exploitation et à la qualité du ciment.

Mots Clés :

Aoud Sma, Bassin du Bas Chélif, Messinien, Calcaires à Algues, sondages, géochimie, microfaciès.

CHAPITRE 01

Généralité

I. INTRODUCTION

L'exploitation minière est une activité dont le but est d'extraire et de transformer différents minéraux représentant les pôles industriels et économiques, et elle joue un rôle vital dans l'économie mondiale. Il s'agit d'une industrie unique car elle peut avoir des impacts complexes sur le développement économique local, l'environnement et les profils socioculturels qui sont souvent typiques des vastes zones minières d'un pays ou d'une région donnée.

Le gisement des Calcaires du DJ. Aoud Sma est l'une des plus importantes carrières bien connues de la région nord algérienne, qui sert à la fabrication du ciment gris et blanc par l'entreprise LafargeHolcim (**Fig. 02**).

Ce travail présentera une étude lithologique, chimique et analyse microfaciologique de la formation des Calcaires messiniens du Djebel Aoud Sma, exploités sous forme de carrière par LafargeHolcime. Cette étude (qui est une contribution pour l'entreprise) concernera ou portera sur des carottes et sur des coupes en affleurement des travaux de Allaoua (2017), de Chekkali (2019), de Naimi (2019) et de Naimi et *al.* (2020).

II. CADRE GEOGRAPHIQUE

1. Cadre géographique générale

Le bassin du bas Chélif fait partie de l'Atlas Tellien de l'Algérie occidentale. Il correspond à une longue cuvette orientée ENE-SSW, d'une longueur de 300km et d'une largeur de 100km (Thomas, 1985).

Ce bassin est limité au Nord par les Massifs littoraux Oranais (Djebel Murdjadjo, massif d'Arzew). Au Sud, il est bordé de l'Ouest à l'Est par les Monts de Tessala, des Ouled Ali et des Béni Chougrane et le Massif de l'Ouarsenis (Perrodon, 1957), (**Fig. 1**).

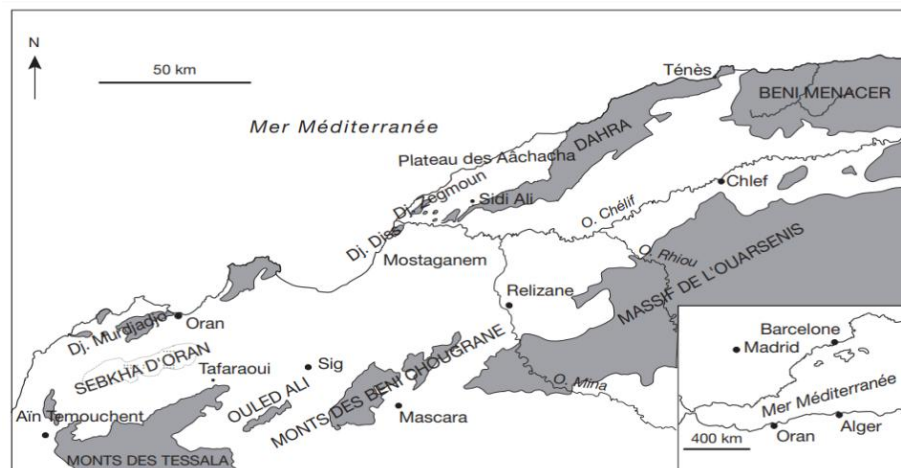


Fig. 1 : Schéma du bassin du Bas Chélif

2. Cadre géographique local

Notre secteur d'étude concerne le gisement des calcaires messinien de Aoud Sma d'altitude de 400 m qui est situé à 1.5 Km au sud-ouest du Douar Ahl El Ouanane, appartenait à la commune de Oggaz (Willaya de Mascara) (**Fig. 03**).

- Il circonscrit dans un polygone ABCDEFGHIJ dont les coordonnées UTM suivant (**Tab. 1**) :

Points	CORDONNEES UTM	
	X	Y
1	748 200	3 934 400
2	748 200	3 933 800
3	747 800	3 933 800
4	747 800	3 933 400
5	746 700	3 933 400
6	746 700	3 934 700
7	747 200	3 934 700
8	747 200	3 935 000
9	747 700	3 935 000
10	747 700	3 934 400

Tab. 1 : Localisation de carrière Djbel Aoud Sma (LafargeHolcim)



Fig. 02 : Image satellitaire de zone d'étude

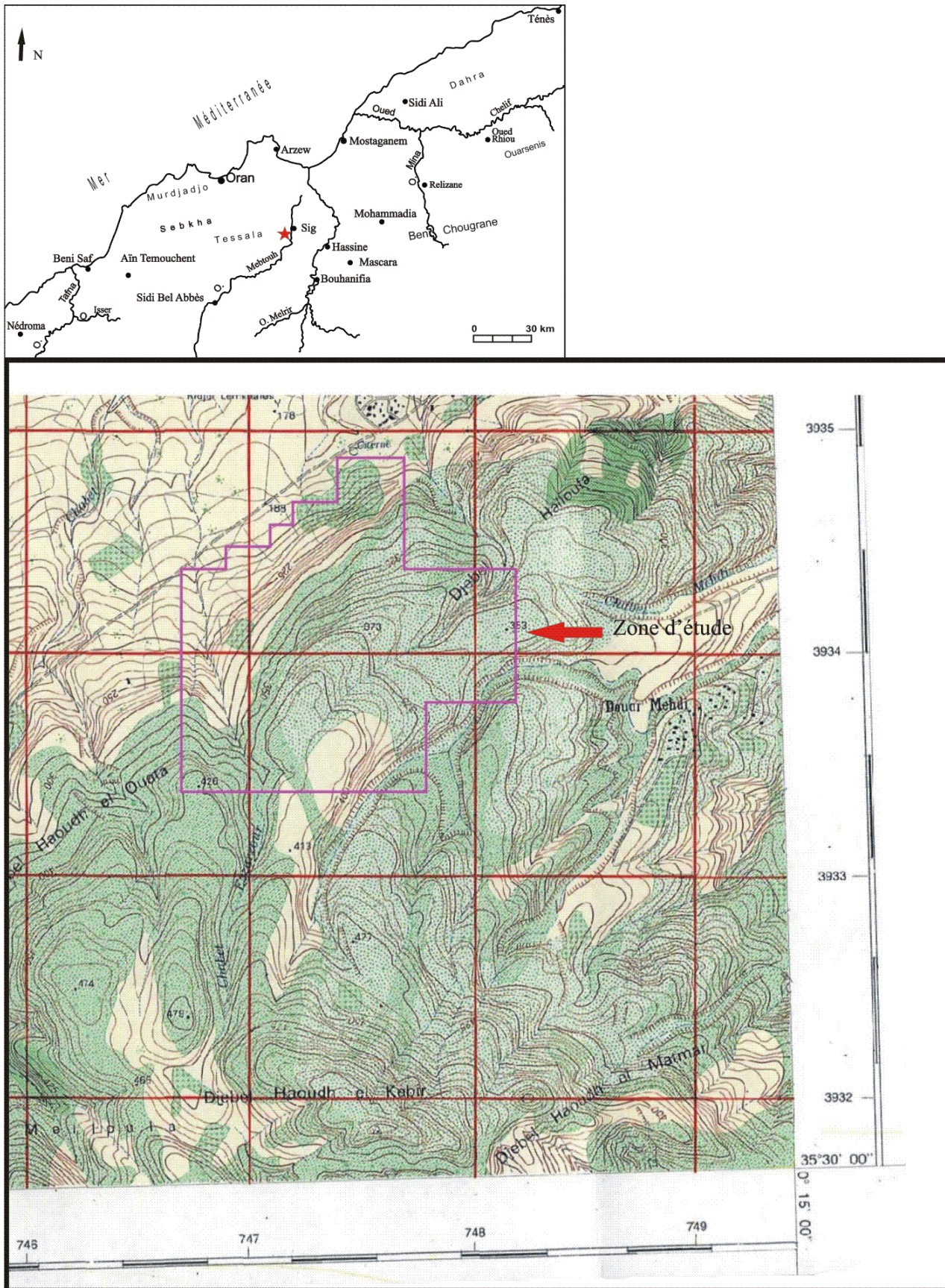


Fig. 03 : Situation géographique de secteur d'étude (Extrait de la carte topographique du Sig N°43 au 1/25.000 ; modifiée) (Astre : Zone d'étude)

III. CADRE GEOLOGIQUE

1. Cadre géologique général

La compilation des travaux antérieurs (Perrodon, 1957), (Delteil, 1974), (Guardia, 1975), (Thomas, 1985), (Meghraoui 1982), (Neurdin-Trescartes, 1992 ; 1995), (Cornee et *al.*, 1994 ; 1996), (Bessedik & *al.*, 2002), (Aifa et *al.*, 2003), (Mahdjoub, 2013), (Mansour et *al.*, 2018) et (Naimi, 2019) ainsi que l'exploitation de la carte géologique et nos observations de terrain ont permis d'en dégager les principales unités lithostratigraphiques et structurales.

Le bassin du Bas Chélif est caractérisé par une géologie très complexe et fortement tectonisée. Son histoire néotectonique est marquée par plusieurs étapes. En effet, la genèse de ce bassin est étroitement liée aux phases paroxysmales de l'orogénèse alpine (Perrodon, 1957). Il a fonctionné comme un bassin d'avant fosse pendant le Miocène inférieur, avant la mise en place des nappes (Neurdin, 1992 ; Trescartes, 1995). Au Miocène supérieur, il a réagi comme un bassin intra-montagneux jusqu'à son comblement (Neurdin, 1992 ; Trescartes, 1995). S'ensuit alors une ouverture au Tortonien inférieur avec la mise en place des structures en horsts et en grabens (Aifa et *al.*, 2003).

La puissante série sédimentaire du Néogène, constituant la couverture de ce bassin, repose en discordance diastrophique (Perrodon, 1957) sur un substratum allochtone d'âges variés (Delteil, 1974), allant du Crétacé jusqu'à l'Oligocène. Cette série néogène est constituée de plusieurs cycles sédimentaires. On y distingue : un cycle anté ou synchro-nappes ; un premier cycle post-nappes ; et un deuxième cycle post-nappes (Naimi, 2019).

Le Miocène anté ou synchro-nappes (Miocène inférieur) est transgressif et discordant sur l'ensemble des terrains antérieurs (Bessedik & *al.*, 2002).

Le premier cycle post-nappes (Miocène moyen) est marqué surtout par des marnes bleutées et des argiles conglomératiques rouges (Naimi, 2019). Le deuxième cycle post-nappes (Miocène supérieur) est caractérisé par des marnes bleues, des diatomites, des calcaires récifaux et des gypses (Delfaud & *al.*, 1973).

Lors du deuxième cycle miocène et, sur les hauts fonds et les marges, se mettent en place des plateformes carbonatées qui marquent le Messinien des marges du bassin du Bas Chélif. La première se développe sur la marge Nord-Ouest du bassin (Djebel Murdjadjo). La deuxième est celle de la bordure Sud du bassin (Tessala, Ouled Ali, Béni Chougrane, bordure Nord-ouest de l'Ouarsenis). Il s'agit d'une plate-forme carbonatée formée de calcaires à mélobésiées, de calcaires récifaux et de stromatolites qui indiquent un maximum transgressif (Cornee et *al.*, 1994 ; 1996).

2. Cadre géologique local

La bordure sud de la plate-forme carbonatée du Bas Chélif se développe sur des marnes grises messiniennes fossilifères (Rouchy, 1982 ; 1998 ; Saint Martin, 1990 ; Mansour, 1994 ; 1999 ; 2004 ; Naimi et al., 2020).

Dans cette période (messinien), la marge méridionale du bassin du Bas Chélif (dans les Tassala et les Beni Chougrane), est caractérisée par le développement d'une plate-forme carbonatée qui s'observe sur 60km de longueur et près de 20km dans sa plus grande largeur (Fig.4)

Trois unités sédimentaires ont été individualisées stratigraphiquement (Saint Marin et *al.* 1992 ; Mansour et *al.*, 2019).

2.1. Unité pré-Récifale (unité de calcaires à algues et diatomites)

L'épaisseur de cette unité est relativement constante en bordure du bassin du Bas Chélif (entre 40m et 60m). La base de cette unité est occupée par des faciès indiquant la proximité à une plate-forme plus interne, située plus au sud, La partie moyenne est constituée de calcaires argileux (wacketones) à microfaune pélagique admettant des niveaux riches en serpulidés, des débris de mélobésiées et des bryozoaires.

L'unité se termine par des calcaires à Mélobésiées et des niveaux bioclastiques.

Cette unité et notamment son étendue Est, correspond à un empilement des bancs subhaurisantaux et caractérisé aussi par des variations de faciès. Trois types de succussion peuvent être reconnus :

- diatomites absentes ou peu développées, Les calcaires à mélobésiées constituent l'essentiel de cette unité
- développement important de la formation diatomitique surmontée par les calcaires argileux et à mélobésiées
- diatomites surmontées par des sédiments silico-clastique admettant quelque niveaux à Mélobésiées. Les succussions de type (a) se cantonnent aux abords immédiats des anciens paléorelièfs, alors que les succussions de type (b) et (c) caractérisent des zones plus distales

La répartition des faciès est donc déterminée par le canevas morphostructural antérieur avec des relais de zones hautes d'orientation moyenne N70.

2.2. Unité récifale (unité du calcaire à algue et diatomites)

Avec une épaisseur qui peut atteindre une vingtaine de mètre. Cet ensemble à un niveau massif couronné généralement les calcaires à mélobésiées inter stratifiées avec des sédiments bioclastiques riches en talles d'*Halimeda*, l'architecture corallienne est uniformément constituée

par des colonies recouverts par des porites. Les constructions sont souvent encroutées dans la partie supérieure de l'unité par des mélobésiées. Des films micritique d'origine cyano-bactérienne peuvent se développer sur les colonies ou dans la matrice, aucune morphologie ni zonation sont clairement décelables dans cette unité récifal qui apparaitre sous former d'un banc corallienne subhorizontal, par fois lenticulaire. Cette unité peut disparaître latéralement, comme dans la région de Sig.

2.3. Unité post-récifale

L'unité précédente est surmontée par un ensemble composite : calcaires oolitiques et bioclastiques et/ou grès et marnes sableuses à lentilles de gypse et tapis stromatolitiques. Les calcaires oolitiques (packstones-grainstones oosparitiques) sont bien développés à l'W de Sig où ils peuvent atteindre une vingtaine de mètres d'épaisseur. Ils reposent normalement, sans figure d'érosion visible, sur le sommet du dernier banc récifal.

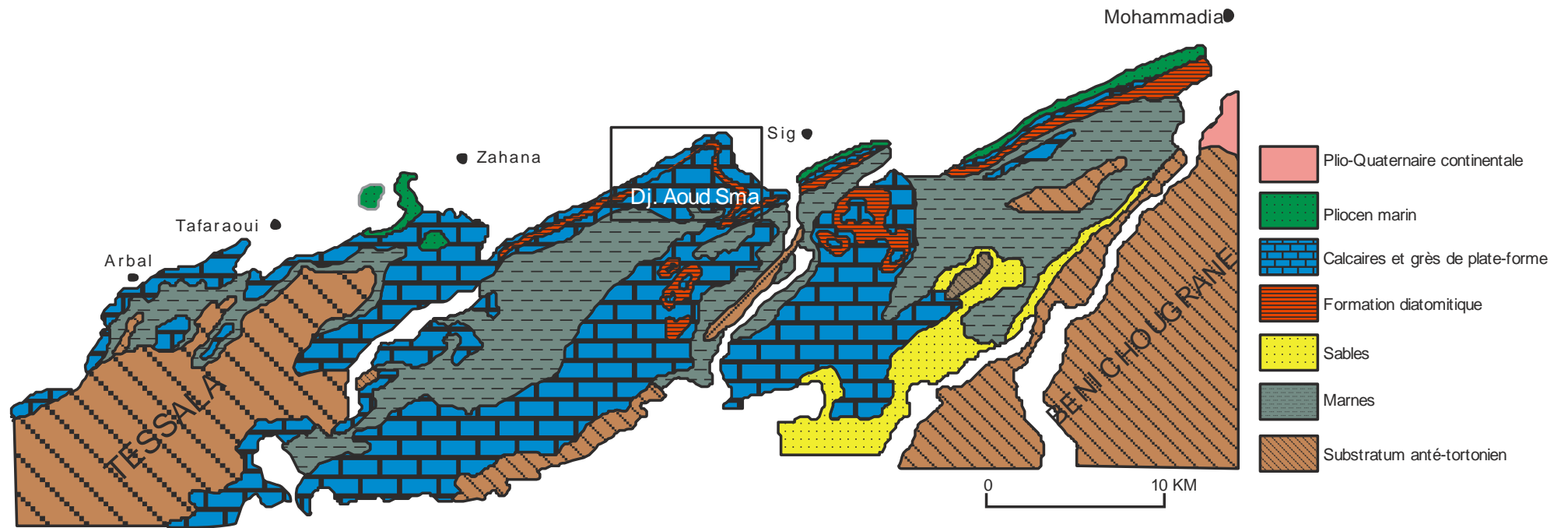


Fig. 04 : Carte géologique simplifiée de la marge méridionale du bassin du Bas Chélif (d'après Saint Martin 1990; modifié)

IV. MORPHOLOGIE

D'après (C.E.T.I.M, 2006) : le gisement de calcaire de Aoud Sma fait partie d'un vaste affleurement s'étendant de Sig jusqu'à Zahana (**Fig. 4**) présentant un relief doux et monotone à dans sa partie Est et assez relevé à l'Ouest. Localement, il se présente sous forme d'un bourrelet de direction NE-SW, à sommet plat d'altitude moyenne de 400m.

Il couvre une vaste surface couverte d'une population éparse de palmiers nains, entaillée par quelque talwegs en forme de canions au fond desquels serpentent de petits oueds à écoulement temporaire.

V. METHODE DE TRAVAIL

1. Sur le terrain

Vue la rareté des affleurements dans nos sites d'études causée par la présence d'une sédimentation récent qui couvre et masque la plupart de nos couches, nous avons prélevés les échantillons de calcaire à partir des sondages carottés réalisés dans le cadre de l'exploration par bureau d'étude CETIM et LafargeHolcime (LCO).

Nous avons établi un log sondage avec une description lithologique et paléontologique a partir des carottes conservées dans des caisses classées selon la profondeur.

Les 2 sondage été prélevé dans différent altitude pour prendre maximum d'épaisseur de la formation de calcaire d'Aoud Sma.

1.1. Généralité sur le carottage

Parmi les méthodes d'étude de sol, le carottage est la technique la plus fiable pour l'étude approfondie du sol. Il est préférable d'étudier les roches massives. La méthode consiste à faire un trou dans le sous-sol à l'aide d'un outil spécial, appelé carottier, qui est conçu pour remettre en place l'échantillon de roche sans le casser

La prise d'échantillon massif (carotte) peut procurer au géologue les informations suivantes :

- une certitude de la cote et du terrain par identification lithologique, la valeur du pendage, une appréciation de la dureté des terrains (important également pour le foreur).
- à partir d'échantillons, la possibilité de faire des mesures précises, de porosité, perméabilité, la possibilité de reconnaître avec certitude l'âge du terrain par l'étude des fossiles (micropaléontologie)
- Une carotte revient très cher par l'arrêt du forage, les manoeuvres, l'avancement ralenti et enfin, dans certains cas, reforage et élargissage du trou carotté.

Dans notre contexte, cette procédure a pour but de présenter des carottiers couramment utilisés en Algérie, s'en tiendra au type 'standard'. Les méthodes de carottage avec ce matériel sont simples. Ces carottiers peuvent être assemblés en un ou plusieurs tronçons de 9 mètres. Pour les appareils de forage qui le permettent (équipés de top drive), on peut assembler jusqu'à 6 éléments de carottier (54 m). il faut bien entendu que les formations à prélever permettent le remplissage d'un tel carottier. Le carottage peut soit se faire en mode rotary ou en mode de turbo-carottage, spécifiquement appliqué lorsque l'on doit carotter des formations très dures à l'aide de couronnes en diamants imprégnés ainsi que le carottage des drains horizontaux.

Pour mémoire, on peut citer des systèmes qui permettent de:

- Faire du carottage orienté. Le siège de la bille est retiré et remplacé par un guide mule shoe qui sert de réceptacle à la base de l'instrument de mesure (inclinomètre, azimuth). Avec le mule shoe, l'instrument de mesure est ainsi rendu solidaire du tube intérieur du carottier. L'instrument de mesure est placé dans une masse tige amagnétique. A la base du carottier, le core catcher est muni de couteaux qui permettent de marquer la carotte. Lorsque la carotte est au jour une corrélation est faite entre les avancements et les mesures de déviation obtenues.
- Carotter les formations non consolidées: on utilise un carottier à "rubber sleeve" (carottier court à membrane intérieure caoutchouc). Pour ces formations là l'utilisation des carottiers standards est possible si les tubes intérieurs sont munis de core catchers spéciaux.
- Faire du carottage en continu en repêchant au câble à l'intérieur d'un mini carottier, la carotte prélevée.

Il y a également:

- Le "sponge coring" se réalise à l'aide d'un carottier standard muni d'un tube intérieur ayant une enveloppe intérieure spongieuse qui s'imprègne de l'effluent de la formation à carotter.

1.2. La méthodologie de carottage au gisement de Aoud Sma

Le gisement de calcaire de Aoud Sma a été étudié en deux phases :

- Une phase prospection entreprise suite à l'obtention d'un permis de prospection. Elle a consisté en la réalisation de 07 sondage pilotes d'une profondeur variant de 48 m à 100m réparti sur deux profils croisés l'un épousant l'axe de la structure (longueur) et l'autre sa largeur.
- Une phase exploration entreprise suite au résultat positif de la phase précédente et l'obtention d'un titre minier d'exploration. Elle consisté en la réalisation de 29 sondage mécanique carottés d'une profondeur variant de 42 à 119 m réparties sur 08 profils parallèles perpendiculaire à l'axe de la structure et formant une maille assez régulière et serrée permettant d'évaluer les réserves du gisement en catégorie B (sures). Les distances entre profils varient de 114 à 200 m et celles entre sondage du même profil 108 à 200 m.
- Une phase d'exploration complémentaire réalisée par 7 forages carottés (**Fig. 05**), Spécifiquement dédiée à l'étude géochimique et aux objectifs et besoins industriels.

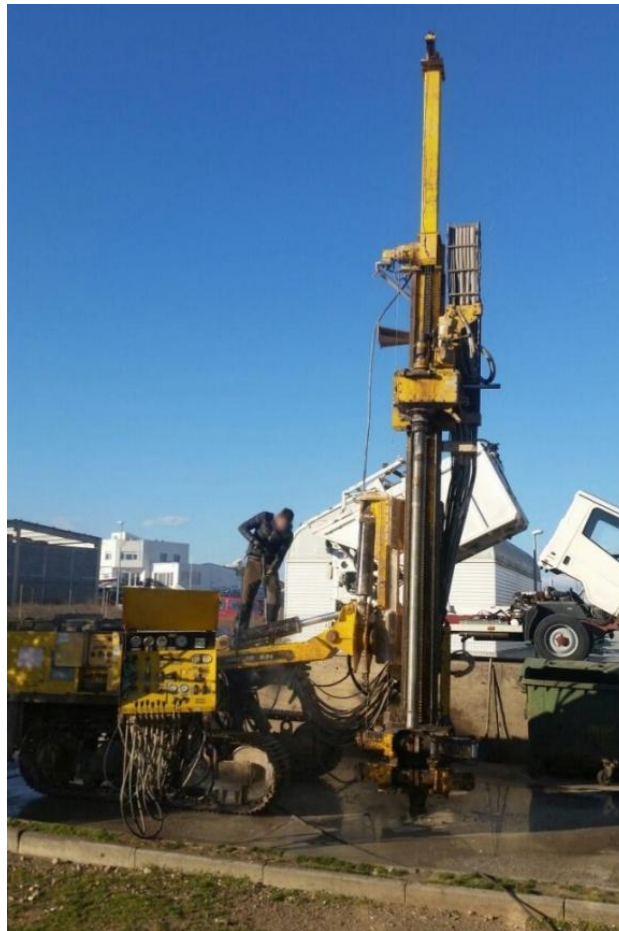


Fig. 05: Sondeuse MUSTANG 4X4 Atlas Copco

2. Au Laboratoire

2.1. Analyse géochimique

2.1.1. Principe de la fluorescence X

La méthode analytique de Fluorescence X est une méthode spectrométrique élémentaire, c'est à dire qu'elle permet l'analyse qualitative et quantitative d'un élément, mais ne renseigne pas sur sa spéciation. Son principe est basé sur l'analyse du rayonnement que va émettre un échantillon ayant été excité par des rayons X. Lorsque l'on bombarde de la matière avec des rayons X, les éléments présents vont entrer dans un état excité et réémettre un rayonnement durant la relaxation (transition de l'état excité à l'état fondamental) sous la forme, entre autres, de rayons X. C'est le phénomène de fluorescence X. Le spectre des rayons X émis par la matière est caractéristique de la composition de l'échantillon. Par analyse du spectre émis et après avoir préalablement étalonné l'appareil, la composition élémentaire de l'échantillon peut être déduite (Sylvain, 2006).

2.1.2. Préparation des échantillons

1^{er} étape :

Les échantillons prélevés ont d'abord été séchés dans une étuve **BINDER FD 240** à 105°C pendant 18 heures pour éliminer toute l'eau contenue dans les échantillons (**Fig. 06**).

2^{eme} étape :

La deuxième étape de ce procédure est le concassage afin d'obtenir des échantillons d'un diamètre inférieur à 3 mm suivi concassage par broyage mécanique qui est réalisé par le broyeur **PFAFF AQS** afin d'obtenir des échantillons très fins (**Fig. 07**).

3^{eme} étape :

À l'aide de la presse hydraulique **POLYSIUS POLAB® APM**, un échantillon de 10 g a été versé dans une presse à comprimés et mesuré à l'aide de la balance de précision **SARTORIUS CP34001 P** cette presse hydraulique (**Fig. 08**). Une fois les particules préparées, elles sont analysées dans un spectromètre à fluorescence X **BRUKER S8 TIGER**. (**Fig. 09**)

4^{eme} étape :

Une fois que les pastille sont prêts, ils sont insérés dans un récipient spécial, puis introduits dans l'appareil d'analyse (fluorescence X) (**Fig. 09**) qui est directement connecté à l'ordinateur. Ce processus prend environ 5 minutes et les résultats apparaissent directement à l'écran .



Fig. 06: Un sécheur pour déshydrater les échantillons avant l'analyse.



Fig. 07: Concasseur pour broyer les échantillons



Fig. 08: Presse hydraulique (préparation des pastilles)



Fig. 09: Spectromètre à fluorescence X

3. Confection des lames minces

Dix échantillons de calcaire utilisés pour fabriquer des lames minces, 5 d'entre eux ont été prélevés à partir de carottage et 5 ont été prélevés dans la nature. Cette opération a été réalisée au laboratoire des lames minces du Département des Sciences de la Terre (Université d'Oran 2).

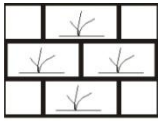
3.1. Préparation des lames minces

- Tronçonnage de la carotte afin de la découper en un fragment ayant la taille d'un morceau de sucre.
- Polissage ou rodage du sucre jusqu'à obtenir une planéité parfaite et une épaisseur définie
- Collage de l'échantillon sur la lame de verre
- Polissage ou rodage de la lame mince pour obtenir une épaisseur finale lame de 30 μm .

CHAPITRE 02

Lithostratigraphie

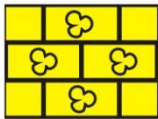
SYMBOLES LITHOSTRATIGRAPHIQUE



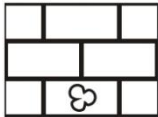
Calcaires récifaux



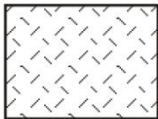
Calcaires blanchâtres
riches en Mélobésiées



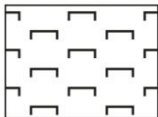
Calcaire jaunâtres
riches en Mélobésiées



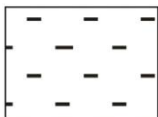
Calcaires pauvres en
Mélobésiées



Calcaire à *Halimeda*



Diatomite



Marne grisse



Bivalve

I. INTRODUCTION

Notre contribution dans ce chapitre est de faire une étude lithologique de la formation des calcaires messiniens à Mélobésiées du Djebel Aoud Sma, à partir des carottes appartenant à la cimenterie de LafargeHolcime d'Oggaz (LCO) : sondages AS3 et LO-35 (**Fig. 10**). Cette étude nous permet de corrélérer ces sondages avec les coupes en affleurement des travaux de Allaoua (2017), de Chekkali (2019), de Naimi (2019) et de Naimi et *al.* (2020) ; tout en ré-estimant l'épaisseur réelle des calcaires du Djebel Aoud Sma.



Fig. 10 : vue panoramique de zone d'étude et localisation des sondages

1. Sondage AS3

Ce sondage a été réalisé sur le versant Est de la carrière à 296 mètres d'altitude (**Fig. 10**). Elle ne comprend que la formation des calcaires à Mélobésiées (**Fig. 12**).

- Ce sondage a pour coordonnées les points suivant (**Tab. 02**) :

Sondage	X	Y	Z
AS3	231152	251244	296.963 m

Tab. 02 : localisation de sondage AS3 selon Lambert Nord Algérie.

1.1. Description lithologique

L'étude descriptive des carottes a permis de subdiviser cette formation de calcaires à algues de 70 m d'épaisseur, en 3 ensembles en fonction de la richesse en algues (Mélobésiées)

1.1.1. Ensemble 1 calcaires pauvres en algues (30 m)

Cet ensemble est la base de la formation des calcaires de Djbel Aoud Sma qui repose sur une formation diatomitique. Il correspond à des calcaires biodétritique d'épaisseur de 30 m de couleur blanchâtre avec une dureté moyennement faible.

Ce faciès se poursuit par les mêmes caractéristiques lithologiques avec quelques différence en contenu fossilifère, marquée par l'augmentation (du bas en haut) de la densité des algues Mélobésiées et l'apparition des fragments de bivalves.

1.1.2. Ensemble 2 calcaires riches en algues (15 m)

Cet ensemble correspond à des calcaires micritique jaunâtres d'épaisseur de 15 m marqué par une richesse d'algues (Mélobésiées) et aussi par la présence de fragments bioclastique de tests ou de coquilles (*Pecten benedictus* (Lamarck, 1819) et d'Ostréidés (huitres). Ces calcaires montrent une dureté moyenne et porosité généralement faible.

1.1.3. Ensemble 3 calcaires riches en algues (24m)

Cet ensemble est constitué de calcaires massives de couleur blanchâtre et très riche en Mélobésiées. Il se différencie des autres ensembles par une richesse en contenu algaire et une dureté généralement faible.

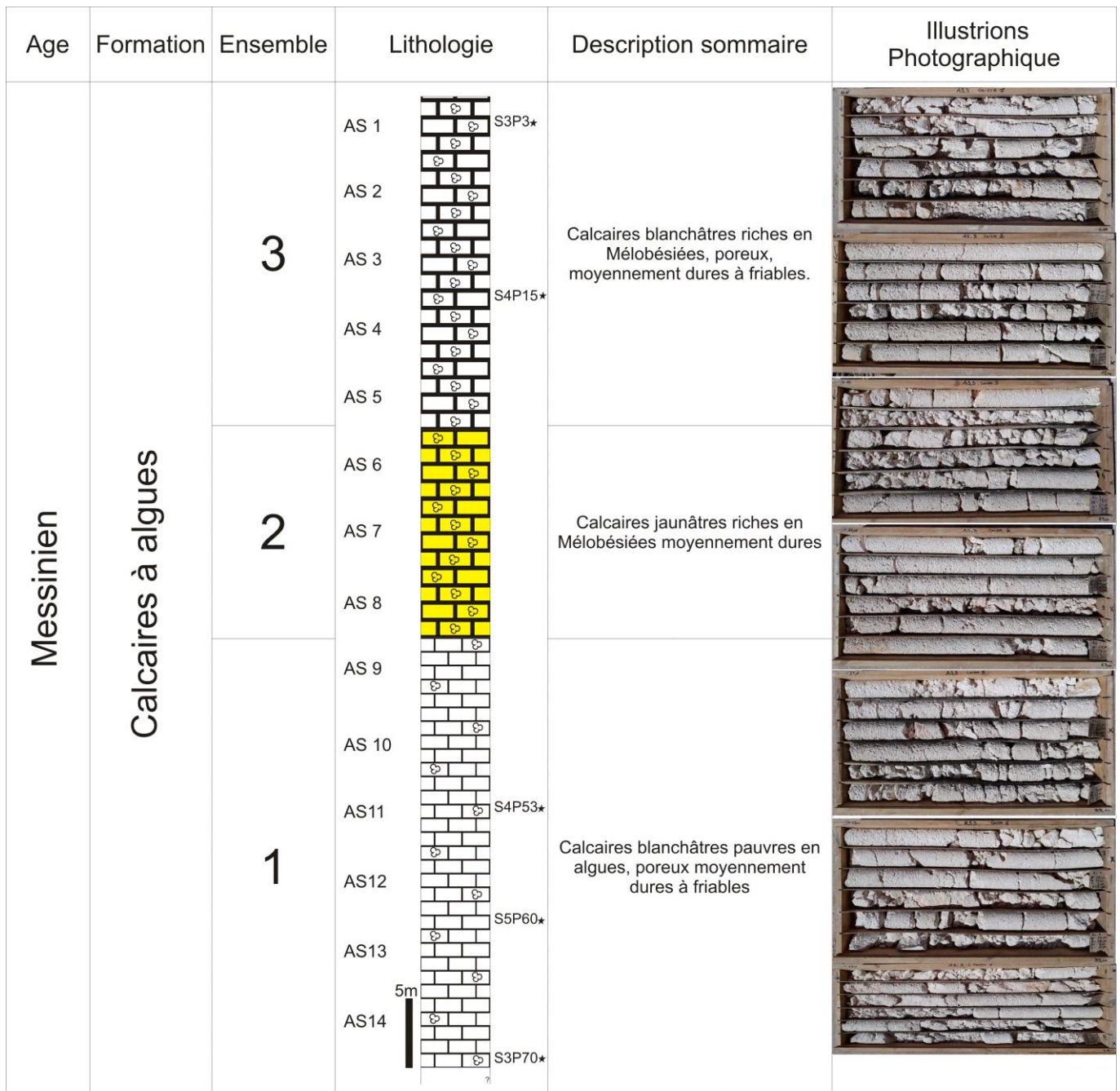


Fig. 12: Colonne lithostratigraphique des carottes du Sondage AS3 (Astre: Echantillon microfaciés)



Fig. 13: vue général de la partie supérieure de la formation des calcaires à algues de Djebel Aoud Sma.

2. Sondage LO-35

Ce sondage est la continuité lithologique verticale du précédent sondage AS3. Il a été réalisé sur le versant sud de la carrière à 400 mètres d'altitude (**Fig. 10**). Il est représenté par deux formations messiniens (**Fig.14**): Calcaires biodétritiques et calcaires récifaux.

- Ce sondage a pour coordonnées les points suivant (**Tab. 03**) :

	X	Y	Z
LO-35	230349.67	250609	397.74 m

Tab. 03 : Géo-localisation de sondage LO-35 selon Lambert Nord Algérie.

2.1. Description lithologique

D'une épaisseur totale de 100 m, cette unité est constituée de deux formations distinctes: formation des Calcaires à algues et les Calcaires récifaux (**Fig. 13**) (**Fig. 14**)

2.1.1. Formation des calcaires à Algues (87m)

Il s'agit d'un calcaires à algues de couleur variable blanchâtre à légèrement jaunâtre et de dureté variable. Cette formation est subdivisée en trois 03 ensembles.

A. Ensemble 1 calcaires pauvres en algues (42 m)

Il correspond à un calcaire de 42 m d'épaisseur. Il est de couleur généralement blanchâtre, poreux avec une dureté relativement moyenne.

La base de cet ensemble (20 m) est caractérisée par une pauvreté en algues (Mélobésiées). Après les 20 m, le contenu Algair commence à augmenter jusqu'au sommet de cet ensemble.

B. Ensemble 2 calcaires riches en algues (10m)

Ces calcaires sont de couleur jaunâtre et plus ou moins riches en Mélobésiées et associés à des coquilles des Bivalves. Ils renferment aussi beaucoup de fragments de tests donnant un aspect bioclastique.

C. Ensemble 3 calcaires riches en algues (35m)

Il s'agit d'un calcaire blanchâtre ayant une dureté relativement faible et donc une porosité très élevée. ces calcaires se distinguent des autres par l'abondance et la richesse remarquable des Mélobésiées et des coquilles et fragments de bivalves.

Une autre caractéristique de cet ensemble est les pores laissés par la dissolution ou la destruction des algues qui apparaissent bien dans les carottes et qui attribuent à cet ensemble cette porosité élevée.

2.1.2. Formation des calcaires récifaux (13m)

Ce faciès correspond à des calcaires sablaux de couleur jaunâtre à rosâtre et à aspect gréseux, friables et tapissés par les filons de calcites.

Cet ensemble est caractérisé par l'abondance de petits polypiers difficilement observables à l'œil nu. Leur dissolution donne à ce faciès un aspect friable et poreux. Cette formation renferme beaucoup de coquilles complètes de bivalves (**Fig. 05**) mais marquée par la pauvreté en Mélobésiées.

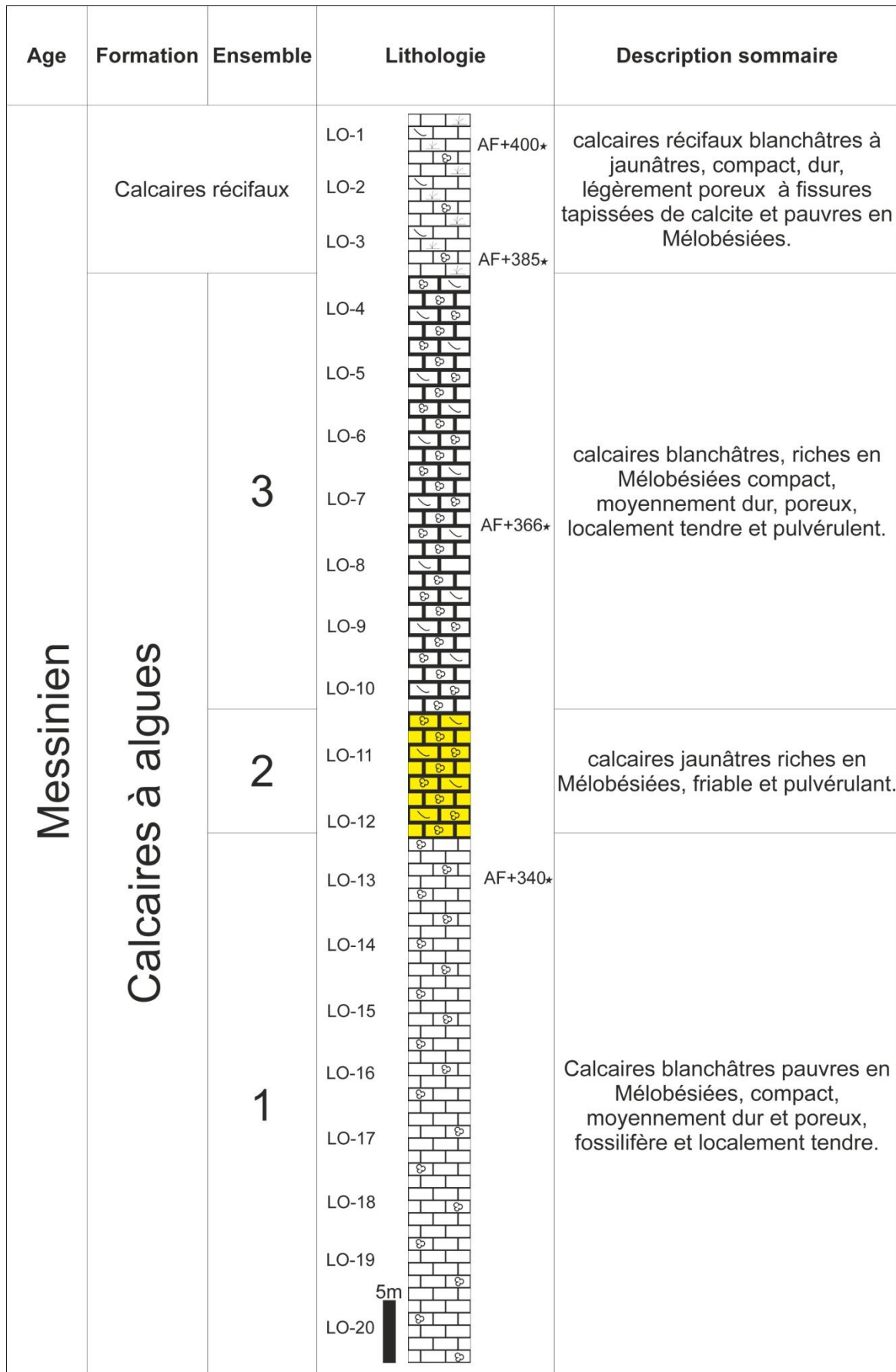


Fig. 14 : Colonne lithostratigraphique de carottes du Sondage LO-35 (Astre: Echantillon microfaciès)

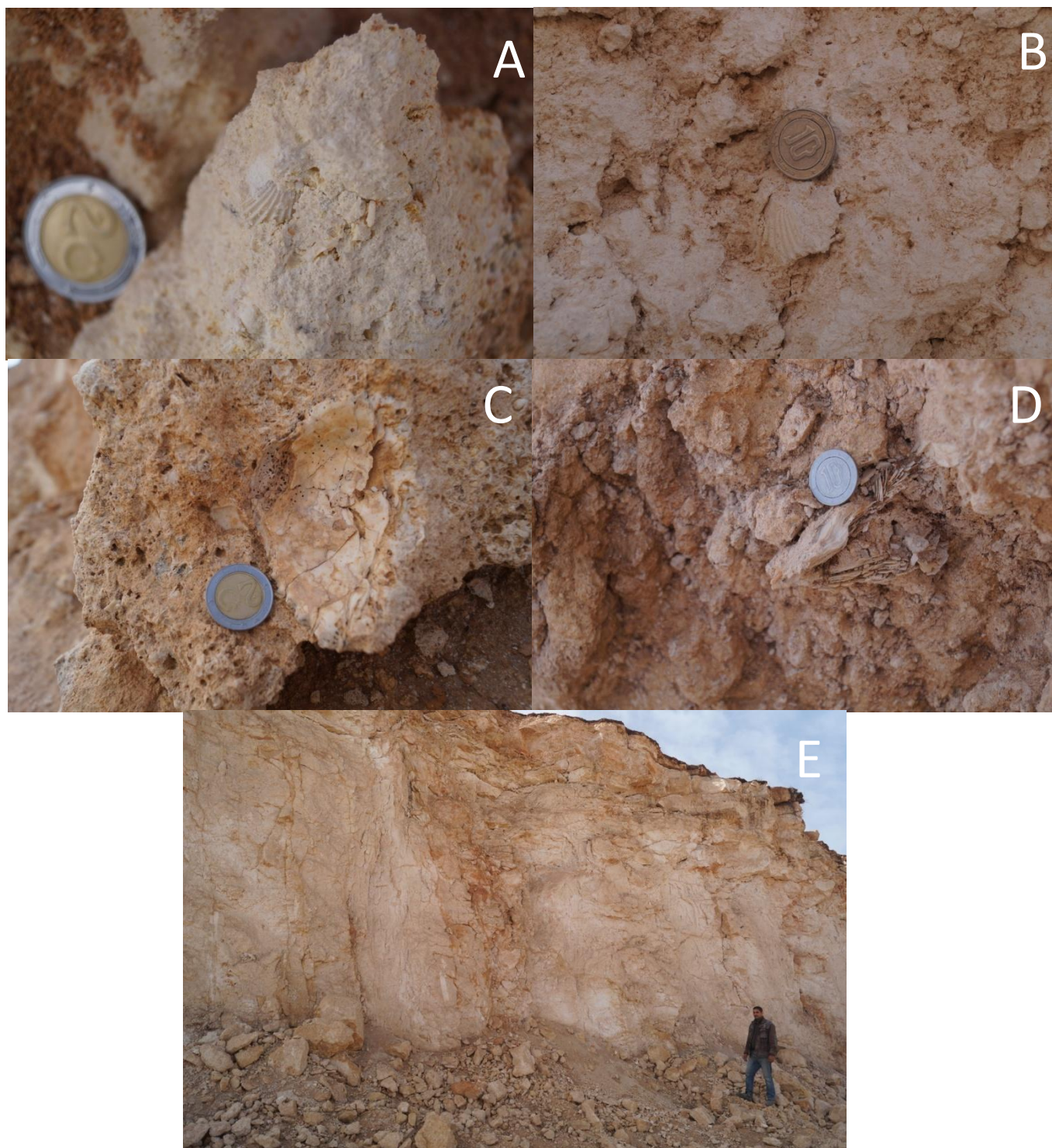


Fig. 15 : Formation des calcaires récifaux du Djebel Aoud Sma. (**A et B :** *Chlamys scabrella* ; **C :** *Crassostrea gryphoides* ; **D :** huîtres ; **E :** calcaires récifaux)

3. Coupe de Chaabat Almagtaa (Allaoua, 2017)

Il s'agit de la coupe levée par Allaoua (2017). Elle a été levée sur le flanc Nord la colline ou le Djebel Aoud Sma, en amont de Chaabat Almagtaa) et à proximité des levés topographique 6 et 7 (**Tab. 01**) correspondant aux limites de la concession de la carrière de la compagnie LafargeHolcime (**Tab. 04**).

- Les coordonnées de cette coupe sont :

	X	Y
BASE	30s0747073	3935401
SOMMET	30s0747073	3935401

Tab. 04 : Géo-localisation de Coupe Chaabat Almagtaa (Allaoua, 2017)

3.1. Description lithologique

Il s'agit de deux formations distinctes : les Calcaires et la formation récifale (calcaires récifaux) (**Fig. 15**). Les éléments composant les faciès de cette formation La description lithologique de cette coupe subdivisent en trois (3) ensembles lithologiques (**Fig. 16**).

3.1.1. Formation Calcaires à Algues (25m)

Il s'agit d'un calcaire à algues (Mélobésiées) de couleur variable blanchâtre et de dureté variable. Cette formation est subdivisée en trois 02 ensembles.

A. Ensemble 1 calcaires pauvres en algues (17 m)

Il correspond à un calcaire de 17 m d'épaisseur. Il est de couleur blanchâtre à la cassure et beige à la patine. IL est compact à faible porosité. Ces calcaires se présentent à la base sous forme lenticulaire. Ce faciès calcaire est caractérisé par une pauvreté en contenu algaire (Mélobésiées) mais il présente localement une intercalation d'un banc de 1,5m riches en Mélobésiées.

B. Ensemble 2 calcaires riches en algues (08m)

Un faciès calcaires de couleur blanchâtre en général et très riches en Mélobésiées, mais d'épaisseur très réduite ne dépassant pas les 08m.

La partie inférieure de cet ensemble est marquée par des lentilles carbonatées très riche en Mélobésiées. ces lentilles sont surmontées par un banc de calcaire très riche en Mélobésiées, et de faible dureté (échantillon. AS5). Il s'agit d'un niveau très riche en Mélobésiées, il est représenté par un calcaire blanchâtre à faible dureté (moins compact) et à forte porosité (échantillon. AS6).

3.1.2. Formation des calcaires récifaux (2m)

Cet ensemble est caractérisé par un calcaire sableux beige à jaunâtre à quelques algues (Mélobésiées). Ce type de faciès présente de petits polypiers, appartenant au genre *Porites* mais difficilement observables à l'œil nue.

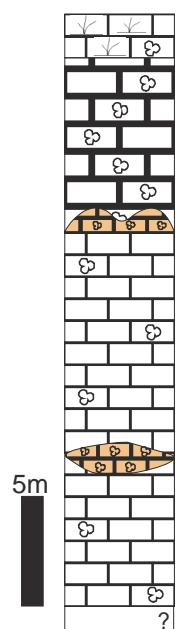
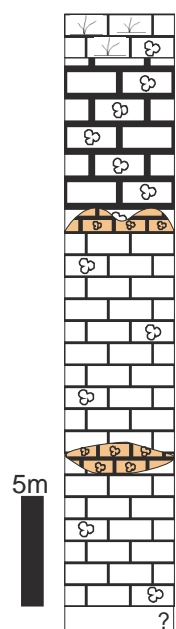
Age	Formation	Ensemble	Lithologie	Description sommaire	
Messinien	Calcaires récifaux	2	AS 7		Calcaire récifal blanchâtre à beige pauvre en Mélobésiées
			AS 6		Calcaires très riches en Mélobésiées de couleur blanchâtres à beiges
	Calcaires à algues	1	AS 5L		Calcaires pauvres en Mélobésiées de couleur beiges à blanchâtres très dures et compactes
			AS 4		
			AS 3		
			AS 2		
			AS 1		

Fig. 16 : Colonne lithostratigraphique du Coupe de Chaabat Almagtaa (Allaoua, 2017).

4. Coupe Du Djebel Haoudh El Matmar (Naimi, 2019)

Cette coupe a été levée dans la partie Sud-Est du Djebel Aoud Sma au niveau du Djebel Haoudh el Matmar (Fig. 17). Elle montre une série messinienne plus ou moins complète avec trois formations décrites dans d'autres localités du Bassin du Bas Chélif (Naimi et al., 2020). Il s'agit de la série classique en bordure du bassin, constituée de Marnes grises du Messinien inférieur Diatomites et Calcaires (Fig.18).

- Les cordonnés de cette coupe sont (Tab. 05) :

	X	Y	Z
BASE	35°30'06.1" N	00°15'32.2" W	360 m
SOMMET	35°30'07.4" N	00°15'28.4" W	390 m

Tab. 05 : Localisation géographique de la coupe du Djebel Haoudh el Matmar

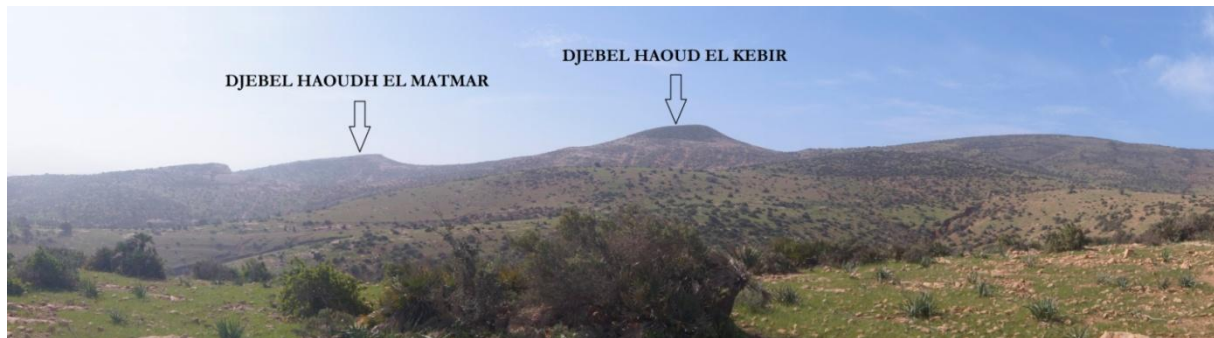


Fig. 17 : Vue panoramique de Djebel Haou dh El Matmar et Djebel Haou dh El Kebir.

4.1. Description Lithologique

4.1.1. Formation des Marnes grises (10 m)

Ces marnes ont une épaisseur de 10 mètres (**Fig. 18**). Elles sont homogènes, constituées dans leur partie basale de deux grandes combes marneuses (4 et 3.8 m) séparées par un horizon (0.15 m) de marnes indurées plus claires à la cassure (**Fig. 19**).

Sur la deuxième combe, un banc (0.3 m) de calcaires argileux, très sombre à la cassure affleure et il est suivi de marnes bleues-grises (1 m) ressemblant aux marnes bleutées de la base de la coupe. Un deuxième banc (0.2 m) de marnes indurées surmonte ces marnes, il est moins sombre (brun) à la cassure. La formation s'achève par 0.5 m de marnes grises riches en bivalves.

4.1.2. Formation des Diatomites (15 m)

Cette formation est constituée d'une alternance de banc diatomites (marneuses indurées, massives, finement laminées) et de marnes brunâtres riches en bivalves (**Fig. 20**).

4.1.3. Formation des calcaires à Algues (2,45m)

Cette formation a été subdivisée en trois principaux ensembles

A. Ensemble 1 calcaire micritique à algues *Halimeda* (0,75m)

Ce faciès correspond à des calcaires micritiques blanchâtres, friables, à bivalves, à serpulidés, à gastéropodes et dominé par des chlorophycées appartenant au genre *Halimeda* qui constituent 90 % de la fraction biogène, d'où le nom **Halimeda-rich bed** (Naimi et al., 2020).

B. Ensemble 2 calcaires à algues Mélobésiées (1,7m)

Ce sont des calcaires biodétritiques à algues de Mélobésiées jaunâtres, de 1,70 m d'épaisseur, friables et très poreux. Ils comprennent des bivalves souvent fragmentés, des gastéropodes, des serpulidés, des bryozoaires, des vermetes, des corallinacées ainsi que de rares articles d'*Halimeda*.

4.1.4. Formation de calcaire récifal (0,55m)

Cette formation est subdivisée en 2 parties :

- Une partie inférieure marquée par des calcaires sableux jaunâtre (0.30 m) à polypiers *Porites* microscopiques très affecté par la dissolution. Cet ensemble est riche en algues, en bivalves et en gastéropodes.
- Une partie supérieure correspondent à des calcaires micritiques de 0.25 m d'épaisseur, composés à la base par des colonies de rhodophycées qui disparaissent en remontant dans l'ensemble pour laisser place à une calcirudite à éléments hétérométriques et hétérogènes, représentés surtout par des rhodophycées, pouvant atteindre 2 cm de diamètre, disposés d'une façon aléatoire dans une matrice micritique.

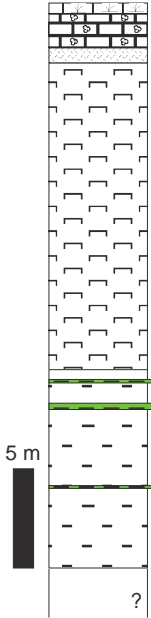
Age	Formation	Ensemble	Lithologie	Description sommaire
Messinien	Calcaires récifaux			calcaires gréseux jaunâtres à <i>Porites</i> microscopiques
	Calcaires à algues	2		<i>Lithothamnion</i> -rich bed
		1		<i>Halimeda</i> -rich bed
	Diatomites			Diatomites blanchâtres indurées, massives, finement laminées et plus ou moins légères
	Marnes grises		Marnes bleuâtres homogènes riches en bivalves	
			?	

Fig. 18: Colonne lithostratigraphique de la coupe du Djebel Haoudh El Matmar (Naimi, 2019).



Fig. 19: Vue générale des formations: Marnes grises (1) et formation diatomitique (2).



Fig. 20 : Vue général de la formation diatomitique.

5. Coupe du Télégraphe de Oggaz (Naimi, 2019)

Cette coupe se localise dans la partie septentrionale du Djebel Aoud Sma, à coté du télégraphe (**Fig. 03**), Elle comprend deux formations calcaires : la formation des calcaires biodétritiques à Algues Méléoésiées (appelées Calcaires à corallinacée par Naimi, 2019) et la formation des calcaires récifaux (**Fig. 21**).

- Les coordonnées de cette coupe sont (**Tab. 06**) :

	X	Y	Z
BASE	35°30'57.0" N	00°16'36.3" W	327 m
SOMMET	35°30'58.0" N	00°16'43.1" W	358 m

Tab. 06 : Localisation géographique de la coupe du Télégraphe de l'Oggaz.

5.1. Description lithologique

5.1.1. Formation des Calcaires à Algues (20m)

Cette formation (20 m) est constituée de bancs calcaires compacts, souvent métriques, séparés dans la plupart des cas par des surfaces de ravinement.

Ces calcaires sont micritiques beiges à la patine et blanchâtres à la cassure, dolomitisés et très riches en Mélobésiées. Ces derniers sont plus sombres dans les niveaux dolomitisés, ce qui prouve que cette dolomie est secondaire liée à des processus diagénétiques. A l'exception de ces derniers ; il semblerait qu'il est très pauvre en autres fossiles. Deux taxons en ont été récoltés : un bivalve rep représenté par *Chlamys scabrella* (Lamarck, 1819) et un test de balanidé.

5.1.2. Formation des calcaires récifaux (2.5 m)

Il s'agit d'un calcaire sableux lenticulaire de 2.5 m d'épaisseur. Il est constitué par un banc de deux mètres de calcaires plus friables à *Porites*. Son sommet est coiffé par un niveau (0,5 m) à structures coralliennes à *Porites* de forme lenticulaire.

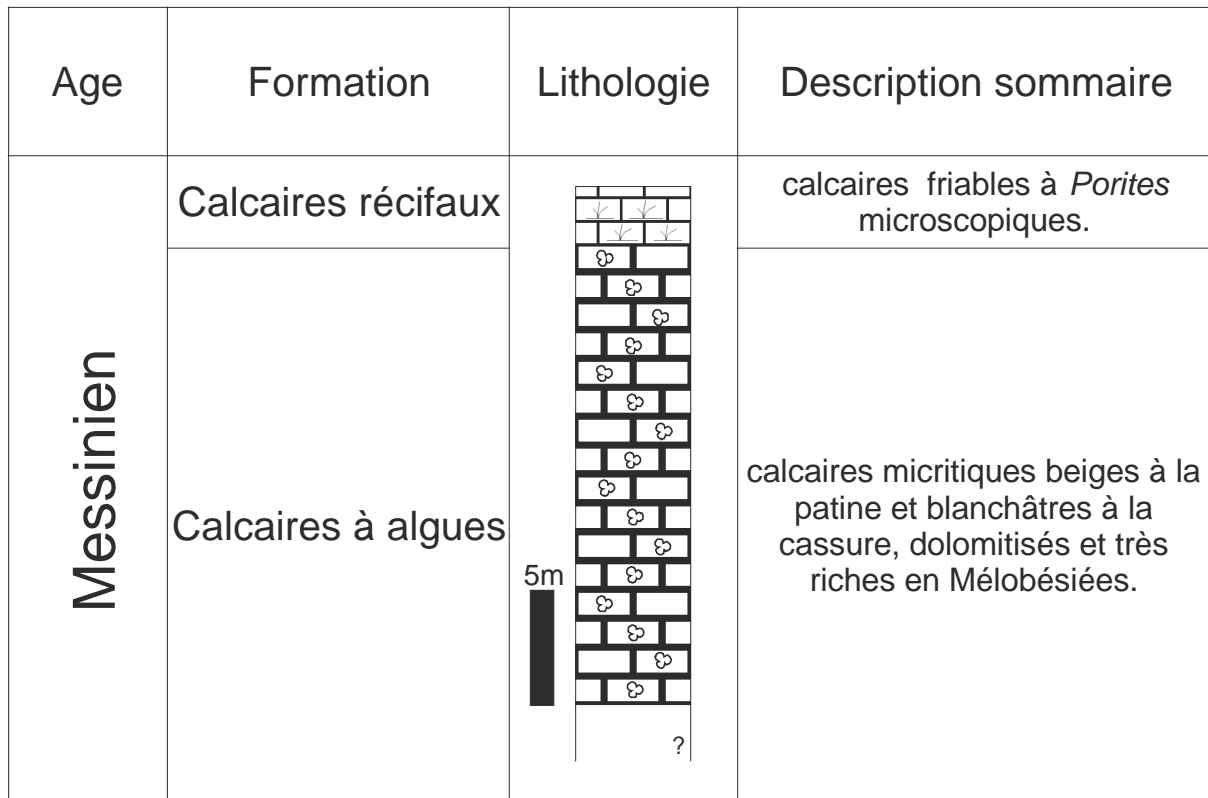


Fig. 21 : Colonne lithostratigraphique de la coupe du Télégraphe de Oggaz (Naimi, 2019).

6. Coupe du Djebel Haoued El Kebir (Chekkeli, 2019)

La coupe a été levée au Djebel Haoued el Kebir qui est situé à environs 5km au sud de la carrière (Fig. 03). Elle est représenté par deux formations d'épaisseur réduite : formation diatomitiques et formation de calcaire récifal.

- Les cordonnés de cette coupe sont (Tab. 07) :

	X	Y	Z
BASE	35° 30' 9.1" N	0° 15' 20.4" W	397
SOMMET	35° 30' 9.7" N	0° 15' 52.9" W	408

Tab. 07: Localisation géographique de la coupe du Djebel Haoued el Kebir.

6.1. Description lithologique

Cette coupe est subdivisée en deux formations possédant des facies totalement différents : formation diatomitique à la base et formation des calcaires biodétritique au sommet (Fig. 22).

6.1.1. Formation diatomitique (05m)

La formation diatomitique, débute par une par un banc de 50 cm composé de marne friable suivi par des bancs de marnes-diatomitiques qui s’alternent avec des bancs indurés de diatomites massives de couleur blanchâtre dont l'épaisseur est assez réduite et qui varie entre 20 et 50 cm

6.1.2. Formation des calcaires récifaux (4 m)

Cette formation est constitué par des calcaires sableux et biodétritiques d'épaisseur de 4 m de couleur jaunâtre à marron à la patine et jaunâtre à la cassure.

Ces calcaires sont à aspect sableux et friables et constitués de petits polypiers (*Porites*) qui sont associés à des bryozoaires et des serpulidés. Ils sont également riche en fossiles: gastéropodes (vermet), des coquilles de bivalve et des bryozoaire,...)

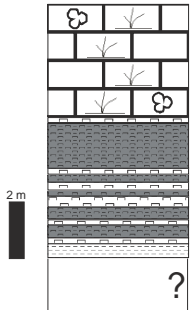
Age	Formation	Lithologie	Description sommaire
Messinien	Calcaires récifaux		calcaires récifaux de couleur jaunâtres pauvres en Mélobésiées.
	Diatomites		Diatomites de couleur blanchâtres, massives et indurés.

Fig. 22 : Colonne lithostratigraphique du coupe de Djebel Haoud El Kebir (Chekkeli, 2019)

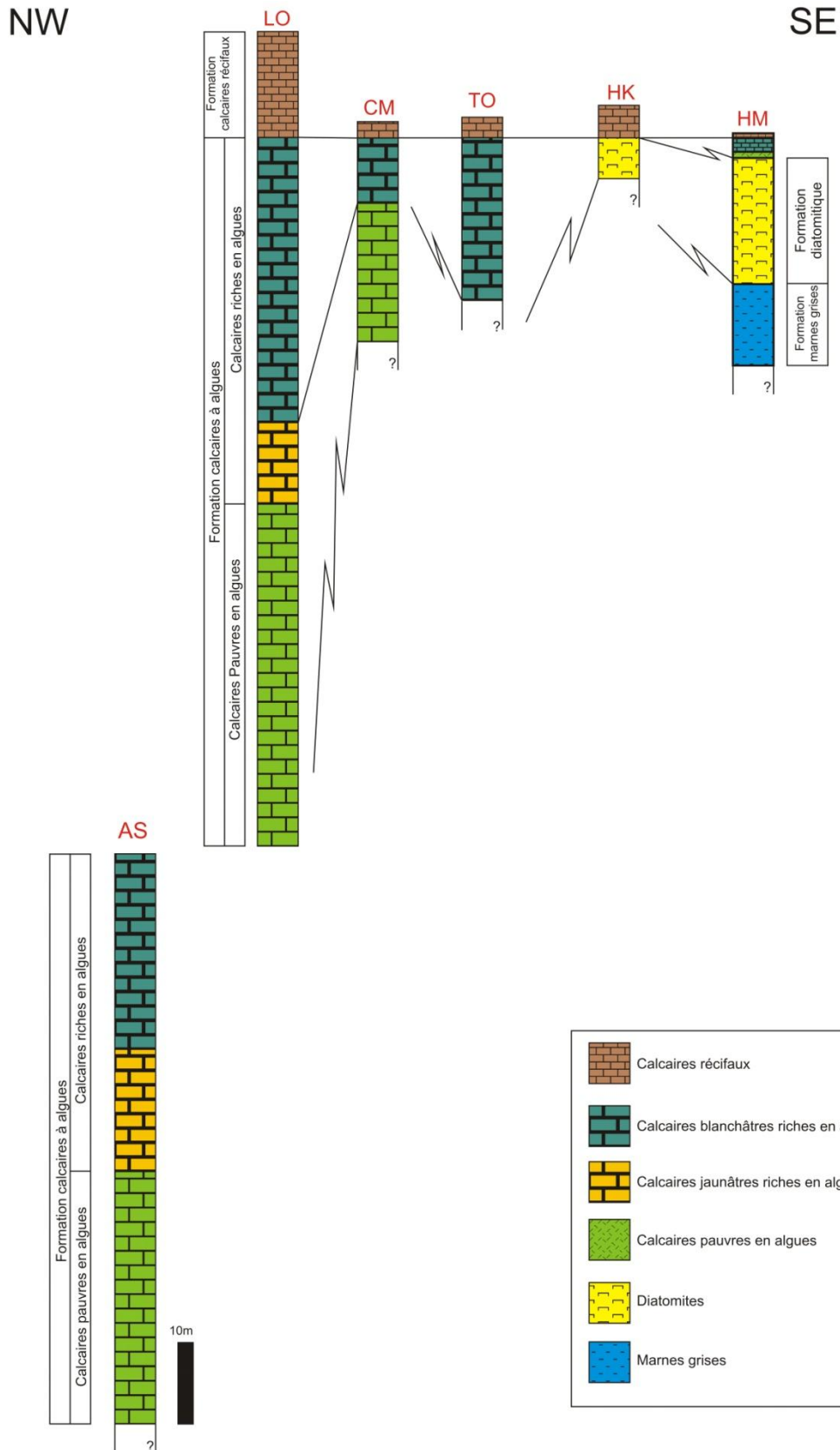


Fig. 23 : Corrélation des sondages et des coupes correspondants : **AS** : sondage AS3, **LO**: sondage LO-35, **CM**: Coupe de Chaabat Almagtaa (Allaoua, 2017), **TO**: Coupe de Telegraphe d'Oggaz (Naimi, 2019), **HK**: Coupe de Djebel Haoud El Kebir (Chekkali, 2019), **HM**: Coupe de Djebel Haoudh El Matmar (Naimi, 2019).

III. Conclusion

La corrélation lithologique des deux sondages AS3 et LO-35 et les coupes des travaux précédents (Allaoua, 1917 ; Naimi, 2019 ; Chekkali, 2019) montre un développement de la plate forme carbonatée vers l'Ouest ceci qui était confirmé par les travaux de (Saint Martin, 1990 ; Saint Martin et *al.*, 1992 et Rouchy, 1982). Ceci s'explique par les importantes épaisseurs des calcaires à algues des sondages (**Fig. 23**). Tandis que vers l'Est (en général) ou le Sud Est en particulier, se développent les diatomites et les marnes caractérisant le bassin sédimentaire

La formation des calcaires récifaux est marquée également par une variation important d'épaisseurs mais plus épaisses vers l'Ouest. Ceci confirme la reconstitution paléogéographique de la bordure sud du bassin de Bas Chélif.
















L'étude des carottes des sondages (AS3 et LO-35) montre :

- une puissance des calcaires dépassant les 170m ;
- un nouveau ensemble Calcaires jaunâtres riches en algues décrit pour la première fois dans cette région et non mis en évidence en affleurement.

CHAPITRE 03

Microfaciès et Géochimie

SYMBOLES MICROFACIOLOGIQUE

Ha		<i>Halimeda</i>
Ch		Charophyte
Bi		Bivalve
Rh		Rhodophycée
Os		Ostracode
Ma		<i>Mazloviporidium</i>
Me		Mélobésiée
Fr		Foraminifère
Ps		Polypier solitaire
Br		Bryozoïare
An		Annélide
Ir		Intraclaste
Ph		Algue phyloïde
Ca		Calcisphere
GS		Gastéropode

I. INTRODUCTION

Ce chapitre traitera deux (02) aspects : une étude microfaciologique et une étude géochimique des calcaires de la plate-forme carbonatée du Djebel Aoud Sma (formations des calcaire à algues et des calcaires récifaux) à partir des échantillons prélevés sur les carottes des sondages (AS3 et LO-35).

L'étude microfaciologique est réalisée pour déterminer les différentes caractéristiques du contenu bioclastique et minéralogique afin de reconstituer le paléo environnement et le milieu de dépôts des calcaires du Djebel Aoud Sma.

Cette étude est basée sur les classifications de (Dunham, 1962) et sur ceux de (Embry and Klovan, 1971) pour l'étude des calcaires récifaux.

L'étude géochimique a pour deux objectifs de :

- connaître la teneur en éléments chimiques (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO) des différents échantillons.
- faire une corrélation avec les résultats des analyses des travaux précédents (Allaoua, 2017), (Naimi, 2019) et (Chekkeli, 2019) pour reconstituer la répartition géographique des formations carbonatées de Djebel Aoud Sma.

II. ETUDE MICROFACIOLOGIQUE

1. Sondage AS3

1.1. Formation de calcaires à algues

1.1.1. Ensemble de calcaires pauvres en algues

A. Echantillon S3P70

Il s'agit d'un calcaire formé par des organismes encroûtant représentés par des algues rouges appelés Mélobésiées et appartenant au genre *Lithotamnium*. Ces organismes sont très abondants et couvrant la totalité de la roche (**Fig. 24**), Ces algues rouges apparaissent le plus souvent en forme complète (**Fig.24G**) et parfois en fragments ou bien en forme de hypothall (**Fig.24B**).

D'autres formes d'algues de moindre importance apparaissent dans ce niveau, représentées par des algues vertes (**Fig.24E**).

D'autres tests d'organismes ont été observés dans cette roche: des foraminifères benthique (également en abondance) ; des tests d'ostracodes, des Polypiers solitaires et un faible pourcentage de Gastéropodes.

Une bioturbation moyenne s'observe dans ce niveau qui est marquée par une porosité faible Le ciment est de type microsparitique à texture rudstone à wackstone (**Fig. 24**).

B. Echantillon S5P60

Ce calcaire (**Fig. 25**) est caractérisé par la présence de foraminifères, des mélobésiées, des sections d'annélides, de tests d'ostracodes, de polypier solitaires et tests de bivalves.

Notons que la bioturbation dans ce niveau est généralement faible avec une porosité presque nulle. Le ciment par contre est micritique à texture de type rudstone à wackstone.

C. Echantillon S4P53

C'est un calcaire possédant une couverture d'algues rouge (**Fig. 26C**), des Mélobésiées et aussi des hypothalyse (**Fig. 26A**). Autre contenu bioclastique apparaît dans ce niveau représenté par des foraminifères et test de polypier solitaire.

Ce niveau est caractérisé par un ciment microsparitique qui donne une microcristallisation marquée par les dolomies vacuolaires (**Fig. 26B**). La texture c'est une rudstone à packstone.

1.1.2. Ensemble de calcaires riches en algues

A. Echantillon S5P15

Ce niveau est à contenu bioclastique représenté surtout par l'existence des tests d'algues (Mélobésiées) et par les algues Phyloïdes. Le contenu est représenté aussi par des tests de foraminifères, de polypiers solitaires (**Fig. 27B, C, D, E, F**) et des bryozoaires ayant une porosité interparticulaire qui est comblés par une matrice microsparitique (**Fig. 27A**).

Ce niveau est caractérisé par une bioturbation moyenne à faible et une porosité moins importante.

Le ciment est microsparitique à texture wackstone à rudstone.

B. Echantillon S3P3

Il s'agit d'un calcaire biodétritique formé essentiellement par des algues Mélobésiées, montrant une structure à aspect lamellaire (**Fig. 28D, F, H**) et d'algues vertes et d'algues phyloïdes (**Fig. 28G,D, respectivement**). Le reste du contenu bioclastiques est représenté par l'abondance des foraminifères qui prend une grande part de contenu faunique dans ce niveau, avec les bivalves et les polypiers solitaires (**Fig. 28I**).

Ce faciès comprend beaucoup d'intraclastes qui indique une forte bioturbation (**Fig.28B**) à ciment microsparitique et à une texture packstone.

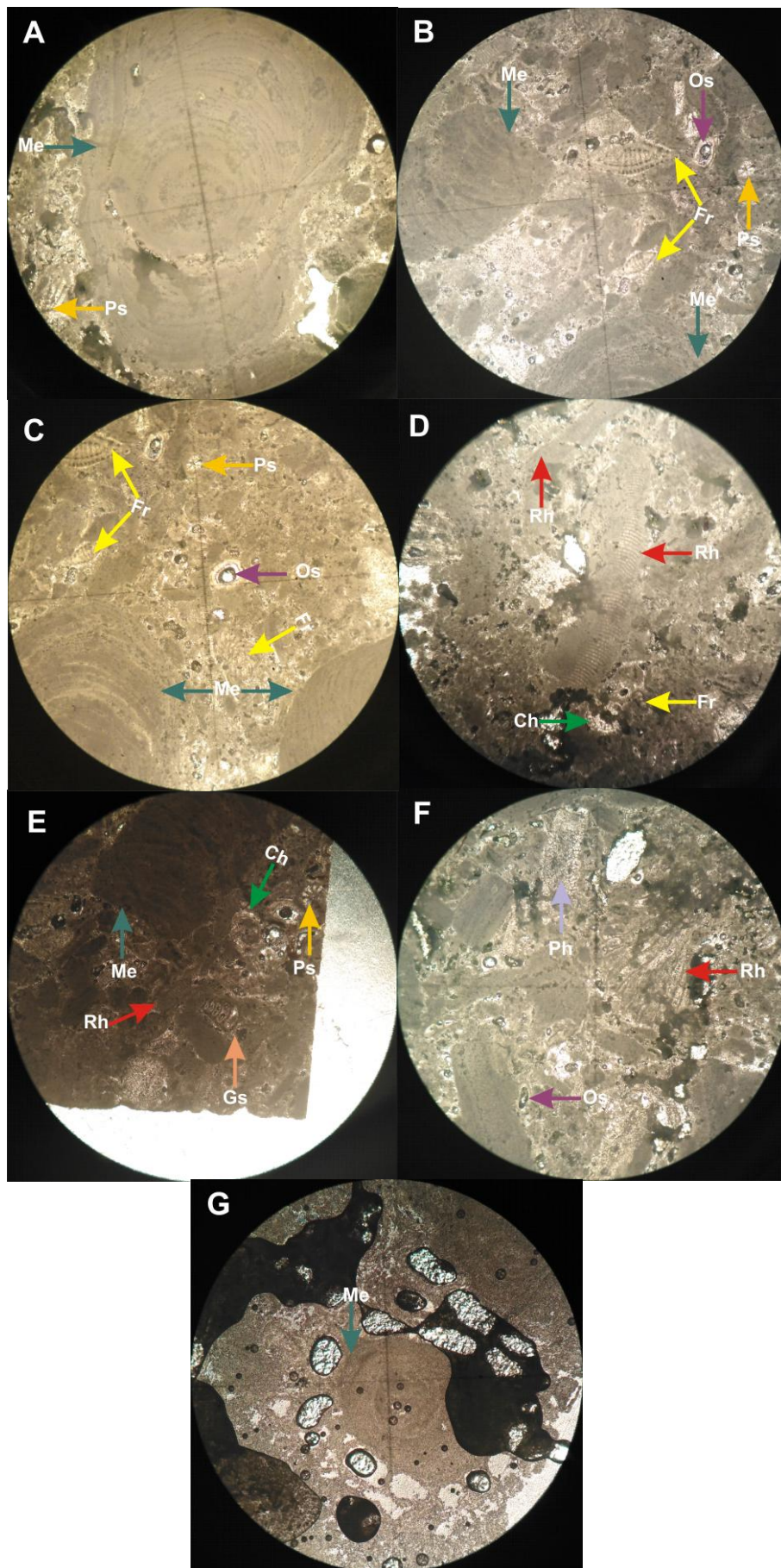


Fig.24 : Microphotographie de l'échantillon S3P70 (grossissement x50)

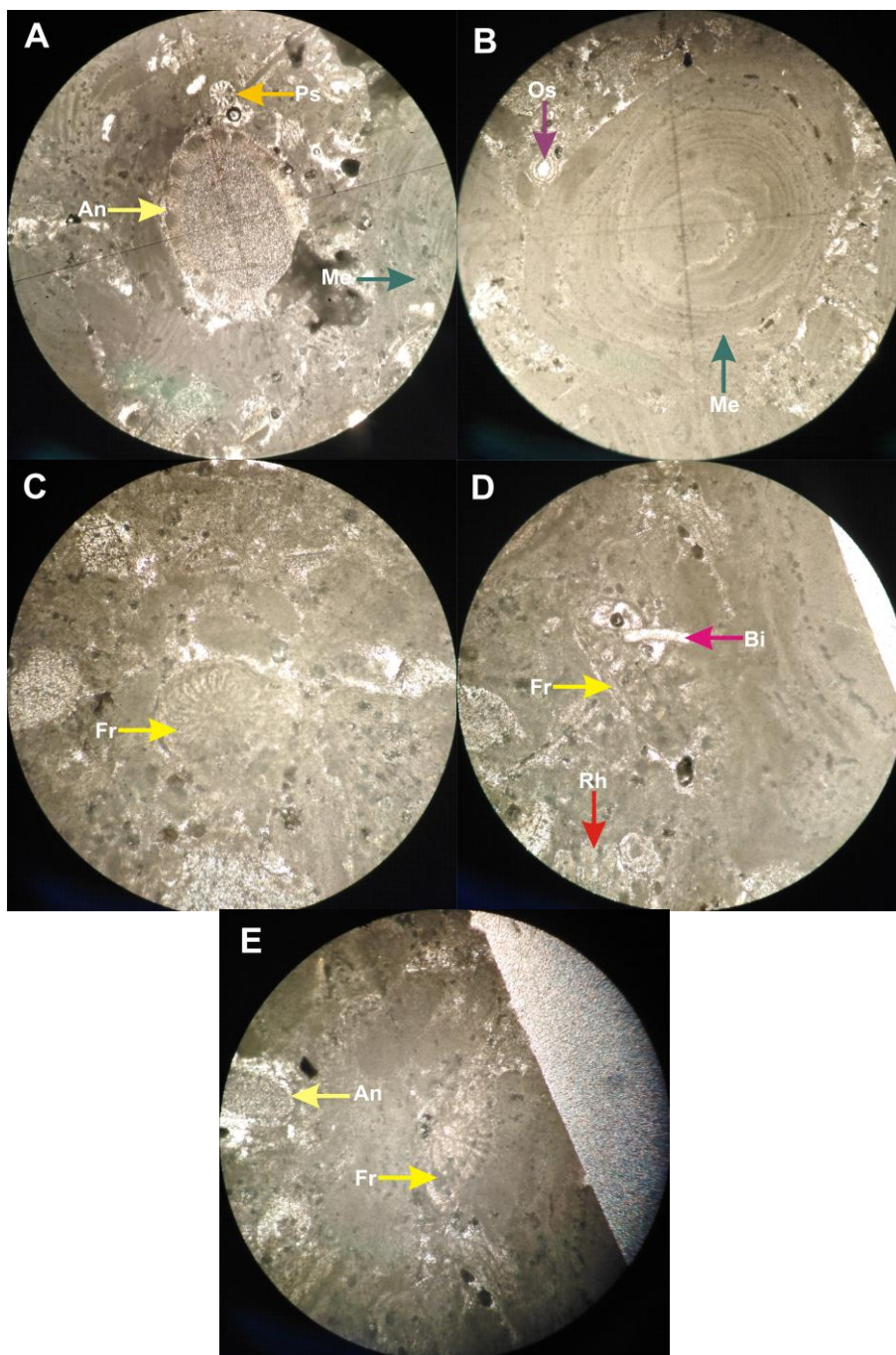


Fig.25 : Microphotographie de l'échantillon S5P60 (grossissement x50)

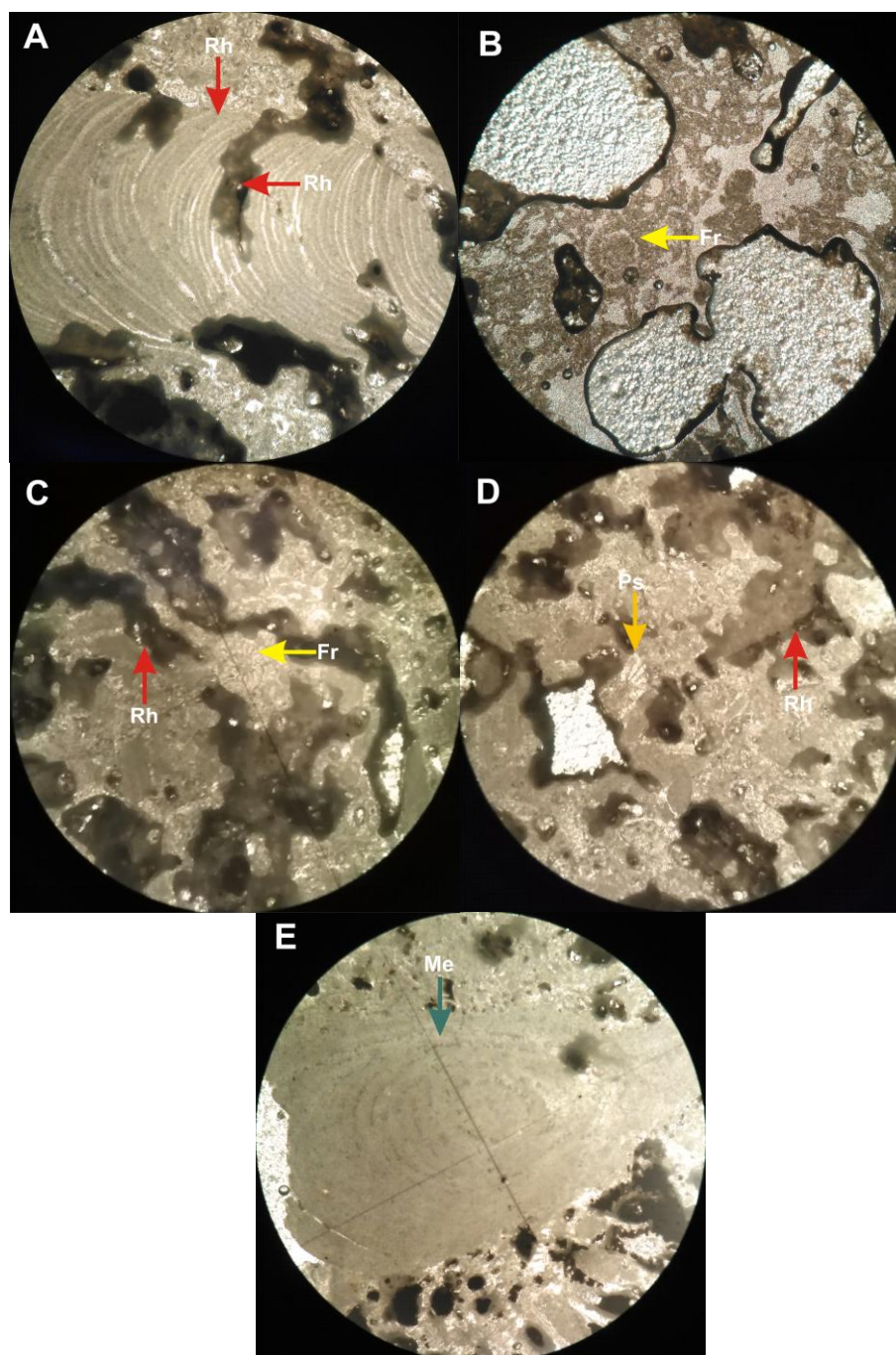


Fig.26 : Microphotographie de l'échantillon S4P53 (grossissement x50)

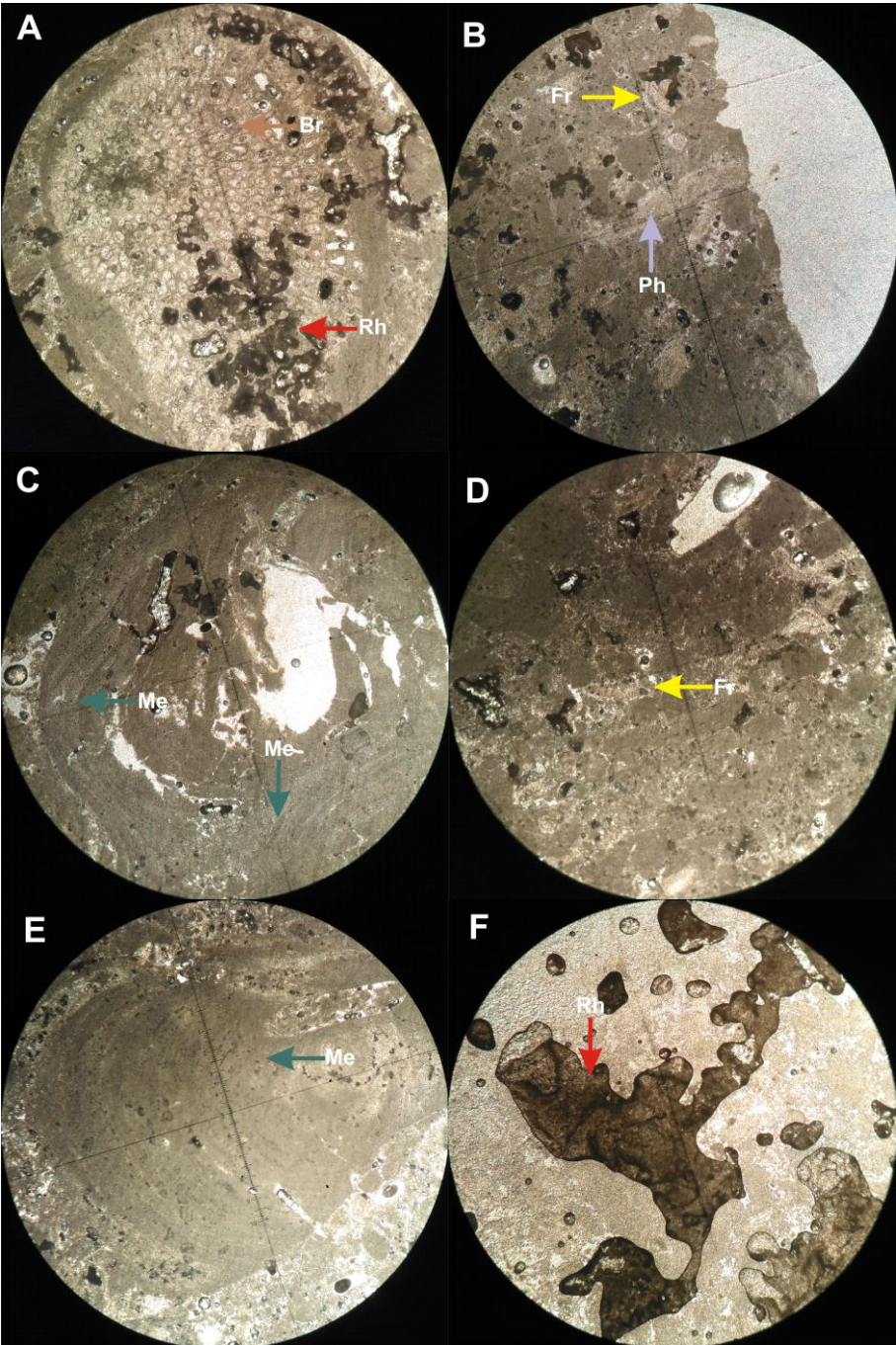


Fig.27 : Microphotographie de l'échantillon S5P15 (grossissement x5)

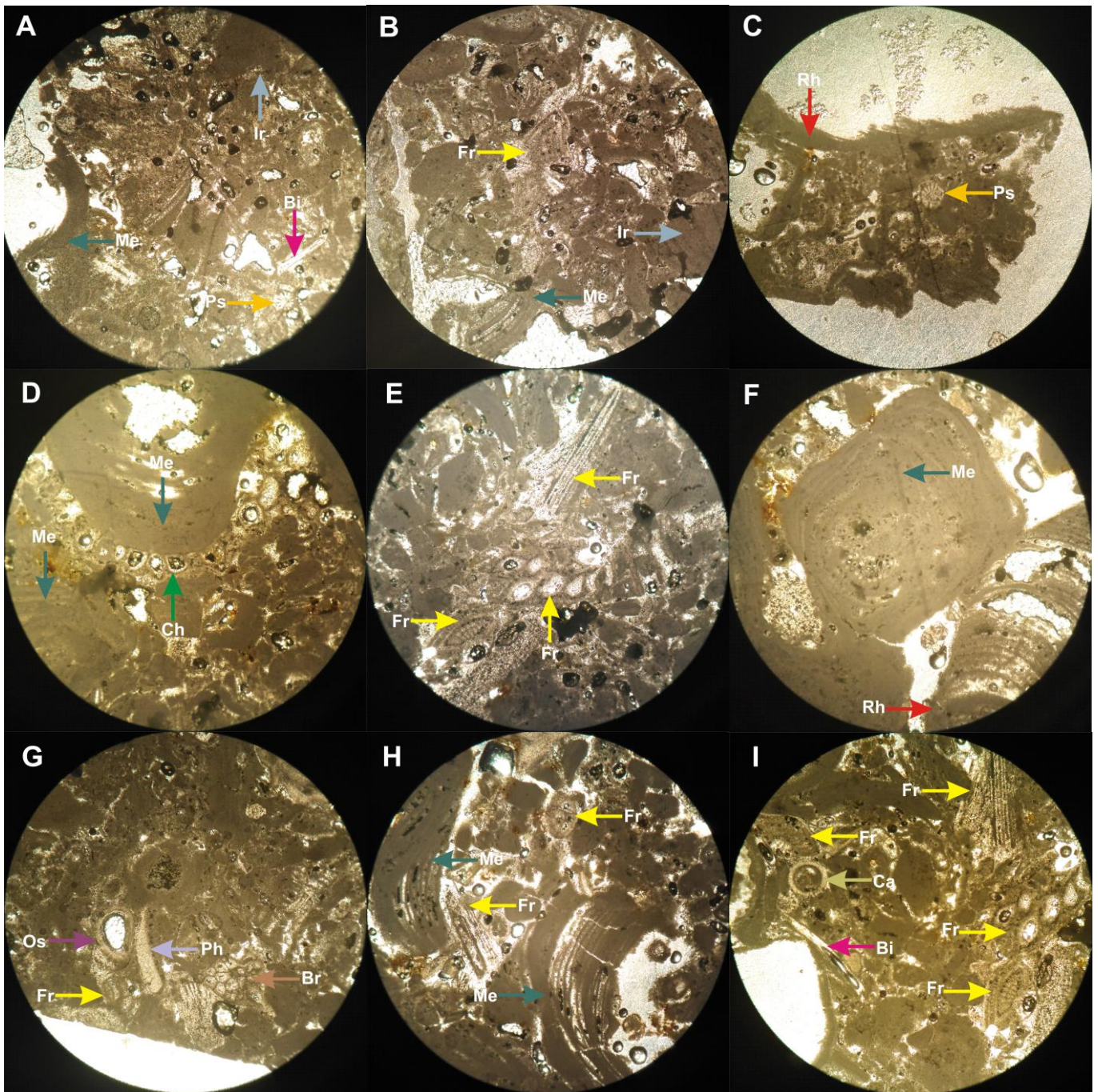


Fig.28: Microphotographie de l'échantillon S3P3 (grossissement x50)

2. Sondage LO-35

2.1. Formation de calcaires à Algues

2.1.1. Ensemble de calcaires pauvres en algues

A. Echantillon AF+340

Cet échantillon montre quelques algues représentés par des algues vertes entre autres les *Halimeda* et des rhodophycées (*Mazloviporidium*) (Fig. 29D, E).

D'autres faunes constituent ce niveau, dont les bivalves, des ostracodes et des bryozoaires. Ces éléments sont liés par un ciment microsparitique à sparitique avec une texture packstone.

2.1.2. Ensemble de calcaires riches en algues

A. Echantillon AF+366

Un calcaire caractérisé par une richesse en le contenu algaire (Mélobésiées) couvrant presque la quasi-totalité de la lame mince (Fig. 30). Tandis que le reste du contenu bioclastique est représenté par des foraminifères, *Halimeda* et un faible pourcentage de bivalves. En plus, on distingue dans ce niveau une micro cristallisation de dolomite (Fig. 30A).

On distingue des bioturbations perturbant la phase algaire ou les structure algaire provoquant des déchirures dans cette dernière (Fig. 30A, B, C), ce qui conduit à l'individualisation de gravelles (boules d'algues) brun-rouge (Naimi, 2019).

Ce faciès montre un ciment microsparitique et pour une texture rudstone à packstone.

2.2. Formation de calcaires récifaux

2.2.1. Echantillon AF+385

Ce faciès marque le début d'apparition de la formation des calcaires récifaux qui formé par des polypiers coloniaux.

D'autres tests d'organismes ont été observés dans cette roche: des rhodophycées, polypiers solitaire, *Halimeda*, foraminifères, bryozoaires et tests des bivalves.

Ce niveau est marqué par une forte bioturbation et une très importante porosité qui est présentée sous forme de pores comblés par une boue micritique, et ces derniers sont le résultat de la dissolution des polypiers coloniaux (Fig. 31B, C, D, E).

2.2.2. Echantillon AF+400

Ce dernier niveau correspond à un calcaire biodétritique (Fig. 32) à plusieurs test d'organismes : foraminifères, rhodophycées, sections d'annélides et d'autres articles représentés par des tests de bivalves et quelques bryozoaires.

Une fort bioturbation représentée par l'abondance des intraclastes s'observe également dans ce faciès.

Le ciment est microsparitique et la texture de la roche est de type packstone à bindstone.

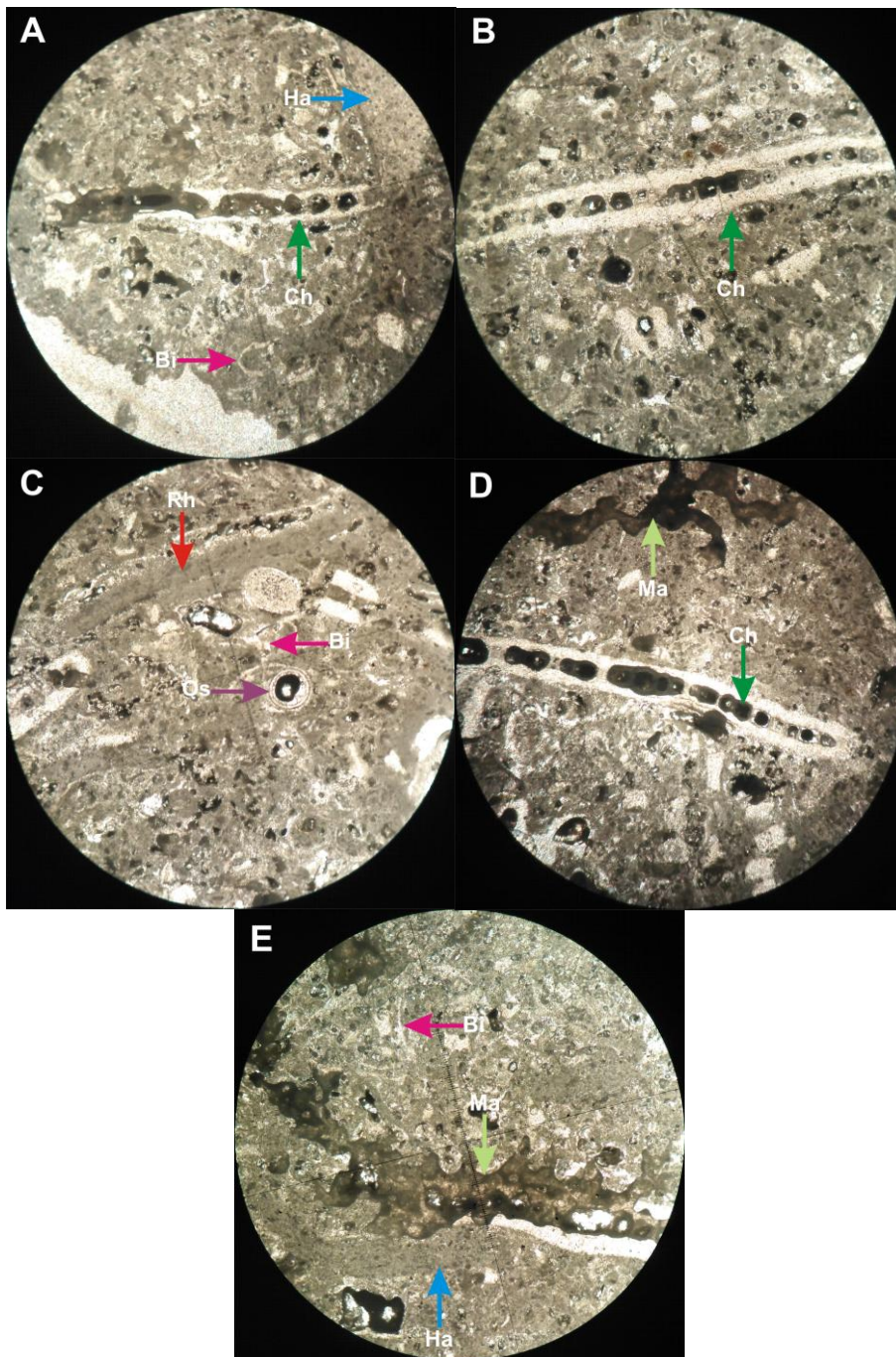


Fig.29 : Microphotographie de l'échantillon AF+340 (grossissement x50)

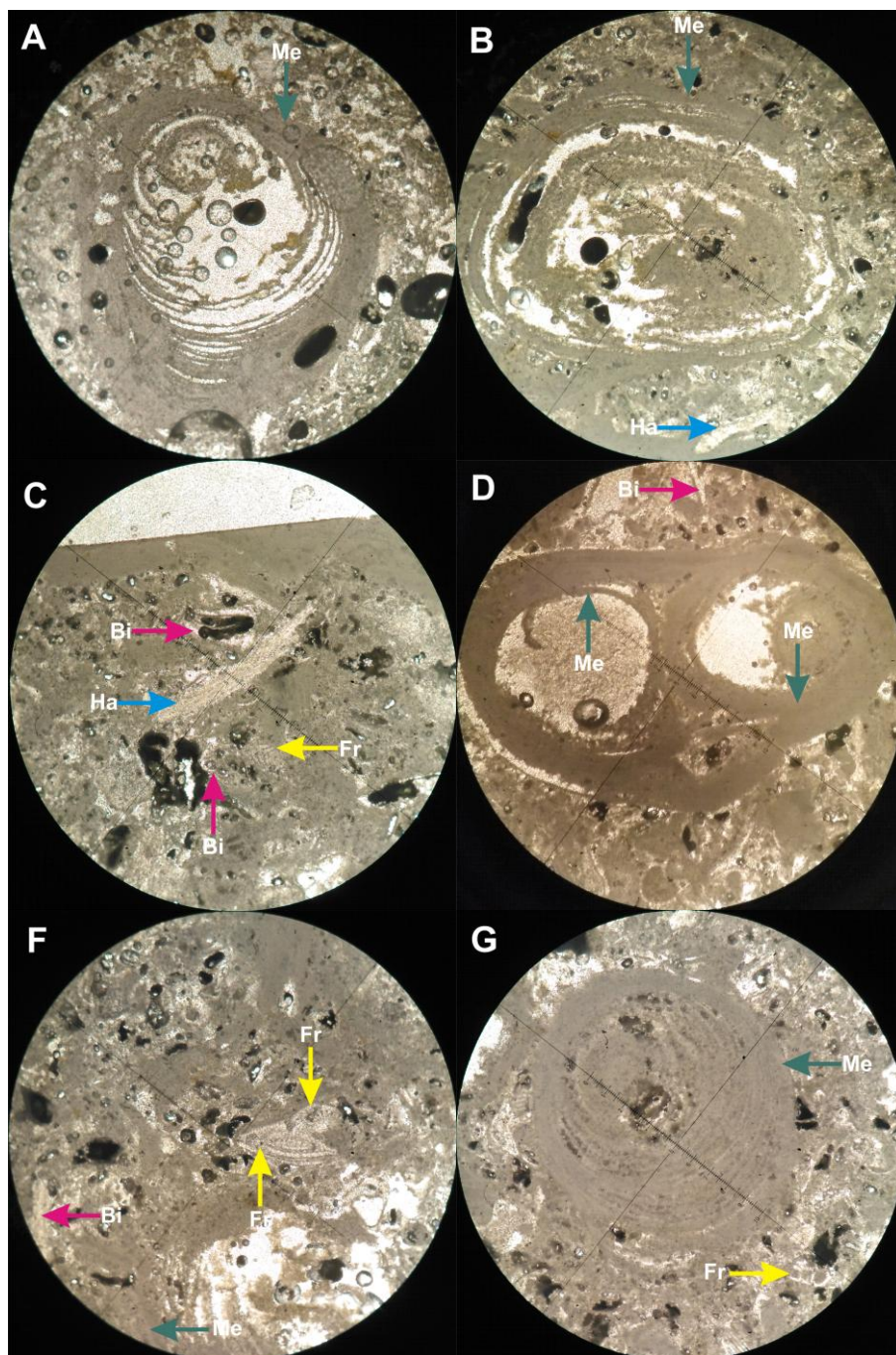


Fig. 30 : Microphotographie de l'échantillon AF+366 (grossissement x50)

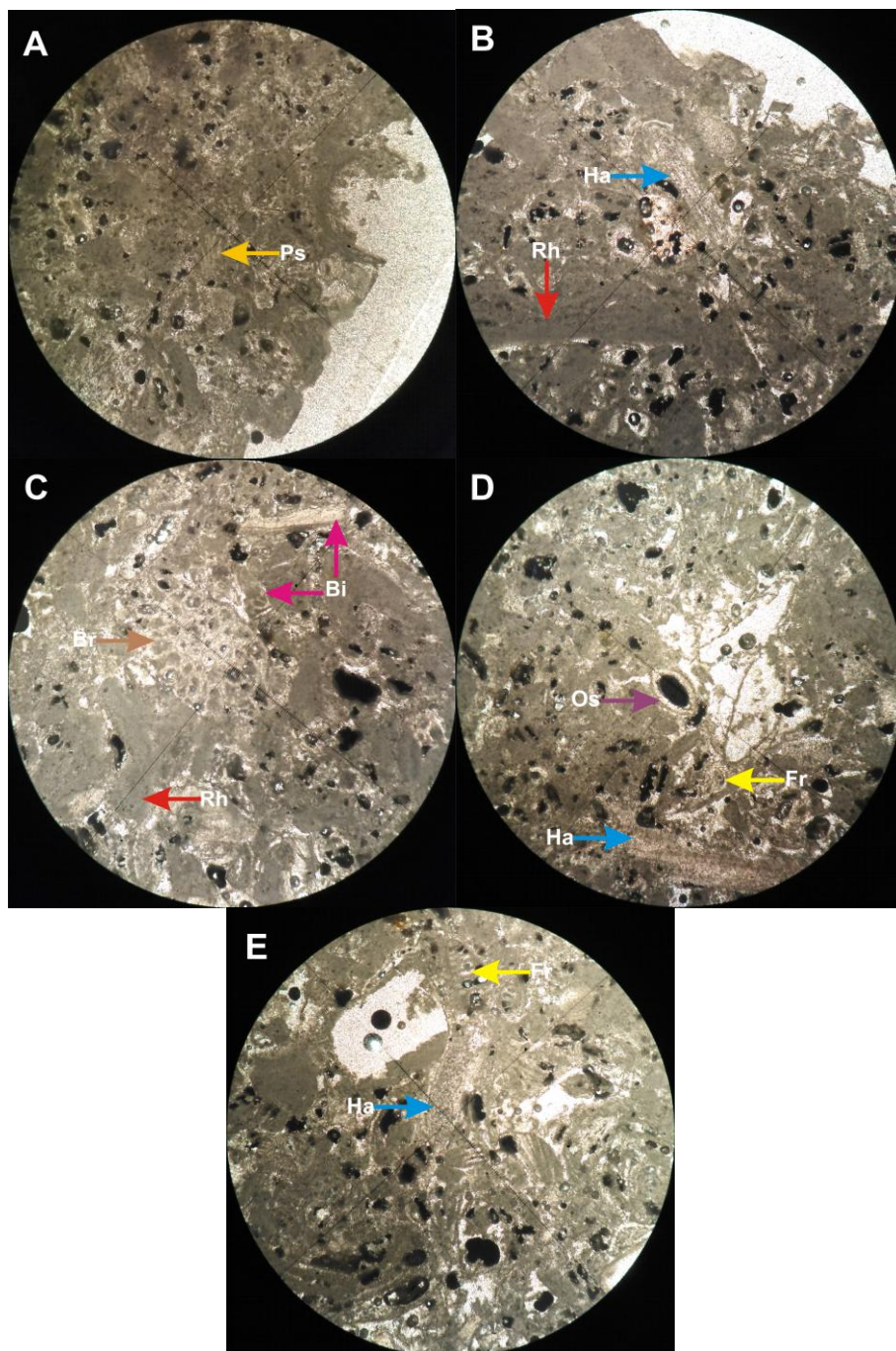


Fig. 31 : Microphotographie de l'échantillon AF+385 (grossissement x50)

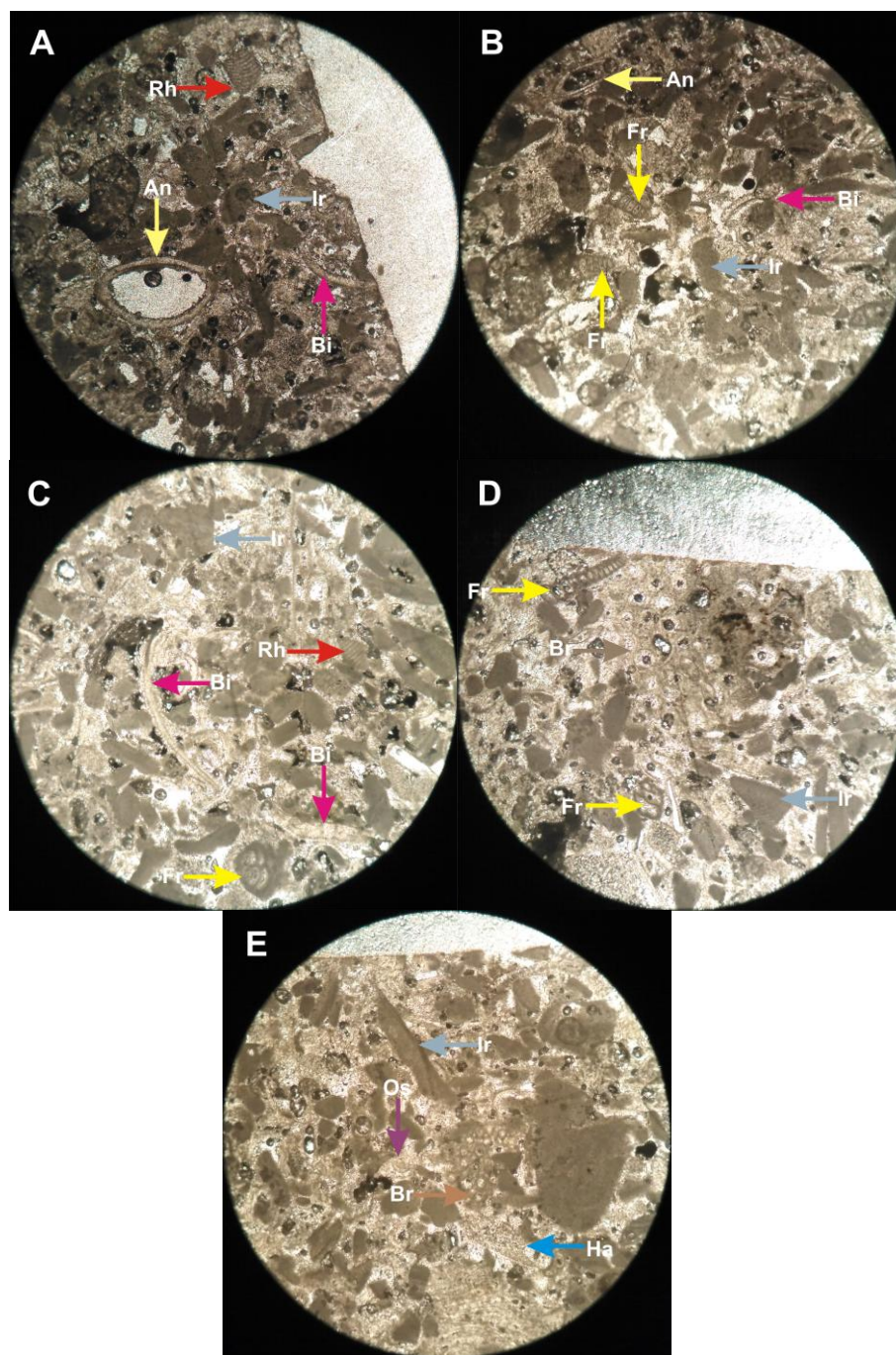


Fig.32: Microphotographie de l'échantillon AF+400 (grossissement x50)

Les résultats de l'analyse microfaciologique sont résumés dans le tableau suivant (Tab. 08, 09).

Formation	Echantillon	Faciès	Contenu Fossilifère	Texture	Milieu
Calcaires à Algues	S3P70	calcaire pauvre en algues	Algues rouges, Algues vertes, Foraminifères benthique, Ostracodes, Polypiers solitaire, Gastéropodes	wackstone à rudstone	Milieu peu profond, relativement calme
	S5P60		Foraminifères, Mélobésiées, Annélides, Ostracodes, Polypier solitaire, Bivalves	wackstone à rudstone	
	S4P53		Algues rouge, Foraminifères et Polypier solitaire.	rudstone à packstone	Milieu récifal, agité et peu profond
	S5P15	calcaire riche en algues	Mélobésiées, Algues Phyloïdes, Foraminifères, Polypier solitaire	wackstone à rudstone	Environnement fortement agité, peu profond
	S3P3		Mélobésiées, algues vertes, algues phyloïdes, foraminifères, bivalves, polypiers solitaire, calcispheres	packstone	Environnement fortement agité, peu profond

Tab. 08 : Données récapitulatives microfaciologiques et environnement de dépôts du Sondage AS 3

Calcaires à Algues	AF +340	calcaire pauvre en algues	Algues vertes, Rhodophycées, Bivalves, <i>Halimeda</i> , Ostracodes, Bryozoaires	packstone	Environnement fortement agité, peu profond
	AF+366	calcaire riche en algues	Mélobésiées, foraminifères, <i>Halimeda</i> , bivalves	rudstone à packstone	talus récifale peu profond relativement calme
Calcaire récifaux	AF+385	Calcaire récifal	polypiers coloniaux, rhodophycées polypiers solitaire, <i>Halimeda</i> , foraminifères, bryozoaires, bivalves	bindstone	Environnement corallien, peu profond et intensément agité
	AF+400		Foraminifères, rhodophycées, annélides, bryozoaire.	packstone à bindstone	

Tab. 09 : données récapitulatives microfaciologiques et environnement de dépôts du Sondage LO-35

III. GEOCHIMIE

Cette étude a été effectuée sur 26 échantillons (travail actuel) répartis entre les deux sondages dans les formations calcaires : 14 dans le sondage AS3 et 20 dans le sondage LO-35 (Tab. 10).

D'autres analyses des travaux antérieures de (Allaoua, 2017), de (Naimi, 2019) et de (Chekkali, 2019) ont été ajoutées à cette étude à titre comparative (Tab. 10): 8 échantillons dans la coupe de Chaabat Almagtaa (Allaoua, 2017), 2 échantillons dans la coupe de Djebel Haoudh El Matmar et 9 échantillons pour la coupe de Telegraphe d'Oggaz (Naimi, 2019) et 4 échantillons dans la coupe de Djebel Haoud El Kebir (Chekkali, 2019)

A.

Formation	Ensemble	Code	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO
Calcaire à Algues	1	AS 14	0,06	0,06	0,02	4,2	51,74
		AS 13	0,083	0,074	0,028	5,35	50,86
		AS 12	0,13	0,1	0,3	2,14	53,67
		AS 11	0,33	0,15	0,07	5,71	49,85
		AS 10	0,11	0,09	0,06	5,42	51,03
		AS 9	0,16	0,091	0,039	3,93	52,31
	2	AS 8	0,13	0,09	0,03	0,51	55,08
		AS 7	0,16	0,09	0,03	0,57	55,16
		AS 6	0,31	0,119	0,029	0,61	55,07
	3	AS 5	0,1	0,08	0,03	0,6	55,23
		AS 4	0,54	0,15	0,03	0,47	55,21
		AS 3	0,25	0,12	0,047	0,43	55,09
		AS 2	0,31	0,13	0,06	0,44	55,1
		AS 1	0,26	0,12	0,053	2,22	53,21

B.

Formation	Ensemble	code	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO
Calcaires à Algues	1	LO-20	0,62	0,23	0,06	1,02	54,24
		LO-19	0,3	0,15	0,04	3,34	51,92
		LO-18	0,28	0,15	0,03	2,99	52,28
		LO-17	0,24	0,132	0,03	3,19	52,06
		LO-16	0,38	0,17	0,05	3,28	51,82
		LO-15	1,37	0,42	0,16	3,03	51,28
		LO-14	0,47	0,21	0,06	3,27	51,95
	2	LO-13	0,33	0,17	0,05	3,09	52,02
		LO-12	0,36	0,16	0,05	3,76	51,44
	3	LO-11	0,38	0,18	0,05	3,76	51,59
		LO-10	0,23	0,13	0,04	3,91	51,52
		LO-9	0,36	0,17	0,05	3,51	51,82
		LO-8	0,32	0,16	0,04	3,75	51,52
		LO-7	0,27	0,14	0,04	3,84	51,47
		LO-6	0,29	0,14	0,04	3,58	51,57
	Calcaires récifaux	LO-5	0,24	0,13	0,04	3,15	52,32
		LO-4	0,39	0,17	0,05	2,2	53,16
LO-3		0,31	0,14	0,05	1,56	54,06	
LO-2		0,87	0,29	0,13	0,4	54,56	
LO-1		0,91	0,24	0,09	0,39	54,61	

C.

Formation	Ensemble	Code	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO
Calcaires à algues	1	AS1	0,1	0,06	0,03	0,32	54,73
		AS2	0,23	0,09	0,04	0,38	54,45
		AS3	0,38	0,14	0,05	2	52,98
		AS4	0,23	0,09	0,04	2,32	52,79
	2	AS5L	0,3	0,06	0,04	1,95	53,26
		AS5	0,35	0,14	0,05	0,43	54,23
		AS 6	0,02	0,04	0,03	0,56	54,27
Calcaires récifaux		AS7	1,2	0,09	0,04	0,51	54,82

D.

formattion	code	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO
Calcaires à Algues	DHM 8	2,2	0,37	0,16	0,46	53,89
Calcaires récifaux	DHM 7	13,91	0,83	0,27	0,5	50,96

E.

Formation	Code	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO
Calcaires à Algues	TPH 1	0,83	0,26	0,05	0,45	55,2
	TPH 2	1,87	0,61	0,11	1,02	51,95
	TPH 3	0,87	0,25	0,11	0,87	53,22
	TPH 4	0,64	0,24	0,06	0,45	54,57
	TPH 5	0,45	0,14	0,04	0,46	54,97
	TPH 6	2,51	0,64	0,24	0,84	51,18
	TPH 7	0,31	0,11	0,05	0,48	54,85
	TPH 8	0,27	0,11	0,04	0,8	54,04
Calcaires récifaux	TPH 9	8,15	0,99	0,49	1,37	47

F.

Formations	code	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO
Caclaires recifaux	Ech 3	6,75	1,18	0,7	0,91	49,44
	Ech 4	3,93	0,91	0,42	0,52	51,43
	Ech 5	3,28	0,79	0,49	0,68	51,66
	Ech 6	1,5	0,39	0,15	0,36	53,89

Tab. 10 : Analyses géochimiques des différentes coupes correspondent :

A : sondage AS3, **B**: sondage LO-35, **C**: Coupe de Chaabat Almagtaa (Allaoua, 2017), **D**: Coupe de Djebel Haouhd El Matmar (Naimi, 2019), **E**: Coupe de Telegraphe d'Oggaz (Naimi, 2019), **F**: Coupe de Djebel Haoud El Kebir (Chekkali, 2019).

1. Discussion et analyse des résultats

Tous les échantillons (des sondages et coupes) analysés sont caractérisés par la dominante de l'élément Carbonate de calcium CaO avec des valeurs élevées dépassant les 50%. **(Tab 10)**.

Dans les graphes cet élément n'est pas schématisé ou représenté du fait qu'il fausse l'interprétation lorsqu'on met en évidence les autres éléments (MgO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃), dont leur présence est importante mais ayant des valeurs inférieures à 15%.

1.1. Sondage AS3

Les échantillons prélevés de ce sondage sont caractérisés par une dominance importante de l'Oxyde de magnésium MgO par rapport au reste des éléments chimiques **(Fig. 33)**. Cette augmentation des proportions a été observée à la base de ce sondage (Ensemble 1 : Calcaires pauvres en algues) qui varie entre 2,14% dans l'échantillon AS12 et à 5,71% dans l'échantillon AS11 **(Fig.33)**.

L'ensemble de teneur des éléments de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ sont relativement faible dans tous les échantillons et tout au long du sondage avec un maximum de 0,54% dans l'échantillon AS4 (Ensemble 03 : Calcaires riches en algues).

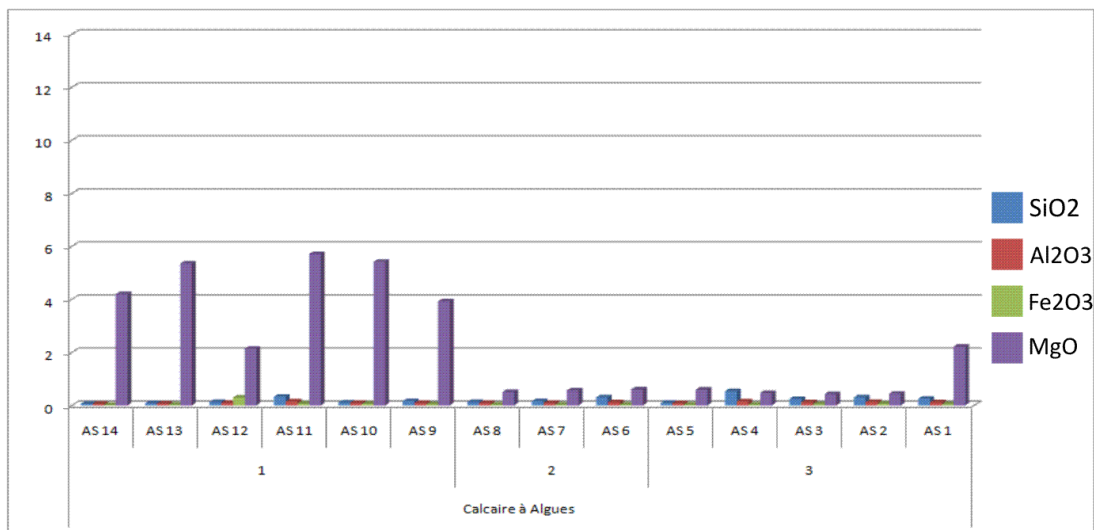


Fig. 33 : Diagramme de teneur des éléments chimiques du sondage AS3

1.2. Sondage LO-35

Ce sondage caractérisé par une large prédominance de MgO presque dans tous les échantillons (Ensemble 1, 2 et 3) (**Fig. 34**). Ce constat s'observe, depuis la base la formation (Formation calcaires à algues : ensemble 1, 2, 3) dans l'échantillon LO-19 jusqu'au le sommet dans l'échantillon LO-4 avec variation des proportions entre 2,2% (LO-4) et 3,91% (LO-10) à l'exception de le partie inférieure de la formation (l'échantillon AS20).

Il est à noter que cet élément (l'Oxyde de magnésium) est considéré comme une impureté dans la fabrication de ciment et le seuil maximum admissible pour cet élément est fixé au Max 2%. Par conséquence ces Calcaires du sondage **LO-35** peuvent constituer un problème à l'entreprise.

Le taux de dioxyde de silice répertoriés (**Fig. 34**), est élevé par rapport au sondage précédent (AS3) (**Fig. 33**), avec un pic qui atteint un pourcentage de 0,91% dans l'échantillon LO-15 (Ensemble 1 : Calcaires pauvres en algues).

Les teneurs des Dioxydes de fer (Fe_2O_3) et d'Aluminium (Al_2O_3), sont faibles dans tous les échantillons et varie entre 0,03% et 0,42% (**Fig. 34**).

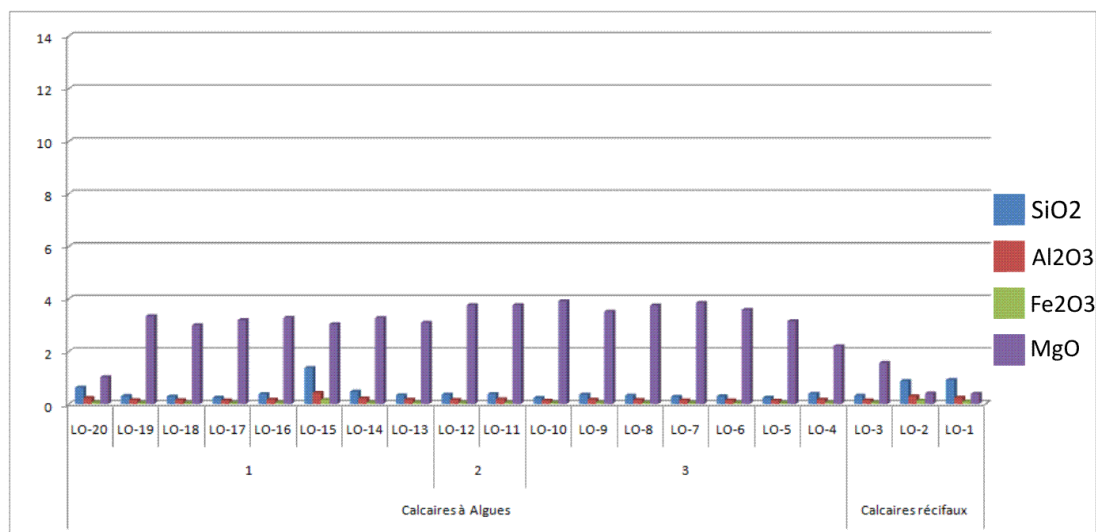


Fig. 34 : Diagramme de teneur des éléments chimiques de sondage LO-35

1.3. Coupe de Chaabat Almagtaa (Allaoua, 2017)

Les calcaires de cette coupe sont caractérisés par une géochimie qui conviennent à l'industrie cimentière. Dans la formation des Calcaires à Algues, la teneur de l'élément Mgo est importante dans l'ensemble 1 et l'ensemble 2. Ceci dans les échantillons AS3, AS4, AS5L et vari entre 1,95% et 2,32% respectivement. (**Fig. 35**). Par contre, ces Calcaires sont marqués par une diminution de taux de SiO2 et Al2O3 (0,02% et 0,38% respectivement).

La teneur de Fe_2O_3 est aussi très faible (**Fig. 35**) et cet élément est présent sur tout la formation Calcaires à algues avec des proportions entre 0,03% dans AS1, AS6 et 0,05% dans AS3, AS5 (**Fig. 35**).

Dans la formation des Calcaires récifaux, un seul échantillon a été analysé (**Tab. 10**) : AS7. Ce dernier est marqué par une augmentation de SiO_2 par rapport aux autres éléments avec une valeur atteignant 1,2%.

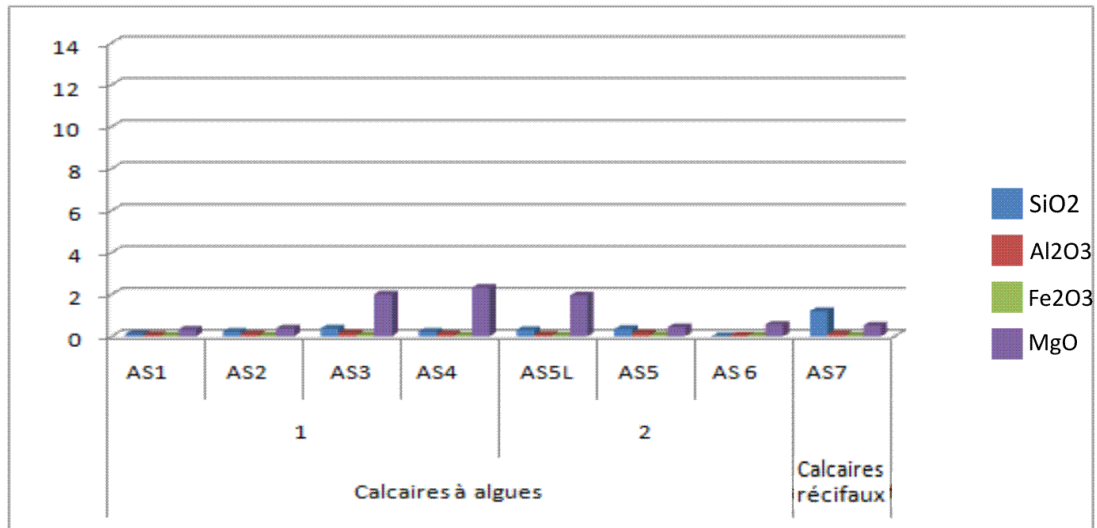


Fig. 35 : Diagramme de teneur des éléments chimiques de la coupe de Chaabat Almagtaa (Allaoua, 2017)

1.4. Coupe de Djebel Haoudh El Matmar (Naimi, 2019)

L'analyse géochimique des échantillons prélevés dans cette coupe montrent une prédominance remarquable de SiO_2 pour les deux formations (formations de calcaires à algues et la formation de calcaires récifaux.), où on observe dans la formation des calcaires récifaux une teneur très élevée de SiO_2 atteignant 13,91% dans l'échantillon DHM 8 (**Fig. 36**). Par contre dans la formation des Calcaires à algues cet élément n'est représenté que par 2,2% dans l'échantillon DHM8.

Cette teneur élevée du SiO_2 dans les calcaires récifaux est interprétée la richesse en fraction sableuse (Quartz), la formation étant plus ou moins sableuse (Naimi, 2019).

Les teneurs en Al_2O_3 , en Fe_2O_3 et en MgO sont très faibles, respectivement : 0,37 %, 0,16 %, 0,46 % dans l'échantillon DHM8 de la formation des Calcaires à algues et 0,83 %, 0,27 %, 0,5 %, respectivement dans l'échantillon DHM7 de la formation des calcaires récifaux

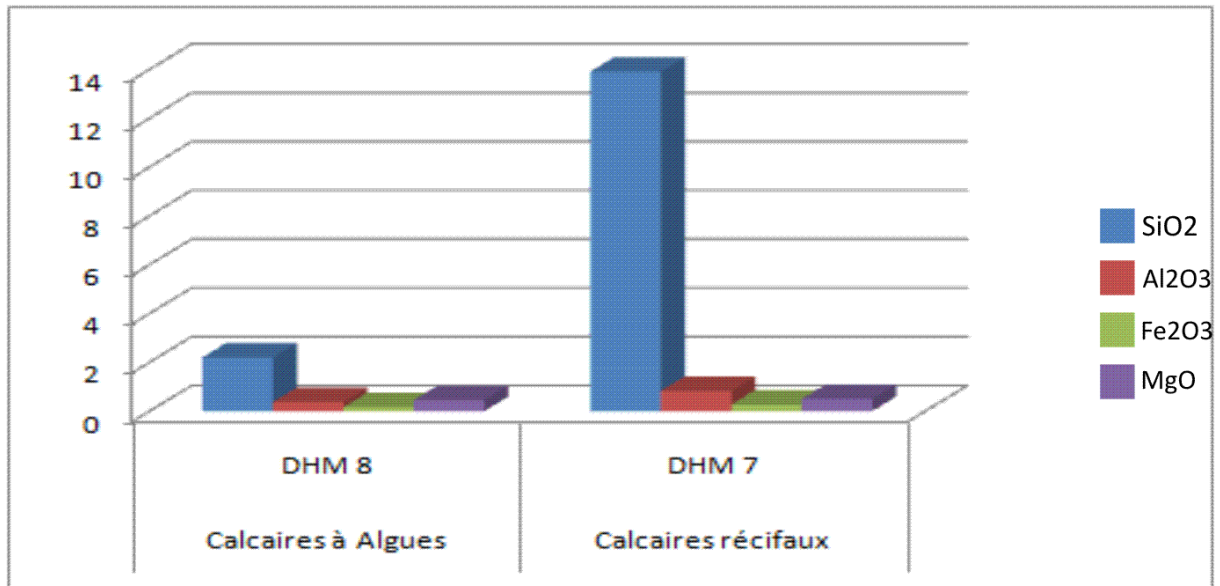


Fig. 36 : Diagramme de teneur des éléments chimiques de la Coupe de Djebel Haouhd El Matmar (Naimi, 2019)

1.5. Coupe de Telegraphe d'Oggaz (Naimi, 2019)

Dans la formation des Calcaires à algues, la teneur de SiO₂ est faible variant entre 0,27% et 0,83% (**Fig. 37**) à l'exception de deux échantillons TPH 2 et TPH 6, où deux pics ont été enregistrés à 1,87% et 2,51%, respectivement (**Fig. 37**).

La teneur de tous les autres éléments (Al₂O₃, Fe₂O et MgO) est très faible : Al₂O₃ est de 0,11% à 0,64%, le Fe₂O₃ est de 0,04 à 0,24% et le MgO est de 0,45% à 1,02 %.

Pour la formation des Calcaire récifaux, la teneur en SiO₂ a augmenté significativement avec 8,15% et ceci dans l'échantillon TPH9.

Les proportions des autres éléments restent également modérées, seulement plus élevées par rapport au calcaire à algues : Al₂O₃ (0,99%), Fe₂O₃ (0,49%), MgO (1,37%) (**Fig. 37**).

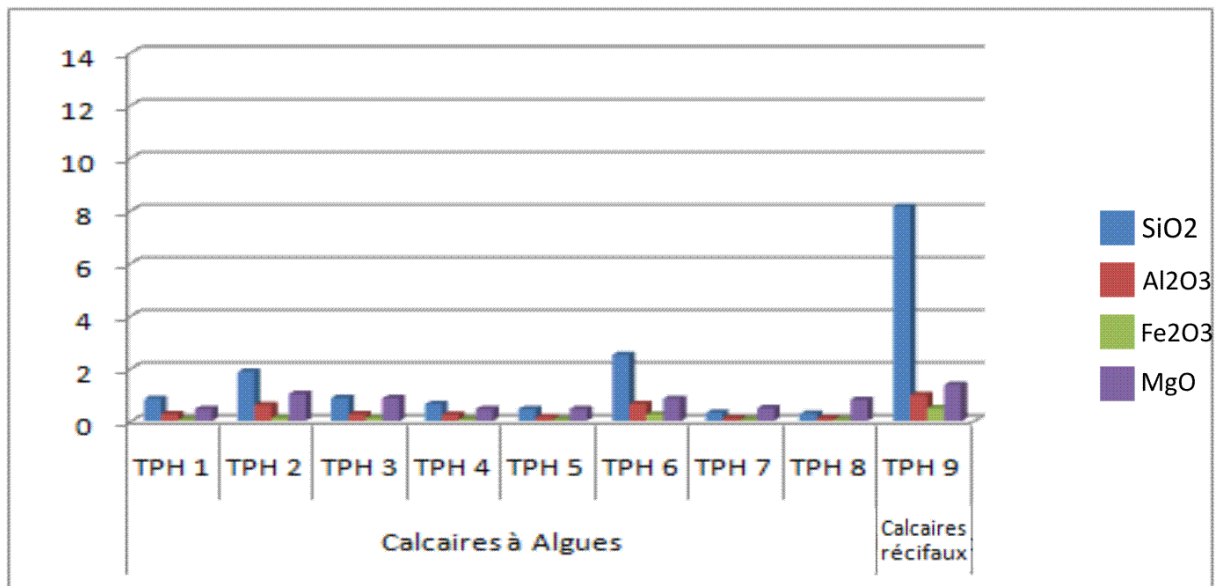


Fig. 37 : Diagramme de teneur des éléments chimiques de Coupe de Telegraphe d'Oggaz (Naimi, 2019)

1.6. Coupe de Djebel Haoud El Kebir (Chekkali, 2019)

Dans cette coupe, l'analyse n'a été effectuée que dans la formation des Calcaires récifaux (Fig. 38). La teneur des différents éléments chimiques est marquée par une diminution progressivement de la base jusqu'au sommet de la coupe. Toute fois, la teneur de SiO₂ augmente avec 7,65% dans l'échantillon Ech3, suivi d'une chute de la valeur presque en moitié dans les niveaux Ech4 et Ech5 qui est de 3,93 % et 3,28 % respectivement (Fig. 6). Cette diminution se poursuit jusqu'à 1,5% dans Ech6.

La teneur des autres éléments dans ces calcaires est faible avec une variation de 0,15% à 1,18%

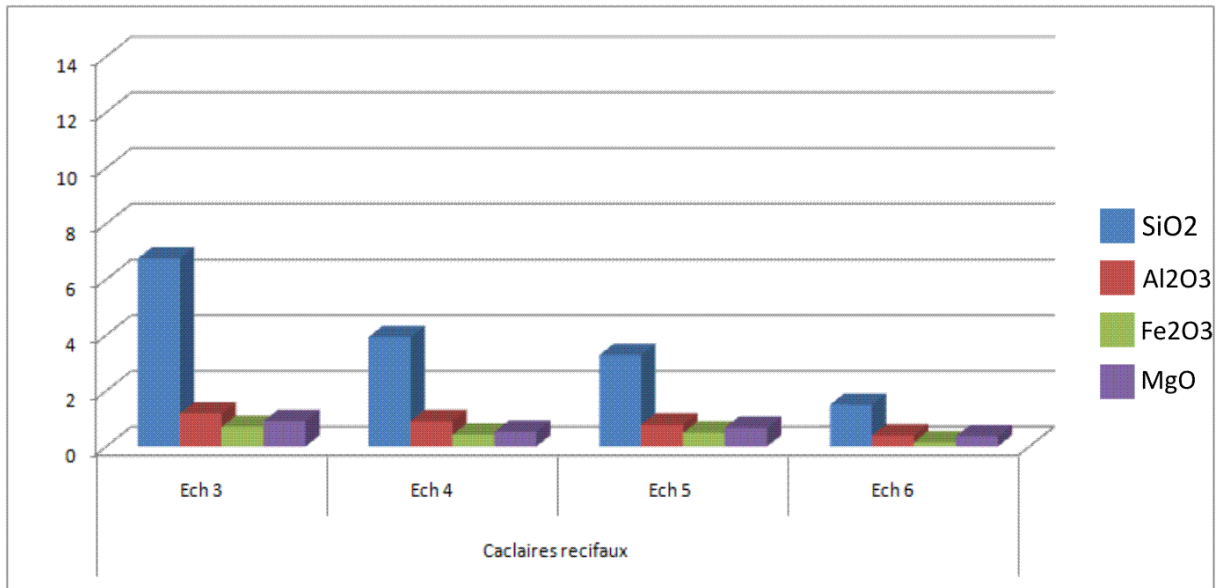


Fig. 38: Diagramme de teneur des éléments chimiques de Coupe de Djebel Haoud ElKebir (Chekkali, 2019)

IV. CONCLUSION

L'étude microfaciologique et géochimique des formations calcaires messiniens du Djebel Aoud Sma des sondages (AS3 et LO-35) nous ont permis de déterminer les différents teneurs chimique des éléments chimiques et faire une comparaison des résultats géochimiques aux analyses microfaciologique de certains échantillons.

L'analyse microfaciologique des différents échantillons de la formation des calcaires à algues et des calcaires récifaux de ce présent travail (sondages LO-35 et AS3) est résumé comme suite (**Tab.11**) :

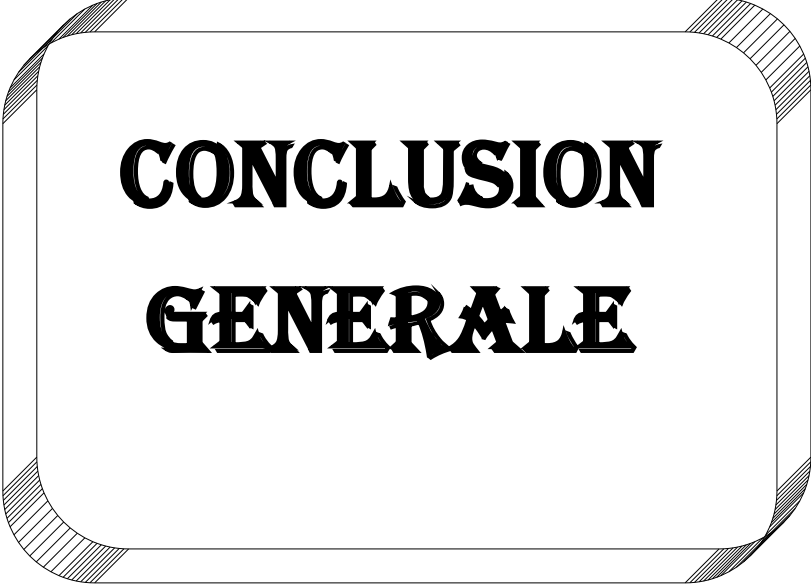
- les calcaires pauvres en algues caractérisés par une texture généralement wackestone à rudstone à ciment micritique à microsparitique, témoignent d'un milieu peu profond mais plus profond que les calcaires riches en algues et la formation récifale. Il s'agit d'une sédimentation dans un milieu calme à faible bioturbation.

- les calcaires riches en algues marqués par une texture rudstone à packstone à ciment microsparitique, suggèrent un milieu peu profond (et très peu profond par rapport aux calcaires pauvres en algues), agité et riche en bioclastes : essentiellement des Mélobésiées, des bivalves, ... ;

- les calcaires récifaux à texture bindstone à packstone et à ciment microsparitique montrent un milieu de dépôt moins profond que la formation des calcaires à algues, marqué par une forte bioturbation et témoignant d'un hydrodynamisme élevé.

L'analyse géochimique des échantillons des sondages, montre une abondance de CaO élevée avec une teneur dépassant les 50%, pouvant atteindre 55% dans certains échantillons.

Pour les autres éléments tels que le MgO (constituants la formation des calcaires à algues), dans les calcaires pauvres en algues du sondage LO-35 et du AS3, cette analyse montre une teneur en MgO élevée (de 2,14% à 5,71%). Parallèlement à ce résultat, la microcristallisation (ou dolomitisation) observée (étude microfaciologique) dans l'échantillon S4P53 du Sondage AS3, à titre d'exemple, est interprétée par la dominance de MgO (plus de 5% dans l'échantillon AS11). Par conséquent, ces calcaires sont considérés par l'entreprise comme une matière première à beaucoup d'impureté à la fabrication du ciment, constituant ainsi un mauvais gisement.



**CONCLUSION
GENERALE**

CONCLUSION GENERALE

Une étude lithologique, géochimique et une analyse microfaciologique de quelques échantillons de la formation des Calcaires messiniens du Djebel Aoud Sma, a été effectuée. Ce dernier est situé à l'extrémité Nord-Est des Monts des Ouled Ali, dans la partie méridionale du bassin du Bas Chélif, à environ 3 km au Sud-Ouest du village d'Oggaz et constitue une partie intégrante de la plate-forme messinienne des Tessala-Béni Chougrane.

Cette étude est une contribution à l'exploitation des Calcaires, concernant l'étude des carottes qui appartiennent à la cimenterie de Oggaz, Lafarge : sondages AS3 et LO-35 et constitue aussi une révision lithologique des coupes en affleurement des travaux de Allaoua (2017), de Chekkali (2019), de Naimi (2019) et de Naimi et *al.* (2020).

La corrélation lithologique (ou lithostratigraphique) des deux sondages AS3 et LO-35 et les coupes des travaux de Masters sont montrées une importante épaisseur des calcaires à algues des sondages au Nord-Ouest du Djebel Aoud Smaa avec 170 m de puissance dont la base n'est pas encore atteinte. Tandis que au Sud-Est, les calcaires sont très réduits et affleurent à quelques mètres la formation des diatomites surmontant les marnes grises messiniennes (**Fig. 23**). Cette corrélation est en accord avec les travaux de (Saint Martin, 1990 ; Saint Martin et *al.*, 1992 et Rouchy, 1982, Mansour et *al.*, 2018) montrant un développement de la plate forme carbonatée vers l'Ouest, constituant la marge d'un bassin sédimentaire. Tandis que vers l'Est (en général) ou le Sud Est en particulier, se développent les diatomites et les marnes caractérisant des faciès de type bassin (**Fig. 04**).

La formation des calcaires récifaux est marquée également par une variation importante d'épaisseurs mais elle est plus épaisse vers l'Ouest. Ceci confirme la reconstitution paléogéographique de la bordure sud du bassin de Bas Chélif.

L'analyse microfaciologique des calcaires à algues et des calcaires récifaux des sondages LO-35 et AS3, résumée dans le (**Tab. 10**), montre qu'ils se sont déposés dans une plate-forme peu profonde, relativement calme et envasée et étant le siège de plusieurs épisodes d'apports détritiques, confirmé par la teneur en silice de certains niveaux. Toutes fois une certaine différence s'observe entre les deux ensembles définis lithologiquement (les calcaires riches en algues et les calcaires pauvres en algues), dans la texture, le type de ciment et l'analyse géochimique.

En comparant entre la formation des calcaires à algues et Calcaires récifaux, il s'avère que la teneur en SiO₂ augmente dans ces derniers mais celle du CaO. Ce qui indique la présence d'apports détritiques dans la formation récifale en confirmant la description lithologique et microfaciologique.

La concentration de certains éléments chimiques tels que SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , Al_2O_3 et MgO sont important pour la qualité de la matière industrielle.. Or dans certains niveaux, la teneur en MgO pose un problème. Il est à noter que pour ce type d'industrie, le taux de magnésium dans le processus de production du ciment est de 2,7 % MgO pour le ciment gris et de 1% pour le ciment blanc

Sondage	Formation	Ensemble	Echantillon (Microfaciès / géochimie)	Géochimie (MgO, SiO ₂ , Al ₂ O ₃)	Texture et ciments	Milieu de dépôt
AS3	Calcaires à algues	Calcaires pauvres en algues	S3P70/ AS14	(4,2%, 0,06%, 0,06%)	wackestone à rudstone; micritique à microsparitique	Milieu peu profond, relativement calme
			S5P60/ AS12	(2,14%, 0,13%, 0,1%)		
			S4P53/ AS11	(2,14%, 0,33%, 0,15)		
	Calcaires riches en algues	S4P15/ AS3	(0,43%, 0,25%, 0,12%)	rudstone à packstone ; microsparitique	Environnement peu profond, fortement agité.	
		S3P3/ AS1	(2,22%, 0,26%, 0,12%)			
LO-35	Calcaires à algues	Calcaires pauvre en algues	AF+340/ LO13	(3,09%, 0,33%, 0,17%)		Packstone microsparitique à sparitique
		Calcaires riches en algues	AF+366/ LO7	(3,84%, 0,27%, 0,14%)		rudstone à packstone ; microsparitique
	Calcaires récifaux		AF+385/ LO3	(1,56%, 0,31%, 0,14%)		bindstone ; microsparitique
			AF+400/ LO1	(0,39%, 0,91%, 0,24%)		

Tab. 11 : Tableau synthétique d'analyse microfaciologique et géochimique des calcaires à algues et calcaires récifaux des sondages AS3 et LO-3



BIBLIOGRAPHIE

ALLAOUA A. (2017) – Les calcaires de Djebel Aoud Sma (Monts de Béni Chougrane) : aspect lithostratigraphique et géochimique. Mémoire de Master, Université d’Oran 2, 43 p.

BELHADJI ET AL., (2008) – Apports des foraminifères planctoniques à la biostratigraphie du Miocène supérieur et du Pliocène de Djebel Diss (bassin du Chélif, Algérie), 219-241p.

C.E.T.I.M. (2006) – Mémoire des résultats des travaux d’exploration : Gisement de calcaire «Aoud Sma». Rapport interne, 31 p.

CHEKKAL M.C. (2019) – Lithostratigraphie, Géochimie et Microfacies des calcaires de la plate-forme Messinienne du Djebel Aoud Sma (Ouled Ali, Bordure Sud du Bas-chelif). Mémoire de Master, Université d’Oran 2, 47 p.

CORNEE J. J., SAINT MARTIN J. P., CONESA G. & MULLER J. (1994) – Geometry, Palaeoenvironments and relative sea-level (accommodation space) changes in the Messinian Murdjadjo carbonate platform (Oran, western Algeria) : consequences. *Sedimentary Geologie*, 89 : 143-158. CORNEE J. J.,

DUNHAM R. J. (1962) – Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: *Classification of Carbonate Rocks* (eds. HAM W. E.), Am. Assoc. Pet. Geol. Mem., 1: 108 – 121.

DUNHAM R. J. (1962) – Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: *Classification of Carbonate Rocks* (eds. HAM W. E.), Am. Assoc. Pet. Geol. Mem., 1: 108 – 121.

EMBRY A. F. & KLOVAN J. E. (1971) – A Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island, NWT. *Bull. Can. Pet. Geol.*, 19 : 730 – 781.

FLÜGEL E. (2010) – *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application* (2 nd Ed.). Springer, 984 p.

FRANSEEN E. K. & MANKIEWICZ C. (1991) – Depositional sequences and correlation of middle(?) to late Miocene carbonate complexes, Las Negras and Níjar areas, southeastern Spain. *Sedimentology*, 38 : 871-898.

FRENEIX S., SAINT MARTIN J. P. & MOISSETTE P. (1987a) – Bivalves Ptériomorphes du Messinien d’Oranie (Algérie occidentale). *Bull. Mus. Hist. nat., Paris*, 4e sér., 9, section C, 1 : 3-61. FRENEIX S.,

FRENEIX S., SAINT MARTIN J. P. & MOISSETTE P. (1988) – Huîtres du Messinien d’Oranie (Algérie occidentale) et paléobiologie de l’ensemble de la faune de bivalves. *Bull. Mus. Hist. nat., Paris*, 4e sér., 10, section C, 1 : 1-21.

LAFARGE. (2022) – RENFORCEMENT DE LA RESSOURCE HYDRIQUE DE LA CIMENTERIE DE OGGAZ - (LCO). Rapport interne, 30 p.

MANSOUR B., MOISSETTE P., NOEL D. & ROUCHY J. M. (1995) – L'enregistrement par les associations des diatomées des environnements messiniens : exemple de la coupe de Sig (Bassin du Chéelif-Algérie). *Geobios* 28 (3) : 261-279.

MANSOUR B. & SAINT MARTIN J. P. (1999) – Conditions de dépôt des diatomites messiniennes en contexte de plate-forme carbonatée d'après l'étude des assemblages de diatomées: exemple du Djebel Murdjadjo (Algérie). *Geobios* 32 (3) : 395-408.

MANSOUR B., BESSEDIK M., SAINT MARTIN J. P. & BELKEBIR L. (2008) – Signification paléocéologique des assemblages de diatomées du Messinien du Dahra sud-occidental (bassin du Chéelif, Algérie nord-occidentale). *Geodiversitas* 30 (1) : 117-139.

MANSOUR B., SAINT MARTIN J.P. & BESSEDIK M. (2019)- Les diatomites messiniennes de la bordure méridionale du Bassin du Bas Chéelif (Algérie) : assemblage diatomique et paléoenvironnement. *Workshop Alboran Doman and Gibraltar Arc : Geogical Recherch and natural basards*. Granada, Espagne (16-18 octobre) , résumé, p. 87

NAIMI M.N. (2019) – La plate-forme carbonatée Messénienne du Djebel Aoud Sma (Monts des Ouled Ali, Bassin du Bas Chelif) : Sédimentologie et Géochimie. Mémoire de Master, Université d'Oran 2, 48 p.

NAIMI et al. (2020) – Lithostratigraphie et paléoenvironnements des dépôts messiniens de la terminaison nord-orientale des monts des Ouled Ali (bassin du Bas Chéelif, Algérie nord-occidentale), 467-483p

OSMANLI M. (2012) – La coupe de la carrière Ben Abdelmalek Ramdane (ex. Ouillis) : lithologies et analyses géochimies des niveaux marneux et à sapropèle (Dahra Sud Occidental, Bassin du Bas Chéelif). Mémoire d'Ingénieur d'Etat, Université d'Oran, 44P

ROUCHY J.-M. (1982) – La genèse des évaporites messiniennes de Méditerranée: un bilan Bull. Cent Rech. Prod. 4, pp 511-545

ROUCHY J.-M (1998) - Taberner C., Blanc-Valleron M.M., Sprovieri R., Russell M., Pierre C., Di Stefano E., Pueyo J. J., Caruso A., Dinares-Turrell J., Gomis-Coll E., Cespuglio G., Ditchfield P., Grimalt J., Pestrea S., Combourieu-Nebout N., Santisteban C., (1998) - Sedimentary and diagenetic markers of the restriction in a marine basin: the Lorca Basin (SE Spain) during the Messinian. *Sedimentary Geology*, 121 : 23-55.

ROUCHY et al (2007) - The end of the Messinian salinity crisis: Evidences from the Chelif Basin (Algeria).CR, Algeria, Vol 254, Issues 3–4, 22 October 2007, Pages 386-417.

SOZINHO V. (2020) – Analyse Micropaléontologique de La Formation marno-grésoconglomératique du Djebel Bent Zououda (Dahra Occidental, bassin du Bas Chéelif). Mémoire de Master, Université d'Oran 2, 45 p.

SAINT MARTIN J. P, CONESA G., ANDRE J. P., MULLER J. & BENMOUSSA A. (1996) – Anatomie de quelques plates-formes carbonatées progradantes messiniennes de Méditerranée occidentale. *Bull. Soc. géol. France*, t. 167, 4 : 495-507

SAINT MARTIN J. P. & MOISSETTE P. (1987b) – Bivalves Hétérodontes du Messinien d'Oranie (Algérie occidentale). Bull. Mus. Hist. nat., Paris, 4e sér., 9, section C, 4 : 415- 453.

SYLVAIN. R– Analyse par fluorescence X des éléments traces métalliques dans un sol cultivé (île de La Réunion). Rapport de stage. Université de Provence - Aix–Marseille, 127p

Liste de figures

Fig. 1 : Schéma du bassin du Bas Chélif (d'après Belhadji et <i>al.</i> , 2008)	01
Fig. 2 : Image satellitaire de zone d'étude.....	02
Fig. 3 : Situation géographique de secteur d'étude (Extrait de la carte topographique du Sig N°43 au 1/25.000 ; modifiée)	03
Fig. 4 : Carte géologique simplifiée de la marge méridionale du bassin du Bas Chélif (d'après Saint Martin, 1990; modifié).....	07
Fig. 5 : Sondeuse MUSTANG 4X4 Atlas Copco.....	10
Fig. 6 : Un sécheur pour déshydrater les échantillons avant l'analyse.....	12
Fig. 7 : Concasseur pour broyer les échantillons.....	12
Fig. 8 : Presse hydraulique (préparation des pastilles).....	13
Fig. 9 : Spectromètre à fluorescence X.....	13
Fig. 10 : vue panoramique de zone d'étude et localisation des sondages	15
Fig. 11 : Carte de localisation des différentes coupes correspondent	16
Fig. 12 : Colonne lithostratigraphique des carottes du Sondage AS3	18
Fig. 13 : vue général de la partie supérieure de la formation des calcaires à algues de Djebel Aoud Sma.....	19
Fig. 14 : Colonne lithostratigraphique de carottes du Sondage LO-35.....	21
Fig. 15 : Formation des calcaires récifaux du Djebel Aoud Sma.....	22
Fig. 16 : Colonne lithostratigraphique du Coupe de Chaabat Almagtaa (Allaoua, 2017).....	24
Fig. 17 : Vue panoramique de Djebel Haoudh El Matmar et Djebel Haoud El Kebir	25
Fig. 18 : Colonne lithostratigraphique de la coupe du Djebel Haoudh El Matmar (Naimi, 2019).....	26
Fig. 19 : Vue générale des formations: Marnes grises (1) et formation diatomitique (2) 27	
Fig. 20 : Vue général de la formation diatomitique	27
Fig. 21 : Colonne lithostratigraphique de la coupe du Télégraphe de Oggaz (NAIMI,2019).....	29
Fig. 22 : Colonne lithostratigraphique du coupe de Djebel Haoud El Kebir (CHEKKELI, 2019)	30
Fig. 23 : Corrélation des sondages et des coupes correspondants	31
Fig. 24 : Microphotographie de l'échantillon S3P70.....	35
Fig. 25 : Microphotographie de l'échantillon S5P60.....	36

Fig. 26 : Microphotographie de l'échantillon S4P53.....	37
Fig. 27 : Microphotographie de l'échantillon S5P15.....	38
Fig. 28 : Microphotographie de l'échantillon S3P3.....	39
Fig. 29 : Microphotographie de l'échantillon AF+340.....	41
Fig. 30 : Microphotographie de l'échantillon AF+366.....	42
Fig. 31 : Microphotographie de l'échantillon AF+385.....	43
Fig. 32 : Microphotographie de l'échantillon AF+400.....	44
Fig. 33 : Diagramme de teneur des éléments chimiques du sondage AS3.....	48
Fig. 34 : Diagramme de teneur des éléments chimiques de sondage LO-35.....	49
Fig. 35 : Diagramme de teneur des éléments chimiques de la coupe de Chaabat Almagtaa (Allaoua, 2017)	50
Fig. 36 : Diagramme de teneur des éléments chimiques de la Coupe de Djebel Haoudh El Matmar (Naimi, 2019).....	51
Fig. 37: Diagramme de teneur des éléments chimiques de Coupe de Telegraphe d'Oggaz (Naimi, 2019)	52
Fig. 38: Diagramme de teneur des éléments chimiques de Coupe de Djebel Haoud ElKebir (Chekkali, 2019).....	53

Liste de tableaux

Tab. 1 : Localisation de carrière Djbel Aoud Sma (LafargeHolcim)	02
Tab. 02 : Localisation de sondage AS3 selon Lambert Nord Algérie.....	17
Tab. 03 : Géo-localisation de sondage LO-35 selon Lambert Nord Algérie.	19
Tab. 04 : Géo-localisation de Coupe Chaabat Almagtaa (Allaoua, 2017).....	23
Tab. 05 : Localisation géographique de la coupe du Djebel Haoudh el Matmar	24
Tab. 06 : Localisation géographique de la coupe du Télégraphe de l'Oggaz	28
Tab. 07: Localisation géographique de la coupe du Djebel Haoud el Kebir	29
Tab. 08 : Données récapitulatives micrfaciologiques et environnement de dépôts du Sondage AS 3	45
Tab. 09 : Données récapitulatives micrfaciologiques et environnement de dépôts du Sondage LO-35	45
Tab. 10 : Analyses géochimiques des différentes coupes correspondent	47
Tab. 11 : Tableau synthétique d'analyse microfaciologique et géochimique des calcaires à algues et calcaires récifaux des sondages AS3 et LO-35	57