

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMCCEN
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES
DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

THESE

Présentée
Pour obtenir le grade de

Docteur en Sciences

Par
Ali MOKHTAR SAMET

Spécialité
Micropaléontologie

**LES RADIOLAIRES D'AGE MESSINIEN DU BASSIN DE BAS CHELIF:
SYSTEMATIQUE, BIOSTRATIGRAPHIE ET PALEOECOLOGIE**

Soutenue publiquement le..... 2022 devant les membres du jury :

Choukri SOULIMANE, MCA, UABB-Tlemcen
Abbas MAROK, Professeur, UABB-Tlemcen
Matias REOLID, Professeur, U-Jaen (Espagne)
Mabrouk BOUGHDIRI, Professeur, U-Carthage (Tunisie)
Benali KHARROUBI, Professeur, UST-Oran
Salamet MAHBOUBI, MCA, UABB-Tlemcen

Président
Directeur de thèse
Co-Directeur de thèse
Examineur
Examineur
Examinatrice

Table des matières

	pages
R emerciements	7
R ésumé	9
A bstract	10

Introduction

I. PROBLEMATIQUE	11
II. OBJECTIFS	12
III. MATERIEL ET METHODES	12
A. Sur le terrain	12
B. Au laboratoire	13
1. Lavage	13
2. Classification et détermination des radiolaires	13
3. Microscope Electronique à Balayage	14
4. Géochimie	14
4.1. La spectrométrie de fluorescence X (FRX)	14
4.2. Le Carbone Organique Total (COT)	15
5. Calcimétrie	15

Premier chapitre: **Cadre général**

I. GENERALITES GEOGRAPHIQUES ET GEOLOGIQUES	16
A. Contexte géographique	16
1. Situation du bassin du Bas Chélif	16
2. Présentation des secteurs considérés	16
2.1. La marge septentrionale	16
2.1.1. Secteur de Ouillis	16

2.1.2. Secteur de Sidi Lakhdar	17
2.2. La marge méridionale	17
2.2.1. Secteur d'El Ghomri	17
B. Contexte géologique	17
1. Au plan structural	17
2. Au plan stratigraphique	18
2.1. Le Miocène inférieur	18
2.2. Le Miocène moyen	19
2.3. Le Miocène supérieur	19
2.4. Le Plio-quadernaire	21
II. ETAGE MESSINIEN: HISTORIQUE ET LIMITES	21
A. Historique	21
B. Limites de l'étage	22
1. La limite inférieure: Tortonien/Messinien (T/M)	23
2. La limite supérieure: Messinien/Zancléen (M/Z)	29
Deuxième chapitre:	
Lithostratigraphie & Eléments de datation	
I. INTRODUCTION	26
II. FORMATION DIATOMITIQUE: DEFINITION, AGE ET LIMITES	26
A. Définition	26
B. Age et limites	26
III. ETUDE DES SECTIONS CONSIDEREES	27
A. Sur la marge septentrionale	27
1. Section de Ouillis	27
1. 1. Localisation de la section	27
1. 2. Description	28
1. 3. Eléments de datation	30
2. Section de Sidi Lakhdar	30
2. 1. Localisation de la section	30
2. 2. Description	31
2. 3. Eléments de datation	33
B. Sur la marge méridionale	33
1. Section d'El Ghomri	33
1. 1. Localisation de la section	33
1. 2. Description	34
1.2.1. Formation des marnes grises	34
1.2.2. Formation diatomitique	34
1. 3. Eléments de datation	36
IV. CONCLUSION	36

Troisième chapitre: Systématique des radiolaires

I. GENERALITES SUR RADIOLAIRES	37
A. Introduction	37
B. Rappel sur l’histoire des radiolaires	37
C. Cytologie	38
1. La partie molle organique	38
2. La partie dure squelettique	40
D. Ecologie	41
1. Mobilité	41
2. Nutrition	41
II. INVENTAIRE SYSTEMATIQUE	42
Genre <i>Actinomma</i> Haeckel, 1860	42
Espèce <i>Actinomma</i> sp. 1	42
Espèce <i>Actinomma</i> sp. 2	43
Genre <i>Hexacantium</i> Haeckel, 1881	43
Espèce <i>Hexacantium laevigatum</i> Haeckel, 1887	43
Espèce <i>Hexacantium</i> sp. 1	43
Espèce <i>Hexacantium</i> sp. 2	44
Espèce <i>Hexacantium</i> sp. 3	44
Genre <i>Stylosphaera</i> Ehrenberg, 1847	44
Espèce <i>Stylosphaera</i> sp.	44
Genre <i>Cenosphaera</i> Ehrenberg, 1854	44
Espèce <i>Cenosphaera</i> sp.	44
Genre <i>Thecosphaera</i> Haeckel, 1881	45
Espèce <i>Thecosphaera</i> sp.	45
Genre <i>Rhizosphaera</i> Haeckel, 1860	45
Espèce <i>Rhizosphaera</i> sp.	45
Genre <i>Didymocyrtis</i> Haeckel, 1860	45
Espèce <i>Didymocyrtis avita</i> (Riedel, 1953)	45
Espèce <i>Didymocyrtis</i> sp.	46
Genre <i>Heliodiscus</i> Haeckel 1881, emend. Nigrini, 1967	46
Espèce <i>Heliodiscus</i> sp.	46
Genre <i>Dictyocoryne</i> Ehrenberg, 1860a	47
Espèce <i>Dictyocoryne profunda</i> Ehrenberg, 1860a	47
Espèce <i>Dictyocoryne malagaense</i> (Campbell & Clark, 1944)	47
Espèce <i>Dictyocoryne muelleri</i> (Haeckel, 1862)	49
Espèce <i>Dictyocoryne</i> sp. 1	49
Espèce <i>Dictyocoryne</i> sp. 2	49
Espèce <i>Dictyocoryne</i> sp. 3	50
Genre <i>Spongodiscus</i> Ehrenberg, 1854	50
Espèce <i>Spongodiscus</i> sp. 1	50
Espèce <i>Spongodiscus</i> sp. 2	50

Genre <i>Stylodictya</i> Ehrenberg, 1847	50
Espèce <i>Stylodictya</i> sp.	50
Genre <i>Phortidium</i> Haeckel, 1881	51
Espèce <i>Phortidium pylonium</i> Haeckel, 1887	51
Genre <i>Larcopyle</i> Dreyer, 1889	51
Espèce <i>Larcopyle</i> sp. 1	51
Espèce <i>Larcopyle</i> sp. 2	52
Genre <i>Larcospira</i> Haeckel, 1887	52
Espèce <i>Larcospira quadrangula</i> Haeckel, 1887	52
Genre <i>Eucyrtidium</i> Ehrenberg, 1847b, emend. Nigrini, 1967	53
Espèce <i>Eucyrtidium acuminatum</i> (Ehrenberg, 1844)	53
Genre <i>Stichocorys</i> Haeckel, 1881	53
Espèce <i>Stichocorys peregrina</i> (Riedel), 1953	53
Espèce <i>Stichocorys</i> cf. <i>peregrina</i>	54
Espèce <i>Stichocorys delmontensis</i> (Campbell & Clark), 1944	55
Genre <i>Pterocanium</i> Ehrenberg, 1847	56
Espèce <i>Pterocanium</i> sp.	56
Genre <i>Carpocanium</i> Ehrenberg, 1847	56
Espèce <i>Carpocanium favosa</i> (Haeckel), 1887	56
Genre <i>Lamprocyclas</i> Haeckel, 1881	57
Espèce <i>Lamprocyclas maritalis</i> Haeckel, 1887	57
Genre <i>Albastrossidium</i> Sanfilippo, 1992	58
Espèce <i>Albastrossidium</i> sp.	58
Genre <i>Lamprotripus</i> Haeckel, 1881	58
Espèce <i>Lamprotripus hirundo</i> (Haeckel, 1887)	58
Genre <i>Collosphaera</i> Müller, 1855, Bjorklund & Goll, 1979	59
Espèce <i>Collosphaera</i> aff. <i>huxleyi</i> Müller, 1855	59

Quatrième chapitre: Biostratigraphie & Paléoécologie

I. DISTRIBUTION BIOSTRATIGRAPHIQUE	61
A. Associations des radiolaires	61
1. Dans la section de Ouillis	61
1.1. Association I	61
1.2. Association II	62
1.3. Association III	63
2. Dans la section de Sidi Lakhdar	64
2.1. Association I	64
2.2. Association II	64
3. Dans la section d'El Ghomri	65
3.1. Association I	65
3.2. Association II	66
3.3. Association III	67
B. Associations des foraminifères	67

1. Dans la section de Ouillis	67
1.1. Associations des foraminifères benthiques	67
1.2. Associations des foraminifères planctoniques	68
2. Dans la section de Sidi Lakhdar	68
2.1. Associations des foraminifères benthiques	68
2.2. Associations des foraminifères planctoniques	69
3. Dans la section d'El Ghomri	71
3.1. Associations des foraminifères benthiques	71
3.2. Associations des foraminifères planctoniques	73
II. ZONATION BIOSTRATIGRAPHIQUE	76
III. INTERPRETATION PALEOECOLOGIQUE	76
A. Les conditions paléoenvironnementales	76
B. La paléobathymétrie à partir des assemblages des radiolaires	78
IV. CONCLUSION	79

Cinquième chapitre: **Analyse géochimique**

I. INTRODUCTION	80
II. ANALYSE GEOCHIMIQUE	80
A. Résultats	80
1. Les couples redox	80
2. Le Carbone Organique Total et les éléments géochimiques indicateurs	80
3. Les couples détritiques	82
B. Discussion	83
III. CONCLUSION	85

Conclusion générale & Perspectives de recherche

I. CONCLUSION GENERALE	87
A. Sur le plan lithostratigraphique	87
B. Sur le plan micropaléontologique	87
C. Sur le plan biostratigraphique	87
D. Sur le plan paléoécologique	88
E. Sur le plan géochimique	88
II. PERSPECTIVES DE RECHERCHE	89

R éférences bibliographiques	90
L iste des figures	112
L iste des planches	114

Remerciements

Remerciements

En tout premier lieu, je remercie le Dieu tout puissant, de m'avoir donné la force pour achever ce travail de recherche.

Je tiens également à remercier:

Monsieur **Abbas MAROK**, Professeur à l'Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen, qui n'a jamais refusé de me consacrer son temps malgré ses nombreuses occupations. Depuis ma première inscription à l'Université de Tlemcen, il n'a cessé de me faire profiter de son expérience sur le terrain et au laboratoire. Aujourd'hui, je ne peux oublier ses conseils et ses orientations constructifs qui ont développé en moi, l'esprit de recherche, comme j'ai eu la chance de côtoyer de nombreux chercheurs de nationalité étrangère.

Monsieur **Matias REOLID PEREZ**, Professeur à l'Université de Jaén (Espagne), et en qualité de co-directeur de thèse m'a aidé énormément lors de mes séjours scientifiques à Jaén. Ses grandes connaissances sur la paléoécologie des microfossiles ont été pour moi un support incontournable pour mieux comprendre le biota des radiolaires.

Monsieur **Choukri SOULIMANE**, Maître de Conférences classe A à l'Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de cette thèse. Je tiens une fois encore à le remercier pour son aide durant la préparation de ce travail.

Monsieur **Mabrouk BOUGHDIRI**, Professeur à l'Université de Carthage (Tunisie) et spécialiste des radiolaires, de bien vouloir accepter de juger mon travail et d'apporter son avis et ses critiques.

Monsieur **Benali KHARROUBI**, Professeur à l'Université des Sciences et de Technologie Mohamed Boudiaf-Oran, qui a bien voulu consacrer son temps à lire et à donner ses précieuses remarques sur cette thèse.

Madame **Salamet MAHBOUBI**, Maître de Conférences classe A à l'Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen, d'avoir bien voulu examiner ce travail.

Qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde reconnaissance à grand spécialiste des radiolaires du Miocène, Monsieur **Shin-Ishi KAMIKURI**, Professeur à l'Université de Ibaraki (Japon), qui m'a accordé son aide efficace sur la détermination de certains taxons. Etudiés. Ses remarques et ses travaux antérieurs sur les radiolaires ont été très utiles pour l'avancement de mes recherches.

Je remercie vivement Monsieur **Demetrio BOLTOVSKOY**, Professeur à l'Université de Buenos Aires (Argentine), spécialiste des radiolaires actuels, qui a bien voulu répondre à toutes mes questions.

Mes remerciements vont aussi à tous les collègues chercheurs du laboratoire de géologie de Tlemcen. Je citerai en particulier:

Messieurs **Mustapha BENADLA** et **Ibrahim LASGAA** qui m'ont parfois accompagné sur le terrain pour lever de certaines sections. Je ne peux également oublier leur soutien moral.

Madame **Fatiha HADJI** qui m'a associé dans un excellent travail de recherche réalisé sur les argiles du Miocène du bassin de Bas Chélif.

Je ne saurais oublier de remercier tous les membres du laboratoire de Bio-ressources Naturelles (LBRN) de l'Université de Chélif.

Enfin, je ne peux finir cette page sans remercier mes parents, ma femme et ma famille pour leur soutien.

Résumé

Résumé

La formation diatomitique messinienne du bassin du Bas Chélif (Algérie nord occidentale) constitue le témoignage des premiers stades de la restriction de la mer Méditerranée lorsque les connexions avec l'océan Atlantique sont limitées. Dans cette optique, et à partir du lever de trois sections (Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri), une étude micropaléontologique détaillée a permis pour la première fois en Algérie, l'identification de 36 espèces et 22 genres des radiolaires. La distribution biostratigraphique de ces espèces confirme l'âge messinien (Biozone à *Stichocorys peregrina*).

Par ailleurs, l'analyse qualitative et quantitative des assemblages de radiolaires montre une diversification spécifique et générique importante dans les premiers membres de la formation diatomitique. Vers le sommet des sections, la diminution de la diversité et l'absence de la microfaune siliceuse sont liées à une nouvelle oxygénation du milieu. Ainsi, dans la section de Ouillis, la répartition verticale de polycystines comparée avec les assemblages des foraminifères et les données géochimiques montre la présence d'une phase anoxique au niveau des membres (1) et (2). En revanche, dans les sections de Sidi Lakhdar et d'El Ghomri, on enregistre une dysoxie des fonds marins, avec des interruptions marquées par des épisodes oxiques le long de la formation étudiée.

Mots-clés: Bassin du Bas Chélif, Radiolaires, Foraminifères, Messinien, Micropaléontologie, Biostratigraphie, Anoxie

Abstract

Abstract

The Messinian diatomite formation of the Lower Chelif Basin (north-western Algeria) bears witness to the early stages of the restriction of the Mediterranean Sea when connections with the Atlantic Ocean were limited. In this perspective, and from the survey of three sections (Ouillis, Sidi Lakhdar and El Ghomri), a detailed micropalaeontological study has allowed for the first time in Algeria, the identification of 36 species and 22 genera of radiolarians. The biostratigraphic distribution of these species confirms the Messinian age (Biozone *Stichocorys peregrina*).

Furthermore, the qualitative and quantitative analysis of the radiolarian assemblages shows a significant specific and generic diversification in the first members of the diatomite formation. Towards the top of the sections, the decrease in diversity and the absence of the siliceous microfauna are linked to a new oxygenation of the environment. Thus, in the Ouillis section, the vertical distribution of polycystins compared with the foraminiferal assemblages and the geochemical data shows the presence of an anoxic phase at the level of members (1) and (2). In contrast, in the Sidi Lakhdar and El Ghomri sections), a dysoxia of the seabed is recorded, with interruptions marked by oxic episodes along the studied formation.

Key-words: Lower Chelif Basin, Radiolarians, Foraminifera, Messinian, Micropaleontology, Biostratigraphy, Anoxia

Introduction

Introduction

I. PROBLEMATIQUE

Au même titre que les autres groupes de microfossiles, les radiolaires peuvent être utilisés pour les corrélations biostratigraphiques des formations sédimentaires. En outre, la comparaison avec d'autres formes actuelles qui vivent dans les différents milieux, permet de reconnaître les conditions paléogéographiques d'un environnement sédimentaire à des intervalles chronologiques bien déterminés. Ainsi, et dans plusieurs régions du globe, l'intérêt accru pour les radiolaires d'âge néogène à récent s'est traduit par une production scientifique importante, en matière d'articles. Durant la période allant de 1970 à 2020, nous pouvons citer les principaux travaux de: Petrushevskaya & Kozlova (1972); Sanfilippo & *al.* (1973, 1985); Kling (1973); Foreman (1975); Chen (1975); Westberg & Riedel (1978); Sakai (1980); Weaver & *al.* (1981); Waever (1983); Nigrini & Lombardi (1984); Morley & Khol (1986); Boltovskoy & Jankilevich (1985); Caulet (1986a, 1991); Takahashi (1991); Wang & Yang (1992); Sanfilippo & Nigrini (1995); Motoyoma (1996); Chen & Tan (1996); Vigour & Lazarus (2002); Zapata & Olivares (2005); Okazaki & *al.* (2005); Motoyama & Nishimura (2005); Kamikuri & *al.* (2007, 2009, 2012); Oseki & Suzuki (2009); Hernández-Almeida & *al.* (2013); Dayal (2014); Matsuzaki & *al.*, (2014a, 2020); Cortese & Alvarez-Zarikian (2015); Sandoval (2017); Kamikuri (2017, 2019); Tochilina & Vasilenko (2018); Zhang & *al.* (2018); Matsuzaki & Itaki (2019).

Par ailleurs, à l'échelle du bassin méditerranéen, les premières études purement classiques sur les radiolaires étaient basées sur le plancton méditerranéen et les sédiments du Tertiaire supérieur et du Quaternaire. Les citations ci-après, bien que loin d'être exhaustives, servent à illustrer les tendances générales. Après un article préliminaire en 1857, Müller (1858) publia une importante monographie sur les membres de ce groupe dans le plancton méditerranéen. Dans la même année, Ehrenberg a décrit un certain nombre de formes provenant de sédiments et de roches méditerranéennes qu'il avait précédemment illustrées. Haeckel (1860a,b) décrit les formes trouvées vivant dans le port de Messine et publia deux années après une monographie substantielle, basée en grande partie sur le plancton. En plus des brefs rapports d'Ehrenberg, des études plus complètes sur les radiolaires du Miocène supérieur ont été publiées par Stöhr (1880) et Dreyer (1890). Un certain nombre d'espèces du Pliocène de Calabre ont été décrites, mais non illustrées par Seguenza (1880).

A partir des années trente, des scientifiques ont focalisé leurs travaux sur la cytologie des radiolaires méditerranéens et sur la relation entre le squelette et les parties molles (Enriques, 1931; Hollande & Enjumet, 1960).

Dans les années soixante-dix, les paléontologues se tournent à nouveau vers le Néogène de la méditerranée afin de mieux décrire les espèces présentes dans les sédiments récents (Caulet, 1974) et d'effectuer des corrélations biostratigraphiques entre les assemblages méditerranéens et ceux des basses latitudes pour lesquels une zonation avait été déjà établie (Sanfilippo & *al.*, 1973; Riedel & *al.*, 1974; Sanfilippo & Riedel, 1975). Notons que également que la recherche sur les radiolaires a permis à Zachariasse & *al.* (1978) d'apporter la preuve que l'apparition de lits occasionnels de microfossiles siliceux dans des séquences calcaires qui en seraient autrement dépourvues, peut être due à une augmentation temporaire de la productivité biologique en tant que résultat de la remontée d'eaux plus froides et riches en nutriments.

Dans le présent travail, et à la lumière des résultats publiés çà et là, nous avons axé notre recherche sur deux aspects importants concernant les radiolaires du Miocène supérieur de la marge sud du bassin méditerranéen où aucune étude n'a pu être réalisée à ce jour. Il s'agit donc de l'aspect systématique qui mérite d'être abordé avec une figuration de l'ensemble des espèces et de l'aspect relatif au paléoenvironnement et au biota des assemblages méditerranéens qui sera discuté ici.

II. OBJECTIFS

Ce travail axé essentiellement sur la micropaléontologie vise à mieux comprendre le Messinien de l'Algérie nord-occidental, à travers un assemblage de radiolaires cité pour la première fois par Mokhtar Samet (2013) dans le bassin du Bas Chélif. De ce fait, les principaux objectifs de cette étude nous amènent à:

- lever des sections sur les deux marges du bassin du Bas Chélif pour avoir une idée sur la répartition spatio-temporelle des dépôts diatomitiques du Messinien;
- donner pour la première fois une systématique détaillée des radiolaires messiniens du bassin du Bas Chélif;
- étudier la distribution biostratigraphique des radiolaires ainsi que les conditions paléoenvironnementales de leur biota;
- évaluer quantitativement les espèces de radiolaires récoltées le long des sections étudiées;
- rechercher le degré de contrôle de l'événement anoxique sur la vie de la microfaune siliceuse étudiée. Une analyse géochimique a été réalisée pour répondre à cette question.

III. MATERIEL ET METHODES

Les différents résultats exposés dans ce travail de recherche découlent des observations et des analyses effectuées en deux étapes.

A. Sur le terrain

Le travail de terrain a été axé sur le lever détaillé de trois sections situées sur les deux marges du bassin. Il s'agit des sections de Ouillis et de Sidi Lakhdar levées dans la partie septentrionale et la section d'El Ghomri située dans la partie méridionale du bassin. Chaque section a été échantillonnée de manière systématique, afin d'affiner la datation des niveaux stratigraphiques d'une part de charger les indices sédimentologiques,

minéralogiques et géochimiques témoignant de l'impact de l'anoxie sur la vie de la microfaune.

B. Au laboratoire

Cette étape consiste à réaliser les travaux suivants:

1. Lavage

C'est l'opération la plus utilisée pour extraire les microfossiles. Dans le cas de notre étude, les marnes (250 g par échantillon) sont plongées dans de l'eau. Le sédiment ainsi désagrégé est passé au travers d'une série emboîtée de tamis à mailles différentes, avec de haut en bas: 250 μm , 125 μm , 63 μm . Cette opération s'effectue sous un filet d'eau, en brassant doucement le sédiment du bout des doigts jusqu'à ce que le filtrat sorte limpide. Pour éviter les contaminations des microfossiles d'un lavage à un autre, les trois tamis sont régulièrement brossés à l'eau après chaque utilisation et trempés dans une solution de bleu de méthylène à 5% pendant quelque minute.

Enfin, le résidu sec étalé au fond d'une petite cuvette à fond noir est examiné sous la loupe binoculaire à des grossissements voisins de X40. Les microfossiles prélevés à l'aide d'un fin pinceau sont placés ensuite dans des cellules numérotées pour commencer les déterminations.

2. Classification et détermination des radiolaires

La taxinomie de la plupart des polycystines y compris les Spumellaria reste encore assez controversée. A titre d'exemple, au niveau du genre, la plupart des chercheurs utilisent encore le schéma proposé par Haeckel dans sa monographie de 1887 qui comprend un synopsis de classification et de brèves définitions pour tous les taxons traités. Ledit schéma taxinomique proposé par Haeckel reste non convaincant, car il ne tient pas compte de la variabilité intraspécifique et des relations phylogénétiques.

Par ailleurs, depuis les années soixante, plusieurs systèmes de classification alternatifs ont été proposés. Nous citons la classification la plus récente publiée par De Wever & *al.* (2001): Radiolarians in the Sedimentary Record. Mais, pour les spécialistes des radiolaires, la classification de Riedel (1971): Systematic classification of polycystine Radiolaria reste encore valable.

En ce qui concerne notre travail, certains genres déterminés ont fait l'objet de plusieurs études ultérieures, notamment Riedel & Sanfilippo (1971); Petrushevskaya & Kozlova (1972); Kling (1973); Sanfilippo & *al.* (1973); Foreman (1975); Molina-Cruz (1977); Nigrini & Moore (1979); Sakai (1980); Johnson & Nigrini (1980); Waever (1983); Nigrini & Lombardi (1984); Morley & Kohl (1986); Boltovskoy & Jankilevich (1985); Caulet (1986a), Nishimura (1987); Westberg & Riedel (1978); Caulet (1991); Gupta (1991); Takahashi (1991); Wang & Yang (1992); Sharma & Singh (1993); Sanfilippo & Nigrini (1995); Chen & Tan (1996); Boltovskoy (1998, 1999); Cortese & Bjørklund (1999); Zapata & Olivares (2005); Vergara & *al.* (2008); Oseki & Suzuki (2009); Kamikuri & *al.* (2009); Krsinic & Krsinic (2012); Dayal (2014); Matsuzaki & *al.* (2014a, 2015, 2020); Cortese & Alvarez-Zarikian (2015); Kamikuri (2017, 2019); Sandoval (2017); Tochilina & Vasilenko (2018); Zhang & *al.* (2018), Matsuzaki & Itaki (2019).

A noter qu'une détermination incomplète ou ouverte s'exprime en intercalant le signe aff. (Affinité) entre le nom du genre et de l'espèce, ou en remplaçant le nom spécifique par sp. (nomenclature ouverte).

3. Microscope Electronique à Balayage

Les polycystines préservées ont été placées et collées dans des porte-échantillons en aluminium pour une métallisation ultérieure et pour la réalisation des photos à l'aide du Microscope Electronique à Balayage (MEB) de l'Université de Jaén, Espagne (fig. 1).



Figure 1: Microscope Electronique à Balayage (Université de Jaén, Espagne)

4. Géochimie

Deux types d'analyses géochimiques ont été réalisés ici:

4.1. La spectrométrie de fluorescence X (FRX)

Sans détailler cette technique, les principaux éléments ont été détectés par fluorescence X (XRF) par le spectromètre Philips Magix Pro (PW-2440) au Centro de Instrumentación Científica (CIC, Universidad de Granada). Les éléments traces ont été déterminés à l'aide d'un spectromètre de masse à plasma à couplage inductif NExION 300D (ICP-MS) au CIC, avec une erreur instrumentale était de $\pm 5\%$.

L'analyse de la teneur en éléments redox sensibles (RSE) tels que U, Co, Cu, Mo et Ni s'est avérée être un outil puissant pour interpréter les conditions redox dans les océans lors d'événements anoxiques, car ces éléments sont moins solubles dans des conditions réductrices. conditions suboxiques et anoxiques (Wignall & Myers, 1988; Jones & Manning, 1994; Gallego-Torres & *al.*, 2007; Reolid & *al.*, 2012, 2015; Rodríguez-Tovar & Reolid, 2013). La teneur en éléments traces a été normalisée à la teneur en Al (Calvert & Pedersen, 1993), en supposant que l'Al est principalement hébergé par des aluminosilicates (Calvert, 1990). Anisi, les effets lithologiques sur les concentrations en éléments traces sont minimisés.

Pour analyser les paléo -oxygénation, divers proxies redox évaluant l'augmentation relative des éléments redox sensibles (U/Th, Ni/Co, Co/Al, Mo/Al, Cu/Al et Ni/Al) ont été appliqués (Nagao & Nakashima, 1992; Calvert & Pedersen, 1993; Jiménez-Espejo & *al.*, 2007; Reolid & *al.*, 2012, 2015), de plus, des facteurs d'enrichissement distincts (Mo et U) (Zhou & *al.* (2012) et Tribovillard & *al.* (2012), inclus $Mo_{EF} = [Mo/Al]_{\text{échantillon}}/[Mo/Al]_{PAAS}$ et $U_{EF} = [U/Al]_{\text{échantillon}}/[U/Al]_{PAAS}$.

Par contre, l'étude de la paléoproduktivité a été réalisée en appliquant Ba/Al, (Turgeon & Brumsack, 2006; Gallego-Torres & *al.*, 2007; Reolid & *al.*, 2015), Sr/Al (Su & *al.*, 2008; Reolid & Martínez -Ruiz, 2012) et U authigène (Yu & *al.*, 1999; Chase & *al.*, 2001; Tribovillard & *al.*, 2006; Reolid & *al.*, 2021). A noter que l'uranium authigène (U_{aut}) a été calculé d'après Myers & Wignall (1987): $U_{aut} = U_{tot} (Th/3)$.

Enfin, certains rapports élément/Al (Rb/Al, Zr/Al et Zr/Rb) ont été utilisés pour la reconstruction de l'apport détritique, avec la différenciation entre le transport fluvial (Rb/Al)(Chester & *al.*, 1977; Rodríguez-Tovar & Reolid, 2013) et contribution éolienne (Zr/Al)(Pye, 1987; Rodríguez-Tovar & Reolid, 2013). Le Zr/Rb a été utilisé comme approche du rapport limon/argile (Dypvik & Harris, 2001; Kylander & *al.*, 2011).

4.2. Le Carbone Organique Total (COT)

La teneur en Carbone Organique Total (COT) a été mesurée à l'aide d'un analyseur Shizmazdu (TOC-V sch) de l'Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología (IRNAS) du CSIC-Sevilla (Espagne). Ladite teneur peut être également utilisée comme proxy indirect de la paléoproduktivité (Gupta & Kawahata, 2006; Plewa & *al.*, 2006; Su & *al.*, 2008; Reolid & *al.*, 2012), bien que des teneurs en COT accrues puissent résulter d'une faible ventilation des eaux de fond et de l'appauvrissement en oxygène.

5. Calcimétrie

Le taux de $CaCO_3$ (exprimé en pourcentage) a été mesuré dans chaque échantillon de marne en utilisant un calcimètre Bernard. Le principe consiste à attaquer au HCl une quantité connue de poudre (environ 300 mg) et à mesurer le volume de dioxyde de carbone (CO_2) dégazé au cours de la réaction d'attaque du carbonate de calcium ($CaCO_3$).

Première chapitre: Cadre général

Premier chapitre: Cadre général

I. GENERALITES GEOGRAPHIQUES ET GEOLOGIQUES

A. Contexte géographique

1. Situation du bassin du Bas Chélif

Le bassin de Chélif, 500 km de longueur et 25 à 75 km de large a été subdivisée par Perrodon (1957) en Haut, Moyen et Bas Chélif. Ce bassin est compris entre les massifs littoraux (Djebel Murdjadjo, massif d'Arzew et le massif de Dahra) au Nord et les Monts des Tessala, Béni Chougrane et le massif de l'Ouarsenis au Sud (fig. 2). Il se prolonge à l'Ouest par la région d'Aïn Témouchent et à l'Est par le massif de Beni Menacer.

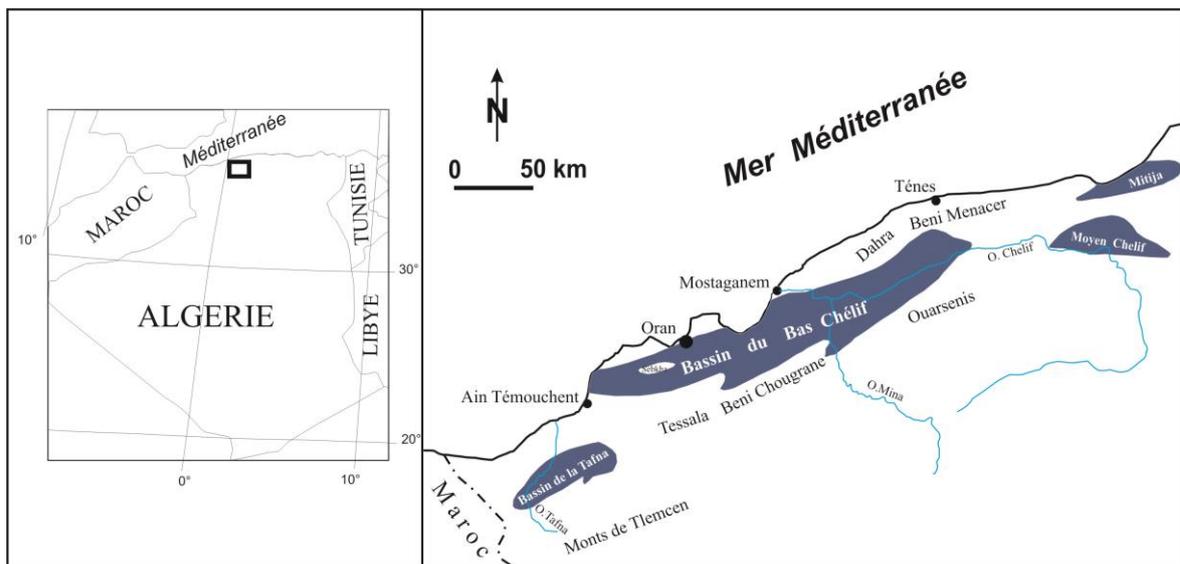


Figure 2: Situation géographique du bassin du Bas Chélif (d'après Perrodon, 1957).

2. Présentation des secteurs considérés

2.1. La marge septentrionale

2.1.1. Secteur de Ouillis

Ce secteur est limité au Nord par Djebel Zegmoun, au Sud par Oued Chélif, à l'Ouest par l'embouchure du Chélif et à l'Est, elle fait partie de la terminaison sud-

occidentale du massif de Dahra (fig. 3). Ce dernier se prolonge parallèlement à la côte sous forme d'un pays de collines abruptes et ravinée orientée NE-SW. Il s'étend sur une largeur de 70 km à partir de l'embouchure du Chélif à l'Ouest jusqu'au massif de Méliana à l'Est. L'altitude moyenne varie entre 500 et 700 m.

2.1.2. Secteur de Sidi Lakhdar

Ce deuxième secteur est situé dans la partie nord-occidentale du massif de Dahra (fig. 3). Il est bordé au Nord par le plateau de Hachacha, au Sud par la partie ouest des Monts de Dahra, à l'Ouest par Djebel Zegmoun et enfin à l'Est par la partie centrale des Monts de Dahra.

2.2. La marge méridionale

2.2.1. Secteur d'El Ghomri

Le dernier secteur est situé dans l'extrémité orientale des Monts des Beni Chaugrane (fig. 3). Il est limité au Nord par la plaine de Chélif, au Sud par l'extrémité occidentale du Massif de l'Ouarsenis et à l'Est par Oued Mina.

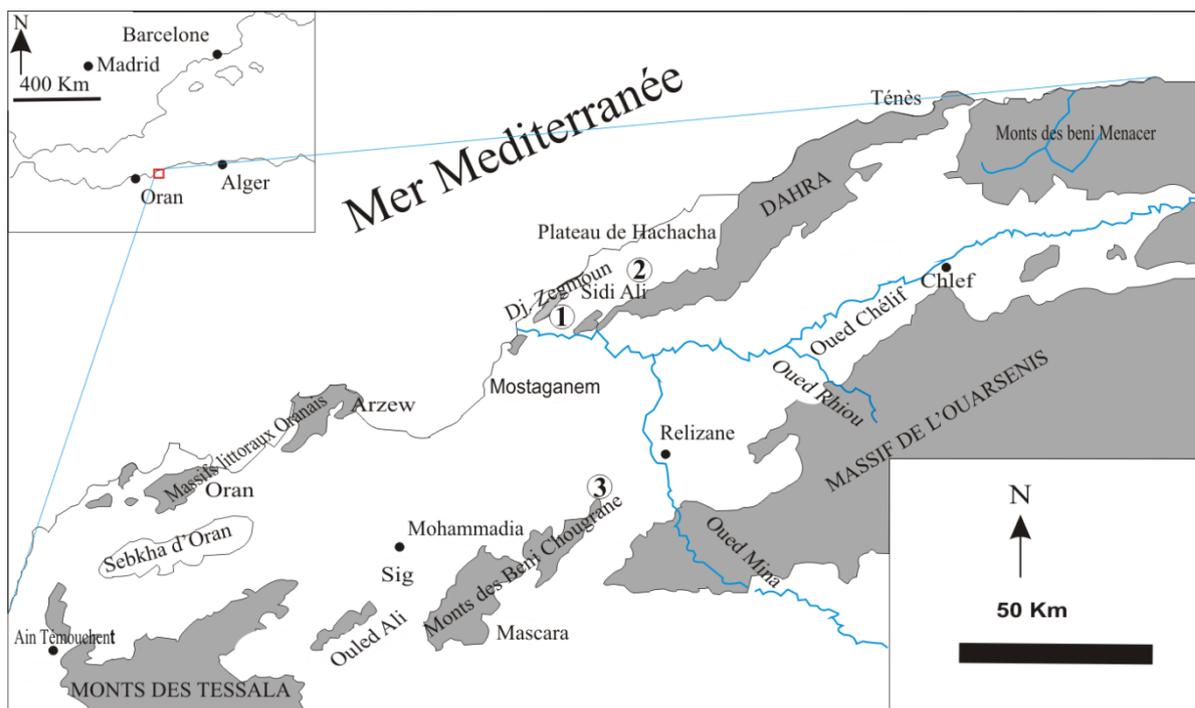


Figure 3: Localisation géographique des secteurs considérés.
 1: Secteur de Ouillis, 2: Secteur de Sidi Lakhdar, 3: Secteur de El Ghomri

B. Contexte géologique

1. Au plan structural

Faisant partie des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie nord occidentale, le bassin du Bas Chélif est un bassin intra-montagneux (Perrodon, 1957; Delfaud & al., 1973) (fig. 4). Sa structure s'est développée à la suite des dernières phases de l'orogénèse alpine (Perrodon, 1957; Delteil, 1974; Guardia, 1975; Aifa & al., 1992). Certaines études

structurales démontrent que la déformation actuelle du bassin du Bas Chélif est principalement compressive avec une direction de raccourcissement NNW-SSE (Philip & Thomas, 1977; Philip & Meghraoui, 1983; Meghraoui, 1982, 1988; Meghraoui & Doumaz, 1996; Meghraoui & *al.*, 1996; Boudiaf & *al.*, 1998; Domzig & *al.*, 2006; Yelles-Chaouche & *al.*, 2006; Guemache, 2010). Ces résultats sont confirmés par les données du paléomagnétique (Derder & *al.*, 2013) qui attestent fort bien que le mouvement de convergence entre les deux plaques d'Afrique et d'Eurasie est interprétée comme un modèle de déformation tectonique transpressionnelle accompagnée par des rotations de blocs le long de la marge continentale algérienne.

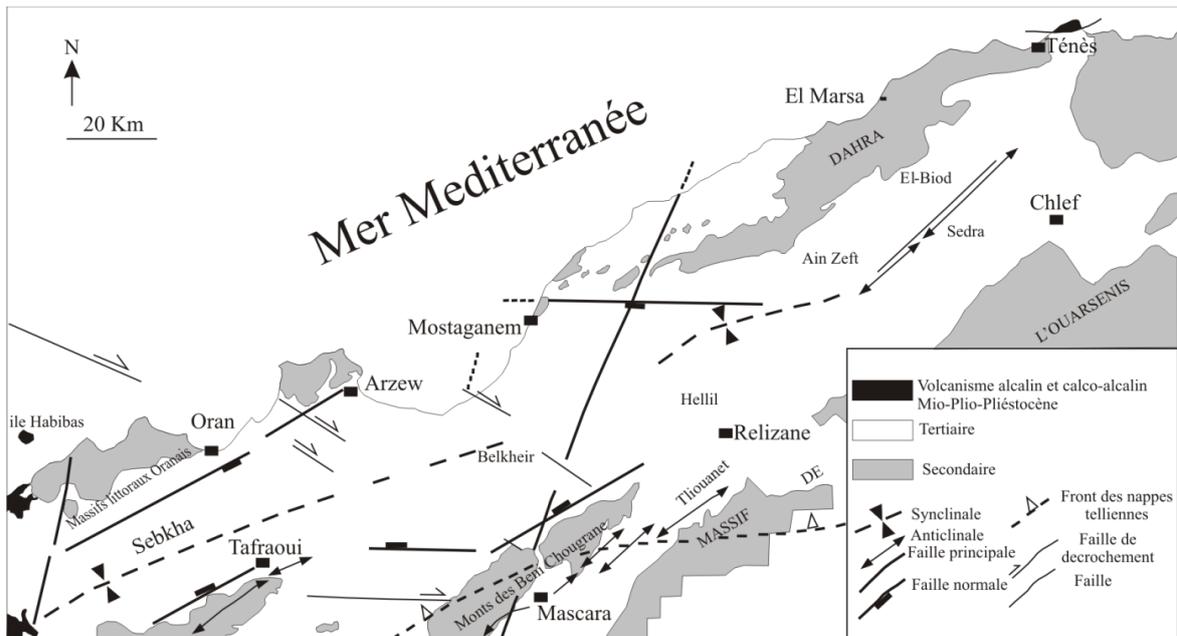


Figure 4: Schéma structural du bassin du Bas Chélif (d'après Arab & *al.*, 2015, modifié).

2. Au plan stratigraphique

Historiquement, la lithostratigraphie du bassin du Bas Chélif a été définie dans plusieurs études (Anderson, 1936; Perrodon, 1957; Delteil, 1974; Fenet, 1975; Guardia, 1975; Rouchy, 1982; Rouchy & *al.*, 1986; Belkebir & Anglada, 1985; Thomas, 1985; Belkebir, 1986; Saint-Martin, 1987; Mansour, 1991; Neurdin-Terscartes, 1992, 1995). Ainsi, l'épaisse série stratigraphique du bassin du Bas Chélif est constituée d'une sédimentation Mio-plio-quadernaire présentant des variations spatiotemporelles et reposant en discordance sur le substratum d'âge crétacé à oligocène (fig. 5). Dans l'ordre ascendant, nous résumons la série stratigraphique type comme suit (fig. 6):

2.1. Le Miocène inférieur

Les dépôts du Miocène inférieur correspondent à la mégaséquence (MSI) de Neurdin-Terscartes (1995). Cette mégaséquence est représentée essentiellement par une sédimentation marine. Cette dernière correspond à un corps sédimentaire gréseux littoral qui s'installe dans les marges nord et sud du bassin et qui passe aux marnes grises contenant des traces de gypse (marnes bleues inférieures) vers le centre. Ces marnes sont intercalées par des niveaux cinéritiques (Perrodon, 1957; Bessedik & *al.*, 2002). Notons

que la partie sommitale de cette mégaséquence montre une sédimentation continentale (couches rouges).

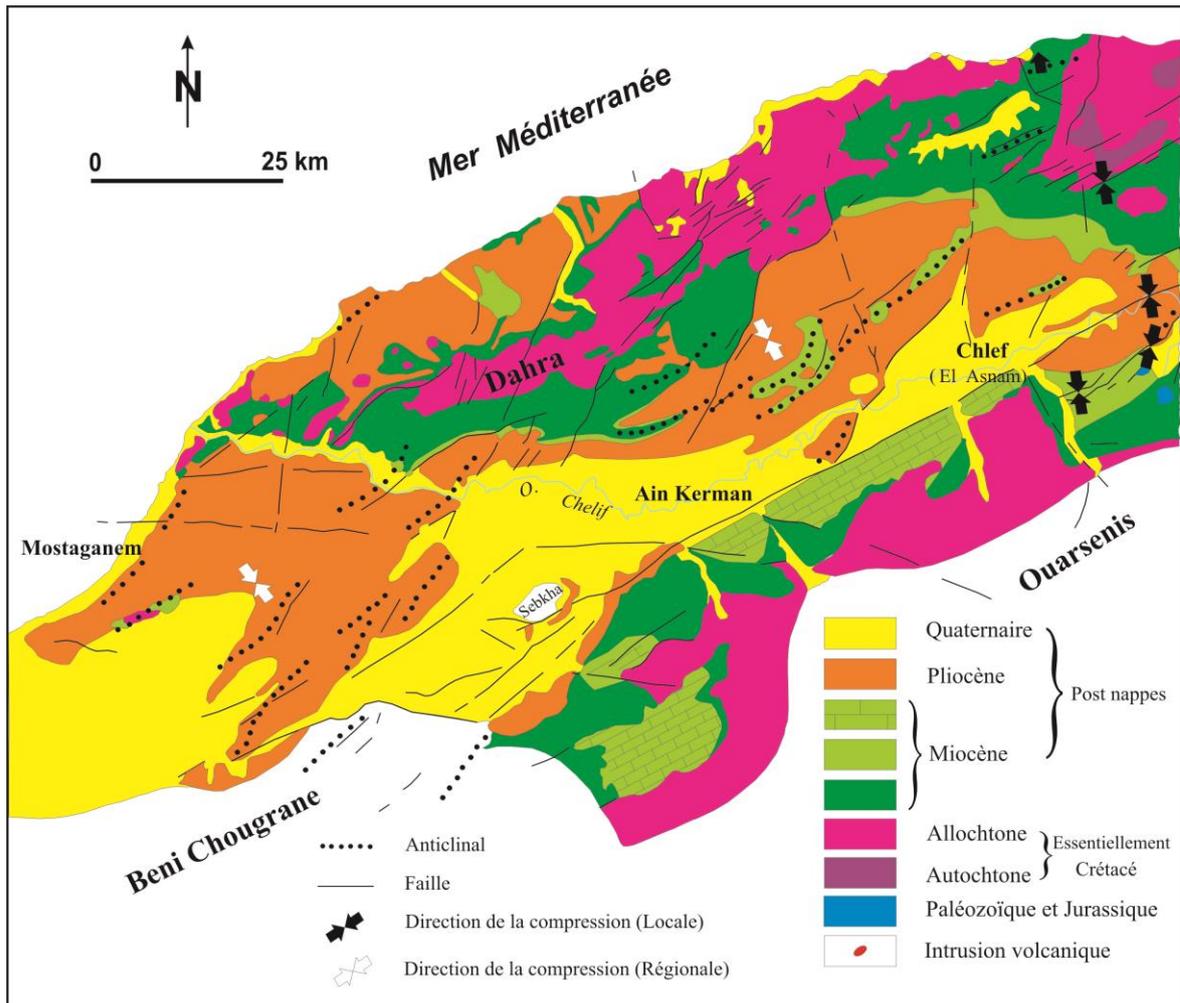


Figure 5: Carte géologique du bassin du Bas Chélif (d'après Meghraoui, 1982).

2.2. Le Miocène moyen

Durant cet intervalle chronologique, on enregistre la présence d'une sédimentation à la fois marine et continentale. Elle est représentée par des grès et des conglomérats, passant latéralement à des grès à intercalations de marnes sableuses et de marnes bleues (Arab & al., 2015). La sédimentation dite continentale est relativement bien développée dans les Monts des Tessala, le littoral oranais et dans les Monts de Dahra (Neurdin-Trescartes, 1995).

2.3. Le Miocène supérieur

Dans le bassin du Bas Chélif, la sédimentation Tortono-messinienne correspond à la mégaséquence (MSII) de Neurdin-Trescartes (1995). Cette dernière comprend des dépôts silicoclastiques à dominance marine, intercalés par des niveaux cinéritiques considérés comme un marqueur chronologique à la base des faciès messiniens (Kieken, 1974).

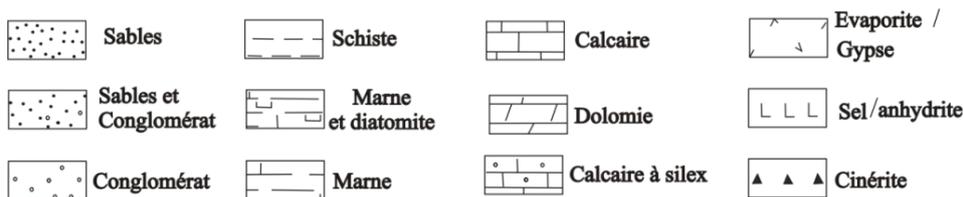
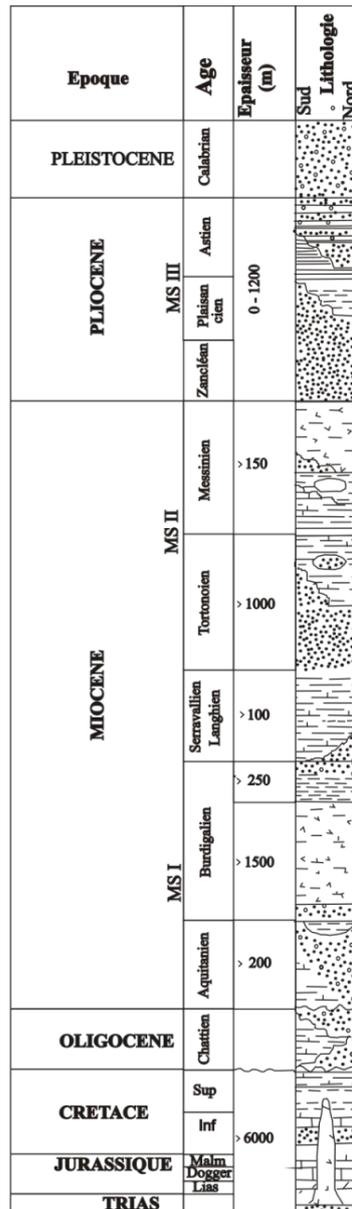


Figure 6: Colonne lithostratigraphique type du Néogène du bassin du Bas Chélif (d'après Arab & al., 2015).

-Le Tortonien

Il est constitué de conglomérats, de grès et de marnes bleues (partie supérieure de la zone N15-N16) qui occupent principalement le centre et les marges du bassin. Selon les secteurs, les dépôts marneux peuvent atteindre 200 m d'épaisseurs.

Durant la même période, la partie sud du bassin (Bou Hanifia, Oued Hammam) se distingue par le dépôt d'un complexe fluvio-lagunaire de couleur rouge (Arambourg, 1959; Jaeger & *al.*, 1973; Neurdin-Terscartes, 1976; Ameer-Chehbeur & *al.*, 1976; Ameer-Chehbeur, 1988). Il est important de souligner que cette période est connue par une intense activité volcanique (Ameer-Chahbeur, 1988).

-Le Messinien

Il s'agit de la formation diatomitique, connue également sous le nom de la formation à Tripoli. Dans le bassin du Bas Chélif, cette formation se caractérise par des marnes ou des marnes à diatomites qui montrent vers le sommet des marnes grises gypsifères intercalées par des niveaux d'anhydrites. Ces dépôts messiniens évoluent par la suite vers une sédimentation carbonatée (calcaires récifaux, calcaires à algues, calcaires biodétritiques) sur les bordures et les hauts fonds du bassin (Perrodon, 1957; Delfaud & *al.*, 1973, Rouchy, 1982; Saint-Martin & Rouchy, 1990). Parallèlement, au centre du bassin, ces dépôts deviennent essentiellement évaporitiques (Rouchy, 1982; Rouchy & *al.*, 2007; Saint-Martin, 1987; Saint-Martin & Rouchy, 1990). Selon Rouchy (1982), une formation marneuse qui désigne une sédimentation post-gypseuse est bien exposée dans la partie orientale du bassin et correspond à l'épisode Logo-Mare.

2.4. Le Plio-quadernaire

Les sédiments du Plio-pléistocène correspondent à la mégaséquence (MSIII) (Neurdin-Trescartes, 1992, 1995).

-Le Pliocène

Les terrains de cet intervalle chronologique sont constitués de grès marins, de marnes bleues, des alternances de grès et de calcaires à algues ainsi que les marnes blanches de la formation de Trubi. Cette dernière évolue localement vers des marnes à passées gréseuses (Belhadji & *al.*, 2008).

-Le Quadernaire

Il s'agit principalement de faciès silicoclastiques.

II. ETAGE MESSINIEN: HISTORIQUE ET LIMITES

A. Historique

Vient du nom de la ville de Messine en Sicile, l'étage du Messinien s'étend de 7,246 à 5,33. Ma. Il a été introduit pour la première fois en 1867 par Mayer-Eymar. Une année plus tard, le même auteur définit cet étage pour combler l'écart entre le Tortonien (Miocène supérieur) et l'Astien (Pliocène inférieur). Selon Mayer-Eymar cet étage désigne tout le Pliocène et comprenait le Tabianien, le Piacenzien et l'Astien. Apparemment, l'auteur a érigé le Messinien sans la connaissance de la stratigraphie locale de la Sicile, pour concourir avec l'étage Zancléan (= nom latin de Messine) introduit par Seguenza (1868). Par manque des données sur la stratigraphie locale, Mayer-Eymar (1868) (*in* Hilgen & *al.*, 2000b) définit le Messinien comme post-Tortonien et pré-Astien.

Au Sud de l'Italie, l'auteur subdivisa le Messinien en unités lithostratigraphiques comprenant: le gypse de la formation de Gessosa-Solfifera et les diatomites de la formation sous-jacente de Tripoli. Quelques années plus tard, Mayer-Eymar revoit sa copie sur les subdivisions stratigraphiques du Messinien et déclare explicitement que le Messinien inférieur comprend « gelbliche bis schwärzliche Schiefertone » qui peut représenter l'équivalent de la diatomite de la formation de Tripoli de la Sicile. Le Messinien moyen est représentée par le gypse et les calcaires associés dans les Apennins. Alors que, le Messinien supérieur qui caractérise les dépôts continentaux, indique une phase régressive avant le Pliocène basal transgressif.

En 1959, le comité du Néogène méditerranéen adopte à Vienne l'étage du Messinien comme l'unité géochronologique standard pour l'intervalle du temps entre le Tortonien et le Pliocène.

En 1960, Selli élimina les contradictions courantes dans la définition originale de Mayer-Eymar et présente le Messinien comme étant la tranche du temps entre le Tortonien et le Pliocène. Cet intervalle du temps est caractérisé par une crise de salinité tout au long de la Méditerranée et essentiellement en Italie (environnement de sédiments hypersalins évaporitiques). Selli a proposé également la section de Pasquasia-Capodarso située au centre de la Sicile comme un neostratotype messinien et il a fait valoir que la limite Tortonio-Messinien devrait être placée à 25 m au dessous de la base locale de la formation diatomitique de Tripoli. Cette limite coïncide avec le premier changement environnemental qui marque le début réel de la crise de salinité.

En 1979, Colalongo & *al.* proposèrent de modifier les étages tortono-messiniennes et définir la limite T/M au niveau de la première occurrence de *Globorotalia conomiozea* sous la base de la formation diatomitique de Tripoli dans la section de Falconara. Malheureusement, la section de Falconara s'est révélée inadaptée à la magnétostratigraphie (Langereis & Dekkers, 1992) à cause de la présence à la fois d'une perturbation tectonique sous les diatomites et d'un glissement de terrain. Devant une telle situation, les scientifiques ont commencé à rechercher une autre limite T/M, avec comme première occurrence de *Globorotalia conomiozea*. Cette première occurrence de l'espèce pourrait être soutenue comme un critère de base pour le choix d'une section et la définition du G.S.S.P. du Messinien.

B. Limites de l'étage

Le choix d'une section appropriée pour déterminer le Global Boundary Stratotype Section and Point (G.S.S.P.) du Messinien n'était pas une tâche difficile pour remplacer les sections de Falconara et de Capodarso-pasquasia. De nombreuses sections disponibles pour définir l'intervalle critique dans une succession marine continue ont été proposées, à l'exemple du Monte del Casino dans le Nord de l'Italie, Faneromeni, Potamidha et Kastelli en île de Crète, Metochia on Gavdos en Grèce et Oued Akrech au Maroc. Toutes ces sections ont été datées astronomiquement et corrélées cyclostratigraphiquement (Krijgsman & *al.*, 1995, 1997). Elles remplissent ainsi les exigences recommandées par l'ICS (Remane & *al.*, 1996). Parmi les sections précitées, nous citons la section d'Oued Akrech au Maroc (Hilgen & *al.*, 2000a,b) et celle d'Eraclea Minoa en Sicile (Van Couvering & *al.*, 2000) qui sont les sections les plus appropriées pour valider définitivement le G.S.S.P. du Messinien.

1. La limite inférieure: Tortonien/Messinien (T/M)

Les marnes bleues classiques de l'atlantique du Maroc ont fait l'objet de nombreuses études, reflétant les progrès réalisés sur la biostratigraphie et la stratigraphie intégrée du Néogène (Choubert & *al.*, 1964; Feinberg & Lorenz, 1970; Bossio & *al.*, 1976; Moreau & *al.*, 1985; Wernli, 1977, 1988; Benson & *al.*, 1991, 1995; Hodell & *al.*, 1989, 1994). Dans cette optique, la section de Oued Akrech (fig. 7) a été étudiée pour tracer la limite inférieure du Messinien (Wernli, 1977; Cita et Ryan, 1978; Sierro & *al.*, 1993; Benson & Rakic-El Bied, 1996; Barbieri, 1998; Hilgen & *al.*, 2000a,b). Cette limite fut validée officiellement par Hilgen & *al.* (2000a,b) pour être le G.S.S.P. du Messinien.

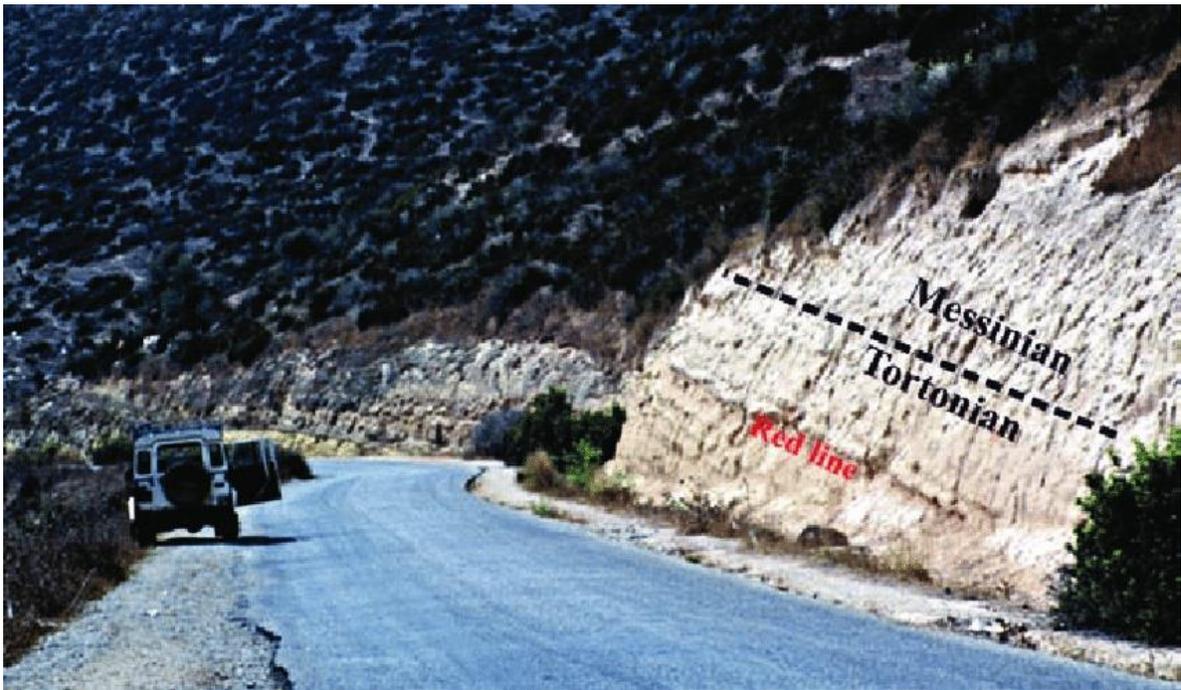


Figure 7: Vue panoramique de la section de Oued Akrech (Maroc).

La limite inférieure du Messinien de Oued Akrech a fourni une excellente répartition biostratigraphique des foraminifères et des nannoplanctons d'une part et un très bon enregistrement de la magnétostratigraphie et de la cyclostratigraphie d'autre part (fig. 8).

Pour les foraminifères planctoniques, les études menées par Feinberg & Lorenz (1970), Bossio & *al.*, (1976), Wernli (1977), Cita & Rayan (1978), Benson & *al.*, (1991), Sierro & *al.* (1993), Barbieri (1998) et Hilgen & *al.*, (2000a,b) ont montré l'existence de quatre événements dans l'ordre stratigraphique:

- la dernière occurrence commune (LCO) de *Globorotalia menardii* 4 de Tjalsma (1971) (=PF- Event 1 de Sierro & *al.*, 1993);
- la première occurrence commune (FCO) de *Globorotalia menardii* 5 avec un enroulement dextre de Tjalsma (1971) (= PF-Event 2 de Sierro 1985; Sierro & *al.*, 1993);
- un changement d'enroulement senestre à dextre important du groupe *Globorotalia scitula* (= PF- Event A de Sierro & *al.*, 1993),

-la première occurrence régulière (FRO) du groupe *Globorotalia miotumida* (= PF-Event 3 de Sierro & al., 1993) et du groupe *Globorotalia conomiozea* de Krijgsman & al. (1995).

En somme, le G.S.S.P. se situe dans la zone sub-tropicale M13b (*Globigérinoïdes extremus* / *Globorotalia plesiotumida*-*Globorotalia linguaensis* de la sous zone d'intervalle de Berggren & al., (1995) et la sous zone de *Globorotalia suturae* d'Iccarino (1985), et coïncide avec la limite de transition des zones Mt9-Mt10 (*Globorotalia conomiozea* / *Globorotalia mediterranea* – sous zone d'intervalle de *Globorotalia sphericomiozea*) de Berggren & al.,(1995).



Figure 8: Vue panoramique de la section de Oued Akrech montrant le stratotype de la limite Tortonien-Messinien à la base d'un lit rougeâtre du cycle OA-15 (d'après Hilgen & al., 2000b).

En ce qui concerne les nanofossiles (Benson & Rakic El-Bied,1996; Hilgen & al., 2000a,b), les données quantitatives révèlent l'existence dans l'ordre stratigraphique, les événements suivants:

- la première occurrence des espèces *Amaurolithus primus*, *Reticulofenestra rotaria* et *Amaurolithus* aff. *amplificus*;
- la première occurrence commune de *Reticulofenestra rotaria*;
- la première occurrence commune d'*Amaurolithus delicatus*.

Ainsi, le G.S.S.P. se situe dans les zones : NN1 1b de Martini (1971) et CN9b de Okada & Bukry (1980).

Pour la magnétostratigraphie, les résultats obtenus par Benson & Rakic-El Bied (1996), Hodell & al. (1989) et Hilgen & al. (2000a,b) montrent un simple étalonnage au GPTS grâce aux corrélations stratigraphiques intégrées aux sections méditerranéennes bien calibrées.

Les deux intervalles de la polarité normale enregistrés correspondent de bas en haut aux: C3Br. 1n, C3Br. 1r et C3Bn.

Enfin, un enregistrement des isotopes stables a été identifié dans Oued Akrech (Hodell & *al.*, 1989).

2. La limite supérieure: Messinien/Zancléen (M/Z)

Cette limite supérieure correspond au Global Boundary Stratotype Section and Point (G.S.S.P.) du Zancléen défini dans la section d'Eraclea Minoa (partie méridionale de la Sicile)(fig. 9). Il s'agit d'une limite très bien exposée où les marnes de Trubi reposent sur des sables et des marnes d'Arenaz-Zolo et qui met fin à la crise de salinité messinienne en Méditerranée. Dans la section Eraclea Minoa, la base de l'étage Zancléen correspond au cycle d'insolation, avec un âge astrochronologique de 5,33 Ma (Lourens & *al.*, 1996).

Sur le plan biostratigraphique, le G.S.S.P. du Zancléen correspond à la première apparition de deux espèces de foraminifères planctoniques (*Globorotalia tumida* et *Globorotalia sphericomiozea*). Il est également défini sur la base de la première occurrence de *Ceratolithus acutus*, de la disparition de *Triquetrorhabdulus rugosus* et enfin de la dernière occurrence de *Discoaster quinqueramus*

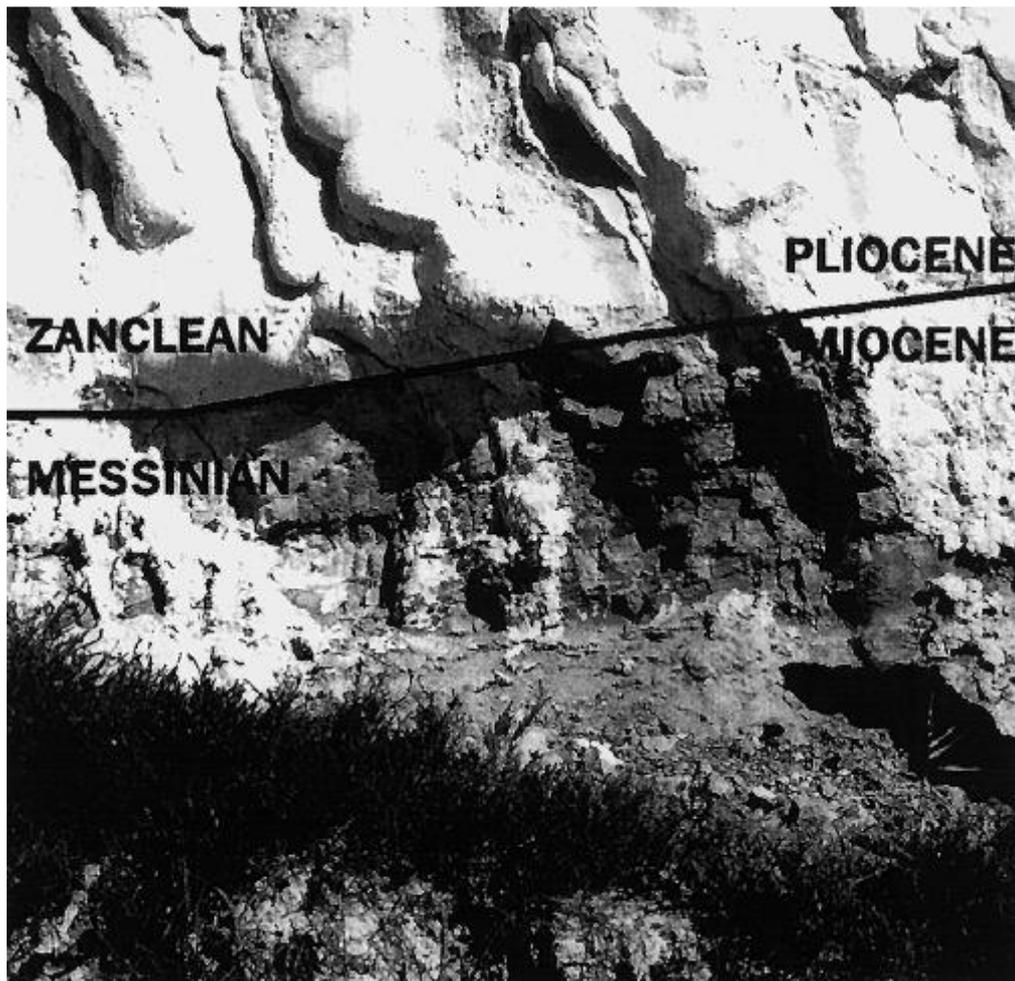


Figure 9: Vue panoramique de la section d'Eraclea Minoa, montrant la limite du Messinien/Zancléen (d'après Van Couvering & *al.*, 2000).

Deuxième chapitre: Lithostratigraphie & Éléments de datation

Deuxième chapitre:

Lithostratigraphie & Éléments de datation

I. INTRODUCTION

Dans cette étude, trois sections sont levées dans les deux marges du bassin du Bas Chélif. Elles correspondent lithostratigraphiquement à une seule formation diatomitique attribuée au Messinien et constituée essentiellement d'une alternance rythmique de bancs diatomites et des inter-bancs marneux.

II. FORMATION DIATOMITIQUE: DEFINITION, AGE ET LIMITES

A. Définition

La formation diatomitique objet de la présente étude est marquée par un événement sédimentaire appelé « crise de salinité messinienne » et qui s'étend à l'échelle de la Méditerranée dont le bassin du Bas Chélif. Cette formation est connue également sous le nom de « Formation à Tripoli » (Ogniben, 1957). Dans la littérature, plusieurs auteurs ont supposé que la « Formation de Tripoli » était en partie déposée dans un environnement marin normal (Gersonde & Schrader, 1984; Suc & *al.*, 1991) voire dans une eau profonde (Arambourg, 1925; Selli, 1952; Leonardi, 1959; Schrader 1975; Hsü & *al.*, 1978; McKenzie & *al.*, 1979). Par ailleurs, les alternances régulières diatomites-marnes caractérisant la « Formation de Tripoli » sont souvent interprétées comme étant une conséquence des alternances de stratification des masses d'eau (McKenzie & *al.*, 1979; Meulenkamp & *al.*, 1979; Broquet & *al.*, 1981; Gersonde & Schrader, 1984; Thunell & *al.*, 1984; Van der Zwaan & Gudjonsson, 1986; Grasso & *al.*, 1990; Suc & *al.*, 1991).

B. Age et limites

Le passage de la formation des marnes bleues tortoniennes à la formation diatomitique messinienne se fait directement par des marnes de couleur grisâtre à bleuâtre à *Globorotalia mediterranea* (biozone à *Globorotalia mediterranea*), à une dizaine de mètres (en moyenne) sous le premier banc diatomitique ou sous des calcaires argileux à aspect diatomitique, riches en débris de frustules de diatomées (Rouchy, 1982; Mansour & *al.*, 1995; Belkbir et *al.*, 2002; Mansour, 2004). La majeure partie de ces dépôts sont souvent en position pré-évaporitique (Ogniben, 1957; Perrodon, 1957; Selli, 1973; Tauecchio & Marks, 1973; Decima & Wezel, 1971; Sturani, 1976; McKenzie & *al.*, 1979; Van der Zwaan, 1979; Rouchy, 1982; Saint-Martin, 1990; Rouchy & Saint-Martin, 1992; Pierre & Rouchy, 1990; Pedley & Grasso, 1993).

1.2. Description

Dans cette section, seule la partie supérieure de la formation diatomitique a été levée ($E_p = 17,40$ m) (fig. 11). Elle présente une alternance rythmique de bancs de diatomites de teinte blanche à grise et des inter-bancs marneux de couleur noire. Les caractéristiques lithologiques et l'organisation stratonomique permettent d'individualiser trois membres bien distincts (fig. 12) :

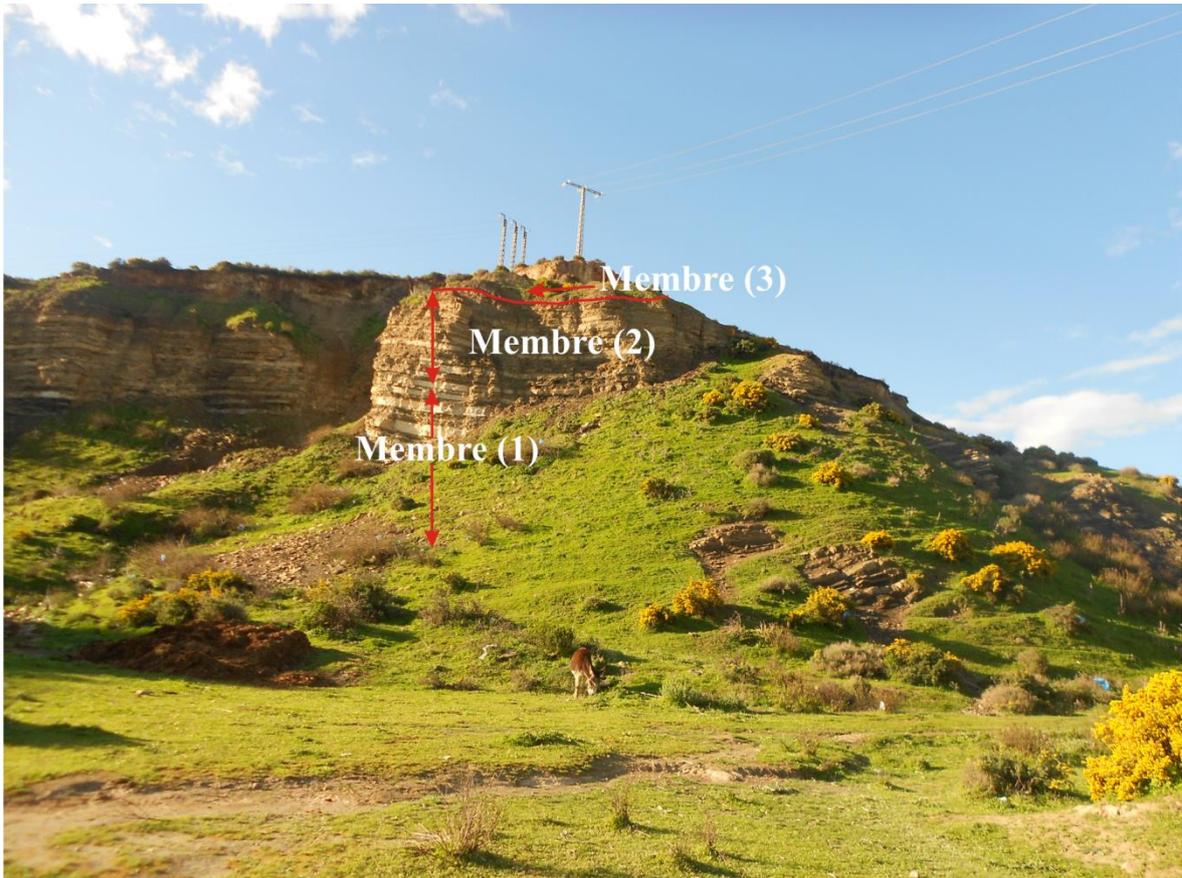


Figure 11: Vue panoramique de la section de Ouillis.

a. Membre (1): (O1-O24)($E_p = 8,50$ m)

Ce membre est constitué d'une alternance dilatée, monotone de 13 séquences à deux termes (diatomite-marne)(fig. 12A). Les bancs diatomitiques sont généralement centimétriques à décimétriques, parfois massifs, de couleur blanche. La base et le sommet des bancs plus ou moins marneux, de couleur beige, passent progressivement au terme marneux. Par ailleurs, les inter-bancs de marnes (0,15 à 0,70 m) sont parfois en plaquettes, de couleur brune à leur base, qui deviennent noirâtres et passent parfois progressivement aux diatomites.

b. Membre (2): (O26-O46)($E_p = 4,40$ m)

Il est organisé en 11 séquences rapprochées à plusieurs termes (diatomite laminée-marne)(fig. 12B). Les bancs diatomitiques laminés sont de couleur grisâtre, renfermant parfois des écailles de poissons et les marnes (0,10 à 0,70 m) sont de couleur noire.

c. Membre (3): (O48-O53)(Ep = 4,50 m)

Ce membre correspond à une alternance dilatée, de diatomite laminée-marne surmontée par des bancs de calcaires d'ordre centimétriques et des bancs gréseux (fig. 12C). Au niveau de ce membre, nous avons pu récolter une macrofaune représentée par des bivalves (*Pectinidae*). Alors que le lavage des marnes, a révélé une riche microfaune (foraminifères benthiques et planctonique). La fraction minérale devint moins importante. Elle est représentée essentiellement par: les grains de quartz, la pyrite, avec de très faibles pourcentages, le gypse, les paillettes de biotite et les quelques oxydes de fer.

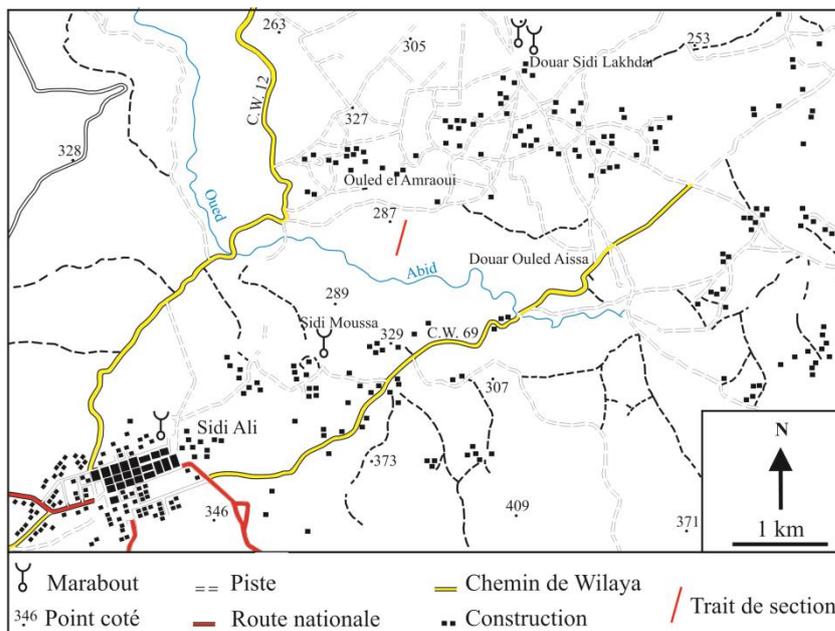
1.3. Eléments de datation

Au niveau de cette section, l'âge de la formation diatomitique est fondé sur une seule association de foraminifères benthiques identifiée dans le Membre (3) (*Bolivina dilatata* Reuss, 1850; *Bolivina dentellata* Tavani, 1955; *Bulimina aculeata* d'Orbigny, 1826; *Bulimina subulata* Cushman et Parker, 1937 et *Uvigerina* sp.) et sur la présence des radiolaires (*Stichocorys peregrina* et *Stichocorys delmontensis*) indiquant ainsi un âge Messinien corrélable avec les régions voisines. Les membres (1) et (2) qui ne contiennent pas de foraminifères, ils ont pu être datés par corrélation avec les assemblages des diatomées des régions voisines (Bois Sacré, Douar Ouled Bettahar et Djebel Ben Dourda)(Mansour & al., 2008) et par les radiolaires. La corrélation effectuée confirme fort bien l'intervalle chronologique Messinien (Miocène supérieur).

2. Section de Sidi Lakhdar

2. 1. Localisation de la section

Cette section se situe à environ 4 km au Sud-Est du village de Sidi Lakhdar, et à environ 3 km au Nord-Est du village de Sidi Ali (fig. 13). Elle est limitée au Nord par Douar Sidi Lakhdar, au Sud par Oued Abid, à l'Ouest par le chemin de wilaya n°12 et enfin à l'Est par Douar Ouled Aissa.



2. 2. Description

Relativement plus épaisse, la section de Sidi Lakhdar est formée d'une formation diatomitique de 23,50 m d'épaisseur (fig. 14). Selon les critères avancés dans la section précédente, elle peut être subdivisée en deux membres (fig. 15).



Figure 14: Vue panoramique de la succession de Sidi Lakhdar.

a. Membre (1): (S1-S13)(Ep = 10,10 m)

A prédominance diatomitique, ce premier membre est caractérisé par une alternance rythmique de marnes dures et de diatomites en bancs massifs, de couleur blanchâtre (fig. 15A). La base de ces bancs passe progressivement au terme marneux. En outre, les inter-bancs de marnes (0,3 à 0,5 m), de couleur grisâtre à verdâtre à la patine et à la cassure montrent parfois des bioturbations. Dans l'ensemble, le membre admet une intercalation de trois niveaux cinéritiques (10 cm) et a révélé l'existence d'une riche microfaune représentée par des foraminifères planctoniques et benthiques, des radiolaires et des diatomées).

b. Membre (2): (S14-S32)(Ep = 13,40 m)

Ce membre à prédominance de marnes est organisé en onze séquences binaires (marne-diatomite)(fig. 15B). Les bancs diatomitiques généralement laminés sont d'ordre centimétrique, de couleur grisâtre et renferment parfois des écailles de poisson. Par ailleurs, les marnes (0,3 à 1,5 m) de couleur grisâtre montrent vers le haut la présence de quatre niveaux de cinéritiques (10 à 20 cm) dont le dernier niveau est surmonté par une surface ferrugineuse (fig. 15C). En ce qui concerne le contenu paléontologique, la

succession étudiée montre des bioturbations sous forme de terriers de couleur jaune, des pistes de grande taille et des bivalves (*Cristatopecten cristatum*). La microfaune a livré des foraminifères, des radiolaires, des écailles et des dents de poisson.

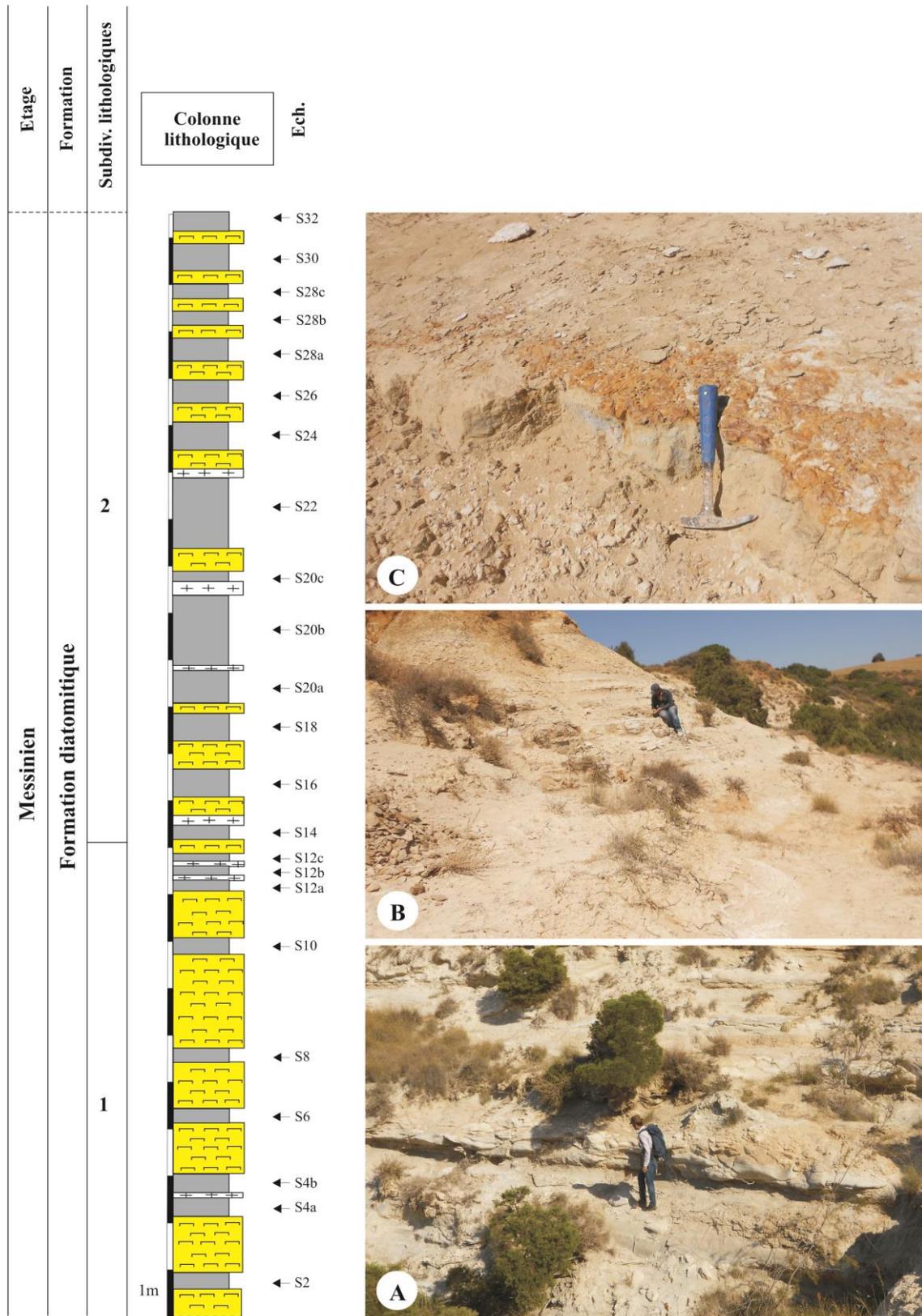


Figure 15: Succession lithostratigraphique dans la section de Sidi Lakhdar.

2. 3. Eléments de datation

Au niveau de la section de Sidi Lakhdar, la datation de la formation diatomitique est fondée sur des arguments micropaléontologiques d'une part et sur les corrélations biolithostratigraphique d'autre part. Ainsi, l'assemblage des foraminifères planctoniques des membres (1) et (2) a permis de donner un âge Messinien grâce à la l'existence de deux espèces (*Globorotalia mediterranea* Catalano & Sprovieri, 1969 et *Globorotalia conomiozea* Kennett, 1966). Au sommet du Membre 2, nous avons identifié une association des foraminifères benthiques marquée par la présence de *Rectuvigerina cylindrica* (d'Orbigny, 1826) qui indique la Biozone à *Globorotalia mediterranea*.

B. Sur la marge méridionale

1. Section d'El Ghomri

1. 1. Localisation de la section

La section se situe à proximité de la route nationale n°4 (fig. 16). Elle est bordée au Nord et à l'Ouest par Douar Touaydjia, au Sud par Diar Ouled Aissa, et à l'Est par Douar El H'djadra.

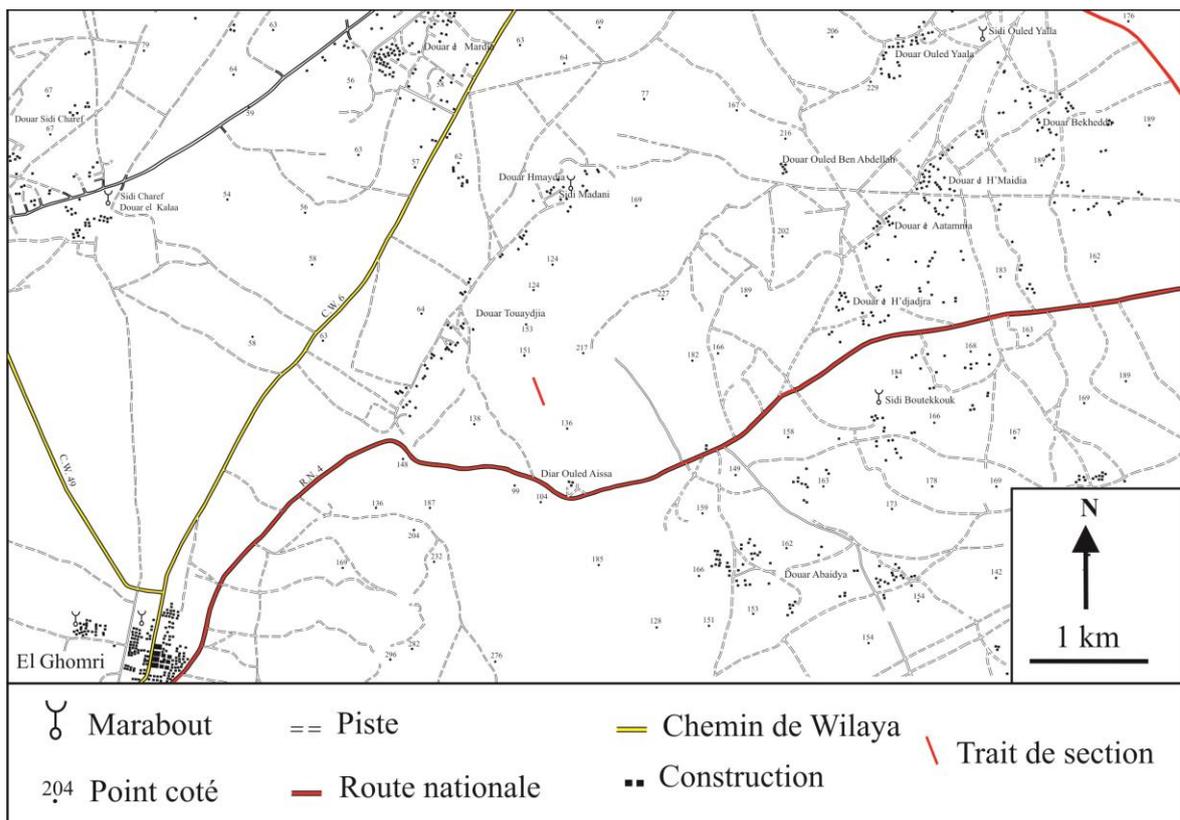


Figure 16: Localisation de la section d'El Ghomri.

1. 2. Description

D'une épaisseur totale de 60 m (fig. 17), la section d'El Ghomri se distingue par la succession de deux formations lithologiquement bien distinctes (fig. 18).

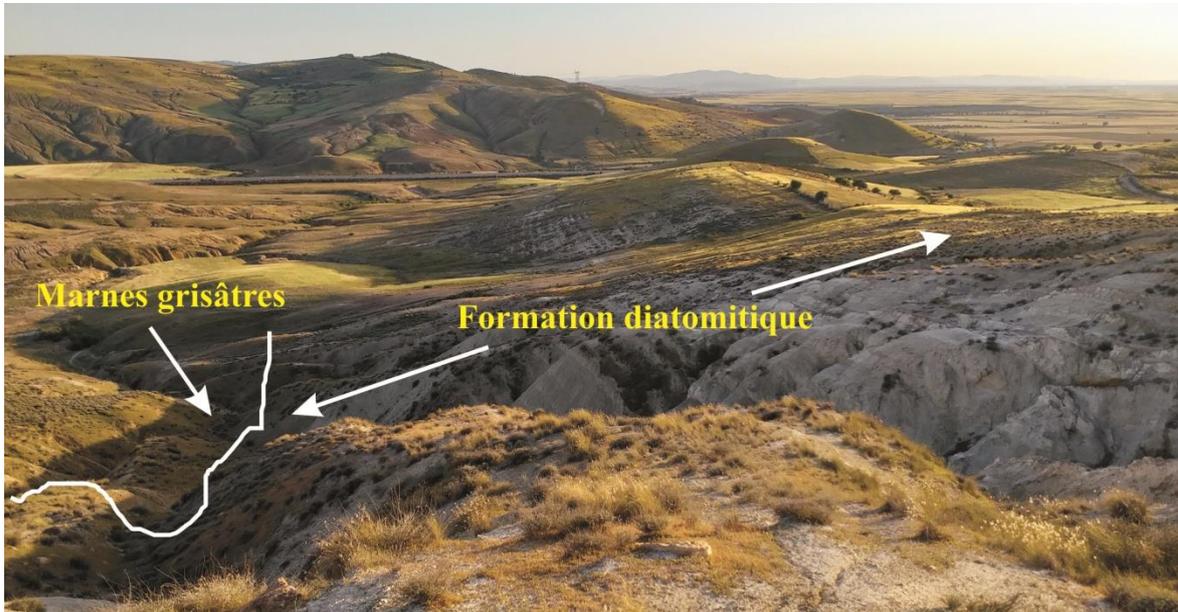


Figure 17: Vue panoramique de la succession d'El Ghomri.

1.2.1. Formation des marnes grises

Elle est constituée essentiellement de 9 m de marnes (Eg1-Eg4), dont la partie inférieure débute par des marnes jaunâtres sur 3 m d'épaisseurs. Ensuite, elle passe verticalement à des marnes indurées (6 m), de couleur grise.

1.2.2. Formation diatomitique

Reposant directement sur les marnes grises messiniennes, la formation diatomitique de 51 m d'épaisseurs correspond à une alternance rythmique de bancs de diatomites et des inter-bancs marneux de couleur grise. De bas en haut, nous distinguons deux membres.

a. Membre (1): (Eg5- Eg12)(Ep = 20 m)

Il est représenté par une alternance monotone de huit séquences binaires (diatomite-marne) (fig. 18A). Les bancs diatomitiques ne dépassant pas 0,5 m, sont de couleur blanche à la patine et grise à la cassure, renfermant parfois des silex, avec la présence au sommet de chaque banc des laminations horizontales. Les bancs diatomitiques passent progressivement aux termes marneux. En outre, les inter-bancs de marnes (0,7 à 3 m) sont de couleur grise, indurés et passent progressivement aux diatomites.

b. Membre (2): (Eg13-Eg 23)(Ep = 31 m)

Il s'agit de dix séquences à deux termes (diatomite laminée-marne) (fig. 18B). Les diatomites sont en bancs massifs et de couleur grisâtre. Par contre, les marnes (0,5 à 2 m) sont indurées et montrent une teinte grise. Vers le sommet, on note la présence d'un faciès

correspondant à des marnes rouillées. L'ensemble est surmonté par un banc massif de calcaires microvacuolaires, très induré, de couleur jaune à la patine et grise à la cassure.

Sur le plan paléontologique, nous avons récolté une malacofaune représentée essentiellement par des bivalves (*Ostrea cochlear*). Alors que, le lavage des échantillons marneux a révélé la présence des : foraminifères planctoniques et benthiques, radiolaires, ostracodes, radioles d'oursin, spicules d'éponge et dents de poisson.

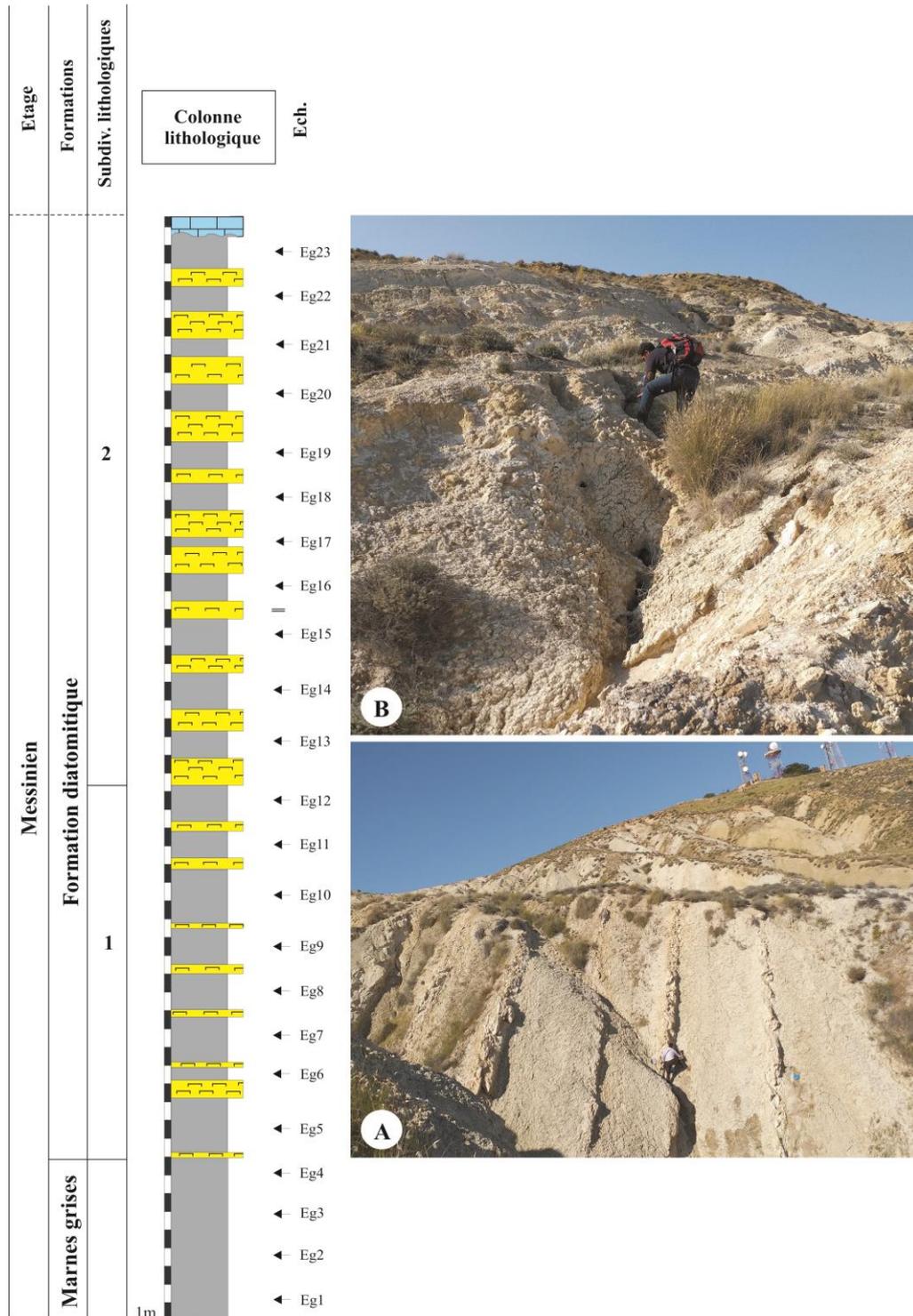


Figure 18: Succession lithostratigraphique dans la section d'El Ghomri.

1.3. Eléments de datation

Les deux formations étudiées sont datées du Messinien grâce à la présence de deux espèces de foraminifères planctoniques (*Globorotalia mediterranea* Catalano & Sprovieri, 1969 et *Globorotalia conomiozea* Kennett, 1966). Par contre, l'association des foraminifères benthique (*Rectuvigerina cylindrica*) est corrélée à la Biozone *Globorotalia mediterranea*.

IV. CONCLUSION

A la lumière de cette étude, les trois sections levées sur les deux marges du bassin ont permis d'identifier des membres lithostratigraphiquement bien distincts. Il s'agit d'un membre inférieur (1) constitué d'une alternance rythmique des bancs diatomitiques et des inter-bancs marneux à prédominance diatomitique et deux membres supérieurs (2 et 3) formés d'une alternance de diatomites laminées et des marnes, à prédominance marneuse.

Par ailleurs, les foraminifères récoltés dans les deux sections de Sidi Lakhdar et El Ghomri ont permis la datation des dépôts étudiés. Il s'agit de la présence des espèces indexes *Globorotalia mediterranea* Catalano & Sprovieri (1969) et *Globorotalia conomiozea* Kennett (1966) qui donne un âge Messinien. Alors que, l'association à *Rectuvigerina cylindrica* (d'Orbigny, 1826) identifiée dans la section de Ouillis et corrélée à la Biozone à *Globorotalia mediterranea* confirme l'âge du Messinien (Mokhtar Samet, 2013)(fig. 19).

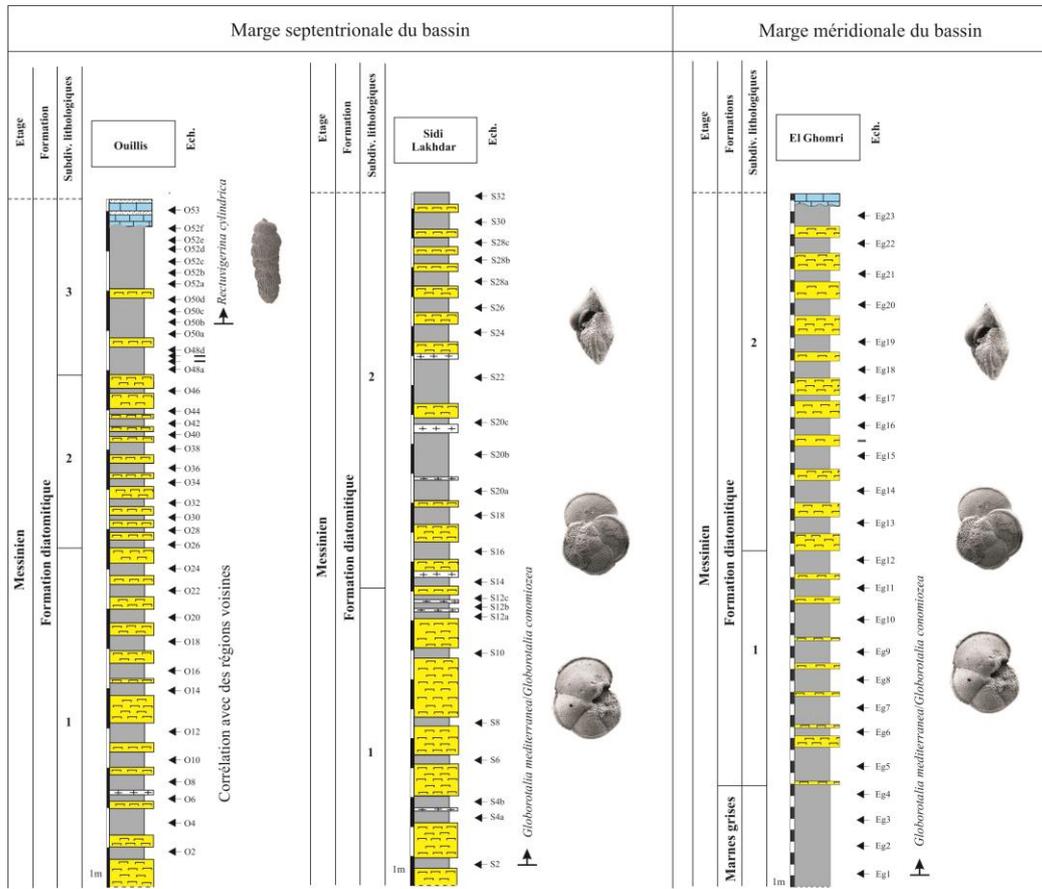


Figure 19: Range biostratigraphique dans les sections étudiées.

Troisième chapitre: **S**ystématique des radiolaires

Troisième chapitre:

Systématique des radiolaires

I. GENERALITES SUR LES RADIOLAIRES

A. Introduction

La sous-classe des radiolaires appartient à la classe des Actinopoda, qui est caractérisée par la présence des extensions protoplasmiques ou pseudopodes rayonnant à partir du centre de la cellule ou à partir de sa périphérie. Cette sous-classe comprend deux super-ordre. Il s'agit des Polycystina et des Phaéodaria qui diffèrent l'une de l'autre par la composition chimique de leur coque.

Les polycystines bien préservées dans les dépôts marins possèdent un test composé de silice amorphe et une capsule centrale squelettique. Par contre, les phaéodaires rarement conservés dans les sédiments marins sont dépourvus de capsule centrale (coque est très soluble). Le rang taxonomique de Polycystina est divisé en trois ordres, à savoir:

-les Spumellaria: sont des organismes solitaires ou coloniaux, à une seule coquille siliceuse, de forme sphère, d'un disque, ou plusieurs formes concentriques, à symétrie rayonnante;

-les Nassellaria: il s'agit des organismes solitaires caractérisés essentiellement par une coquille siliceuse, de forme conique, à symétrie axiale;

-les Collodaria: désignent des organismes solitaires ou coloniaux, dépourvus du squelette siliceux et qui peuvent posséder des spicules simples ou ramifiés dispersés dans la calymma ou le cytoplasme extracapsulaire.

En 2013, lors d'un travail axé plutôt sur les foraminifères, nous avons été attirés pour la première fois par la présence des radiolaires dans la formation diatomitique de la célèbre carrière de Ouillis, connue par sa roche mère messinienne. De ce fait, et pour mieux connaître les polycystines de l'alternance marno-diatomitique messinienne du bassin de Bas Chélif sur le plan taxinomique et paléoécologique, une thématique de recherche a été développé dans le cadre d'une thèse de doctorat.

B. Rappel sur l'histoire des radiolaires

La première description d'un radiolaire vivant est attribuée à Meyen (1834), tandis que le premier fossile a été enregistré par Ehrenberg (1838) qui a également inventé le terme « Polycystina ».

Le nom de « Radiolaria » fut proposé par Müller (1858) pour désigner les protistes planctoniques avec des éléments squelettiques rayonnants. Par la suite, Haeckel utilisa ce terme informel englobant ainsi les acanthaires, les polycystines et les phaeodaires (De Wever & *al.* 2001).

Entre 1850 et 1900, les auteurs: Ehrenberg, Müller, Hertwig, Popofsky et Haeckel ont décrit des milliers d'espèces et proposé les premiers schémas de la classification des radiolaires. A titre d'exemple, la monographie de Haeckel (1887) publiée dans la série basée sur les matériaux de l'expédition océanographique anglaise de la corvette HMS Challenger est un classique qui reste valable à ce jour.

Dans les années cinquante, un intérêt particulier a été donné à l'apport des protistes dans la stratigraphie grâce aux travaux de Riedel et son équipe. Cette intétêt se poursuit largement entre la période allant de 1970 à 1980.

Actuellement, les radiolaires sont étudiés à la fois par des micropaléontolgues qui s'intéressent à leur intérêt comme des marqueurs stratigraphiques et par les biologistes qui depuis l'avènement des techniques biologiques modernes tels que le Microscopie Electronique à Balayage et les analyses phylogénétiques moléculaires ont commencé à élucider les affinités naturelles entre les principaux groupes de radiolaires pour bien clarifier leur relation taxonomique (Amaral Zettler & *al.*, 1998, 1999; Anderson & *al.*, 1999; Biard & *al.*, 2015; López-García & *al.*, 2002; Polet & *al.*, 2004; Suzuki & Aita, 2011).

Dans le bassin méditerranéen, les premières études classiques sur les radiolaires ont été axé sur le plancton emprisonné dans les sédiments du Tertiaire supérieur et du Quaternaire (Ehrenberg, 1858; Haeckel 1860a,b; Stöhr, 1880; Dreyer, 1890). Elles ont été suivies par les travaux plus poussés sur la stratigraphie des radiolaires du Néogène (Dumitrica, 1972; Sanfilippo & *al.*, 1973, 1978; Caulet, 1974; Riedel & *al.*, 1985).

C. Cytologie

1. La partie molle organique

La cellule des radiolaires est divisée en un noyau, un endoplasme et un ectoplasme (fig. 20). Le noyau est séparé des deux autres par une paroi nucléique tandis que l'endoplasme et l'ectoplasme sont séparés par une paroi (membrane) capsulaire chitineuse ou pseudochitineuse (Anderson 1976; Suzuki & Aita, 2011). Les échanges entre ectoplasme et endoplasme à travers la paroi capsulaire se fait par des organites appelées fusules ou par des fissures (pores) (Hallonde & Enjumet, 1953). L'endoplasme contient divers organites tels que les mitochondries, les ribosomes, l'axoplaste, les corps de Golgi, les vacuoles et les organites de stockage. Il assure généralement toutes les fonctions de métabolisme et de reproduction. L'ectoplasme des polycystines se compose de deux parties, à savoir : la matrice et la calymma qui l'entoure. La matrice montre un aspect translucide. Sa fonction n'est pas encore connue, mais elle peut correspondre au lieu d'assimilation des nutriments (Kling, 1978). En général, l'ectoplasme des radiolaires comporte des vacuoles digestives, des vacuoles de déchets et des vacuoles périalgales contenant des symbiontes (Renaudie, 2012).

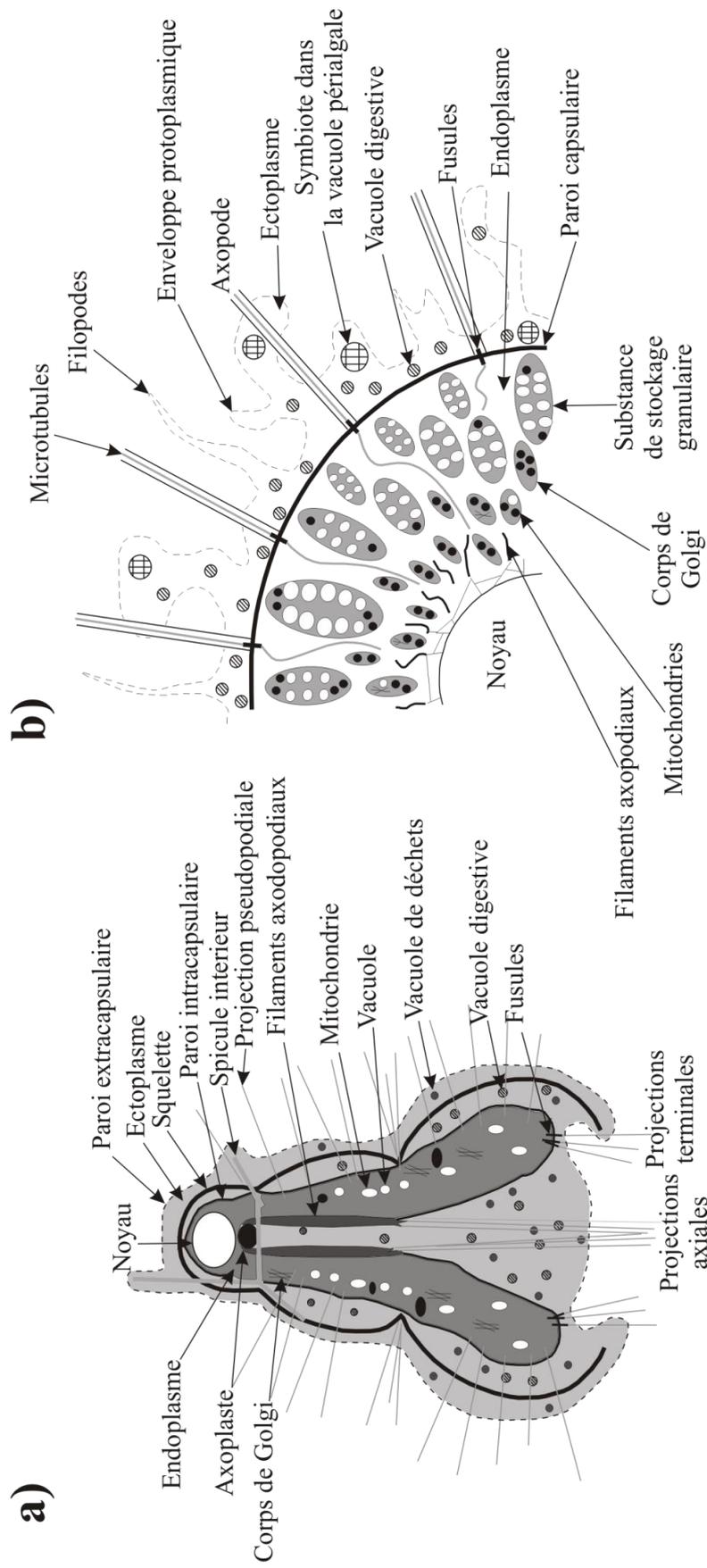


Figure 20: Illustration schématique de la cytotaxonomie des radiolaires polycystines (*In Renaudie, 2012*).
 a) Cytologie des nassellaires, b) Cytologie des spumellaires.

Les axopodes sont une des caractéristiques principales des radiolaires. Ce sont des pseudopodes renforcés par des faisceaux de microtubes. Ils correspondent à des projections cytoplasmiques longues, minces, droites et relativement rigides et ils rayonnent à partir de l'axoplaste qui est un organe spécifique des radiolaires situé dans l'endoplasme (Cachon & Cachon, 1971). Ces microtubes s'étendent à l'intérieur de l'endoplasme sous forme de filament axopodique, puis vers les axopodes, en l'ectoplasme, à travers des fusules. En outre, les polycystines possèdent des pseudopodes et des filopodes (Hollande & Enjumet, 1953; Sugiyama & *al.*, 2008). Ces filopodes correspondent à des fins prolongements de la membrane cytoplasmique. Leur rôle est d'attraper des proies par des mouvements spastiques.

2. La partie dure squelettique

Dans les individus vivants, le squelette siliceux est contenu dans le cytoplasme. Il a la chance d'être préservé par rapport la molle organique. De manière générale, la forme de la coque est très variable.

Chez les spumellaires, les différentes coquilles concentriques sont dites corticales ou médullaires selon qu'elles sont situées à la périphérie du squelette ou vers le centre. Ces coquilles concentriques (sphères) sont reliées entre eux par des barres radiales. La coquille la plus interne, observée chez les spumellaires non sphériques est appelée microsphère. Dans les spumellaires sphériques, les épines faisant saillie de la coquille la plus externe sont des épines secondaires. Ces épines correspondent aussi à des courtes projections en forme d'aiguilles provenant des nœuds de la barre. Dans le cas des spumellaires asymétriques, tout élément présent à l'extrémité du grand axe est dit polaire, tandis que les éléments dans la direction du petit axe sont équatoriaux (fig. 21b).

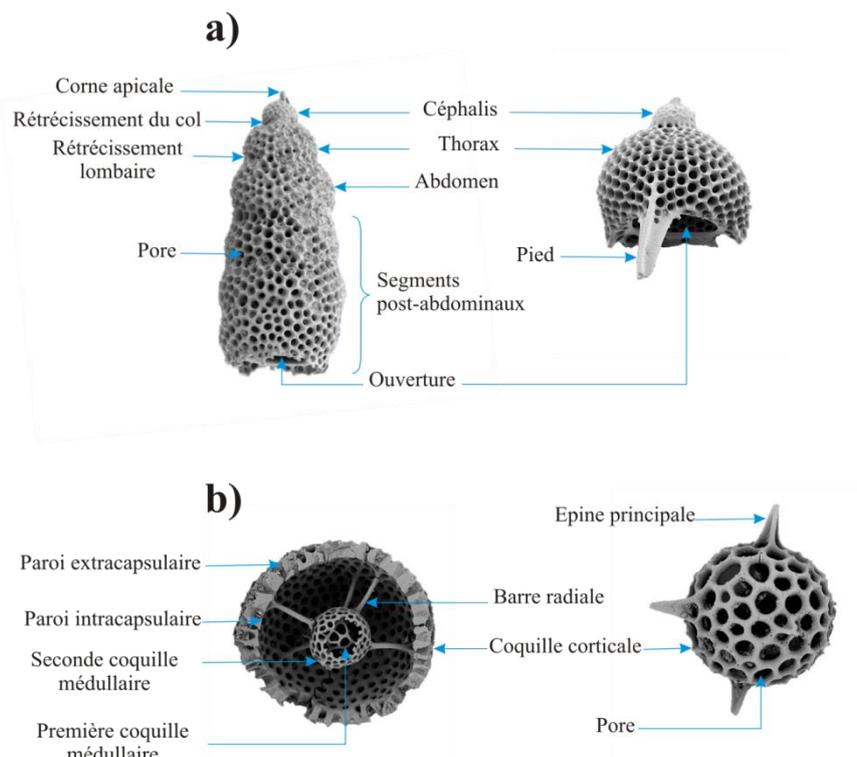


Figure 21: Principaux caractères des coques de polycystines.
a) Nassellaire, b) Spumellaire.

Par ailleurs, chez les nassellaires multisegmentés (fig. 21a), le premier segment (généralement contenant la structure interne) est appelé le céphalis. Le deuxième segment est le thorax, et le troisième segment est l'abdomen. Tous les segments supplémentaires sont appelés segments post-abdominaux. Les séparations entre les segments peuvent s'exprimer extérieurement par un rétrécissement (suture). Celui qui sépare le céphalis et le thorax est appelé le rétrécissement du col, alors que celui qui sépare le thorax et l'abdomen est le rétrécissement lombaire.

Les épines faisant saillie de la coque mais non reliées à la structure interne du nassellaire sont appelées épines secondaires ou épines supplémentaires. Si les épines font saillie de l'ouverture (péristome) sont dès lors des dents. Les épines reliées à la structure interne du céphalis sont appelées cornes et ailes si les épines font saillie latéralement du thorax ou encore de tout segment et pied si elles font saillie à partir de la terminaison du dernier segment.

D. Ecologie

1. Mobilité

Le seul mouvement des radiolaires est dû à la production ou à la réduction de gouttelettes lipidiques et gazeuses dans leur cytoplasme, de sorte qu'ils montent ou descendent dans la colonne d'eau.

Par ailleurs, l'adaptation à la vie planctonique est basée sur le système alvéolaire. Ce dernier rempli d'eau sursaturée en dioxyde de carbone est probablement le mécanisme de flottabilité le plus important. Ainsi, les alvéoles peuvent être détruites et reformées probablement sous l'intervention d'activités symbiotiques d'algues, permettant aux organismes de migrer verticalement. Les gouttelettes d'huile dans le cytoplasme (Boltovskoy, 1980) et la capacité d'adhérer à d'autres objets dans une moindre mesure (dans ce cas flottant) peuvent également être des mécanismes adaptatifs.

Notons que la structure complexe du squelette n'a certainement pas de sens pour la flottation, car il est immergé dans le cytoplasme et seules les extrémités des plus grosses épines sont émergées (Boltovskoy, 1980).

2. Nutrition

Les radiolaires sont des omnivores qui se nourrissent des bactéries, des phytoplanctons et des zooplanctons. Ils peuvent s'attaquer à des proies de toutes tailles allant des bactéries planctoniques aux petits métazoaires tels que les larves des petits crustacés (copépodes). Leur processus de la nutrition varie d'un groupe à l'autre, mais dépend généralement de l'utilisation active d'axopodes ou de pseudopodes.

Nous rappelons également que le détritivore est un mode de nutrition qui a été observé, en particulier, chez les phaeodaires (Gowing, 1986). De plus, les principaux prédateurs des radiolaires sont les copépodes, les amphipodes (Swanberg, 1979) et les crabes pélagiques (Lipps & Valentine, 1970).

D'autre part, l'ectoplasme gélatineux de la cellule d'un radiolaire fournit un écosystème viable à un grand nombre de symbiotes ou de parasites. Les symbiotes photoautotrophes sont communs dans un grand nombre d'espèces de radiolaires. Ils correspondent aux dinoflagellés (Renaudie, 2012), bien que quelques prasinophytes ont pu être observées dans certains cas (Anderson, 1976; Renaudie, 2012).

Habituellement, les organismes autotrophes sont localisés dans l'ectoplasme, au niveau des vacuoles des algues, mais en 1992, Anderson & Matsuoka apportent de nouvelles données concernant les symbiotes endoplasmiques. Selon Hollande & Carré (1974), les symbiotes ectoplasmiques sont généralement localisés à la périphérie du protoplasme pendant la journée et migrent vers la capsule centrale pendant la nuit ou en période de stress.

En ce qui concerne la colonisation des radiolaires, elle est fréquente dans les familles Collosphaeridae et Sphaerzoidae. Elles mesurent généralement quelques centimètres, mais peuvent atteindre 2 mètres (Swanberg & Anderson, 1981). La forme des colonies varie beaucoup d'une espèce à l'autre, et même chez une seule espèce (Swanberg, 1979). Les colonies sont généralement riches en photosymbiotes et continuent de se nourrir d'autres planctons (Swanberg, 1979).

II. INVENTAIRE SYSTEMATIQUE

Comme dans toute étude paléontologique, nous insistons sur le rôle important de la systématique pour guider et préciser nos attributions stratigraphiques. Dans cette étude, nous avons utilisé la classification de Riedel (1967), complétée par celle de Nigrini et Lombardi (1984), Young & al. (2019) et Microtax (<https://www.microtax.org>).

Règne Protista Haeckel, 1886
Embranchement Sarcodina Hertwig & Lesser, 1876
Classe Actinopoda Calkins, 1909
Sous classe Radiolaria Müller, 1858
Super ordre Polycystina Ehrenberg 1938, emend. Riedel, 1967
Ordre Spumellaria Ehrenberg, 1875
Famille Actinommidae Haeckel, 1862, emend. Sanfilippo & Riedel, 1980

Genre *Actinomma* Haeckel, 1860

Actinomma sp. 1

(Pl. 1, fig. A-B)

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Diamètre extérieure de la coque sans épine = 84-124 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: Cette forme présente trois coquilles concentriques. La coquille externe montre des pores relativement grands, subcirculaires, en disposition irrégulière. La surface externe de la coque comporte de nombreuses épines à trois lames dans lequel les épines radiales primaires sont plus grandes.

Répartition locale: Messinien.

Actinomma sp. 2

(Pl. 1, fig. C)

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Diamètre extérieure de la coque sans épine = 89-116 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description : La coque montre des pores arrondis à ovales entourés par un cadre pentagonal ou hexagonal. Le nombre des pores à l'équateur de la coquille est plus de 10. La surface externe de la coque possède de nombreuses épines.

Répartition locale: Messinien.

Genre *Hexacontium* Haeckel, 1881

Hexacontium laevigatum Haeckel, 1887

(Pl. 1, fig. D)

1887 *Hexacontium laevigatum* Haeckel, p. 193, pl. 24, fig. 6.

1955 *Hexacontium nipponicum* Nakaseko, p. 85, pl. 3, figs. 5a-5c.

1966 *Hexacontium laevigatum* Haeckel; Benson, p. 153-155, pl. 4, figs. 4-5.

1974 *Hexacontium nipponicum* Nakaseko; Nakaseko & Nishimura, p. 50, pl. 2, figs. 7a-7b.

1977 *Hexacontium laevigatum* Haeckel; Molina-Cruz, p. 333, pl. 2, fig. 7.

1979 *Hexacontium laevigatum* Haeckel; Nigrini & Moore, p. S46-S47, pl. 5, figs. 21-2b.

1980 *Hexacontium laevigatum* Haeckel; Boltovskoy, p. 253, pl. 2, fig. 41.

1987 *Hexacontium laevigatum* Haeckel; Boltovskoy & Riedel, pl. 1, fig. 28.

1999 *Hexacontium laevigatum* Haeckel; Boltovskoy, p. 182, figs. 16-31.

2012 *Hexacontium laevigatum* Haeckel; Krsinic & Krsinic, p. 195, pl. II, fig. 17.

2012 *Hexacontium laevigatum* Haeckel; Renaudie, p. 47, pl. 8, figs. 16A-16B.

2021 *Hexacontium laevigatum* Haeckel; Mokhtar-Samet & al., p. 6, pl. II, fig. 4D.

Matériel: Dizaine de coques.

Dimensions: Diamètre extérieur de la coque sans épine = 99-113 µm.

Gisement: Section de Ouillis.

Description: Cette forme présente une coquille corticale sphérique à sub-sphérique. Elle montre une surface lisse avec six épines coniques plus grandes. Cette surface contient des pores circulaires à sub-circulaires, petits, égaux, sans cadre, avec une disposition régulière. Les pores sont plus étroits que les barres intermédiaires.

Répartition stratigraphique et géographique: *Hexacontium laevigatum* est décrite dans le Miocène de la région de Tojama au Japon (Nakaseko, 1955) et le Néogène de l'Antarctique (Renaudie, 2012), les sédiments récents de l'Océan Atlantique (Boltovskoy, 1998, 1999), les sédiments d'âge pléistocène inférieur à récents de l'Océan Pacifique (Molina-Kruz, 1977; Nigrini & Moore, 1979; Haslett, 1992) et les sédiments récents du bassin méditerranéen (Krsinic & Krsinic, 2012).

Hexacontium sp. 1

(Pl. 1, fig. E-F)

Dimensions: Diamètre extérieur de la coque sans épine = 91-129 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: La coquille externe montre un contour sub-quadrangulaire, avec des pores circulaires à sub-circulaires. Chaque pore est entouré par un cadre hexagonal ou

pentagonal. La première coquille médullaire n'est pas clairement visible, alors que la deuxième est sphérique. Six épines à trois lames, en disposition perpendiculaire sur trois axes joignent toutes les coquilles et percent ainsi la coquille corticale.

Répartition locale: Messinien.

***Hexacontium* sp. 2**

(Pl. 1, fig. G)

Matériel: Centaines de coques.

Dimensions: Diamètre extérieur de la coque sans épine = 90-130 μm .

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: La coque se compose de trois sphères. La coquille corticale est sphérique et montre des petits pores circulaires à sub-circulaires, avec une disposition régulière. Les deux coquilles médullaires portent des grands pores circulaires à sub-circulaires qui se disposent d'une manière irrégulière. La coque possède six épines à trois lames relie les trois sphères et percent la coquille corticale. Les épines sont disposées perpendiculairement sur trois axes.

Répartition locale: Messinien.

***Hexacontium* sp. 3**

(Pl. 1, fig. H)

Matériel: Centaines de coques.

Dimensions: Diamètre extérieure de la coque sans épine = 90-129 μm .

Gisement: Sections de Ouillis et Sidi Lakhdar.

Description: L'espèce se caractérise par une coquille corticale sphérique, à paroi plus ou moins épaisse formant un réseau avec des pores disposés de manière irrégulière et de formes variées. A l'équateur de la coquille externe, nous comptons 8 à 9 pores de tailles différentes. En disposition perpendiculaire, six épines à trois lames joignent toutes la coquille.

Répartition locale: Messinien.

Genre *Stylosphaera* Ehrenberg, 1847

***Stylosphaera* sp.**

(Pl. 1, fig. I)

Matériel: Dizaine de coques.

Dimensions: Diamètre extérieure de la coque sans épine = 98-101 μm .

Gisements: Sections de Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: L'espèce comporte deux coques en forme de treillis concentriques. La surface externe montre des pores sub-circulaires dont chaque pore est entouré par un cadre hexagonal ou pentagonal. La coquille médullaire est attachée à la coquille corticale par des barres radiales (bâtonnets), dont deux d'entre-elles forment les épines polaires de longueur différente.

Répartition locale: Messinien.

Genre *Cenosphaera* Ehrenberg, 1854

***Cenosphaera* sp.**

(Pl. 1, fig. J)

Matériel: Centaines de coques.

Dimensions: Diamètre de la coque = 126-300 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: Le taxon étudié présente une coque sphérique simple, souvent à paroi épaisse et à surface rugueuse. La surface de cette coque montre des pores circulaire de forme et de taille variable.

Répartition locale: Messinien.

Genre *Thecosphaera* Haeckel, 1881

Thecosphaera sp.

(Pl. 1, fig. K)

Matériel: Centaines de coques.

Dimensions: Diamètre de la coque = 100-130 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: La forme étudiée présente trois coquilles concentriques, reliées entre eux par des barres radiales. La surface externe de la coquille corticale ne porte aucune épine et montre des pores circulaires presque égaux, encadrés de manière polygonale.

Répartition locale: Messinien.

Famille Rhizosphaeridae Haeckel 1881

Genre *Rhizosphaera* Haeckel, 1860

Rhizosphaera sp.

(Pl. 1, fig. L)

Matériel: Centaines de coques.

Dimensions: Diamètre de la coque = 100-150 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: Le squelette se compose d'une coquille extracapsulaire sphérique. Cette dernière montre une surface spongieuse et deux coquilles médullaires intracapsulaires concentriques, grillagées. La coquille corticale est reliée à deux coquilles médullaires par des épines radiales. Les surfaces des coquilles comportent des pores elliptiques avec une disposition irrégulière.

Répartition locale: Messinien.

Famille Coccodiscidae Haeckel 1862, emend. Sanfilippo et Riedel 1980

Genre *Didymocyrtis* Haeckel, 1860

Didymocyrtis avita (Riedel, 1953)

(Pl.1, fig. M-N)

1953 *Panartus avitus* Riedel, p. 808, pl. 84, fig. 7.

1971 *Ommatartus avitus* (Riedel); Riedel & Sanfilippo, p. 1588, pl. 4, fig. 7.

1980 *Ommatartus avitus* (Riedel); Sakai, p. 719, pl. 3, figs. 2a, 2b.

1980 *Didymocyrtis avita* Sanfilippo & Riedel, p. 1010.

1985 *Didymocyrtis avita* Riedel; Sanfilippo & al., p. 657, figs. 8. 8a, b.

2009 *Didymocyrtis avita* Riedel; Kamikuri & al., p. 729, fig. 9K.

2021 *Didymocyrtis avita* Riedel; Mokhtar-Samet & al., p. 6, figs. 4M, N.

Matériel: Dizaine de coques.

Dimensions: Hauteur de la double coque corticale = 160-180 μm .

Gisement: Sections de Ouillis et El Ghomri.

Description: la coquille présente quatre chambres relativement semblables. Les chambres distales sont plus petites que les proximales. Les pores des chambres proximales subcirculaires sont trois à six fois plus larges que les barres intermédiaires. Les parois des chambres proximales montrent de grandes protubérances obtuses, deux fois plus larges que les pores. Les pores des chambres distales sont semblables à ceux du proximal, à l'exception d'une rangée de pores plus gros à jonction des chambres distales et proximales. La surface des chambres distales présente des épines coniques, courtes, aigues et quasiment aussi longues que le diamètre des pores. La coque médullaire externe est comprimée. La moitié du diamètre équatorial de la coque corticale est considérée comme étant le diamètre le plus grand. La coquille médullaire intérieure n'est pas clairement visible.

Répartition locale: Messinien.

Répartition stratigraphique et géographique: L'espèce est signalée dans le Tertiaire tardif de l'île de Roti en Indonésie (Riedel, 1953) et le Néogène de l'Océan Pacifique (Riedel & Sanfilippo, 1971; Kamikuri & al., 2009).

***Didymocyrtis* sp.**

(Pl. 1, fig. O)

Matériel: Centaines de coques.

Dimensions: Hauteur de la double coque corticale = 120-170 μm .

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: *Didymocyrtis* sp. présente double coque corticale avec des pores circulaires à subcirculaires, de huit à neuf sur le demi-équateur et sur le demi-méridien. Chaque pore est entouré par un cadre hexagonal. Les deux coquilles médullaires sont sphériques, et sont attachées à la double coque par des barres radiales.

Répartition locale: Messinien.

Famille Phacodiscidae Haeckel, 1881

Genre *Heliodiscus* Haeckel 1881, emend. Nigrini, 1967

***Heliodiscus* sp.**

(Pl. 1, fig. P)

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Diamètre de la coquille corticale sans épine = 100-190 μm .

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: Ce taxon se caractérise par une forme en lentille biconvexe. La surface externe de la coque montre des pores circulaires à sub-circulaires, encadrés de manière hexagonale ou pentagonale. Nombreuses épines bien développées sont situées plus ou moins en marge de la coquille corticale. Cette dernière est reliée à la coquille médullaire par des barres radiales.

Répartition locale: Messinien.

Famille Spongodiscidae Haeckel, 1881, emend. Riedel, 1967b

Genre *Dictyocoryne* Ehrenberg, 1860a
Dictyocoryne profunda Ehrenberg, 1860a
(Pl. 1, fig. Q-R)

- 1860a *Dictyocoryne profunda* Ehrenberg, p. 767.
1974 *Rhopalastrum* sp. 2 Renz, p. 795, pl. 15, fig. 3.
1980 *Dictyocoryne profunda* Ehrenberg; Boltovskoy et Riedel, p. 115, pl. 3, fig. 10.
1999 *Dictyocoryne profunda* Ehrenberg; Boltovskoy, fig. 2Q, 16. 68.
2013 *Dictyocoryne profunda* Ehrenberg; Hernández-Almeida, p. 61, pl. II, fig. 4.
2018 *Dictyocoryne profunda* Ehrenberg; Zhang & al., p. 14, fig. 4.75, p. 16, fig. 5.3.
2021 *Dictyocoryne profunda* Ehrenberg; Mokhtar-Samet & al., p. 6, figs. 4Q, R.

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Longueur des bras (à partir du centre de la coque) 100-150 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: Le test est caractérisé par une région centrale plus grande, avec 5 à 10 coquilles discoïdales concentriques et grillagées. Les bras ayant 10 à 16 anneaux concentriques sont beaucoup plus larges et sont désignés par une région beaucoup plus courte et de largeur étroite. Les terminaisons des bras sont spatulées ou de forme en fer de lance, atteignant un point distale dans des formes entièrement développées. La position des bras est variable. Généralement, on remarque la présence d'un grand bras impair et patagium spongieux qui partiellement développé. A noter qu'aucun spécimen n'a été observé avec un patagium complètement développé.

Répartition locale: Messinien.

Répartition stratigraphique et géographique: L'espèce est connue dans le Quaternaire de l'embouchure du leg. 65 du DSDP du golfe de la Californie (Benson, 1983), le Néogène et le Quaternaire des forages de l'Océan Pacifique (Nigrini, 1970; Wang & Yang, 1992; Sandoval, 2017) et le Pléistocène moyen et tardif de la marge nord-est du Japon (Matsuzaki & al., 2014b).

Dictyocoryne malagaense (Campbell & Clark, 1944)
(Pl. 1, fig. S-T)

- 1944 *Rhopalodictyum malagaense* Campbell & Clark, p. 29, pl. 4, figs. 4,5.
1978 *Rhopalastrum malagaense* (Campbell & Clark); Wanda B. P, pl. 4, fig. 5.
2019 *Dictyocoryne malagaense* (Campbell & Clark); Kamikuri, p. 189, pl. 19, figs. 4,5.
2021 *Dictyocoryne malagaense* (Campbell & Clark); Mokhtar-Samet & al., p. 6, figs. 4S, T.

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Longueur des bras (à partir du centre de la coque) = 100-130 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: Le test est de taille moyenne. La région centrale est discoïdale et montre la présence de quatre à cinq anneaux circulaires avec des largeurs inégales. Les trois bras larges se terminent par des extrémités émoussées. Ces bras sont similaires et équidistants, de largeur à peu près identique sur toute la longueur, sauf pour un minimum d'expansion soudaine très proche de l'extrémité libre de chaque bras arrondi. Les pores sont

relativement grands, circulaires et partout semblables. Le maillage est composé de lâches maillages polygonaux bien organisés et dont lequel la surface générale de la coque est épineuse.

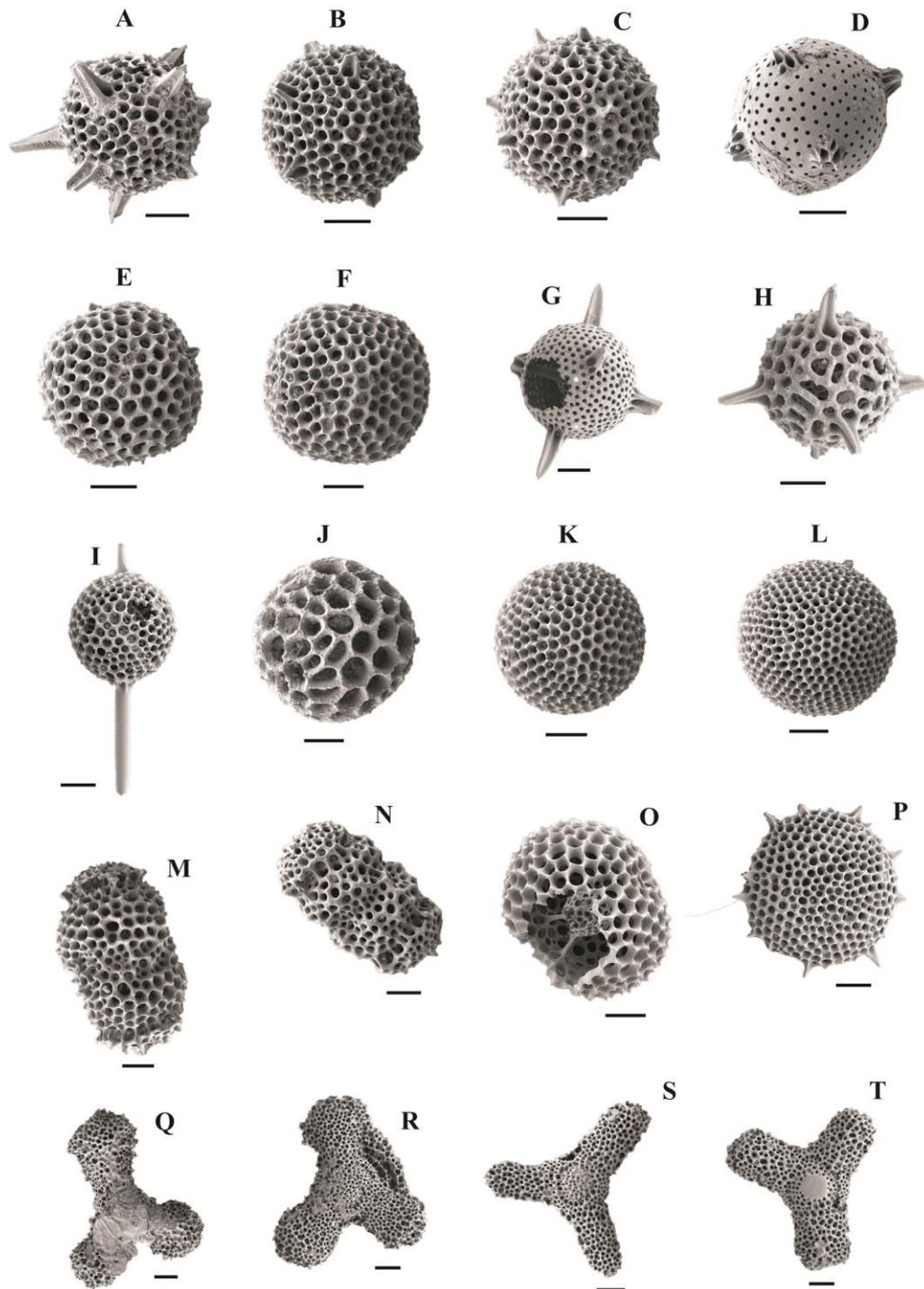


Planche 1: **A-B.** *Actinomma* sp. 1, (O12 et O42); **C.** *Actinomma* sp. 2, (O10); **D.** *Hexacontium laevigatum*, (O46); **E-F.** *Hexacontium* sp. 1, (O6); **G.** *Hexacontium* sp. 2, (S4b); **H.** *Hexacontium* sp. 3, (S28); **I.** *Stylosphaera* sp., (S20b); **J.** *Cenosphaera* sp., (O14); **K.** *Thecosphaera* sp., (O40); **L.** *Rhizosphaera* sp., (O4); **M-N.** *Didymocyrtis avita*, (O12 et O42); **O.** *Didymocyrtis* sp., (S12b); **P.** *Heliodiscus* sp., (S28); **Q-R.** *Dictyocoryne profunda*, (O24); **S-T.** *Dictyocoryne malagaense*, (O16, S4a). Barre d'échelle = 30 μ m.

Répartition locale: Messinien.

Répartition stratigraphique et géographique: Cette espèce a été signalée dans le Miocène des Carpates en Europe (Barwicz-Piskorz, 1978), le Miocène du Sud de la Californie (Campbell & Clark, 1944) et enfin le Miocène moyen et tardif du site ODP 1021, du Pacifique nord (Kamikuri, 2019).

Dictyocoryne muelleri (Haeckel, 1862)
(Pl. 2, fig. A)

1962 *Dictyocoryne muelleri* Haeckel, p. 508, pl. 30, figs. 5-10.

2009 *Dictyocoryne muelleri* Haeckel; Ogane & al., p. 91, figs. 2C, D.

2014d *Dictyocoryne muelleri* Haeckel; Matsuzaki et al., et al, p. 112, pl. 2, fig. 14.

2018 *Dictyocoryne muelleri* Haeckel; Zhang & al., p. 11, fig. 2.7.

2020 *Dictyocoryne muelleri* (Haeckel); Matsuzaki & al., p. 122, pl. 4, figs. 3, 4.

2021 *Dictyocoryne muelleri* (Haeckel); Mokhtar-Samet & al., p. 9, fig. 5A.

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Longueur des bras (à partir du centre de la coque) = 190-200 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: Cette espèce présente un disque central circulaire ou triangulaire avec deux à trois cercles de chambres concentriques. Ce disque est entouré par deux paires de bras identiques et un bras plus long. L'intersection de ces trois bras montre deux angles plus grands et un angle petit et presque droite. Les terminaisons des trois bras sont convexes et hétérogènes.

Répartition locale: Messinien.

Répartition stratigraphique et géographique: L'espèce est connue dans les sédiments récents de l'Océan Pacifique (Zhang & al., 2018; Matsuzaki & al., 2020) et dans le Pléistocène moyen à supérieur de la mer nord-est du Jupaon (Matsuzaki & al., 2014b).

Dictyocoryne sp. 1
(Pl. 2, fig. B)

Matériel: Centaines de coques.

Dimensions: Longueur des bras (à partir du centre de la coque) = 70-100 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: La coque présente trois bras spongieux, à trois angles presque égaux à partir d'un disque central. La surface externe montre des pores circulaires à sub-circulaires, avec des tailles petites au niveau d'un disque central et des tailles plus grandes le long de chaque bras.

Répartition locale: Messinien.

Dictyocoryne sp. 2
(Pl. 2, fig. C)

Matériel: Centaines de coques.

Dimensions: Longueur des bras (à partir du centre de la coque) = 110-120 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: La coque possède trois bras presque identiques, disposés en forme de Y, avec un angle plus petit que les deux autres. La surface externe montre des pores circulaires à sub-circulaires, de tailles différentes.

Répartition locale: Messinien.

***Dictyocoryne* sp. 3**
(Pl. 2, fig. D)

Matériel: Centaines de coques.

Dimensions: Longueur des bras (à partir du centre de la coque) = 80-90 μm .

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: La coque se compose de trois bras, avec un angle plus petit compris entre deux bras courts. Cette coque porte des pores circulaires à subcirculaires de tailles différentes.

Répartition locale: Messinien.

Genre *Spongodiscus* Ehrenberg, 1854

***Spongodiscus* sp. 1**
(Pl. 2, fig. E)

Matériel: Centaines de coques.

Dimensions: Diamètre de la coque = 150-300 μm .

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: La coque présente un disque biconvexe à aspect spongieux. Elle ne montre aucune structure discernable. La surface et les bords de ce test ne contiennent aucune épine.

Répartition locale: Messinien.

***Spongodiscus* sp. 2**
(Pl. 2, fig. F)

Matériel: Centaines de coques.

Dimensions: Diamètre de la coque = 150-300 μm .

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: La coque est discoïdale, d'apparence spongieuse et biconvexe. La surface comporte des pores irréguliers.

Répartition locale: Messinien.

Genre *Stylodictya* Ehrenberg, 1847

***Stylodictya* sp.**
(Pl. 2, fig. G)

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Diamètre de la coque = 130-160 μm .

Gisement: Coupes de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: Cette forme montre un disque plat au centre, avec des anneaux concentriques circulaires à subcirculaires, clairement définis.

Répartition locale: Messinien.

Famille Pyloniidae Haeckel, 1881

Genre *Phorticium* Haeckel, 1881
Phorticium pylonium Haeckel, 1887
(Pl. 2, fig. H)

- 1887 *Phorticium pylonium* Haeckel, p. 709, pl. 49, fig. 10.
1899 *Phorticium pylonium* Haeckel; Clev, p. 31, pl. 3, fig. 2.
1900 *Tetrapylonium clevei* Jørgensen, p. 64.
1909 *Phorticium pylonium* Haeckel; Schröder, pp. 55-56, figs. 33a-c.
1958 *Phorticium pylonium* Haeckel; Riedel, p. 229, pl. 2, fig. 5.
1967 *Phorticium clevei* (Jørgensen); Petrushevskaya, pp. 56-60, figs. 32 (1-2), 33-34.
1974 *Phorticium clevei* (Jørgensen); Petrushevskaya et Bjørklund, fig. 7.
1984 *Phorticium pylonium* Haeckel; Nigrini & Lombardi, pl. 12, figs. 2a, b.
1991 *Phorticium clevei* (Jørgensen); Molina-Cruz, fig. 2.5.
1995 *Phorticium clevei* (Jørgensen); Schröder, pl. 2, figs. 1-2, 5.
1996 *Phorticium pylonium* Haeckel; Welling, pl. 12, figs. 10-11.
1998 *Phorticium clevei* (Jørgensen); Bjørklund & al., pl. 1, fig. 15.
1998 *Phorticium clevei* (Jørgensen); Boltovskoy, fig. 15.82.
2003 *Phorticium pylonium* Haeckel; Bjørklund & Kruglikova, pl. 3, figs. 10-12, 14-15.
2005 *Phorticium pylonium* Haeckel; Okazaki & al., p. 2263, fig. 14.
2014a *Phorticium pylonium* Haeckel; Matsuzaki & al., fig. 2.9.
2014d *Phorticium polycladum* Tan et Tchang; Matsuzaki & al., p. 213, pl. 2, fig. 4.
2020 *Phorticium pylonium* Haeckel; Matsuzaki & al., p. 123, fig. 5. 1.
2021 *Phorticium pylonium*, Haeckel; Mokhtar-Samet & al., p. 9, fig. 5H.

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Longueur du petit axe de la coque la plus externe = 110-155 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: La coque se compose d'une combinaison centrale allongée. La coquille médullaire est elliptique fermée et régulière, alors que la coquille corticale est irrégulière, arrondie, environ trois fois plus grande que la coquille médullaire. Ces deux coquilles sont reliées par des faisceaux radiaux et des ceintures irrégulièrement grillagées. La surface de la coque est plus ou moins épineuse.

Répartition locale: Messinien.

Répartition stratigraphique et géographique: Elle est citée dans le Pléistocène moyen à supérieur de la marge nord-orientale du Japon (Matsuzaki & al., 2014b), l'Holocène du Nord de la mer d'Islande (Molina-Cruz, 1991), le Pléistocène supérieur à Holocène supérieur du Sud-Est de la mer de Norvège (Dolven, 1998) et les sédiments holocènes des mers du Norvège et du Groenland (Petrushevskaya & Bjørklund, 1974).

Famille Litheliidae Haeckel, 1862

Genre *Larcopyle* Dreyer, 1889
Larcopyle sp. 1
(Pl. 2, fig. I)

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Diamètre de la coque = 120-160 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri..

Description: La forme de cette coque est ovoïde à pores irréguliers. La surface de la coque est souvent épineuse. Les pores sont plus larges que les barres intermédiaires. L'un des pôles porte une ouverture (pylome), entourée par des épines plus ou moins grandes.

Répartition locale: Messinien.

Larcopyle sp. 2

(Pl. 2, fig. J)

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Diamètre de la coque = 120-160 µm.

Gisements: Sections de Ouillis et El Ghomri.

Description: La coquille est en forme d'œuf, très semblable à l'espèce *Larcopyle* sp. 1., mais ses pores ne sont pas large (les barres intermédiaires sont plus larges que les pores).

Répartition locale: Messinien.

Genre *Larcospira* Haeckel, 1887

Larcospira quadrangula Haeckel, 1887

(Pl. 2, fig. K)

1887 *Larcospira quadrangula* Haeckel, p. 696, pl. 49, fig. 3.

1966 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Benson, p. 266-268, pl. 18, figs. 7-8.

1977 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Kling, p. 217, pl. 2, fig. 18.

1980 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Johnson & Nigrini, pl. 2, fig. 15.

1981 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Takahashi & Honjo, p. 150, pl. 6; fig. 2.

1983 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Benson, p. 505.

1985 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Boltovskoy & Jankilevich, p. 108, p. 3, fig. 15.

1986 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Morley & Kohl, p. 653, pl.1, fig. 9.

1993 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Sharma & Singh, pl. 2, fig. 25.

1995 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Paverd, p. 188-190, pl. 55, figs. 1-2, 4-5.

1998 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Boltovskoy, fig. 15. 86.

2009 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Itaki, p. 48, pl. 10, figs. 14-15.

2009 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Sono & al., pl. 1, figs. 14a-15.

2009 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Kamikuri, p. 728, fig. 8.D.

2018 *Larcospira* aff. *quadrangula* Haeckel; Zhang & al., p. 11, fig. 2.20.

2019 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Kamikuri, p. 188-192, pl. 18, fig. 3, pl. 22, figs. 9, 10.

2021 *Larcospira quadrangula* Haeckel; Mokhtar-Samet & al., p. 9, fig. 5K.

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Largeur de la coque 120-130 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri..

Description: La coque se compose de deux spirales ouvertes. Elle porte des pores sub-égaux à inégaux, sub-polygonaux, en disposition irrégulière. Ces pores sont séparés par des barres intermédiaires. La surface de la coque montre des épines dispersées, de forme conique, courte et mince.

Répartition locale: Messinien.

Répartition stratigraphique et géographique: L'espèce signalée dans le Pliocène de la formation de « Nobori » au Japon (Sugiyama & al., 1992), le Néogène de l'Antarctique (Renaudie, 2012), le Quaternaire de l'embouchure, leg. 65 du DSDP dans l'Océan Austral

(Benson, 1983), le Pliocène inférieur au Nord-Est de l'Océan Indien (Sharma & Singh, 1993), le Miocène moyen et supérieur du site ODP 1021 à l'Est du Pacifique nord (Kamikuri, 2019), le Miocène des zones tropicales tempérées (Nigrini & Lombardi, 1984), le Néogène des sites ODP 1241, à l'Est du Pacifique équatorial (Kamikuri & *al.*, 2009) et l'Holocène de la mer du Japon (Itaki, 2009),

Ordre Nassellaria Ehrenberg, 1875

Famille Theoperidae Haeckel 1881, emend. Riedel 1967b

Genre *Eucyrtidium* Ehrenberg, 1847b, emend. Nigrini, 1967

Eucyrtidium acuminatum (Ehrenberg, 1844)

(Pl. 2, fig. L)

1844 *Lithocampe acuminata* Ehrenberg, p. 84.

1854 *Eucyrtidium acuminatum* (Ehrenberg); Ehrenberg, pl. 22, fig. 27.

1880 *Eucyrtidium acuminatum* (Ehrenberg); Stöhr, p. 104, pl. 4, fig. 6.

1967 *Eucyrtidium acuminatum* (Ehrenberg); Nigrini, p. 81, pl. 8, figs. 3a-b.

1970 *Eucyrtidium acuminatum* (Ehrenberg); Nigrini, pl. 4, fig. 1.

1980 *Eucyrtidium acuminatum* (Ehrenberg); Boltovskoy, p. 256, pl. 5, fig. 123.

2005 *Eucyrtidium acuminatum* (Ehrenberg); Okazaki & *al.*, p. 2269, fig. 13. 24.

2005 *Eucyrtidium acuminatum* (Ehrenberg); Zapata & Olivares, p. 90, fig. 4. 11.

2012 *Eucyrtidium acuminatum* (Ehrenberg); Krsinic & Krsinic, p. 199, pl. VI. 59.

2013 *Eucyrtidium acuminatum* (Ehrenberg); Hernández-Almeida, p. 65, pl. V. fig. 19.

2017 *Eucyrtidium acuminatum* (Ehrenberg); Giblin, p. 41, pl. C, fig. 30.

2021 *Eucyrtidium acuminatum* (Ehrenberg); Mokhtar-Samet & *al.*, p. 9, fig. 5L.

Matériel: Dizaine de coques.

Dimensions: Longueur total de la coque = 120-200 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri..

Description: Cette forme présente un petit céphalis sphérique à corne apicale courte, de forme conique. Le thorax sous forme d'un petit cône est légèrement gonflé à parois épaisses, avec présence de pores subcirculaires alignés longitudinalement. L'abdomen et les segments post-abdominaux à paroi épaisse montrent des pores subcirculaires. Ces derniers sont disposés en rangées longitudinales.

Répartition locale: Messinien.

Répartition stratigraphique et géographique: Elle est signalée dans les sédiments récents du Chili (Zapata et Olivares, 2005) et de l'Océan Indien (Nigrini, 1967), le Cénozoïque et les dépôts récents de l'Océan Pacifique (Petrushevskaya & Kozlova, 1972; Boltovskoy, 1980; Hernández-Almeida, 2013), les sédiments quaternaires et récents de l'Océan Pacifique (Nigrini, 1970; Boltovskoy & Jankilevich, 1985; Okazaki & *al.*, 2005; Motoyama & Nishimura, 2005; Giblin, 2017) et enfin les dépôts récents de la Méditerranée (Krsinic & Krsinic, 2012).

Genre *Stichocorys* Haeckel, 1881

Stichocorys peregrina (Riedel), 1953

(Pl. 2, fig. M)

1953 *Eucyrtidium elongatum peregrinum* Riedel, p. 812, pl. 85, fig. 2.

1971 *Stichocorys peregrina* (Riedel); Riedel & Sanfilippo, p. 451, pl. 1, fig. 10.

1978 *Stichocorys peregrina* (Riedel); Westberg & Riedel, p. 22, pl. 3, figs. 6-9.

1983 *Stichocorys peregrina* (Riedel), Weaver, pl. 6, figs. 3, 9.
 1984 *Stichocorys peregrina* (Riedel); Nigrini & Lombardi, pl. 25, fig. 6.
 1987 *Stichocorys peregrina* (Riedel); Nishimura, p. 736, pl. 5, figs. 8, 9.
 1992 *Stichocorys peregrina* (Riedel); Wang & Yang, p. 111, pl. 4, figs. 13-15.
 1972 *Stichocorys peregrina* (Riedel); Petrushevskaya & Kozlova, p. 607, pl. 25, fig. 25.
 2002 *Stichocorys peregrina* (Riedel); Vigour & Lazarus, p. 16, pl. P2, fig. 9.
 2009 *Stichocorys peregrina* (Riedel); Oseki & Suzuki, p. 210, fig. 26.
 2009 *Stichocorys peregrina* (Riedel); Kamikuri & *al.*, p. 730, fig. 10P.
 2014 *Stichocorys peregrina* (Riedel); Dayal, pl. 6, fig. R.
 2017 *Stichocorys peregrina* (Riedel); Sandoval, p. 163, fig. 12M.
 2017 *Stichocorys peregrina* (Riedel); Kamikuri, figs. 7. 1a, 7. 1b.
 2019 *Stichocorys peregrina* (Riedel); kamikuri, p. 175, pl 5, fig. 6.
 2021 *Stichocorys peregrina* (Riedel); Mokhtar-Samet & *al.*, p. 9, fig. 5M.

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Longueur total : 140-250 = μm et longueur de l'abdomen = 30-40 μm .

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri..

Description: La coque se compose de sept ou plus de segments distincts, séparés par des sutures. Elle est caractérisée par quatre segments supérieurs généralement plus robustes que les segments suivants et par un troisième segment conique tronqué plutôt que gonflé. La coque est plus large près de la base du troisième segment et du milieu du quatrième.

Répartition locale: Messinien.

Répartition stratigraphique et géographique: Elle est citée dans le Pliocène inférieur-Miocène moyen du Mexique (Weaver & *al.*, 1981), le Tertiaire supérieur de Rotti en Indonésie (Riedel, 1953), le Miocène-Pliocène du site 745, situé dans le plateau de Kerguelen dans l'Océan Austral (Dayal, 2014), le Cénozoïque du leg. 71 du plateau des Malouines en Atlantique sud-ouest (Weaver, 1983), le Miocène-Pléistocène du Pacifique nord (Oseki & Suzuki, 2009), le Miocène moyen à supérieur du site 1021, à l'Est du Pacifique nord (Kamikuri, 2019), le Néogène des sites 845 et 1241 du Pacifique équatorial oriental (Kamikuri & *al.*, 2009), le Miocène des zones tropicales, tempérées (Nigrini & Lombardi, 1984), le Néogène supérieur des sites 1020 et 1021 du Pacifique nord-est (Kamikuri, 2017), le Néogène et le Quaternaire du leg. 125 du Pacifique occidental (Wang & Yang, 1992) et le Miocène supérieur du site U1424 du Japon (Matsuzaki & Itaki, 2019).

Stichocorys cf. peregrina

(Pl. 2, fig. N)

Matériel: dizaine de coques.

Dimensions: longueur total (sans corne) = 100-145 μm et longueur de l'abdomen = 25-40 μm .

Gisement: Section de Sidi Lakhdar.

Description: La coquille est rugueuse, en forme de poire, montrant trois sutures assez déprimées. Les trois premiers segments sont de longueurs égales. Le céphalis sphérique ne présente aucune porosité avec les quelques petits pores. Dans certains spécimens, le céphalis porte une corne apicale conique et oblique. Le thorax est conique à hémisphérique. L'abdomen est annulaire ou gonflé. Le seul segment post-abdominal est hémisphérique et comporte une ouverture fortement resserrée, environ deux fois plus large qu'un pore. La paroi des segments (thorax et l'abdomen) est épaisse, avec des pores sub-circulaires à circulaires en disposition régulière.

Répartition locale: Messinien.

Stichocorys delmontensis (Campbell & Clark), 1944
(Pl. 2, fig. O-P)

- 1944a *Eucyrtidium delmontense* Campbell & Clark, p. 56, pl. 7, figs. 19, 20.
1955 *Eucyrtidium delmontensis nipponicum* Nakaseko, p. 109, pl. 10, fig. 8.
1973 *Sticochorys delmontensis* (Campbell & Clark); Kling, p. 663, pl. 11, figs. 8-10.
1980 *Stichocorys delmontensis* (Campbell & Clark); Sakai, p.729, pl. 8, fig. 3.

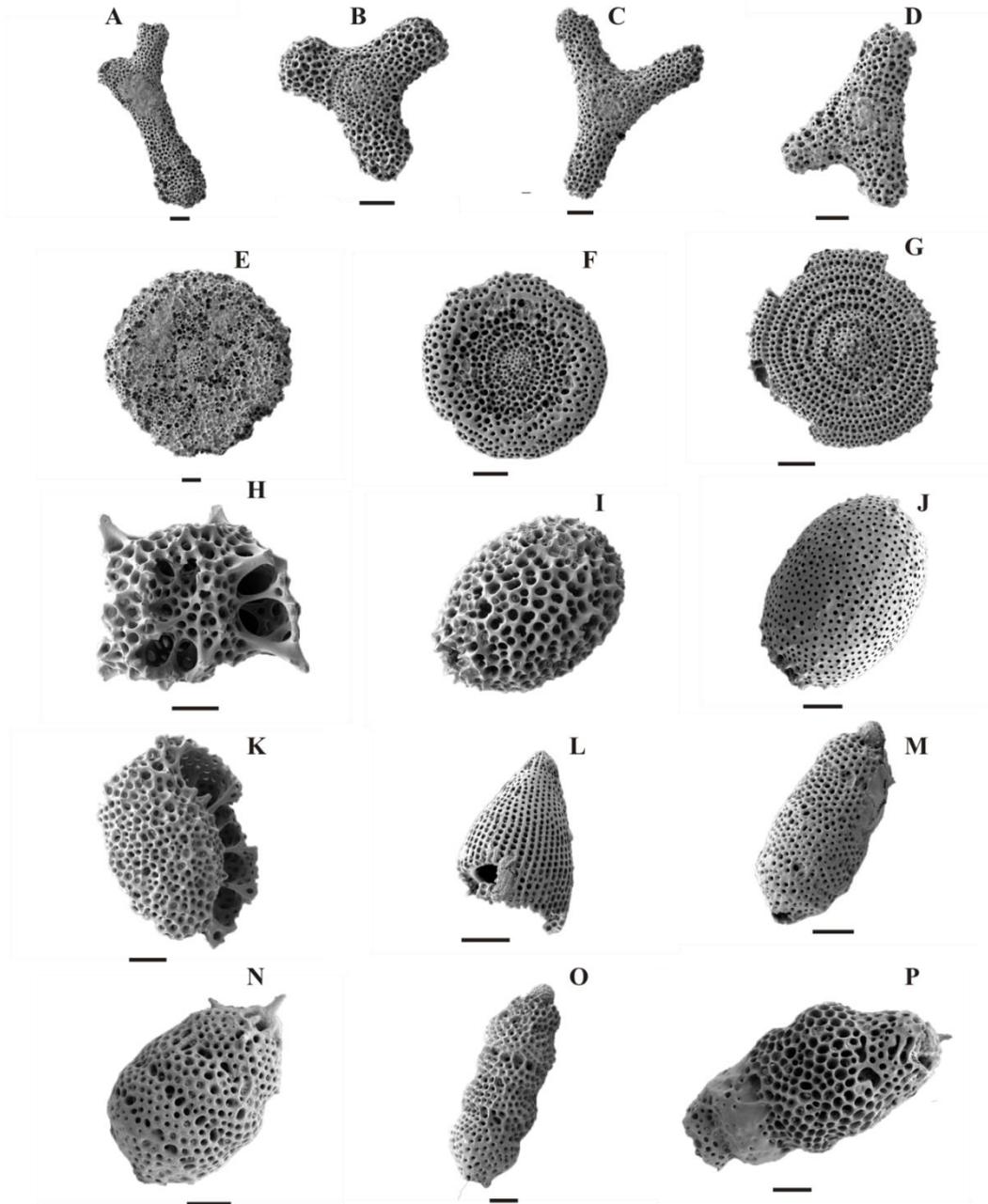


Planche 2: **A.** *Dictyocoryne muelleri*, (O4); **B.** *Dictyocoryne* sp. 1, (O32); **C.** *Dictyocoryne* sp. 2, (O4); **D.** *Dictyocoryne* sp. 3, (O4); **E.** *Spongodiscus* sp. 1, (O6); **F.** *Spongodiscus* sp. 2, (O3); **G.** *Stylodictya* sp., (O4); **H.** *Phorticium polycladum*, (O12); **I.** *Larcopyle* sp. 1, (O6); **J.** *Larcopyle* sp. 2, (O42); **K.** *Larcospira quadrangular*, (O12); **L.** *Eucyrtidium acuminatum*, (O12); **M.** *Sticochorys peregrina*, (O8 et O24); **N.** *Sticochorys* cf. *peregrina* (S28); **O-P.** *Stichocorys delmontensis*, (O8 et S28). Barre d'échelle = 30 μ m.

1984 *Sticochorys delmontensis* (Campbell & Clark); Nigrini et Lombardi, pl. 25, fig. 4.
2009 *Sticochorys delmontensis* (Campbell & Clark); Oseki & Suzuki, p. 209, fig. 25.
2009 *Sticochorys delmontensis* (Campbell & Clark); Kamikuri et al., p. 730, fig. 10Q.
2017 *Sticochorys delmontensis* (Riedel); Kamikuri, figs. 7. 2a, 7. 2b.
2017 *Sticochorys delmontensis* (Campbell & Clark); Sandoval, p. 163, figs. 12K-12L.
2019 *Stichocorys delmontensis* (Campbell & Clark); Kamikuri, p. 175, pl. 5, fig. 7.
2021 *Sticochorys delmontensis* (Campbell & Clark); Mokhtar-Samet & al., p. 9, figs. 5O, P.

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Longueur total = 125-230 µm, longueur du l'abdomen = 30-50 µm.

Gisements: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri..

Description: Les trois segments supérieurs sont généralement plus robustes que les segments suivants et forment ainsi une section conique supérieure, distinctive de la coque. Quant au quatrième segment et les segments suivants, ils forment une section cylindrique inférieure. La coque est plus large près du milieu du troisième segment.

Répartition locale: Messinien.

Répartition stratigraphique et géographique: Elle est signalée dans les formations diatomitiques messiniennes de la Sicile, en Italie (Cortese & Bjørklund, 1999), le Miocène du Sud de la Californie (Campbell & Clark, 1944), le Miocène à récent de la côte sud du Pacifique (Sandoval, 2017), le Miocène de Tojama au Japon (Nakaseko, 1955), les sédiments du néogène de l'Océan Antarctique (Chen, 1975), le Miocène et et Pléistocène du Pacifique (Oseki & Suzuki, 2009; Kamikuri, 2019), les Sédiments du Cénozoïque au Quaternaire du Pacifique (Riedel & Sanfilippo, 1971; Oseki & Suzuki, 2009; Nigrini & Lombardi, 1984; Wang & Yang, 1992; Kamikuri & al., 2009; Kamikuri, 2017) et le Miocène supérieur du site U1425 dans la mer du Japon (Matsuzaki & Itaki, 2019).

Genre *Pterocanium* Ehrenberg, 1847

Pterocanium sp.

(Pl. 3, fig. A)

Matériel: dizaine de coques.

Dimensions: Longueur de la coque (sans corne et pieds) = 110-120 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri..

Description: La coque se compose d'un céphalis relativement petit qui comporte une corne apicale. Le thorax est gonflé avec des pores circulaires en disposition régulière. Ce dernier montre trois côtes s'étendant en pieds robustes à trois lames, légèrement incurvés.

Répartition locale: Messinien.

Famille Carpocaniidae Haeckel 1881, emend. Riedel, 1967b

Genre *Carpocanium* Ehrenberg, 1847

Carpocanium favosa (Haeckel), 1887

(Pl. 3, fig. B-C)

1887 *Sethamorpha favosa* Haeckel, p. 1253, pl. 57, fig. 4.

1972 *Carpocanistrum ? odysseus* Haeckel; Dumitrica, p. 838, pl. 15, fig. 10, pl. 24, fig. 2.

1981 *Carpocanistrum favosum* (Haeckel); Takahashi, p. 273, pl. 45, fig. 8.

1991 *Carpocanistrum favosum* (Haeckel); Takahashi, p. 131, pl. 45, fig. 8.

1991 *Carpocanistrum favosum* (Haeckel); Gupta, p. 337, pl. 18, fig. 41.

- 1997 *Carpocanium* spp. O'Connor, p. 111, pl. 3, figs. 18-20.
 2019 *Carpocanium favosa* (Haeckel); Kamikuri, p. 171, pl. 1, fig. 15.
 2021 *Carpocanium favosa* (Haeckel); Mokhtar-Samet & al., p. 12, figs. 6B, C.

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Longueur total de la coque = 90-110 µm.

Gisement: Sections de Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: La coquille montre une forme ovoïde. Le céphalis est très petit, pas nettement distingué dans le contour du thorax. Ce dernier est ovale, avec vingt-cinq à trente côtes longitudinales, alternent avec le même nombre d'intervalles longitudinaux et chacun contient dix à douze pores circulaires. L'ouverture de la coque est assez petite et entourée par des dents terminales. La surface de test est rugueuse causée par de nombreux denticules arrondis.

Répartition locale: Messinien.

Répartition stratigraphique et géographique: Elle est citée dans l'Oligocène et le Miocène inférieur du Northland dans l'Océan Indien (O'Connor, 1997), le Quaternaire des grands fonds du Nord-Ouest de l'Océan Atlantique (Dumitrica, 1972), le Miocène moyen et supérieur du site ODP 1021 dans l'Est du Pacifique nord (Kamikuri, 2019) et le Quaternaire des grands fonds du bassin méditerranéen (Dumitrica, 1972).

Famille Pterocorythidae Haeckel 1881, emend. Riedel, 1967b

Genre *Lamprocyclus* Haeckel, 1881
Lamprocyclus maritalis Haeckel, 1887
 (Pl. 3, fig. D-E)

- 1887 *Lamprocyclus maritalis* Haeckel, p. 1390, pl. 47, figs. 13-14.
 1966 *Lamprocyclus maritalis* Haeckel; Benson, pl. 32, figs. 10-12.
 1972 *Lamprocyclus maritalis* Haeckel; Petrushevskaya & Kozlova, p. 629, pl. 36, fig. 14.
 1976 *Lamprocyclus maritalis* Haeckel; Renz, p. 145, pl. 3, fig. 26.
 1977a *Lamprocyclus maritalis maritalis* Haeckel; Molina-Cruz, p. 337, pl. 7, figs. 8-9.
 1980 *Lamprocyclus maritalis* Haeckel; Johenson & Nigrini, p. 134, pl. III, fig. 21.
 1984 *Lamprocyclus maritalis* Haeckel; Nigrini & Lombardi, p. N163, pl. 30, figs. 1a, 1b.
 1986 *Lamprocyclus maritalis* Haeckel; Morley & Kohl, p. 654, pl.2, fig. 5.
 1992 *Lamprocyclus maritalis* Haeckel; Nigrini & Caulet, p. 153, pl. 3, fig. 2.
 1998 *Lamprocyclus maritalis* Haeckel; Boltovskoy, fig. 15. 158.
 2005 *Lamprocyclus maritalis maritalis* Haeckel; Zapata & Olivares, p. 90, figs. 4.4, 4.5.
 2008 *Lamprocyclus maritalis* Haeckel; Vergara et al., p. 88, pl. 3, fig. 9.
 2014d *Lamprocyclus maritalis* Haeckel; Matsuzaki et al., p. 215, pl. 3, fig. 16.
 2017 *Lamprocyclus maritalis* Haeckel; Sandoval, p. 169, figs. 15K-15L.
 2017 *Lamprocyclus maritalis* Haeckel; Giblin, pl. C, p. 41, pl. C, fig. 24.
 2018 *Lamprocyclus maritalis* Haeckel; Tochilina & Vasilenko, p. 107, pl. 31, figs. 4-6.
 2021 *Lamprocyclus maritalis* Haeckel; Mokhtar-Samet & al., p. 12, figs. 6D, E.

Matériel: Dizaine de coques.

Dimensions: Longueur total (sans corne apicale) = 150 µm, longueur du céphalis = 60 µm, longueur du thorax = 60 µm, longueur du l'abdomen = 80 µm

Gisement: Sections de Sidi Lakhdar et El Ghomri.

Description: La coquille est en forme d'une clochette. Le céphalis est subsphérique, avec une corne pyramidale très robuste dont les bords sont spiralés. Le thorax en forme de coupole, avec des pores circulaires réguliers et encadrés. L'abdomen est gonflé, portant des pores plus larges et encadrés, en disposition régulière. Le péristome ne présente aucune porosité. Le coronal externe du péristome montre douze à quinze pieds courts et divergents.

Répartition locale: Messinien.

Répartition stratigraphique et géographique: Cette espèce est citée dans le Miocène à récent des bassins du Chili et du golfe du Mexique (Morley & Kohl, 1986; Zapata & Olivares, 2005; Vergara & *al.*, 2008; Sandoval, 2017), le sommet du Néogène des zones d'upwellings de l'Océan Indien (Nigrini & Caulet, 1992), les sédiments actuels de quelques forages de l'Océan Atlantique (Nigrini, 1967; Petrushevskaya & Kozlova, 1972; Boltovskoy, 1980, 1998; Takahashi, 1981, 1991), le Cénozoïque et le Quaternaire de certains bassins de l'Océan Pacifique (Nigrini, 1970; Wolfart, 1981; Wang & Yang, 1992; Giblin, 2017; Tochilina & Vasilenko, 2018) ainsi que le Pléistocène moyen et supérieur de la marge nord-orientale du Japon (Matsuzaki & *al.*, 2014a).

Genre *Albastrossidium* Sanfilippo, 1992

Albastrossidium sp.

(Pl. 3, fig. F-G)

Matériel: Dizaine de coques.

Dimensions: Longueur du céphalis = 25-30 µm.

Gisement: Sections de Ouillis et El Ghomri..

Description: La coque présente trois segments. Le céphalis a une apparence courte et large, portant une corne épaisse. Le thorax est gonflé avec des pores en rangées longitudinales distincts. Les cadres des pores sont longitudinaux, donnant ainsi l'allure de crêtes ondulées entre les pores. Le thorax et l'abdomen sont séparés par une forte cloison interne qui n'est marquée que de manière indistincte à l'extérieur. Dans le présent travail, aucune espèce ne montre une forme complète de l'abdomen.

Répartition locale: Messinien.

Famille Plagiacanthidae Hertwig, 1879

Genre *Lamprotripus* Haeckel, 1881

Lamprotripus hirundo (Haeckel, 1887)

(Pl. 3, fig. H)

1887 *Pterocorys* (*Pterocyrtdium*) *hirundo* Haeckel, p. 1318, pl. 71, fig. 4.

1967 *Dictyophimus crisisiae* Ehrenberg; Nigrini, p. 66-68, pl. 6, figs. 7a, 7b.

1967 *Pterocorys?* *hirundo* Haeckel; Petrushevskaya, p. 115-118, text-figs. 67. 4, 67. 5.

1971 *Pterocorys hirundo* Haeckel. Ling & *al.*, p. 715, pl. 2, figs. 8, 9.

1973 *Dictyophimus crisisiae* Ehrenberg; Kling, pl. 4, figs. 11-15, pl. 10, figs; 18-20.

1975 *Lamprotripus cortina* (Haeckel); Kruglikova, fig. 3. 9.

1991 *Dictyophimus hirundo* Haeckel; Chen, pl. 2, fig. 13.

1996 *Pterocorys hirundo* (Haeckel) group; Chen & Tan, p. 217, pl. 31, figs. 3, 4.

2008 *Dictyophimus hirundo* (Haeckel); Tanaka & Takahashi, pl. 5, figs. 5, 6.

2012a *Dictyophimus hirundo* (Haeckel) group; Ikenoue & *al.*, pl. 3, fig. 20.

2012 *Dictyophimus crisisiae* Ehrenberg; Itaki & *al.*, pl. 5, fig. 1.

- 2015 *Lamprotripus hirundo* (Haeckel); Matsuzaki et al., p. 47, figs. 8. 3, 8. 4.
 2017 *Dictyophimus hirundo* Haeckel; Sandoval, p. 157, fig. 9.C.
 2018 *Pterocorys hirundo* Haeckel; Tochilina & Vasilenko, p. 99, figs. 7, 8.
 2021 *Lamprotripus hirundo* (Haeckel); Mokhtar-Samet & al., p. 12, fig. 6H.

Matériel: Dizaine de coques.

Dimensions: Longueur total (sans corne apicale) = 50 µm, longueur du céphalis = 20 µm.

Gisement: Section de Sidi Lakhdar.

Description: La coque présente un céphalis globuleux, épineux à corne apicale robuste. Le thorax sous forme conique tronquée à campanulé montre des pores circulaires et trois côtes qui se prolongent en trois pieds divergents.

Répartition locale: Messinien.

Répartition stratigraphique et géographique: L'espèce *Lamprotripus hirundo* est décrite dans le Miocène à récent de la côte méridionale du pacifique (Sandoval, 2017), le Pléistocène supérieur des environnements peu profonds à profonds de la mer de Béring (Itaki & al., 2012), le Cénozoïque de certains legs de l'Océan Pacifique (Kling, 1973; Matsuzaki & al., 2015; Tochilina & Vasilenko, 2018) et le Pliocène de la formation de Nobori au Japon (Sugiyama & al., 1992),

Ordre Collodaria Haeckel, 1881
 Famille Collosphaeridae Müller, 1858a

Genre *Collosphaera* Müller, 1855, Bjorklund & Goll, 1979

Collosphaera aff. *huxleyi* Müller, 1855
 (Pl. 3, fig. I-J)

- 1855 *Collosphaera huxleyi* Müller, p. 238.
 1858 *Collosphaera huxleyi* Müller, p. 55, pl. 8, figs. 6-9.
 1905 ? *Odontosphaera compacta* Brandt, p. 342, pl. 10, fig. 19.
 1887 *Collosphaera (Dyscollosphaera) huxleyi* Müller; Haeckel, p. 96
 1980 *Collosphaera huxleyi* Müller; Johnson & Nigrini, p. 120, pl. 1, fig. 5.
 1981 *Collosphaera huxleyi* Müller; Takahashi, p. 335, pl. 2, figs. 8-11.
 1985 *Collosphaera huxleyi* Müller; Boltovskoy & Jankilevich, p. 106, pl. 1, fig. 5.
 1991 *Collosphaera huxleyi* Müller; Gupta, p. 312, pl. 1, figs. 11, 12.
 1991 *Collosphaera huxleyi* Müller; Takahashi, p. 181, pl. 2, figs. 8-11.
 1992 *Collosphaera* sp. aff. *C. huxleyi* Müller; Nigrini & Caulet, p. 148, pl. 1, fig. 1.
 2009 *Collosphaera huxleyi* Müller; Sakai & al., pl. 3, figs. 1-3, pl. 6, figs. 1-3, pl. 8, figs. 1, 2, pl. 10, figs. 1, 2, pl. 13, fig. 3.
 2018 *Collosphaera huxleyi* Müller; Zhang & al., p. 13, fig. 3.3.
 2021 *Collosphaera* aff. *huxleyi* Müller; Mokhtar-Samet & al., p. 12, figs. 6I, J.

Matériel: Centaine de coques.

Dimensions: Diamètre de la coque = 110-120 µm.

Gisement: Section de Sidi Lakhdar et El Ghomri..

Description: Cette forme présente une coque sphérique à subsphérique, à paroi mince. Elle montre des pores de taille, de forme et de distribution très variables. La surface est lisse, sans épines ou tubes.

Répartition locale: Messinien.

Répartition stratigraphique et géographique: L'espèce *Collosphaera* aff. *Huxleyi* est citée en particulier dans les sédiments récents de l'Océan Indien (Johnson & Nigrini, 1980;

Gupta, 1991), l'Océan Atlantique (Boltovskoy, 1980; Boltovskoy & Riedel, 1980), l'Océan Pacifique (Takahashi, 1981; Boltovskoy & Jankilevich, 1985; Takahashi, 1991; Zhang & *al.*, 2018) et le golfe de Naples en Méditerranée (Brandt, 1885). Par ailleurs, elle est connue dans le Néogène supérieur du bassin Indo-Pacifique (Nigrini & Caulet, 1992).

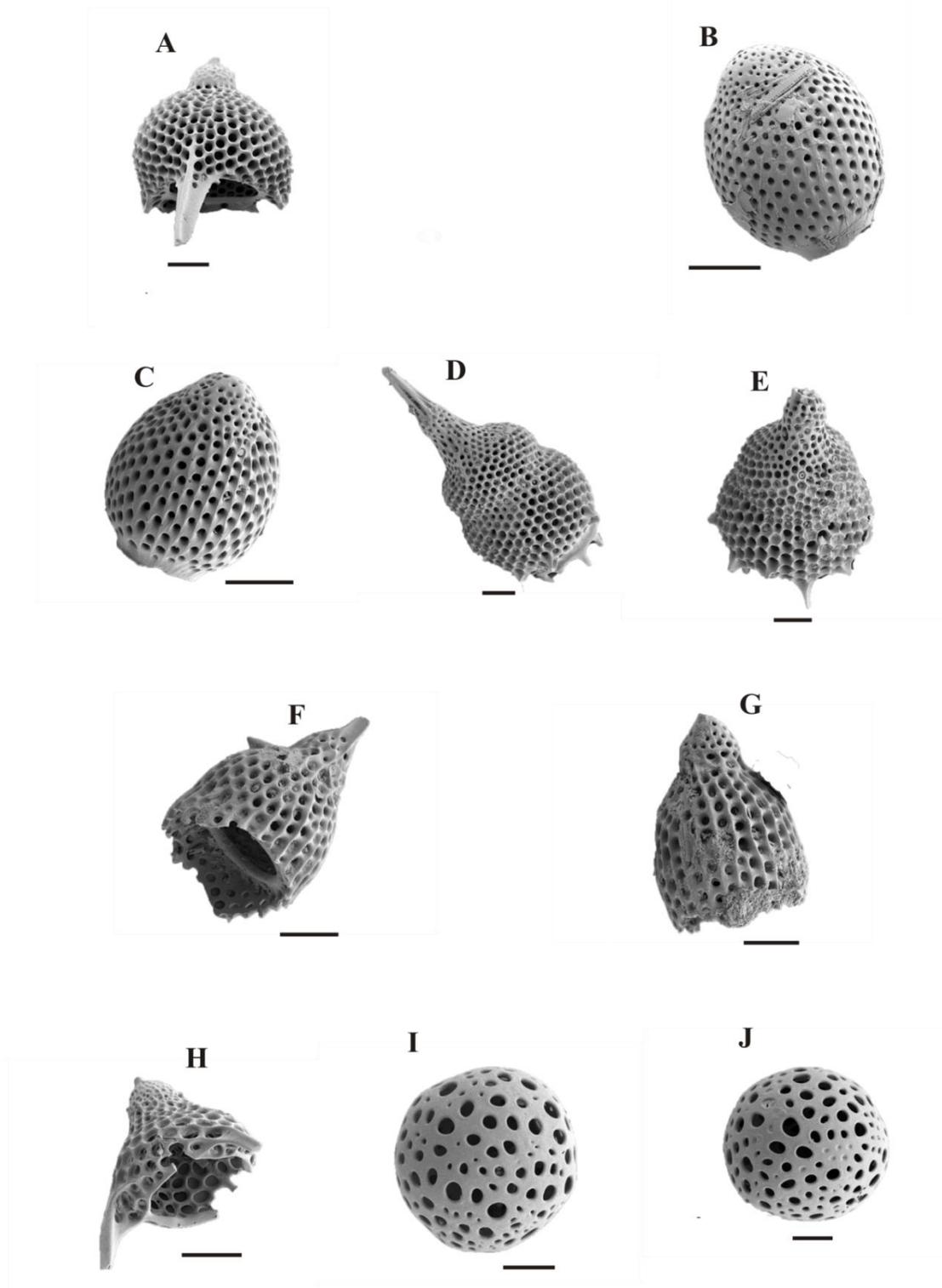


Planche 3: **A.** *Pterocanium* sp., (S6); **B-C.** *Carpocanium favosa*, (O4); **D-E.** *Lamprocyclus maritilis*, (S4a); **F-G.** *Albastrossidium* sp., (O4); **H.** *Lamprotripus hirundo*, (S28); **I-J.** *Collosphaera* aff. *Huxleyi*, (S4b). Barre d'échelle = 30 μ m.

Quatrième chapitre: **Biostratigraphie & Paléoécologie**

Quatrième chapitre:

Biostratigraphie & Paléoécologie

I. DISTRIBUTION BIOSTRATIGRAPHIQUE

A. Associations des radiolaires

Afin d'apporter de nouvelles données sur l'évolution verticale de la diversité spécifique des polycystines, une analyse à la fois qualitative et quantitative des associations a été effectuée le long des trois sections.

1. Dans la section de Ouillis (fig. 22)

1.1. Association I

Elle est identifiée presque dans tout les niveaux de la section, sauf au niveau supérieur (O50d, O52b, O52c, O52d, O52e, O52f) où nous avons relevé une absence totale des radiolaires. L'association est marquée par la prédominance de la famille des spongodiscidae. En fonction des variations de fréquence des radiolaires, des sous-associations peuvent être définies. Il s'agit de :

a. Sous association A

Observée dans les niveaux: O4, O6, O8, O10, O16, O18, O20, O22, O24, O26, O28, O30, O32, O34, O36, O38, O40, O42, O44, O50a, O50b, cette association se caractérise par la présence des espèces suivantes:

-Espèces dominantes: *Stylodictya* sp. (52%)(O6) et *Thecosphaera* sp. (52 %) (O26);

-Espèces caractéristiques: *Stylodictya* sp. (25 à 40 %)(O6, O8, O16, O18, O20, O26, O28, O36, O38, O40, O42, O50a et O50b), *Phortidium pylonium* (30 à 44 %)(O30, O34), *Stichocorys peregrina* (28 à 30%)(O4, O36), *Larcopyle* sp.1 (47 %)(O50a), *Rhizosphaera* sp. (27 %)(O18), *Spongodiscus* sp. 1 (26 %)(O20) et *Carpocanium favosa* (26%)(O50b);

-Espèces accompagnatrices: *Stylodictya* sp. (11 à 17 %)(O4, O22, O30, O32, 34, O44), *Phortidium pylonium* (10 à 21 %)(O4, O10, O16, O22, O24, O32, O38, O44), *Stichocorys peregrina* (10 à 13 %) (O24, O38, O44), *Thecosphaera* sp. (15 à 20 %) (O6, O15, O20), *Rhizosphaera* sp. (12 à 21 %) (O16, O28, O30, O44), *Spongodiscus* sp. 1 (10 %) (O18, O22, O30, O34), *Spongodiscus* sp. 2 (10 %) (O34), *Carpocanium favosa* (13 à

15%)(O8, O32, O38), *Stichocorys delmontensis* (14 %)(O32, O44), *Dictyocoryne malagaense* (10 à 15%)(O16, O20), *Dictyocoryne profunda* (14 à 21 %)(O24, O38), *Dictyocoryne muelleri* (13 %)(O40), *Dictyocoryne* sp. 3 (13 %)(O20), *Larospira quadrangula* (11 à 20 %)(O22, O32), *Actinomma* sp. 1 (18 %)(O42), *Actinomma* sp. 2 (10 à 16)(O34, O36), *Hexacantium* sp. 1 (10 à 17 %) (O6, O42), *Cenosphaera* sp. (11 %) (O10), *Didymocyrtis* sp. (17 à 22 %)(O8, O22), *Heliodiscus* sp. (14 %)(O10), *Larcopyle* sp. 2 (12 %)(O42);

-Espèces fortuites: *Hexacantium leavigatum*, *Hexacantium* sp. 2, *Dictyocoryne* sp. 2, *Didymocyrtis avita*, *Eucyrtidium acuminatum*, *Pterocanium* sp., *Albastrossidium* sp.

b. Sous association B

Elle caractérise en particulier, les niveaux O48a, O48b, O48c et O50c, avec la présence de :

-Espèces dominantes: *Stylodictya* sp. (57 à 65 %)(O48a, O48b, O48c et O50c);

-Espèces fortuites: *Actinomma* sp. 2, *Cenosphaera* sp., *Thecosphaera* sp., *Hexacantium* sp. 1, *Rhizosphaera* sp., *Didymocyrtis avita*, *Didymocyrtis* sp., *Dictyocoryne muelleri*, *Dictyocorune malagaense*, *Dictyocoryne profunda*, *Dictyocoryne* sp. 1, *Dictyocoryne* sp. 2, *Dictyocoryne* sp. 3, *Spongodiscus* sp. 1, *Spongodiscus* sp. 2, *Phortidium pylonium*, *Larospira quadrangula*, *Larcopyle* sp. 1, *Larcopyle* sp. 2, *Eucyrtidium acuminatum*, *Stichocorys peregrina*, *Carpocanium favosa*, *Albastrossidium* sp.

1.2. Association II

Cette association identifiée dans les niveaux stratigraphiques: O14, O46, O48d, O52a se caractérise par la prédominance de la famille des pyloniidae. Ces niveaux sont représentés essentiellement par l'espèce *Phortidium pylonium* qui est abondante (55 à 66 %)(O14, O46, O48d, O52a) et caractéristique, avec 36 % dans le niveau (O52a). L'espèce *Stylodictya* sp. est caractéristique (30 %) dans le niveau (O48d) et fortuite (3 à 5%) dans les niveaux (O14, O46, O52a). Enfin, l'espèce *Stichocorys peregrina* est caractéristique (24 %) dans le niveau (O46), fortuite (3 à 5%) dans les niveaux (O48d, O52a) et complètement absente dans le niveau (O14). Ces trois espèces sont associées aux formes suivantes:

-*Cenosphaera* sp. est accompagnatrice (10 %)(O14), fortuite (3 %)(O48d) et absente dans les deux niveaux (O46, O52a);

- *Rhizosphaera* sp. est accompagnatrice (10%)(O14), fortuite (1%)(O48d) et absente dans les niveaux (O46, O52a);

- *Didymocyrtis avita* est accompagnatrice (18 %)(O52a) et absente dans les niveaux (O14, O46, O48d);

Notons que l'analyse qualitative et quantitative de cette association montre la présence des espèces fortuites: *Actinomma* sp. 2, *Hexacantium leavigatum*, *Hexacantium* sp. 1, *Thecosphaera* sp., *Dictyocoryne malagaense*, *Dictyocoryne muelleri*, *Dictyocoryne profunda*, *Dictyocoryne* sp. 1, *Dictyocoryne* sp. 3, *Spongodiscus* sp. 1, *Heliodiscus* sp., *Didymocyrtis* sp., *Larospira quadrangula* et *Carpocanium favosa*.

1.3. Association III

Les radiolaires identifiés dans le niveau (O12) sont représentés principalement par l'espèce caractéristique *Larcospira quadrangula* (47 %). Les espèces *Actinomma* sp. 2 et *Phorticium pylonium* sont accompagnatrices (10 à 14 %). A noter également la présence des espèces fortuites: *Hexacontium* sp. 1 (5 %), *Hexacontium* sp. 2 (5 %), *Thecosphaera* sp. (1 %), *Cenosphaera* sp. (1 %), *Rhizosphaera* sp. (8 %), *Dictyocoryne* sp. 1 (1 %), *Stylodictya* sp. (2 %), *Spongodiscus* sp. 1 (3 %), *Dictyocoryne malagaense* (1 %), *Larcopyle* sp. 1 (1 %) et *Carpocanium favosa* (1 %).

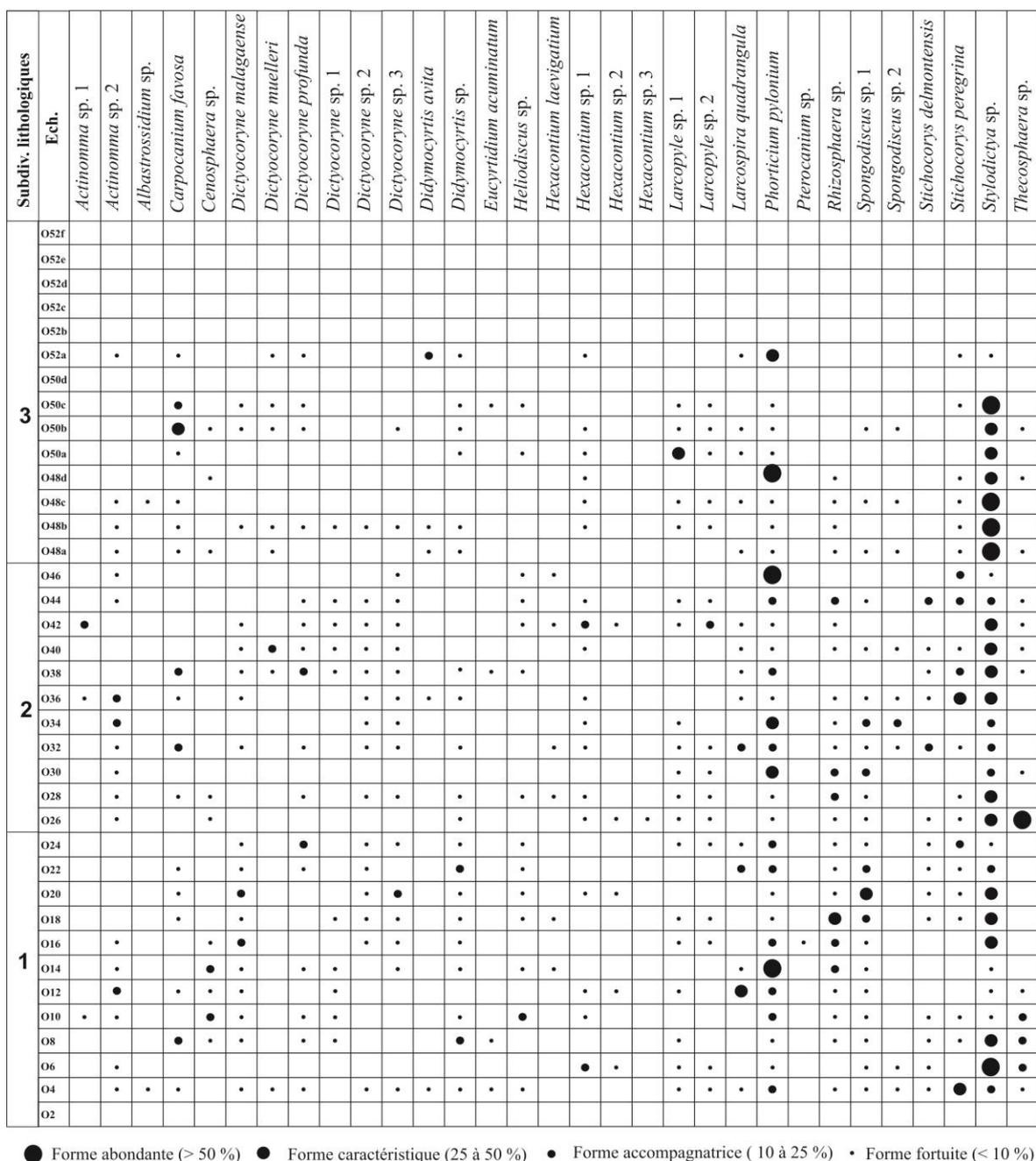


Figure 22: Distribution et fréquence spécifique des radiolaires dans la section de Ouillis.

2. Dans la section de Sidi Lakhdar (fig. 23)

2.1. Association I

Identifiée dans les niveaux: S2, S4a, S4b, S6, S8, S10, S12c, S18, S20a, S20b, S28a, cette association se caractérise par la prédominance de deux familles (Theoperidae et Actinommidae). Les niveaux stratigraphiques ci-dessus sont représentés par l'espèce abondante *Stichocorys peregrina*, (50 à 57%)(S4b, S8, S10) qui caractéristique (25 à 45%) dans les niveaux (S2, S4a, S6, S18, S20a, S20b), accompagnatrice (22 %) dans le niveau (O28) et fortuite (5 %) dans le niveau (S12c). *Stichocorys peregrina* est associée aux espèces:

-*Phorticium pylonium* est caractéristique (32 %)(S4a), accompagnatrice (10 à 21 %) (S6, S8, S12c), fortuite (2 à 9 %)(S2, S4b, S10, S18, S20a, S20b) et absente dans le niveau (S28);

-*Actinomma* sp. 1 est caractéristique (26 %)(S18), fortuite (1 à 4%)(S4a, S20a, S28) et absente dans les niveaux (S2, S4b, S6, S8, S10, S12c, S20b);

-*Hexacantium* sp. 1 est accompagnatrice (10 à 23%)(S18, S20a, S20b, S28) et fortuite (1 à 9%)(S2, S4a, S4b, S6, S8, S10, S12c);

-*Didymocyrtis* sp. est accompagnatrice (10 à 22 %)(S2, S12c, S20a, S20b), fortuite (1 à 6 %)(S4a, S4b, S6, S8, S10, S18) et absente dans le niveau (S28).

-*Stichocorys delmontensis* est accompagnatrice (10 à 11 %)(S4b, S6, S28), fortuite (1 à 9 %)(S4a, S8, S10, S12c, S18, S20a, S20b) et absente dans le niveau (S2);

-*Carpocanium favosa* est accompagnatrice (14 à 19 %)(S6, S12c), fortuite (1 à 2%)(S2, S4a, S4b, S20a, S20b) et absente dans les niveaux (S8, S10, S18, S28);

-*Actinomma* sp. 2 est accompagnatrice (17 %)(S28), fortuite (4 à 8 %)(S2, S4a, S4b, S6, S8, S10, S12c, S20a, S20b) et absente dans le niveau (S18);

- *Stylodictya* sp. est accompagnatrice (11 %)(S2), fortuite (3 à 9 %)(S4a, S4b, S6, S8, S10, S12c, S20a, S28) et absente dans les niveaux (S18, S20b).

En somme, l'analyse qualitative et quantitative de cette association indique l'existence des espèces fortuites: *Hexacantium* sp. 2, *Stylosphaera* sp., *Cenosphaera* sp., *Thecosphaera* sp., *Rhizosphaera* sp., *Heliodyscus* sp., *Dictyocoryne malagaense*, *Dictyocoryne muelleri*, *Dictyocoryne profunda*, *Dictyocoryne* sp. 1, *Dictyocoryne* sp. 2, *Dictyocoryne* sp. 3, *Spongodyscus* sp. 1, *Spongodyscus* sp. 2, *Larcopyle* sp. 1, *Larcopyle* sp. 2, *Larcospira quadrangula*, *Eucyrtidium acuminatum*, *Pterocanium* sp., *Lamprocyclas maritalis*, *Lamprotripus hurindo* et *Collosphaera* aff. *huxleyi*.

2.2. Association II

Dominée par la famille des coccodiscidae, cette deuxième association de la section de Sidi Lakhdar a été observée dans les niveaux S12a et S20c. Elle est marquée par prédominance de l'espèce *Didymocyrtis* sp., qui est abondante (84 %) dans le niveau (S12a) et caractéristique (27 %) dans le niveau (S20c). Cette espèce est associée avec d'autres formes accompagnatrices: *Phorticium pylonium* (21 %) et *Carpocanium favosa* (17 %). Les espèces fortuites (1 à 8 %) sont représentées par *Actinomma* sp. 2, *Hexacantium* sp. 1, *Hexacantium* sp. 2, *Hexacantium* sp. 3, *Cenosphaera* sp., *Thecosphaera* sp., *Rhizosphaera* sp., *Dictyocoryne muelleri*, *Spongodyscus* sp. 1, *Stylodictya* sp., *Larcopyle* sp. 1, *Larcopyle* sp. 2, *Larcospira quadrangula* et *Stichocorys peregrina*.

Subdiv. lithologiques	Ech.	<i>Actinomma</i> sp. 1	<i>Actinomma</i> sp. 2	<i>Carpocanium favosa</i>	<i>Cenosphaera</i> sp.	<i>Collosphaera</i> aff. <i>huxleyi</i>	<i>Dictyocoryne malagaense</i>	<i>Dictyocoryne muelleri</i>	<i>Dictyocoryne profunda</i>	<i>Dictyocoryne</i> sp. 1	<i>Dictyocoryne</i> sp. 2	<i>Dictyocoryne</i> sp. 3	<i>Didymocyrtis</i> sp.	<i>Eucyrtidium acuminatum</i>	<i>Heliodiscus</i> sp.	<i>Hexacantium</i> sp. 1	<i>Hexacantium</i> sp. 2	<i>Hexacantium</i> sp. 3	<i>Lamprocyclus maritatis</i>	<i>Lamprotripeus hirundo</i>	<i>Larcopyle</i> sp. 1	<i>Larcopyle</i> sp. 2	<i>Larcospira quadrangula</i>	<i>Phortidium pylonium</i>	<i>Pterocanium</i> sp.	<i>Rhizosphaera</i> sp.	<i>Spongodiscus</i> sp. 1	<i>Spongodiscus</i> sp. 2	<i>Stichocorys delmontensis</i>	<i>Stichocorys peregrina</i>	<i>Stichocorys cf. peregrina</i>	<i>Stylodictya</i> sp.	<i>Sylosphaera</i> sp.	<i>Thecosphaera</i> sp.			
2	S32																																				
	S30																																				
	S28c																																				
	S28b																																				
	S28a	•	•													•	•	•	•	•		•	•						•	•	•		•	•			
	S26																																				
	S24																																				
	S22																																				
	S20c		•	•				•						•			•	•	•			•	•	•	•		•	•					•		•		
	S20b		•	•	•				•				•			•	•	•				•	•	•	•		•	•			•	•		•		•	
	S20a		•	•	•	•								•			•	•				•	•	•	•		•	•			•	•		•		•	
	S18	•							•					•			•					•									•	•			•		•
	S16																																				
	S14																																				
1	S12c		•	•	•			•	•			•	•			•	•		•				•	•		•				•	•		•		•		
	S12b																																				
	S12a		•		•								•			•								•									•				
	S10		•										•			•	•							•							•	•		•		•	
	S8		•						•	•	•		•	•			•	•		•				•				•	•		•	•		•		•	
	S6		•	•	•								•	•			•	•				•	•	•	•		•				•	•		•		•	
	S4b		•	•			•						•	•			•	•						•				•	•		•	•		•		•	
	S4a		•	•	•		•		•				•	•			•	•		•		•	•	•	•		•	•		•	•		•		•		•
S2		•	•			•						•	•			•	•		•		•	•	•	•		•	•		•	•		•		•		•	

● Forme abondante (> 50 %) ● Forme caractéristique (25 à 50 %) • Forme accompagnatrice (10 à 25 %) • Forme fortuite (< 10 %)

Figure 23: Distribution et fréquence spécifique des radiolaires dans la section de Sidi Lakhdar.

3. Dans la section d'EL Ghomri (fig. 24)

3.1. Association I

Dans la section d'EL Ghomri, les niveaux Eg2 et Eg3 de la formation des marnes grises se distinguent par la fréquence de deux familles (spongodiscidae et litheliidae) qui sont représentées par *Dictyocoryne profunda*. Cette espèce est caractéristique (40 %) dans le niveau (Eg2) et fortuite (4 %) dans le niveau (Eg3). Par contre, l'espèce *Larcopyle* sp. 1 est caractéristique (40 %) dans le niveau (Eg3) et accompagnatrice (13 %) dans le niveau (Eg2). Les deux espèces sont associées aux taxons suivants:

- Dictyocoryne* sp. 2 est accompagnatrice (21 %) dans le niveau (Eg2) et fortuite (3%) dans le niveau (Eg3);
- Stylodictya* sp. est accompagnatrice (12 à 14%) dans les niveaux (Eg2 et Eg3).

Cette association renferme aussi des formes fortuites: *Dictyocoryne malagaense*, *Actinomma* sp. 1, *Heioldiscus* sp., *Larcopyle* sp. 2, *Thecosphaera* sp., *Didymocyrtis* sp., *Dictocoryne* sp. 3, *Spongodiscus* sp. 2, *Actinomma* sp. 2, *Stichocorys peregrina*, *Rhizosphaera* sp., *Albastrossidium* sp., *Eucyrtidium acuminatum*, *Carpocanium favosa*, *Stichocorys delmontensis* et *Hexacantium* sp. 1.

Eg11, Eg16, Eg17) et caractéristique (25 à 46 %)(Eg5, Eg6, Eg12, Eg13, Eg14, Eg15). L'espèce est associée aux :

-*Stylodictya* sp. est accompagnatrice (11 à 20 %)(Eg5, Eg6, Eg11, Eg13, Eg16) et fortuite (4 à 9 %)(Eg8, Eg9, Eg10, Eg12, Eg14, Eg15, Eg17);

-*Phorticium pylonium* est accompagnatrice (12 à 18 %)(Eg9, Eg11, Eg12, Eg13, Eg14, Eg16) et fortuite (1 à 9 %)(Eg5, Eg15);

-*Actinomma* sp. 2 est accompagnatrice (10%) dans le niveau (Eg8) et fortuite (1% à 6%) dans les niveaux (Eg5, Eg6, Eg9, Eg10, Eg11, Eg12, Eg13, Eg14, Eg15 et Eg17).

-*Carpocanium favosa* est accompagnatrice (11 %)(Eg11) et fortuite (2 à 5 %)(Eg6, Eg9, Eg10, Eg12, Eg16);

-*Collosphaera* aff. *huxleyi* est accompagnatrice (22 %)(Eg15) et absente dans les autres niveaux.

L'ensemble des espèces est accompagné de manière fortuite avec les formes suivantes: *Didymocyrtis avita*, *Dictyocoryne profunda*, *Eucyrtidium acuminatum*, *Hexacantium* sp. 1, *Hexacantium* sp. 2, *Larcopyle* sp. 1, *Dictyocoryne muelleri*, *Dictyocoryne* sp. 2, *Dictyocoryne* sp. 3, *Thechosphaera* sp., *Didymocyrtis* sp., *Dictyocoryne malagaense*, *Stichocorys delmontensis*, *Pterocanium* sp., *Actinomma* sp. 1, *Spongodiscus* sp. 2, *Heliodiscus* sp., *Larcospira quadrangula*, *Rhizosphaera* sp., *Larcopyle* sp. 2, *Lamprocylas maritalis*, *Dictyocoryne* sp. 1, *Spongodiscus* sp. 1, *Cenosphaera* sp. et *Stylosphaera* sp.

3.3. Association III

Elle correspond au niveau stratigraphique Eg19 qui est dominée par la famille de coccodiscidae. L'association est marquée par la prédominance (82 %) de l'espèce *Didymocyrtis* sp., avec la présence d'autres espèces fortuites: *Rhizosphaera* sp., *Stylocoryna peregrina*, *Phorticium pylonium*, *Larcospira quadrangula*, *Actinomma* sp. 2 et *Hexacantium* sp. 2.

B. Associations des foraminifères

1. Dans la section de Ouillis

1.1. Associations des foraminifères benthiques

Il s'agit d'une association observée dans les derniers niveaux du membre (3): O52a, O52b, O52c, O52d et O52e. Elle se distingue par la présence des espèces suivantes:

-Espèces abondantes: *Bulimina subulata*, *Bolivina dilatata* (pl. 4, fig. A);

-Espèces fréquentes: *Bulimina aculeata*, *Bolivina dentellata* (pl. 4, fig. B-C), *Bolivina leonardi* et *Uvigerina* sp. (pl. 4, fig. D-E);

-Espèces rares: *Bulimina costata*, *Bolivina* sp (pl. 4, fig. F), *Bulimina* sp. (pl. 4, fig. G-H), *Bolivina spathulata*, *Bolivina reticulata*, *Bolivina punctata*, *Brizalina* sp., *Uvigerina pygmaea*, *Uvigerina peregrina*, *Rectuvigerina cylindrica* (pl. 4, fig. I), *Rectuvigerina* sp., *Heterolepa* sp., *Cibicidoïdes* sp., *Hanzawaïa boueana*, *Anomalinoïdes* sp. et *Planulina* sp.

1.2. Associations des foraminifères planctoniques

Elle a été identifiée également dans les niveaux du membre (3): O50c, O50d, O52a, O52b, O52c, O52f. C'est une association constituée de:

-Espèces abondantes: *Orbulina suturalis* (pl. 5, fig. A) et *Orbulina universa* (pl. 5, fig. B);

-Espèces fréquentes: *Neogloboquadrina acostaensis*, *Neogloboquadrina humerosa*, *Neogloboquadrina* sp. (pl. 5, fig. C), *Globorotalia scitula*, *Globigerina bulloïdes* et *Globorotalia obesa*;

-Espèces rares: *Globigerina apertura*, *Globigerinoïdes obliquus*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *Orbulina bilobata*, *Globigerinoïdes sacculifer*, *Globigerinoïdes obliquus extremus*, *Globigerinoïdes ruber*, *Globigerinoïdes bulloïdeus*, *Globigerina nepenthes*, *Globigerinoïdes* sp., *Globorotalia* sp., *Globigerinoïdes bulloïdes*, *Orbulina bilobata*, *Globigerinoïdes extremus*, *Globigerinoïdes trilobus*.

2. Dans la section de Sidi Lakhdar

2.1. Associations des foraminifères benthiques

L'étude qualitative et quantitative des foraminifères benthiques, nous a permis d'identifier trois associations.

a. Association 1: (S2, S6, S12a et S20a)

Cette association est constituée des espèces suivantes:

-Espèces fréquentes: *Cibicidoides pseudogerianus*, *Melonis padanum*, *Bulimina elongata*.

-Espèces rares: *Oolina squamosa*, *Siphotextularia* sp., *Uvigerina longistriata*, *Uvigerina pygmaea*, *Uvigerina* sp., *Stilostomella* sp., *Planulina ariminensis*, *Cassidulina laevigata*, *Ceratobulimina contraria*, *Bulimina costata*, *Bolivina dilatata*, *Uvigerina peregrina*, *Lenticulina rotulata*, *Valvulineria bradyana*, *sphaeroidina bulloides*, *Uvigerina striatissima*, *Bolivina* sp., *Cibicidoides* sp., *Fussurina marginata*, *Brizalina* sp., *Hanzawaia* sp., *Heterolepa* sp., *Lenticulina* sp., *Planulina* sp., *Melonis* sp., *Bulimina* sp., *Globobulimina* sp., *Bolivina spathulata*, *Rectuvigerina cylindrica* et *pseudonodosaria* sp.

b. Association 2: (S4b et S28)

Elle montre la présence des:

-Espèces fréquentes: *Bolivina spathulata*, *Uvigerina peregrina*, *Bolivina dilatata*, *Rectuvigerina cylindrica*, *Uvigerina striatissima*;

-Espèces rares: *Bolivina plicatella*, *Bolivina leonardi*, *Bolivina dentellata*, *Bulimina subulata*, *Bulimina subacuminata*, *Bulimina fusiformis*, *Bulimina elegans*, *Bulimina aculeata*, *Bulimina costata*, *Planulina* sp., *Uvigerina longistriata*, *Uvigerina peregrina*, *Ceratobulimina contraria*, *Oridorsalis unbonatus*, *Anomalinoïdes* sp., *Lenticulina* sp., *Bulimina* sp., *Cassidulina laevigata*, *Sphaeroidina bulloides*, *Globobulimina* sp., *Uvigerina striatissima*, *Gyroidinoïdes laevigatus*, *Cibicidoides pseudogerianus*,

Gyroidinoides sp., *Planulina ariminensis*, *Planulina wuellerstorfi*, *Pullenia bulloides*, *Oridorsalis* sp. et *Praeglobobulimina* sp.

c. Association 3: (S10 et S18)

C'est une association formées des:

-Espèce abondante : *Rectuvigerina cylindrica*;
-Espèces rares: *Uvigerina longistriata*, *Uvigerina peregrina*, *Uvigerina pygmaea*, *Bulimina costata*, *Bulimina gibba*, *Bolivina arta*, *Bulimina minima*, *Planulina wuellerstorfi*, *Cibicidoides pseudogerianus*, *Nonion* sp. (pl. 4, fig. J), et *Oolina squamosa*.

2.2. Associations des foraminifères planctoniques

En fonction des variations de la fréquence des foraminifères planctoniques, nous avons pu identifier les intervalles suivants:

a. Association 1: (S2, S4a, S26 et S32)

Elle se distingue par les espèces suivantes:

-Espèces fréquentes: *Globigerina bulloides*, *Globigerina apertura*, *Globigerinoides obliquus*, *Neogloboquadrina acostaensis* et *Globorotalia obesa*;

-Espèces rares: *Orbulina universa*, *Orbulina suturalis*, *Globigerina decoraperta*, *Globigerina nepenthes*, *Globigerina falconensis*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *Neogloboquadrina incompta*, *Neogloboquadrina continuosa*, *Neogloboquadrina* sp., *Neogloboquadrina humerosa*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *Globigerinoides sacculifer*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinoides conglobatus*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globigerinoides bulloideus*, *Globigerinoides helycinus*, *Turborotalia quinqueloba*, *Turbarotalia multiloba*, *Globorotalia conomiozea*, *Globorotalia menardii*, *Globorotalia mediterranea*, *Globorotalia miotumida*, *Globorotalia saphoe*, *Hastigerina siphonifera*, *Hastigerina praesiphonifera*, *Globigerina praebulloides* et *Globorotalia pseudobesa*.

b. Association 2: (S4b, S8, S14, S22 et S30)

Elle est constituée des espèces:

-Espèces fréquentes: *Globigerinoides obliquus extremus*, *Globigerinoides obliquus*, *Globorotalia obesa* et *Globigerina apertura*;

-Espèces rares: *Globigerina bulloides*, *Neogloboquadrina acostaensis*, *Orbulina universa*, *Orbulina suturalis*, *Globigerina decoraperta*, *Globigerina falconensis*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *Neogloboquadrina* sp., *Neogloboquadrina humerosa*, *Globigerinoides sacculifer*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinoides conglobatus*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globigerinoides bulloideus*, *Globigerinoides helycinus*, *Turborotalia quinqueloba* (pl. 5, fig. D), *Turbarotalia multiloba*, *Globorotalia conomiozea*, *Globorotalia menardii*, *Globorotalia mediterranea*, *Globorotalia saphoe*, *Hastigerina siphonifera*, *Globigerina praebulloides*, *Globorotalia pseudobesa*, *Globigerinoides* sp., *Orbulina bilobata*, *Globorotalia scitula*, *Sphaeroidinellopsis seminulina*, *Globigerinita glutinata* et *Globigerinita* sp.

c. Association 3: (S6, S10 et S20c)

Nous avons pu identifier des:

-Espèces fréquentes: *Neogloboquadrina acostaensis*, *Globigerinoides obliquus*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *Globorotalia scitula* et *Globigerina bulloides*;

-Espèces rares: *Globigerina apertura*, *Globigerina decoraperta*, *Globigerina falconensis*, *Globigerina praebulloides*, *Globigerina nepenthes*, *Globigerinoides bulloideus*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinoides sacculifer*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globigerinoides sp.*, *Globorotalia obesa*, *Globorotalia pseudobesa*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *Neogloboquadrina humerosa*, *Neogloboquadrina incompta*, *Hastigerina siphonifera*, *Hastigerina praesiphonifera*, *Orbulina universa*, *Orbulina suturalis*, *Turborotalia quiqueloba*, *Turborotalia multiloba* et *Globorotalia mediterranea*.

d. Association 4: (S12a, S16 et S18)

Il s'agit d'une association formée des espèces:

-Espèces fréquentes: *Neogloboquadrina acostaensis*, *Globorotalia scitula*, *Globigerinoides obliquus*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *Turborotalia quinqueloba* et *Globigerina bulloides*.

-Espèces rares: *Globigerina apertura*, *Globigerina falconensis*, *Globigerina praebulloides*, *Globigerina sp.*, *Globigerina nepenthes*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides sacculifer*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinoides conglobatus*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globorotalia obesa*, *Globorotalia conomiozea*, *Globorotalia mediterranea*, *Globorotalia pseudobesa*, *Globorotalia sp.*, *Neogloboquadrina continua*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *Neogloboquadrina humerosa*, *Neogloboquadrina incompta*, *Neogloboquadrina sp.*, *Orbulina universa*, *Orbulina suturalis*, *Turborotalia quinqueloba*, *Turborotalia multiloba*, *Globigerinella sp.*, *Hastigerina siphonifera*, *Hastigerina praesiphonifera* et *Sphaeroidinellopsis sp.*

e. Association 5: (S12b, S20b et S24)

Les espèces identifiées sont :

-Espèces fréquentes: *Globigerinoides obliquus*, *Globigerina bulloides*, *Neogloboquadrina acostaensis* et *Globigerinoides obliquus extremus*;

-Espèces rares: *Globigerina apertura*, *Globigerina falconensis*, *Globigerina decoraperta*, *Globigerina praebulloides*, *Globigerina nepenthes*, *Globigerinoides bulloideus*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinoides sacculifer*, *Globigerinoides conglobatus*, *Globigerinoides sp.*, *Globorotalia conomiozea*, *Globorotalia saphoe*, *Globorotalia menardii*, *Globorotalia mediterranea*, *Globorotalia obesa*, *Globorotalia scitula*, *Globorotalia pseudobesa*, *Globorotalia sp.*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *Neogloboquadrina continua*, *Neogloboquadrina humerosa*, *Neogloboquadrina incompta*, *Neogloboquadrina sp.*, *Orbulina universa*, *Orbulina suturalis*, *Orbulina bilobata*, *Turborotalia multiloba*, *Hastigerina siphonifera* et *Hastigerina praesiphonifera*.

f. Association 6: (S12c)

Dans cette association, nous avons relevé la présence des :

-Espèces fréquentes: *Globorotalia obesa*, *Globigerinoides obliquus*, *Globigerinoides obliquus extremus* et *Globigerinoides sacculifer*;

-Espèces rares: *Globigerina apertura*, *Globigerina bulloides*, *Globigerina falconensis*, *Globigerina praebulloides*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides helicinus*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globigerinoides sp.*, *Globigerinoides trilobus*, *Globorotalia conomiozea*, *Globorotalia mediterranea*, *Globorotalia scitula*, *Globorotalia sp.*, *Turborotalia quinqueloba*, *Hastigerina siphonifera*, *Neogloboquadrina acostaensis*, *Neogloboquadrina humerosa*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *Orbulina universa* et *Orbulina suturalis*.

g. Association 7: (S20a)

Cette association identifiée dans un seul niveau stratigraphique est composée de :

-Espèces fréquentes: *Globigerina apertura*, *Globigerina bulloides* et *Globigerinoides obliquus extremus*;

-Espèces rares: *Globigerina falconensis*, *Globigerina praebulloides*, *Globigerina nepenthes*, *Globigerina sp.*, *Globigerinoides obliquus*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides sacculifer*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinoides conglobatus*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globigerinoides bulloideus*, *Globigerinoides sp.*, *Globorotalia obesa*, *Globorotalia conomiozea*, *Globorotalia mediterranea*, *Globorotalia menardii*, *Globorotalia scitula*, *Globorotalia sp.*, *Neogloboquadrina acostaensis*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *Neogloboquadrina humerosa*, *Neogloboquadrina incompta*, *Neogloboquadrina sp.*, *Orbulina universa*, *Orbulina suturalis*, *Orbulina bilobata*, *Hastigerina siphonifera* et *Hastigerina praesiphonifera*.

h. Association 8: (S28)

Moins riche que la précédente, cette association est formée des espèces suivantes :

-Espèces fréquentes: *Globigerina falconensis* et *Globorotalia pseudobesa*.

-Espèces rares: *Turborotalia quinqueloba*, *Globigerina apertura*, *Globigerina bulloides*, *Globigerinoides conglobatus*, *Globigerinoides obliquus*, *Globigerinoides obliquus extremus*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globigerinoides ruber*, *Globorotalia saphoe*, *Globorotalia obesa*, *Neogloboquadrina acostaensis*, *Neogloboquadrina dutertrei* et *Orbulina universa*.

3. Dans la section d'El Ghomri

3.1. Associations des foraminifères benthiques

a. Association 1: (Eg1, Eg2, Eg3, Eg6, Eg7, Eg9, Eg12, Eg15, Eg16 et Eg17)

Cette association déterminée dans les deux formations (Fm. des marnes grises et les premiers niveaux stratigraphiques de la Fm. diatomitique) est constituée des espèces:

-Espèces fréquentes: *Melonis padanum*, *Uvigerina* sp., *Bolivina dilatata*, *Hanzawaia boueana*, *Cibicidoides* sp. et *Planulina* sp.

-Espèces rares: *Ammonia beccarii*, *Amphicoryna proxima*, *Amphicoryna scalaris*, *Amphicoryna sublineata*, *Anomalinoidea* sp., *Bolivina punctata*, *Bolivina* sp., *Bolivina arta*, *Bolivina spathulata*, *Bulimina costata*, *Bulimina elongata*, *Bulimina* sp., *Chilostomella* sp., *Cibicides lobatulus*, *Dentalina leguminiformis*, *Dentalina* sp., *Elphidium complanatum*, *Elphidium* sp., *Fissurina* aff. *marginata*, *Florilus* sp., *Gyroidina soldanii*, *Hanzawaia boueana*, *Lagena* sp., *Lagena striata*, *Lenticulina* sp., *Marginulina* aff. *glabra*, *Marginulina* sp., *Melonis padanum*, *Melonis soldanii*, *Oolina squamosa*, *Oolina* aff. *faveolata*, *Orthomorphina* sp., *Pandaglandulina* sp., *Planulina ariminensis*, *Pleurostomella alternans*, *Pullenia bulloides*, *Rectuvigerina cylindrica*, *Rectuvigerina* sp., *Stilostomella* aff. *hispida*, *Stilostomella* sp., *Sphaeroidina bulloides*, *Uvigerina longistriata*, *Uvigerina* aff. *peregrina*, *Uvigerina rutila*, *Uvigerina canariensis*, *Uvigerina havanensis*, *Vaginulina* sp. et *Valvulineria bradyana*.

b. Association 2: (Eg4, Eg5, Eg8, Eg10, Eg11, Eg13, Eg14 et Eg18)

Les principales formes de cette association sont:

-Espèces fréquentes: *Bolivina dilatata*, *Bolivina spathulata* et *Bulimina costata*, *Bolivina arta*.

-Espèces rares: *Ammonia beccarii*, *Anomalinoidea* sp., *Bolivina punctata*, *Bolivina* sp., *Bulimina* sp., *Cibicides lobatulus*, *Dentalina leguminiformis*, *Elphidium complanatum*, *Elphidium* sp., *Fissurina* sp. (pl. 4, fig. K), *Amphicoryna proxima* (pl. 4, fig. L), *Amphicoryna scalaris*, *Amphicoryna sublineata*, *Gyroidina soldanii*, *Hanzawaia boueana*, *Lagena* sp., *Lagena striata*, *Lenticulina* sp., *Marginulina* aff. *glabra*, *Melonis padanum*, *Melonis soldanii*, *Pandaglandulina* sp., *Planulina ariminensis*, *Pleurostomella alternans*, *Pullenia bulloides*, *Rectuvigerina cylindrica*, *Stilostomella hispida*, *Stilostomella* sp., *Spirosigmoilina* aff. *tenuis*, *Uvigerina longistriata*, *Uvigerina rutila*, *Uvigerina canariensis*, *Uvigerina havanensis* et *Vaginulina* sp.

c. Association 3: (Eg19, Eg20, Eg21, Eg22 et Eg23)

Caractérisant les niveaux stratigraphiques supérieurs de la formation diatomitique, cette troisième association est formée des espèces suivantes:

-Espèces fréquentes: *Rectuvigerina cylindrica*, *Bolivina dilatata*, *Bulimina costata* et *Bolivina arta*;

-Espèces rares: *Ammonia beccarii*, *Amphicoryna sublineata*, *Bolivina punctata*, *Bolivina spathulata*, *Bulimina* sp., *Cibicides lobatulus*, *Dentalina leguminiformis*, *Dentalina* sp., *Elphidium complanatum*, *Elphidium* sp., *Fissurina* sp., *Hanzawaia boueana*, *Lagena* sp., *Lagena striata*, *Lenticulina* sp., *Melonis padanum*, *Melonis soldanii*, *Pleurostomella alternans*, *Pullenia bulloides*, *Stilostomella* aff. *hispida* et *Vaginulina* sp.

3.2. Associations des foraminifères planctoniques

Le long de la section, la fréquence des foraminifères planctoniques, nous a permis de mettre en évidence quatre associations, à savoir:

a. Association 1: (Eg1, Eg 2, Eg3, Eg4, Eg5, Eg6, Eg21 et Eg22)

C'est une association formée des espèces:

-Espèces fréquentes: *Globigerina bulloides*, *Neogloboquadrina acostaensis*, *Neogloboquadrina dutertrei* et *Globorotalia scitula* (pl. 5, fig. E).

-Espèces rares: *Globigerina decoraperta*, *Globigerina falconensis*, *Globigerina apertura* (pl. 5, fig. F), *Globigerina* aff. *calida*, *Globigerina praebulloides*, *Turborotalia quinqueloba*, *Globigerina* sp., *Globorotalia obesa* (pl. 5, fig. G-H), *Globorotalia* sp., *Globorotalia mediterranea*, *Globorotalia conomiozea* (pl. 5, fig. I-J), *Globorotalia scitula*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides sacculifer*, *Globigerinoides* sp., *Globigerinoides trilobus* (pl. 5, fig. K), *Globigerinoides bollii*, *Globigerinoides obliquus*, *Globigerinoides extremus*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globigerinella aequilateralis*, *Neogloboquadrina humerosa*, *Neogloboquadrina* sp., *Orbulina bilobata*, *Orbulina universa*, *Orbulina suturalis* et *Hastigerina siphonifera*.

b. Association 2: (Eg7, Eg8, Eg9, Eg10, Eg14 et Eg15)

Elle est constituée des formes suivantes:

-Espèces fréquentes: *Globorotalia mediterranea*, *Globigerina bulloides*, *Hastigerina siphonifera*, *Neogloboquadrina acostaensis*, *Globigerinoides trilobus*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *Globorotalia scitula*, *Globorotalia* sp., *Globorotalia obesa* et *Hastigerina siphonifera*.

-Espèces rares: *Globigerina bulloides*, *Globigerina praebulloides*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides obliquus*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globorotalia conomiozea*, *Globorotalia* sp., *Globigerinella aequilateralis*, *Neogloboquadrina humerosa*, *Neogloboquadrina* sp., *Orbulina bilobata*, *Orbulina universa* et *Orbulina suturalis*.

c. Association 3: (Eg11, Eg19 et Eg20)

Dans cette association, nous avons pu identifier:

-Espèces fréquentes: *Globorotalia mediterranea*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinoides obliquus*, *Globigerinoides bollii*, *Globigerina bulloides* et *Globigerinoides ruber*;

-Espèces rares: *Globigerina praebulloides*, *Globigerina* sp., *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globigerinoides sacculifer*, *Globigerinoides* sp., *Globigerinoides extremus*,

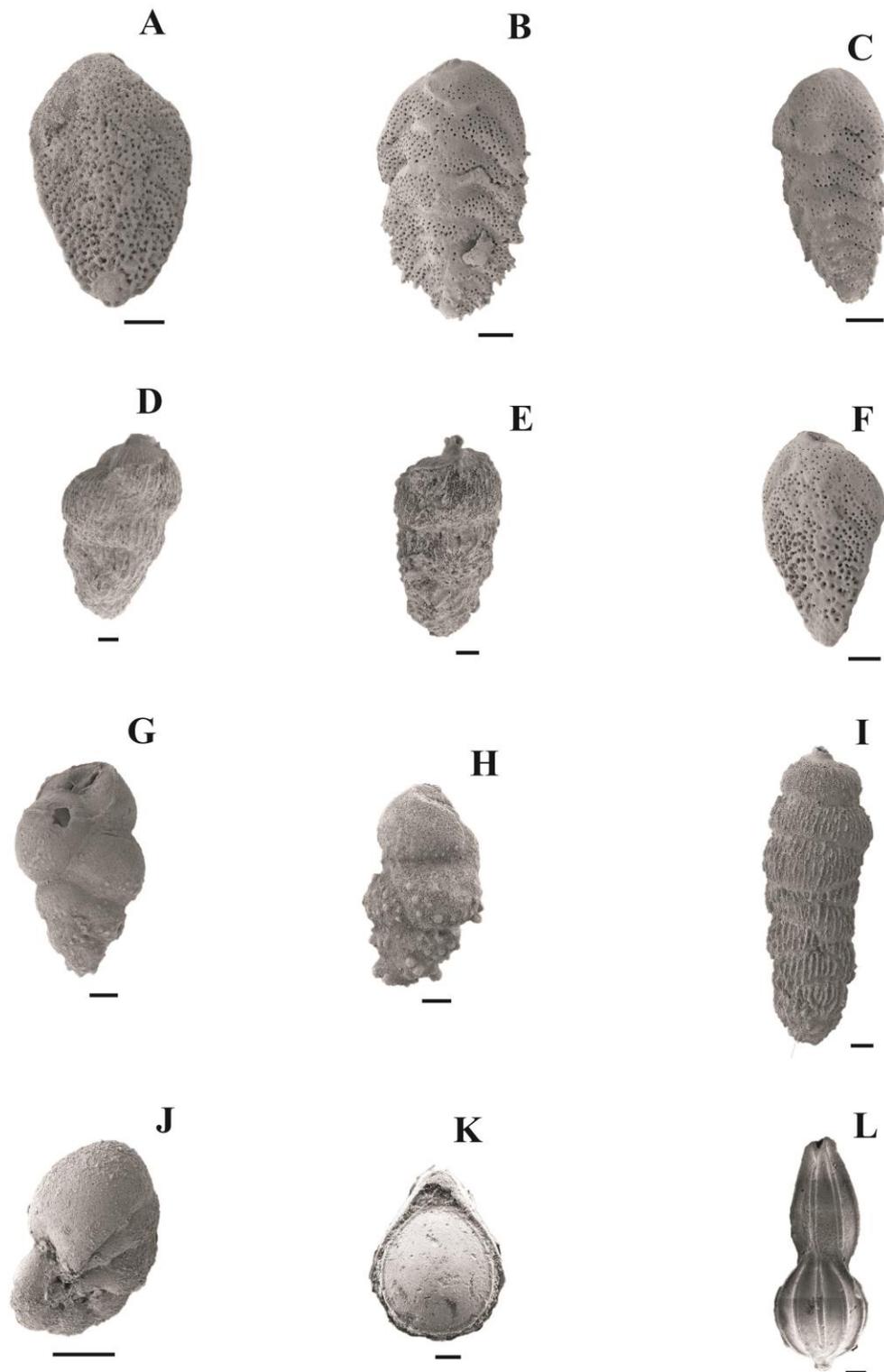


Planche 4: **A.** *Bolivina dilatata* Reuss, 1994, (O52c); **B-C.** *Bolivina dentellata* Tavani, 1982, (O52e); **D-E.** *Uvigernia* sp., (O52b); **F.** *Bolivina* sp., (O52a); **G-H.** *Bulimina* sp., (O52c); **I.** *Rectuvigerina cylindrica* (d'Orbigny, 1826), (O52e); **J.** *Nonion* sp., (S10); **K.** *Fissurina* sp., (Eg4); **L.** *Amphicoryna proxima* (Silvestri, 1872), (Eg8); Barre d'échelle = 50 μm .

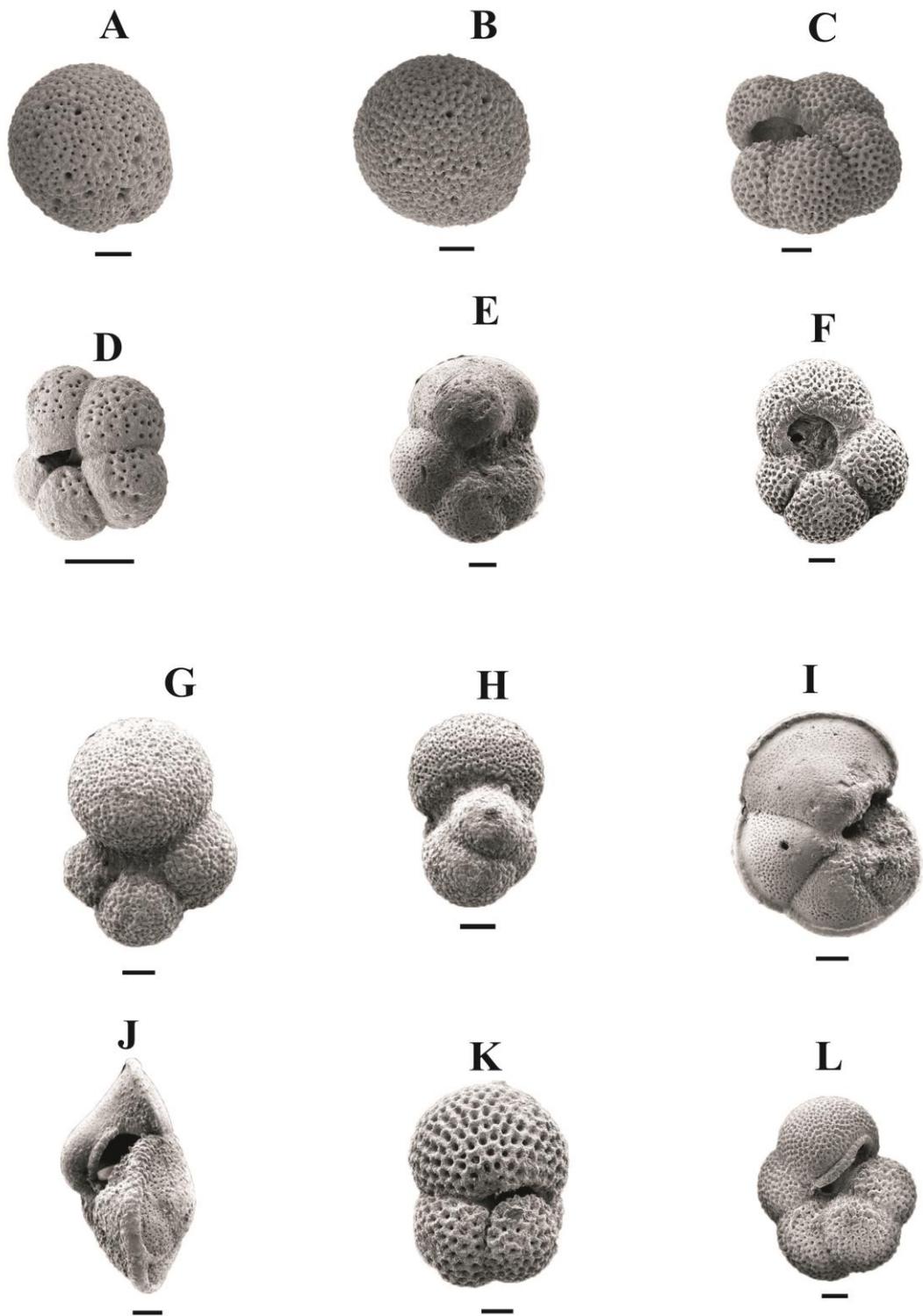


Planche 5: **A.** *Orbulina suturalis* Brönnimann, 1951, (O52f); **B.** *Orbulina universa* d'Orbigny, 1839, (O52f); **C.** *Neogloboquadrina* sp., (O52c); **D.** *Turborotalia quinqueloba* (Natland, 1938), (S8); **E.** *Globorotalia scitula* (Brady, 1882), (Eg6); **F.** *Globigerina apertura* Cushman, 1918, (Eg3); **G-H.** *Globorotalia obesa* Bolli, 1957, (Eg10); **I-J.** *Globorotalia conomiozea* Kennett, 1966, (Eg9); **K.** *Globigerinoïdes trilobus* (Reuss, 1850), (Eg6); **L.** *Neogloboquadrina acostaensis* (Blow, 1959), (Eg12). Barre d'échelle = 50 µm.

Globorotalia obesa, *Globorotalia scitula*, *Globorotalia conomiozea*, *Orbulina bilobata*, *Orbulina universa*, *Orbulina suturalis*, *Hastigerina siphonifera*, *Neogloboquadrina acostaensis* et *Neogloboquadrina dutertrei*.

d. Association 4: (Eg12, Eg13, Eg16, Eg17, Eg18 et Eg23)

Elle est formée des espèces:

-Espèces fréquentes: *Globigerina bulloides*, *Hastigerina siphonifera*, *Neogloboquadrina acostaensis* (pl. 5, fig. L), *Neogloboquadrina dutertrei*, *Globorotalia scitula*, *Globorotalia* sp. et *Globigerinoides trilobus*.

-Espèces rares: *Globigerina praebulloides*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globigerinoides* sp., *Globigerinoides obliquus*, *Globorotalia obesa*, *Globorotalia mediterranea*, *Neogloboquadrina humerosa*, *Neogloboquadrina* sp., *Orbulina bilobata*, *Orbulina suturalis* et *Hastigerina siphonifera*.

II. ZONATION BIOSTRATIGRAPHIQUE

Dans le bassin du Bas Chélif, l'âge de la formation diatomitique dite « Formation de Tripoli » a été évoqué par plusieurs auteurs (Rouchy, 1982; Saint-Martin & *al.*, 1983; Belkebir & Anglada, 1985; Thomas, 1985; Saint-Martin, 1987; Moissette, 1988, Mansour, 1991). Ainsi, les premiers niveaux marno-diatomitiques sont datés du Messinien (Biozone à *Globorotalia mediterranea*).

Par ailleurs, la base de la biozone à *Stichocorys peregrina* des radiolaires est définie par la transition évolutive entre *Stichocorys delmontensis* et *Stichocorys peregrina*, datée de 6,89 Ma (Riedel & Sanfilippo, 1970; Sanfilippo & Nigrini, 1998). Dans le cas de notre travail, et à travers les trois sections étudiées, cette transition a été observée. Elle nous a permis d'attribuer à la formation diatomitique un âge messinien (Biozone à *Stichocorys peregrina*).

III. INTERPRETATION PALEOECOLOGIQUE

A. Les conditions paléoenvironnementales

Dans la carrière de Ouillis, les changements paléoenvironnementaux enregistrés le long de la section sont liés probablement au degré d'oxygénation qui affecte la colonne d'eau. Ainsi, la composition des radiolaires lors du dépôt du Membre (2) est marquée par une abondance progressive des formes de *Nassellaria* par rapport à celles de *Spumellaria*.

Par contre, dans les sections de Sidi Lakhdar et d'El Ghomri, l'assemblage des radiolaires sont essentiellement représenté par les *Nassellaria*. Leur diversité est également affectée par ces changements enregistrés dans la colonne d'eau. A titre d'exemple, pendant le Miocène et le Pliocène, *Stichocorys delmontensis* et *Stichocorys peregrina*, dont leur écologie est sujet d'un grand débat entre les spécialistes, sont des espèces éteintes qui ont connu une large distribution dans les latitudes basses à moyennes des océans ouverts. L'augmentation de l'abondance relative de l'espèce *Stichocorys peregrina* fut correspondre dans le temps à une floraison biogénique à la fin du Miocène et au début du Pliocène dans

les latitudes basses à moyennes du Pacifique Nord (Kamikuri & *al.*, 2007, 2009). Elle pourrait également être liée à une productivité biogénique élevée de la zone photique.

Dans le cas de notre présente étude, cette espèce est plus abondante dans les sections de Sidi Lakhdar et d'El Ghomri. Cette abondance est relativement élevée dans le membre (2) de la section de Ouillis. A noter également que la composition des assemblages de radiolaires donne des informations pertinentes sur les conditions paléoenvironnementales dans le membre 3 de la section de Ouillis ainsi que dans les autres membres des sections de Sidi Lakhdar et d'El Ghomri.

Par ailleurs, l'interprétation paléoécologique basée sur les foraminifères, nous a permis d'élargir nos connaissances. Selon Jorissen & *al.* (1992), les espèces: *Bulimina*, *Bolivina* et *Uvigerina* sont des foraminifères endofauniques, avec des coquilles allongées qui peuvent survivre dans des conditions extrêmes du milieu. Pour Grunert & *al.* (2018), les Buliminacea dominent les milieux mésotrophes à eutrophes dans des conditions hypoxiques. Le genre *Bulimina* est fréquemment observé dans les profondeurs de l'eau bathyale (Culver & Buzas, 1980; Van Morkhoven & *al.*, 1986; Jones, 1994).

Dans les niveaux étudiés, la prédominance des Buliminacea indique un flux accru de matière organique labile et une floraison dans les zones d'upwelling (Jorissen & *al.*, 1998; Altenbach & *al.*, 1999; Loubere & Fariduddin, 2003; Phipps & *al.*, 2012). Les Buliminacea qui peuvent parfois tolérer des conditions hypoxiques, sont fréquemment signalés dans les zones à minimum d'oxygène associées à l'upwelling côtier (Douglas & Heitman, 1979; Sen Gupta & Machain-Castillo, 1993; Gooday & *al.*, 2000; Caille & *al.*, 2014). C'est le cas de l'espèce *Bulimina subulata* (Levy & *al.*, 1995). Nous pouvons également citer d'autres espèces identifiées dans le membre (3) des sections étudiées, à savoir:

-*Bolivina spathulata*, interprétée comme étant une forme endofaunique, peu profonde (Singh & *al.*, 2015; Pascual & *al.*, 2020) à endofaune profonde potentielle (Violanti & *al.*, 2011). Il s'agit là des environnements abondants, appauvris en oxygène et riches en matière organique avec des environnements à productivité élevée (Alavi, 1988; Martins & *al.*, 2007; Singh & *al.*, 2015; Pascual & *al.*, 2020). Certains auteurs ont déduit une stratégie opportuniste pour *Bolivina spathulata* lorsqu'une grande quantité de matière organique est disponible, et qui est généralement liée à des phénomènes d'upwelling (Okada, 1983; Mathieu, 1986; Guerreiro & *al.*, 2009; Russo & *al.*, 2022). Selon Kaiho (1994) et Pascual & *al.* (2020) *Bolivina dilatata* et *Bolivina spathulata* sont des espèces indiquant une dysoxie (Russo & *al.*, 2022) et leur existence est liée à des processus d'upwelling (Levy & *al.*, 1995; Drinia & *al.*, 2005). est également interprété comme une espèce tolérant la dysoxie (Russo & *al.*, 2022);

-*Uvigerina peregrina*, couramment signalée comme une forme endofaunique peu profonde dans les environnements mésotrophes et eutrophes (Grunert & *al.*, 2018; Milker & *al.*, 2019; Pascual & *al.*, 2020);

-*Rectuvigerina cylindrica*, espèce témoignant des processus d'upwelling en Méditerranée au cours du Messinien (Van der Zwaan, 1982);

-*Anomalinoides*, *Cibicidoides*, *Hanzawaia*, *Heterolepa* et *Melonis* se sont des genres typiques d'épifaune, caractérisant les milieux oxiques et oligotrophes (Drinia, 2009; Sgarrella & *al.*, 2012; Spezzaferri & *al.*, 2014; Russo & *al.*, 2022). Ils sont secondaires dans les assemblages benthiques du Membre 3 de la section de Ouillis et principales, de manière discontinue, dans les autres sections (Sidi Lakhdar et El Ghomri). Toutefois, dans la section de Ouillis, les colonisateurs du fond marin après les conditions anoxiques étaient

des foraminifères benthiques qui toléraient l'appauvrissement en oxygène et la teneur élevée en nutriments.

Enfin, dans la partie supérieure des sections levées, les radiolaires disparaissent dans les sédiments de plus en plus carbonatés où la silice biogénique se dissout facilement. Ainsi, on distingue:

-Pour la section de Ouillis: les formes planctoniques sont enregistrés initialement dans l'échantillon O48a, où sont dominées par l'habitant intermédiaire *Orbulina* et secondairement par l'habitant profond *Globorotalia* (Boukli Hacene, 2000). Ceci confirme que la forte stratification potentielle de la colonne d'eau interprétée pour le Membre (2), et qui affecte l'oxygénation de la colonne d'eau n'a pas persisté dans les niveaux inférieurs du Membre (3). La partie supérieure des niveaux stratigraphiques O50 (Ech: 50C) est dominée par les orbulines intermédiaires (*O. suturalis* et *O. universa*), les formes profondes secondaires (e.g. *Globorotalia*) et d'autres habitants intermédiaires (e.g. *Globigerina*). Au sommet du Membre (3), l'espèce *Orbulina* est nouvellement dominant parmi les foraminifères planctoniques.

-Pour la section de Sidi Lakhdar: les foraminifères planctoniques de la plupart des niveaux marneux sont représentés principalement par l'habitat de l'eau de surface (*Globigerinoïdes*) et secondairement par les formes intermédiaires (*Globigerina*, *Neogloborotalia*) et les formes d'habitat profond (*Globorotalia*). Selon Boukli-Hacene (2000), le genre *Globigerinoïdes* est considéré comme une forme d'eau chaude. La diminution de la fréquence de ce genre dans les niveaux (S12a, S18 et S28a) désigne la variation de la température des eaux de surface.

-Pour la section d'El Ghomri: la proportion des espèces du genre *Globorotalia* (20 et 37 %) dans les niveaux (Eg3, Eg4, Eg5, Eg7, Eg8, Eg9, Eg10, Eg11, Eg15, Eg19, Eg21 et Eg22) indique que la limite supérieure de la couche à oxygène minimum était à une profondeur suffisante dans le secteur d'El Ghomri (partie méridionale de la marge du bassin du Chélif) pour permettre le développement des formes carénées (*Globorotalia*). En revanche, la diminution de la proportion de ce genre dans les autres niveaux peut s'expliquer par une remontée de la limite supérieure de la couche à oxygène minimum.

B. La paléobathymétrie à partir des assemblages des radiolaires

La mer Méditerranée est une mer semi-fermée reliée à l'océan Atlantique par le détroit de Gibraltar. Ainsi, l'eau de mer est échangée avec la mer ouverte à travers le détroit (García-Lafuente & al., 2017). Dans les sédiments de surface de la mer Méditerranée, l'assemblage des radiolaires est caractérisé par des taxons d'eaux de surface (0-200 m) et des taxons d'eaux profondes intermédiaires tels que: *Cornutella profunda* et *Lamprocyclus maritimalis*, habitant des eaux au dessous de 300 m et *Cycladophora davisiana*, habitant des eaux au dessous de 400 m dans les océans ouverts (Poluzzi, 1982 ; Bjørklund et de Ruyter, 1987; Takahashi, 1991; Gowing, 1993; Abelman & Gowing, 1997). A souligner que les taxons intermédiaires des eaux profondes de l'océan Atlantique pénètrent probablement dans la mer Méditerranée avec l'eau de mer de la couche d'eau intermédiaire supérieure à travers le détroit de Gibraltar.

Dans cette étude, la section de Ouillis est caractérisée par la présence de 6 espèces (*Carpocanium favosa*, *Dictyocoryne profunda*, *Dictyocoryne muelleri*, *Eucyrtidium*

acuminatum, *Larcospira quadrangula* et *Phorticium pylonium*) qui habitent à des profondeurs au-dessus de 200 m. Il s'agit des eaux de surface dans les océans ouverts (Kling & Boltovskoy, 1995; Boltovskoy & al., 1996; Itaki & al., 2003). Cependant, les taxons intermédiaires d'eau profonde tels que *Lamprocyclus maritatis* sont absents dans cette section. Cela implique que le secteur de Ouillis est limité par un seuil topographique des fonds marins avec une profondeur probablement moins de 300 m. Par contre, la présence des taxons d'habitat d'eau de surface associés à une forme d'habitat d'eau profonde (*Lamprocyclus maritatis*) dans les sections de Sidi Lakhdar et El Ghomri signifie que la profondeur du seuil du détroit de Gibraltar entre l'océan Atlantique et la mer Méditerranée peut être moins de 400 m.

IV. CONCLUSION

Les radiolaires des trois sections (Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri) correspondent à 36 espèces et 22 genres appartenant à 12 familles.

Sur le plan biostratigraphique et paléoenvironnemental, la répartition verticale des assemblages de radiolaires, nous a permis de confirmer l'âge messinien de la formation diatomitique (biozone à *Stichocorys peregrina*) grâce à la présence de l'espèce *Stichocorys peregrina* associée au *Stichocorys delmontensis*. Ces assemblages de radiolaires comparés avec les peuplements des foraminifères, nous a permis d'interpréter l'évolution des conditions d'oxygénation le long des trois sections considérées. Ainsi, la répartition verticale de la microfaune de la section de Ouillis montre une particularité micropaléontologique. Les premiers membres (1 et 2) de ladite section sont très riches en radiolaires avec absence totale des foraminifères. Ceci témoigne fort bien d'une absence de l'oxygène. Par contre, le Membre (3) montre une diversification des foraminifères benthique et planctonique confirme une oxygénation du milieu de sédimentation.

Dans les sections de Sidi Lakhdar et El Ghomri, l'abondance de l'espèce *Stichocorys peregrina* et la présence de *Lamprocyclus maritatis* indiquent un milieu marin ouvert. La prédominance de *Stichocorys peregrina* implique une productivité biogénique élevée dans les parties supérieures de la zone photique. En outre, les associations des foraminifères benthiques sont représentées essentiellement par les buliminacea où règnent des conditions extrêmes du milieu (dysoxie). Ces benthos évoluent le long de la formation diatomitique, avec des interruptions marquées par des épisodes oxyphiles (associations des foraminifères benthiques oxyphiles) qui révèlent des conditions marines normales.

Il est à noter que dans les deux sections, l'oxygénation du milieu constitue la principale condition qui contrôle la distribution des foraminifères:

-les foraminifères planctoniques (carénés et non carénés) se diversifient et les formes benthiques (oxyphiles ou non oxyphiles) se développent. Ceci indique une circulation océanique beaucoup plus active, et surtout dans la section d'El Ghomri où la prédominance des foraminifères planctoniques d'habitats profonds (*Globorotalia*) est bien marquée;

-les mêmes peuplements de foraminifères planctoniques se retrouvent pour les eaux de surface, mais les foraminifères benthiques non oxyphiles (buliminacea) sont abondants. Il s'agit là d'une faible circulation océanique.

Cinquième chapitre: **Analyse géochimique**

Cinquième chapitre: **Analyse géochimique**

I. INTRODUCTION

Suite aux résultats biostratigraphiques et paléoécologiques obtenus sur les radiolaires de la section de Ouillis, nous avons jugé opportun d'introduire un chapitre qui sera consacré à l'étude des variations de certains indicateurs géochimiques. Ceci pour montrer l'impact de l'oxygénation du milieu sur la répartition verticale de la microfaune (Foraminifères et radiolaires) avant la crise de la salinité messinienne.

II. ANALYSE GEOCHIMIQUE

Pour les raisons évoquées précédemment, seule la section de Ouillis sera analysée ici, à travers l'excursion des couples redox et détritiques d'une part, et l'excursion du Carbone Organique Total (COT) d'autre part.

A. Résultats

1. Les couples redox (fig. 25)

En ce qui concerne les proxies des couples redox, le passage entre les Membres (1) et (2) de la section considérée est représenté par une augmentation brutale et des fluctuations dans la plupart des rapports étudiés (e.g. Mo_{EF} , Ni/Co, Cu/Al, Ni/Al et U_{EF}). Cependant, dans le reste de la section, et à partir des niveaux stratigraphiques (O52) du Membre (3), nous avons enregistré des pics corrélables des couples redox.

2. Le Carbone Organique Total et les éléments géochimiques indicateurs (fig. 26)

Dans cette section de référence pour l'étude de l'anoxie au sein de la formation diatomitique du Messinien, l'excursion du COT montre des teneurs très élevées dans le Membre (2) qui peuvent atteindre 6,5%. Par contre, à partir du niveau O48 du Membre (3), nous assistons à une diminution progressive des valeurs du COT (<1 %). Ces teneurs du COT sont confrontées par la suite avec celles du $CaCO_3$ et des éléments géochimiques comme le Ba, le Sr et le rapport Ba/Al.

Dans le cas du $CaCO_3$, Mokhtar-Samet (2013) a montré que le Membre (3) de la formation diatomitique se distingue par des teneurs comprises entre 25 et 49 % ce qui a favorisé le développement de nouvelles conditions pour la vie des foraminifères.

Pour l'excursion du Ba et du Sr, nous avons enregistré des teneurs faibles dans le Membre (1) et des pics dans le Membre (2). Par contre, les deux pics observés dans le membre (3) indiquent une augmentation des teneurs du Ba et du Sr inversement aux teneurs du COT qui diminuent clairement.

Enfin, le rapport Ba/Al montre une augmentation brutale dans le Membre 3 coïncidant ainsi avec l'augmentation de Ba et Sr. Certains proxies liés à l'uranium montrent des teneurs relativement élevées avec $U/Th > 2$ et $U_{aut} > 10$.

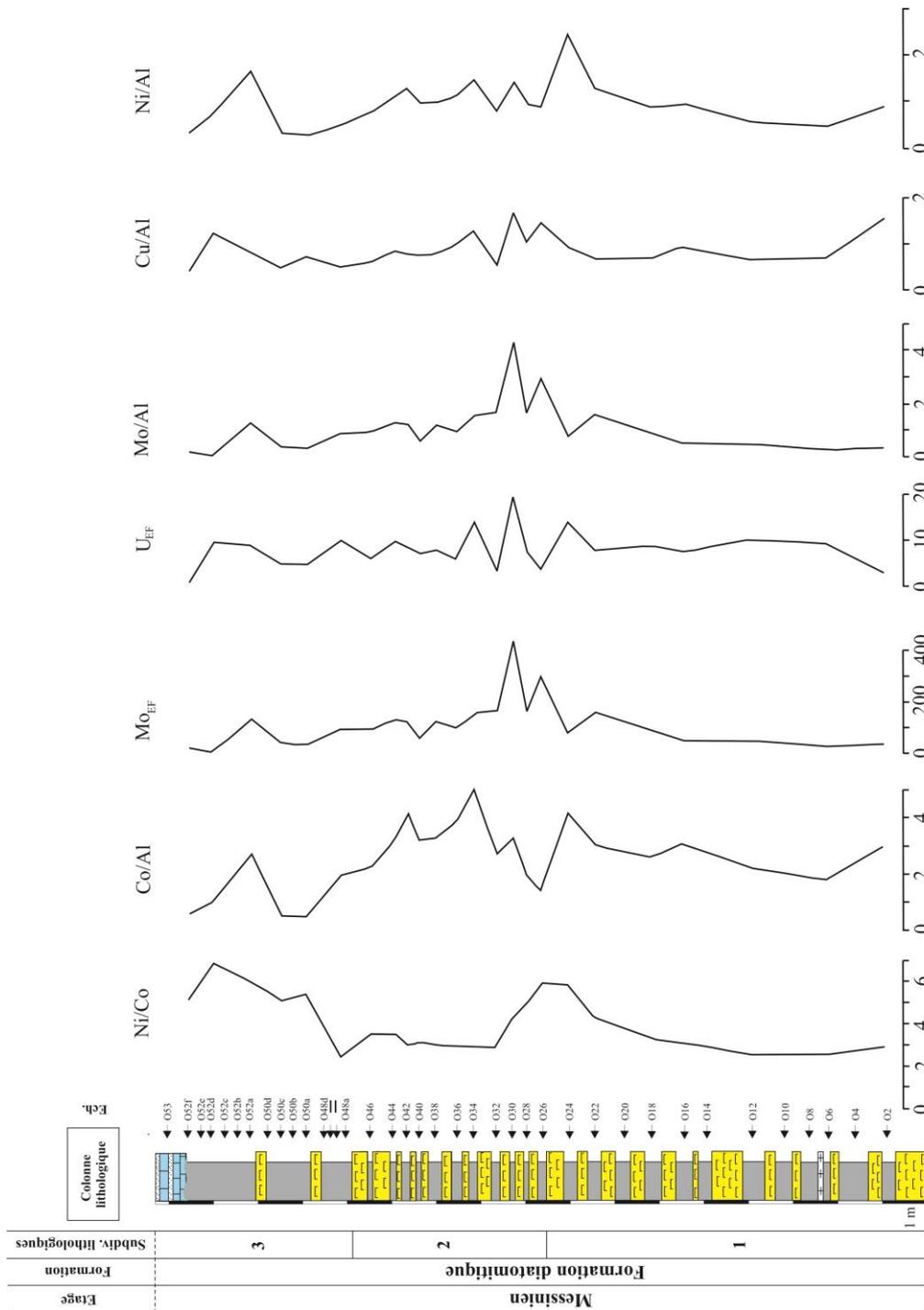


Figure 25: Excursion verticale des couples redox.

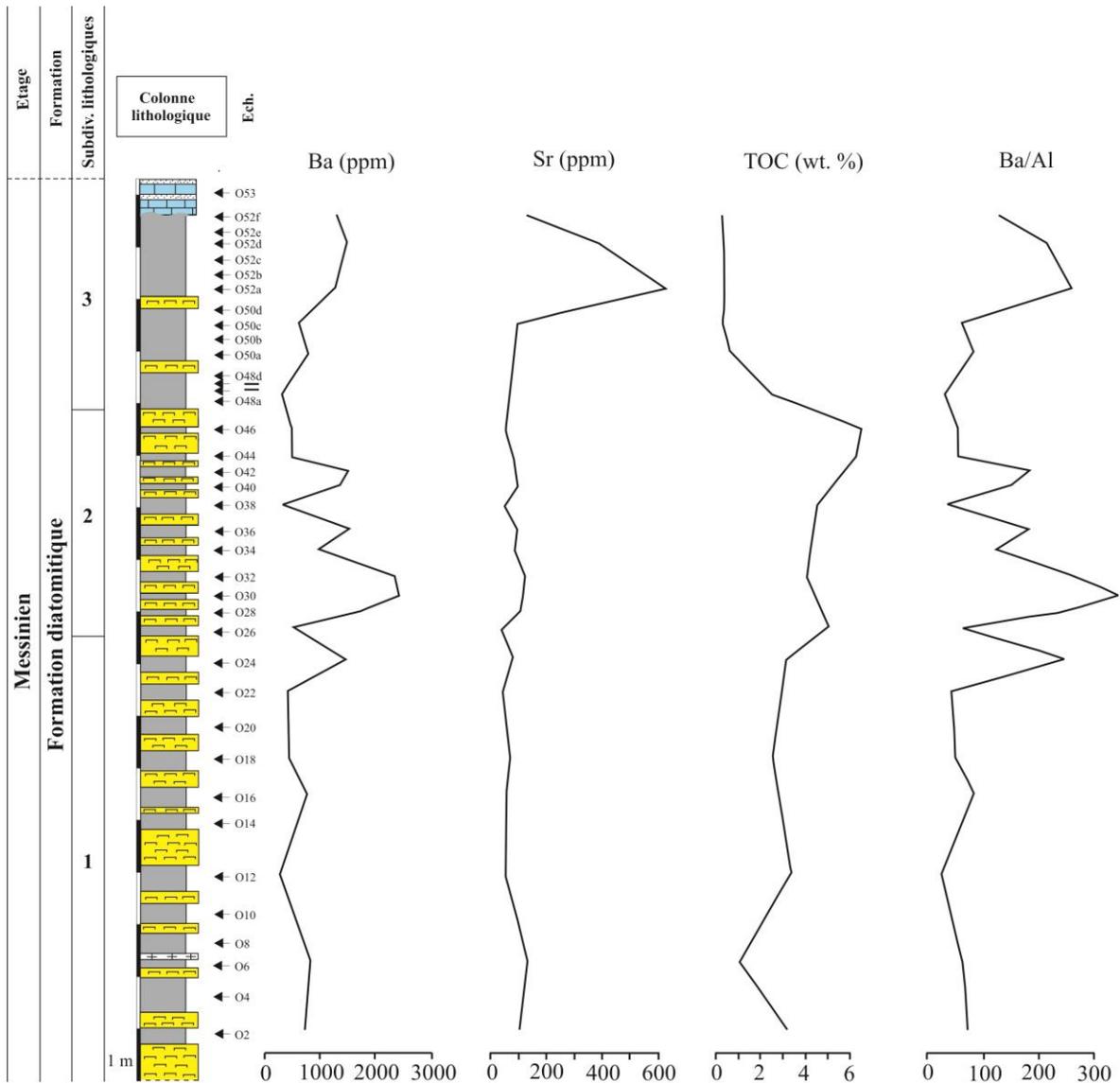


Figure 26: Excursion verticale du COT) et des éléments géochimiques indicateurs de la paléoproduktivité.

3. Les couples détritiques (fig. 27)

Dans le Membre (1), les proxies détritiques sont relativement stables, sauf à la base où Rb/Al augmente et Zr/Al diminue (niveau O6). Le reste des niveaux de ce membre montre une tendance décroissante sur Rb/Al vers le haut.

Par ailleurs, la limite entre les Membres (1) et (2) est caractérisée par de faibles teneurs en proxies détritiques. Le Membre (2) constitue un intervalle stratigraphique évolutif pour les proxies détritiques à fortes fluctuations. Le Membre (3) est caractérisé par des teneurs initiales élevées de Rb/Al (niveau O48) suivies d'une diminution nette (O50) et d'une augmentation subséquente jusqu'au sommet de la section (O52).

Notons que la forte diminution de Zr/Rb (limon/argile) dans le niveau O52 indique une augmentation de l'apport d'argile par rapport à la taille du limon.

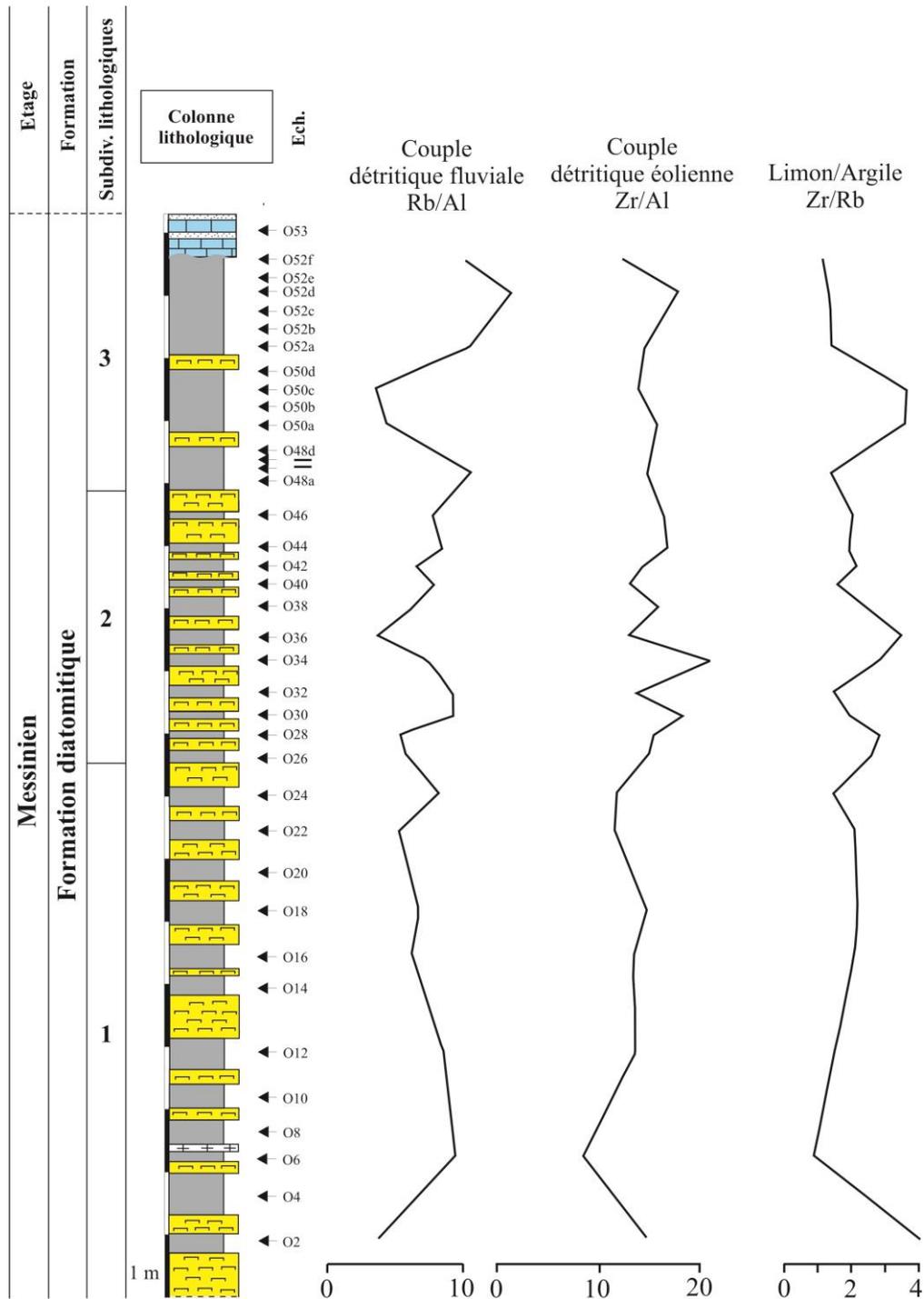


Figure 27: Excursion verticale des couples détritiques redox.

B. Discussion

Dans le bassin du Bas Chélif, l'organisation sédimentaire de la formation diatomitique messinienne correspond essentiellement à une alternance de bancs diatomitiques et des inter-bancs marneux riches en matière organique (MO). Cette alternance largement connue dans les marges du bassin néogène de la Méditerranée a été traditionnellement interprétée comme étant l'enregistrement des premiers stades de

restriction de la connexion atlantique initiée vers 7,2 Ma et résultant peut-être de l'effet combiné de l'eustatisme dû à l'expansion de la calotte polaire antarctique et le soulèvement tectonique (Kouwenhoven & *al.*, 1999; Krijgsman & *al.*, 1999a,b; Sierro & *al.*, 1999; Pellegrino & *al.*, 2018).

-Dans les Membres (1) et (2) de la section de Ouillis

Le cachet sédimentaire représenté par tire l'alternance des diatomites laminées et des marnes noires (sapropèle) de la section de Ouillis confirme fort bien les conditions d'appauvrissement en oxygène des eaux de fond lors du début de l'isolement progressif méditerranéen.

Dans cette optique, l'absence des benthos pendant le dépôt des Membres (1) et (2) ainsi que les teneurs élevées en COT indique la présence des conditions anoxiques au fond de la mer. Si ce benthos (e.g. foraminifères planctoniques) a vécu lors du dépôt de ces deux membres, il a été probablement dissout et son absence pourrait être liée à un effet taphonomique. Toutefois, les teneurs relativement élevées des éléments sensibles au redox (RSE) témoignent en faveur de la présence des conditions d'appauvrissement en oxygène (conditions anoxiques), en particulier pendant le Membre (2). Selon Tribovillard & *al.* (2012), les teneurs du facteur d'enrichissement élémentaire >10 sont considérées comme un fort enrichissement ce qui est le cas du MO_{EF} et de U_{EF} .

Dans la section de Ouillis, il a été observé également des teneurs très élevées en U. Elles sont comprises entre 0,75 et 1,25 ppm pour le rapport U/Th indiquant ainsi des conditions dysoxiques. Si les teneurs sont $> 1,25$, les conditions sont plutôt suboxiques à anoxiques (Jones & Manning, 1994; Gallego-Torres & *al.*, 2007; Zhang & *al.*, 2019). Pour Jones & Manning (1994), les teneurs de U_{aut} allant de 5 à 12 ppm indiquent des conditions dysoxiques, alors que les teneurs > 12 ppm correspondent à des conditions suboxiques/anoxiques. Dans le cas de la section considérée, les teneurs de U/Th et U_{aut} confirment la présence des conditions anoxiques.

Pour l'augmentation enregistrée de la teneur en Ba dans le Membre (2) ainsi que l'U/Th et U_{aut} , ceci indique un épisode d'amélioration de la productivité qui est en parfaite accord avec l'augmentation de l'accumulation et de la préservation de la matière organique (MO) (augmentation des valeurs de COT). D'après Nagao & Nakashima (1992), la matière organique (MO) et l'U dans les sédiments sont très liés du fait que l'U peut former un complexe avec l'acide fulvique dissous dans les sédiments hémipélagiques. Le Thorium est considéré comme immobile dans les milieux sédimentaires, par conséquent le rapport U/Th évalue l'augmentation de U non liée à l'afflux détritique.

Cette augmentation de la productivité planctonique pourrait être liée aussi à des changements dans l'apport détritique au bassin, reflétés par de fortes fluctuations des proxies détritiques éoliens et fluviaux. La stagnation de la colonne d'eau et la faible circulation des eaux profondes favorisent la diminution de la disponibilité en oxygène et la préservation de la matière organique (MO). Pour Pellegrino & *al.* (2018), il existe une relation causale entre les dépôts de sapropèles et de diatomites en Méditerranée compte tenu de l'interaction potentielle entre les diatomées adaptées à la stratification et les bactéries anaérobies et leur rôle respectif dans l'influence du cycle de la silice marine.

-Dans le Membre (3) de la section de Ouillis

Ce membre est caractérisé par les principaux changements environnementaux qui sont indiqués par les changements géochimiques et micropaléontologiques. Ainsi, l'augmentation de la teneur en CaCO_3 confirme une modification pertinente de la composition des eaux et une moindre dissolution des carbonates. La diminution des concentrations des éléments sensibles au redox, COT, U/Th et U_{aut} indique un changement environnemental majeur affectant le bassin du Bas Chélif et qui est probablement lié à la fin de la stagnation de l'eau de mer et à la réoxygénation des fonds marins.

L'enregistrement des foraminifères benthiques confirme la disponibilité d'oxygène dans le fond marin y compris l'eau interstitielle des sédiments en raison de l'enregistrement de formes endofauniques, à l'exemple de: *Bulimina*, *Bolivina* et *Uvigerina*. Une diminution de la productivité pourrait être déduite d'un faible COT et d'une diminution de U/Th et U_{aut} , mais ce n'est probablement que l'effet d'une faible préservation de la matière organique dans les sédiments due à l'oxygénation.

L'augmentation brutale de Sr/Al et Ba/Al indique une productivité relativement élevée dans la partie médiane du Membre 3. Un changement climatique affectant le Bassin du Bas Chélif lors de la sédimentation de ce membre est également confirmé par l'augmentation du proxy détritique fluvial Rb/Al.

III. CONCLUSION

Dans le bassin du Bas Chélif, les résultats obtenus de l'étude géochimique de la formation diatomitique de la section de Ouillis, témoignent des premiers stades de restriction de la Méditerranée lorsque les connexions avec l'Atlantique étaient limitées. Ainsi, l'étude des proxies géochimiques, nous ont permis d'interpréter les conditions paléoenvironnementales dans ce bassin méditerranéen néogène avant la crise de salinité messinienne. A cet effet, deux phases principales peuvent être différenciées représentant les conditions initiales d'appauvrissement en oxygène et la réoxygénation ultérieure:

a) Première phase (correspondant aux membres 1 et 2): les proxies géochimiques et les assemblages de microfossiles de la section de Ouillis confirment les conditions anoxiques des eaux de fond lors du dépôt de l'alternance de diatomites et de marnes riches en matière organique (MO). La teneur élevée en COT et en éléments sensibles au redox ainsi que l'absence de foraminifères benthiques lors du dépôt des membres 1 et 2 évoquent l'anoxie des fonds marins. Cette dernière est provoquée lorsque le renouvellement des masses d'eau est moins rapide que la consommation de l'oxygène libre, ou encore, si le milieu est limité par la topographie de fond marin. Ceci pourrait évoquer une stagnation de l'eau et les conditions d'appauvrissement en oxygène étaient plus intenses pendant le dépôt du membre 2 lorsque les enrichissements en Mo et U étaient les plus élevés. Ces changements ont également affecté l'oxygénation dans la colonne d'eau car la composition de l'assemblage de radiolaires change avec l'abondance relative accrue de *Nassellaria*, en particulier de *Stichocorys*.

L'augmentation des proxies de productivité géochimique (Ba/Al et COT) et des *Stichocorys* sont liés à une productivité élevée dans les parties supérieures de la zone

photique. En plus, la teneur élevée en diatomées dans les membres 1 et 2 est convenable avec les conditions eutrophes du bassin du Bas Chelif.

b) Deuxième phase (correspondant au Membre 3). au cours du dépôt du Membre (3), un changement principal est enregistré dans le bassin. Il est marqué par l'augmentation de la teneur en CaCO_3 d'une part et par la diminution du COT et des éléments sensibles au redox, probablement liés à la fin de la stagnation de l'eau de mer et à la réoxygénation des fonds marins d'autre part.

L'enregistrement des foraminifères benthiques endofaunaux confirme la disponibilité d'oxygène dans le fond marin et l'eau interstitielle des sédiments. Les colonisateurs du fond marin après des conditions anoxiques étaient des foraminifères benthiques qui toléraient des conditions appauvries en oxygène et une teneur élevée en nutriments. Les genres: *Anomalinoïdes*, *Cibicidoïdes*, *Hanzawaia* et *Heterolepa* préféraient les environnements oxiques et oligotrophes. Sachant que la fin de la stagnation de l'eau de mer et la réoxygénation des fonds marins pourraient être produites par un courant mêlant eaux profondes et eaux peu profondes favorisant les processus d'upwelling, ce qui est convenable avec la prédominance des buliminacea.

Dans ces conditions, les radiolaires disparaissent et les assemblages planctoniques sont représentés exclusivement par des foraminifères planctoniques dominés par des habitants intermédiaires (*Orbulina*, *Neogloboquadrina* et *Globigerina*) alors que les habitants profonds sont secondaires (*Globorotalia*).

Conclusion générale & Perspectives de recherche

Conclusion générale & Perspectives de recherche

I. CONCLUSION GENERALE

L'étude micropaléontologique des radiolaires messiniens du bassin du Bas Chélif (Algérie nord occidentale), nous a permis pour la première fois d'avoir des informations biostratigraphiques et paléoécologiques importantes, à travers un lever lithostratigraphique détaillé de trois sections (Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri). Les principaux résultats obtenus seront ici brièvement résumés.

A. Sur le plan lithostratigraphique

L'étude lithostratigraphique basée sur un lever de trois sections dans le bassin du Bas Chélif, deux sur la marge septentrionale (Ouillis et Sidi Lakhdar) et une seule sur la marge méridionale (El Ghomri) a permis de définir une formation diatomitique. Cette dernière attribuée au Messinien est constituée essentiellement d'une alternance rythmique de bancs diatomites et des inter-bancs marneux. Elle est subdivisée selon des critères stratonomiques et sédimentologiques à des membres lithologiquement bien distincts.

B. Sur le plan micropaléontologique

La microfaune siliceuse identifiée dans la formation diatomitique messinienne du bassin du Bas Chélif montre l'existence de 36 espèces qui sont réparties en 22 genres appartenant à 12 familles: Actinommidae, Rhizosphaeridae, Coccodiscidae, Phacodiscidae, Spongodiscidae, Pyloniidae, Litheliidae, Theoperidae, Carpocaniidae, Pterocorythidae, Plagiacanthidae et Collosphaeridae. Les informations recueillies sur chaque espèce (mesure, description et figuration ont fait l'objet d'une publication dans les Annales de paléontologie: Mokhtar Samet A., Marok A., Reolid M. & Kamikuri C.I. (2021)- Les radiolaires messiniens du Dahra (bassin du Bas Chélif): Systématique et intérêt biostratigraphique. doi. org/10.1016/j.annpal.2021.102520.

C. Sur le plan Biostratigraphique

Basée sur l'extension verticale des taxons des radiolaires dans les trois sections (Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri), l'étude biostratigraphique a permis de mettre en évidence la présence d'une transition évolutive entre *Stichocorys delmontensis* et *Stichocorys peregrina*. Ces deux espèces sont considérées comme étant des marqueurs biostratigraphiques pour datation les dépôts étudiés, où les foraminifères planctoniques sont absents. L'abondance de *Stichocorys peregrina* par rapport à *Stichocorys*

delmontensis confirme fort bien que les sections étudiées sont d'âge Messinien (Biozone à *Stichocorys peregrina*).

D. Sur le plan paléoécologique

La partie supérieure des sections considérées (Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri) est marquée par l'absence des polycystines. La disparition de cette microfaune siliceuse est justifiée probablement par des effets taphonomiques où la silice biogénique se dissout facilement dans un sédiment carbonaté. Par contre, dans les premiers membres, l'analyse qualitative et quantitative des radiolaires sont bien documentée pour les changements des paramètres environnementaux.

Ainsi, l'assemblage des radiolaires dans les sédiments des Membres (1) et (2) de la section de Ouillis est représenté principalement par des formes d'eau de surface avec l'absence des taxons d'eau profonde. Cela signifie que le secteur de Ouillis est délimité par un seuil topographique des fonds marins et que sa bathymétrie peut être inférieure de 300 m. Ce seuil est probablement responsable de la stagnation de l'eau et la propagation de l'anoxie vers la tranche d'eau supérieure. Le membre 3 est caractérisé par l'apparition des benthos (foraminifères benthiques) qui témoignent en faveur de la stagnation des eaux et la réoxygénation des fonds marins. Cette réoxygénation résulte du mélange des eaux profondes et peu profondes qui a favorisé les processus d'upwelling.

Par ailleurs, la coexistence des taxons d'eau de surface avec des taxons d'eau profonde dans les deux sections (Sidi Lakhdar et El Ghomri), a permis d'avoir une idée sur la profondeur du seuil du détroit de Gibraltar, et qui est estimée à 400 m. La présence de l'espèce *Lamprocyclus maritatis* désigne que les deux secteurs (Sidi Lakhdar et El Ghomri) correspondent à un milieu marin ouvert. A noter également que l'abondance de l'espèce *Stichocorys peregrina* désigne une productivité primaire élevée dans la tranche d'eau supérieure de la zone photique.

E. Sur le plan géochimique

L'analyse géochimique a été réalisée ici sur les échantillons de la section de Ouillis et a fait l'objet d'une deuxième publication dans le Journal african Earth Sciences: Mokhtar Samet A., Reolid M., Marok A. & Kamikuri C.I. (2022)- Environmental conditions during the deposition of the diatomite –organic-rich marl alternation of the lower Messinian of the Lower Chelif Basin (Algeria) interpreted from microfossil assemblages and geochemistry. doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2022.104521.

Les résultats de cette analyse montrent à la fois des teneurs élevées en COT et en éléments sensibles au redox (ESR) dans les Membres (1) et (2) de la section de Ouillis. Ceci évoque clairement la présence des conditions anoxiques du fond marin. Ces conditions sont responsables de la disparition des benthos le long des sédiments étudiés. De plus, l'augmentation de la teneur en Ba, U/Th et U_{aut} dans le membre 2 indique une productivité élevée, ce qui était compatible avec l'augmentation de l'abondance de *Stichocorys peregrina*, l'accumulation et la préservation de la matière organique (MO) (teneur élevée en COT).

Enfin, le membre 3 de ladite section, se distingue par une augmentation de la teneur en CaCO_3 et l'apparition des benthos. Avec les teneurs élevées de couple détritique

fluviale Rb/Al d'une part et les teneurs faibles de COT, U/Th et U_{aut} d'autre part, ceci désigne un changement majeur des conditions environnementales qui affectent le bassin du Bas Chéelif. Ces changements peuvent être liés à la fin de la stagnation de l'eau de mer et à la nouvelle oxygénation.

II. PERSPECTIVES DE RECHERCHE

En guise de perspectives de recherche, nous avons jugé utile de formuler les propositions suivantes:

- **lever d'autres sections:** pour mieux suivre l'évolution spatio-temporelle de la formation diatomitique à l'échelle du bassin du Bas Chéelif;
- **compléter l'étude biostratigraphique:** il s'agit là d'une étude ayant pour objectif d'apporter de nouvelles précisions sur l'âge de la formation diatomitique d'une part et de proposer une biozonation à radiolaires d'autre part. Cette biozonation du Messinien peut être corrélable à l'échelle du bassin méditerranéen;
- **valider de nouvelles espèces de radiolaires:** dans cette thèse, un nombre important des espèces a été laissé en nomenclature ouverte. Une seconde étude plus approfondie sera réservée à cette catégorie de taxons afin de valider de nouvelles espèces probablement caractéristiques du bassin de Bas Chéelif;
- **acquérir de nouvelles données sur l'événement anoxique du Messinien:** cela nous donnera une idée sur l'extension de cette crise dans les dépôts infra-évaporitiques à l'échelle du bassin du Bas Chéelif;
- **caractériser la nature de la matière organique (MO) du Messinien:** une partie de ce travail est en cours de réalisation avec la SONATRACH. Les résultats ainsi obtenus pourront nous donner une idée sur le potentiel pétrolier de la formation diatomitique, qualifiée de roche mère probable.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abelman A. & Gowing M.M. (1997)- Spatial distribution pattern of living polycystine radiolarian taxa-baseline study for paleoenvironmental reconstructions in the Southern Ocean (Atlantic sector). *Marine Micropaleontology*, 30, pp. 3-28.

Aifa T., Feingerg H., Derder M. E. M. & Merabet N. (1992)- Rotations paléomagnétiques récentes dans le bassin du Chéouiff (Algérie). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences II*, 314, pp. 915-922.

Alavi S.N. (1988)- Late Holocene deep-sea benthic foraminifera from the Sea of Marmara. *Marine Micropaleontology* 13, pp. 213-237.

Altenbach A.V., Pflaumann U., Schiebel R., Thies A., Timm S. & Trauth M. (1999)- Scaling percentages and distributional patterns of benthic foraminifera with flux rates of organic carbon. *Journal Foraminiferal Research*, 29, pp. 173-185.

Amaral Zettler L.A., Anderson O.R. & Caron D.A. (1998)- Insights on the diversity within a "species" of *Thalassicolla* (Spumellarida) based on 16S-like ribosomal RNA gene sequencing. *Journal of Eukariotic Microbiology*, 45 (5), pp. 488-496.

Amaral Zettler L.A., Anderson O.R. & Caron D.A. (1999)- Towards a molecular phylogeny of colonial spumellarian radiolaria. *Marine Micropaleontology*, 36, pp. 67-79.

Ameur-Chehbour A. (1988)- Biochronologie des formations continentales du Néogène et du Quaternaire de l'Oranie. Contribution des micro-mammifères. *Thèse Doctorat d'Etat*, Université d'Oran, 434 p.

Ameur-Chehbour A., Jaeger J.J. & Michaux J. (1976)- Radiometric age of early *Hipparion* fauna in North West Africa. *Nature*, 26, pp. 38-39.

Anderson R.V.V. (1936)- Geology in the coastal Atlas of Western Algeria. *Geological Society of America*, 4, 450 p.

Anderson O.R. (1976)- A cytoplasmic fine-structure study of two spumellarian Radiolaria and their symbionts. *Marine micropaleontology*, 1, pp. 81-99.

Anderson O.R., Gastrich M. D. & Amaral Zettler L.A. (1999)- Fine structure of the colonial radiolarian *Collozoum serpentinum* (Polycystinea: Spumellaria) with a reconsideration of its taxonomic status and re-establishment of the genus *Collophidium* (Haeckel). *Marine Micropaleontology*, 36 (2-3), pp. 81-89.

- Anderson O.R. & Matsuoka A.** (1992)- Endocyttoplasmic microalgae and bacteroids within the central capsule of the radiolarian *Dictyocoryne truncatum*. *Symbiosis*, 12, pp. 237-247.
- Arab M, Bracène R., Roure F., Zazoun R.S., Mahdjoub Y. & Badji R** (2015)- Source rocks and related petroleum systems of the Chelif Basin, (western Tellian domain, north Algeria). *Marine and Petroleum Geology* , 64, pp. 363-385.
- Arambourg C.** (1925)- Révision des poissons fossiles de Licata (Sicile). *Annales de Paléontologie*, 14, pp. 39-96.
- Arambourg C.** (1959)- Vertébrés continentaux du Miocène supérieur de l'Afrique du Nord. *Publication de la Carte Géologique d'Algérie*, n. sér., 4, 161 p.
- Barbieri R.** (1998)- Foraminiferal paleoecology at the Tortonian-Messinian boundary, Atlantic coast of northwestern Morocco: *Journal Foraminiferal Research*, 28, pp. 102-123.
- Barwicz-Piskorz W.** (1978)- The Miocene radiolaria from the Carpathian Foredeep. *Acta Pleontologica Polonica*, 23 (3), pp. 223-248.
- Belhadji A., Belkebir L., Saint-Martin J.P., Mansour B., Bessedik M. & Conesa G.** (2008)- Apports des foraminifères planctoniques à la biostratigraphie du Miocène supérieur et du Pliocène du Djebel Diss (Bassin du Chéelif, Algérie). *Geodiversita*, pp.79- 96.
- Belkebir L.** (1986)- Le Néogène de la bordure nord - occidentale du massif de Dahra (Algérie). Biostratigraphie, Paléoécologie, Paléogéographie. *Thèse Doctorat*, Université de Provence, 289 p.
- Belkebir L. & Anglada R.** (1985)- Le Néogène de la bordure Nord- Occidental du Dahra (Algérie). 110^{ème} *Congrès National des Sociétés Savantes, Montpellier*, Sciences Fasc., VI, pp. 279- 290.
- Belkebir L., Bessedik M. & Mansour B.** (2002)- Le Miocène supérieur du bassin du Bas Chéelif attribution biostratigraphique à partir des foraminifères planctoniques. *Mémoires du Service Géologique de l'Algérie*,11, pp. 187-194.
- Benson R.N.** (1983)- Quaternary Radiolarians from the Mouth of the Gulf of California, Leg 65 of the Deep Sea Drilling Project. In: Lewis, B.T.R., Robinson, P. et al. (eds). *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. U.S. Government Printing Office, pp. 491-523.
- Benson R.H., Hayek L.A., Hodell D.A. & Rakic-El Bied K.** (1995)- Extending the climatic precession curve back into the late Miocene by signature template comparison. *Paleoceanography*, 10, pp. 5-20.
- Benson R.H. & Rakic-El Bied K.** (1996)- The Bou Regreg section, Morocco: Proposed Global Boundary Stratotype Section and Point of the Pliocene: *Notes et Mémoires Service Géologique du Maroc*, 383, pp. 51-150.
- Benson R.H., Rakic-El Bied K. & Bonaduce G.** (1991)- An important current reversal (influx) in the Rifian Corridor (Morocco) at the Tortonian-Messinian boundary: The end of Tethys Ocean: *Paleoceanography*, 6, pp. 164-192.

- Berggren W.A., Kent D.V., Swisher C.C. & Aubry M.P.** (1995)- A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy., *in* Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlatio, *SEPM Special Publications*, 54, pp. 129-212.
- Bessedik M., Belkebir L. & Mansour B.** (2002)- Révision du Miocène inférieur (au sens des anciens auteurs) des dépôts du bassin du bas Chélif (Oran, Algérie). Conséquences biostratigraphiques et géodynamiques. *Mémoires du Service Géologique de l'Algérie*, 11, pp. 167-186.
- Biard T., Pillet L., Decelle J., Poirier C., Suzuki N. & Not F.** (2015)- Towards an integrative morpho-molecular classification of the collodaria (Polycystinea, Radiolaria). doi:10.1016/j.protis.2015.05.002.
- Bjørkulund K.R. & de Ruiter R.** (1987) Radiolarian preservation in easternMediterranean anoxic sediments. *Marine Geology*, 75, pp. 271-281.
- Boltovskoy D.** (1980)- "Morfología esqueletaria, sistemática, distribución y sus condicionantes abióticos en Polycystina del Atlántico Sudoccidental". *Tesis de Doctor*, University of Buenos Aires, 289 p.
- Boltovskoy D.** (1998)- Classification and distribution of South Atlantic Recent polycystine Radiolaria. *Palaeontologia Electronica*, 1 (2), 116 p.
- Boltovskoy D.** (1999)- Radiolaria Polycystina. *In: Boltovskoy, D. (Ed.), South Atlantic Zooplankton, Backhuys Publishers, Leiden*, 1, pp. 149-212.
- Boltovskoy D. & Jankilevich S.** (1985)- Radiolarian distribution in equatorial Pacific plankton. *Oceanologica Acta*, 8 (1), pp. 101-123.
- Boltovskoy D., Oberhaensli H. & Wefer G.** (1996)- Radiolarian assemblages in theeastern tropical Atlantic: patterns in the plankton and in sediment trap samples. *Journal of Marine Systems*, 8, pp. 31-51.
- Boltovskoy D. & Riedel W.R.** (1980)- Polycystine radiolaria from the Southwestern Atlantic Ocean plankton. *Revista Espanola de Micropaleontologia*, 12, pp. 99-146.
- Bossio A., Rakic-El Bied K., Gianelli L., Mazzei R., Russo A. & Salvatorini G.** (1976)- Correlation de quelques sections stratigraphiques du bassin Mediterranéen sur la base des Foraminiferes planktoniques, nannoplankton calcaire et ostracodes. *Atti della Societa Toscana di Scienze Naturali*, 83, pp. 121-137.
- Boudiaf A., Ritz J.F. & Philip H.** (1998)- Drainage diversions as evidence of propagating active faults: example of the El Asnam and Thenia Faults, Algeria. *Terra Nova*, 10, pp. 236-244.
- Boukli-Hacene S.** (2000)- L'évolution des assemblages de foraminifères à la transition plate-forme/bassin: exemple du Messinien de Méditerranée occidentale. *PhD Thesis*, Université de Provence. 213 p.
- Brandt K.** (1885)- Die koioniebildenden Radioiarien (Sphaerozoéen) des Goifes von Neapel. *Fauna Fiora Goif. Neape*, pp. 1321-276.

- Broquet P., Mascle G. & Monnier M.** (1981)- La formation à tripoli du bassin de Caltanissetta (Sicile). *Revue de Géologie Dynamique et de Géographie Physique*, 23 (2), pp. 87-98.
- Cachon J. & Cachon M.** (1971)- Le système axopodial des Radiolaries Nassellaires. *Arch Protistenkd*, 113, pp. 80–97.
- Calvert S.E.** (1990)- Geochemistry and origin of the Holocene sapropel in the Black Sea. In: Ittekkot, V., Kempe, S., Michaelis, W., Spitzzy, A. (Eds.) *Facets of Modern Biogeochemistry*. Springer, Berlin, pp. 326–352.
- Calvert S.E. & Pedersen T.F.** (1993)- Geochemistry of recentoxic and anoxic marine sediments: Implications for the geological record. *Marine Geology*, 113, pp. 67–88.
- Campbell A.S. & Clark B.L.** (1944)- Miocene radiolarian faunas from Southern California. *Geological Society of America, Special Papers*, 51, pp. 1-76.
- Calet I.P.** (1974)- Les Radiolaires des boues superficielles de la Méditerranée. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 3, pp. 217-288.
- Calet J.P.** (1986a)- Radiolarians from the Southwest Pacific. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, Volume 90, Kennett, J. P., von der Borch, C. C., & al. (Eds.), Washington, D.C.: U. S. Government Printing Office, 835-861.
- Calet J.P.** (1991)- Radiolaria from the Kerguelen Plateau. Leg 119. In: *Proceedings of the Ocean Drilling Program Scientific Results*, Eds. Barron, J. Larsen B. & al., 119, pp. 513-542.
- Caille C., Koho K.A., Mojtahid M., Richart G.J. & Jorissen F.J.** (2014)- Live (Rose Bengal stained) foraminiferal faunas from the northern Arabian Sea: faunal succession within and below the OMZ. *Biogeosciences*, 11, pp. 1155–1175.
- Chase Z., Anderson R.F. & Fleisher M.Q.** (2001)- Evidence from authigenic uranium for increased productivity of the glacial Subantarctic Ocean. *Paleoceanography*, 5, pp. 468-478.
- Chen M.H. & Tan Z.Y.** (1996)- Radiolaria from Surface Sediments of the Central and Northern South China Sea. *Science Publishing House*, Beijing, 271 p.
- Chen P.H.** (1975)- Antarctic Radiolaria. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 28, Hayes, D.E., Frakes, L.A., & al. (Eds.), Washington, D.C.: U. S. Government Printing, pp. 437-513.
- Chester R., Baxter G.B., Behairy A.K.A., Connor K., Cross D., Elderfield H. & Padgham R.C.** (1977)- Soil-sized eolian dusts from the lower troposphere of the eastern Mediterranean Sea. *Marine Geology*, 24, pp. 201-217.
- Choubert G., Hottinger L., Marçais J. & Suter G.** (1964)- Stratigraphie et micropaléontologie du Néogène au Maroc septentrional: Inst. "Lucas Mallada", C.S.I.C. (España). *Cursillos Y Conferencias*, 9, pp. 229-257.
- Cita M.B. & Ryan W.B.F.** (1978)- The Bou Regreg section of the Atlantic Coast of Morocco. Evidence, timing and significance of a late Miocene regressive phase: *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 84, pp. 1051-1082.

Colalongo M.L., di Grande A., D'Onofrio S., Giannelli L., Iaccarino S., Mazzei R., Poppi Brigatti M.F., Romeo M., Rossi A. & Salvatorini G. (1979a)- A proposal for the Tortonian/Messinian boundary: *Annales Géologiques des Pays Helléniques*, 1, pp. 285-294.

Cortese G. & Bjorklund K.R. (1999)- Radiolarians from the cyclic Messinian diatomites of Falconara (Sicily, Italy). *Geodiversitas*, 21 (4), pp. 593-624.

Cortese G. & Alvarez Zarikian C.A. (2015)- Data report: radiolarian occurrences at IODP Expedition 329 Site U1371. *Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program*, 329, pp. 1-13.

Culver S.J. & Buzas M.A. (1980)- Distribution of Recent Benthic Foraminifera off the North American Atlantic Coast. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences* 6. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, 6, 512 p.

Dayal D. (2014)- Miocene-Pliocene radiolaria from the Kerguelen plateau, site 745, southern ocean region: Biostratigraphy and paleocenography. *PhD thesis*. University of Kumaum, India, 120 p.

Decima A. & Wezel F.C. (1971)- Osservazioni sulle evaporiti messiniane della Sicilia centro-meridionale. *Rivista Mineraria Siciliana*, pp. 172-187

Delfaud J., Michaux J., Neurdin-Trescartes J. & Revet J. (1973)- Un modèle paléogéographique de la bordure méditerranéenne. Evolution de la région oranaise (Algérie) au Miocène supérieur. Conséquences stratigraphiques. *Bulletin de la société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord*, 64, pp. 219-241.

Delteil J. (1974)- Tectonique de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du Tell oriental (Monts de la Mina, Beni Chougrane, Dahra). *Thèse de Doctorat Etat*, Université de Nice, 249 p.

Derder M.E.M., Henry B., Maouche S., Bayou B., Amenna M., Besse J., Bessedik M., Belhai D. & Ayache M. (2013)- Transpressive tectonics along a major EeW crustal structure on the Algerian continental margin: blocks rotations revealed by a paleomagnetic analysis. *Tectonophysics*, 193, pp. 183-192.

De Wever P., Dumitrica P., Caulet J., Nigrini C. & Caridroit M. (2001)- Radiolarians in the sedimentary record. Amsterdam. *Gordon and Breach Science Publishers*, Amsterdam, Netherlands, 533 p.

Dolven J.K. (1998)- Late Pleistocene to late Holocene Biostratigraphy and Paleotemperatures in the SE Norwegian Sea, based on Polycystine Radiolarians. *Master's Degree Thesis*, University of Oslo, 155 p.

Domzig A., Yelles K., Le Roy C., Déverchère J., Bouillin J.P., Bracene R., Mercier de Lépinay B., Le Roy P., Calais E., Kherroubi A., Gaullier V., Savoye B. & Pauc H. (2006)- Searching for the Africa-Eurasia Miocene boundary offshore western Algeria (MARADJA'03cruise). *Comptes Rendus Géoscience*, 338, pp. 80-91.

Douglas R.G. & Heitman H.L. (1979)- Slope and basin benthic foraminifera of the Californian borderland. *SEPM Special Publications*, 27, pp. 231-246.

- Dreyer F.** (1890)- Die Tripoli von Caltanissetta (Steinbruch Gessolungo) auf Sizilien. *Jena Z. Naturwiss*, 24, pp. 471-548.
- Drinia H.** (2009)- Palaeoenvironmental reconstruction of the Oligocene Afales Basin, Ithaki island, western Greece. *Cent. European Journal of Geosciences*, 1 (1), pp. 1-18.
- Drinia H., Koskeridou E. & Antonarakou A.** (2005)- Late Pliocene benthic foraminifera and mollusks from the Atsipades Section, Central Crete; Palaeoecological distribution and use in palaeoenvironmental assessment. *Geobios*, 38, 315–324.
- Dumitrica P.** (1972)- Cretaceous and Quaternary Radiolaria in deep sea sediments from the northwest Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. *In* : Ryan W.B.F., Hsu K.J. & al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 13, pp. 823-901.
- Dypvik H, & Harris NB.** (2001)- Geochemical facies analysis of finegrained siliciclastics using Th/U, Zr/Rb and (Zr+Rb)/Sr ratios. *Chemical Geology*, 181, pp. 131-146.
- Ehrenberg C.G.** (1838)- Über die Bildung der Kreidefelsen und des Kreidemergels durch unsichtbare Organismen. *Königliche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Abhandlungen, Jahre*, pp. 59-147.
- Ehrenberg C.G.** (1858)- Kurze Charakteristik der 9 neuen Genera und der 105 neuen Species des ägäischen Meeres und des Tiefgrundes des MittelMeeres. *Königliche Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Monatsbericht, Jahre 1858*, pp. 10-40.
- Enriques P.** (1931)- Formazione e sviluppo dello scheletro siliceo nei radiolari. *Bollettino della Societa Italiano di Biologia Sperimentale*, 6, pp. 350-356.
- Feinberg H. & Lorenz H.G.** (1970)- Nouvelles donnees stratigraphiques sur le Miocene superieur et le Pliocene du Maroc Nord Occidental: *Notes et Mémoires Service Géologique du Maroc*, 30, pp. 21-26.
- Fenet B.** (1975)- Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogène nord-maghrébin, les monts du Djebel Tessala et les massifs du littoral oranais. *Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Nice*, 301 p.
- Foreman H.P.** (1975)- Radiolaria from the North Pacific, Deep Sea Drilling Project, Leg 32. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume 32*, Larson, R. L., Moberly, R., & al. (Eds.), Washington, D.C.: U. S. Government Printing Office, pp. 579-676.
- Gallego-Torres D., Martínez-Ruiz F., Paytan A., Jiménez-Espejo F.J. & Ortega-Huertas M.** (2007)- Pliocene-Holocene evolution of depositional conditions in the eastern Mediterranean: Role of anoxia vs. productivity at time of sapropel deposition. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 246, pp. 424-439.
- García-Lafuente J., Naranjo C., Sammartino S., Sánchez-Garrido J.C. & Delgado J.** (2017)- The Mediterranean outflow in the Strait of Gibraltar and its connection with upstream conditions in the Alborán Sea. *Ocean Science*, 13, pp. 195-207.
- Gersonde R. & Schrader H.** (1984)- Marine planktonic diatom correlation of lower Messinian deposits in the Western Mediterranean. *Marine Micropaleontology*, 9, pp. 39-110.

- Giblin J.** (2017)- Selected radiolarians as paleoceanographic proxies in the central west Pacific warm pool (MD97-2140) over the past 242,000 years. *Thesis Masters of Science in Climate Change*, University of South Pacific, 93 p.
- Gooday A.J., Bernhard J.M., Levin L.A. & Suhr S.B.** (2000)- Foraminifera in the Arabian Sea oxygen minimum zone and other oxygen-deficient settings: taxonomic composition, diversity, and relation to metazoan faunas. *Deep-Sea Research II*, 47, pp. 25–54.
- Gowing M.M.** (1986)- Trophic biology of phaeodarian radiolarians and flux of living radiolarians in the upper 2000 m of the North Pacific central gyre. *Deep-Sea Research I*, 33 (5), pp. 655-674.
- Gowing M.M.** (1993)- Seasonal radiolarian flux at the VERTEX North Pacific time-series site. *Deep-Sea Research I*, 40, pp. 517-545.
- Grasso M., Pedley H.M. & Romeo M.** (1990)- The Messinian Tripoli Formation of the North-Central Sicily: Paleoenvironmental interpretation based on sedimentological, micropaleontological and regional tectonic studies. *Paléobiologie continentale*, Montpellier, 17, pp. 189-204.
- Grunert P., Rosenthal Y., Jorissen F., Holbourn A., Zhou X. & Piller W.E.** (2018)- Mg/Ca-temperature calibration for costate *Bulimina* species (*B. costata*, *B. inflata*, *B. mexicana*): A paleothermometer for hypoxic environments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 220, pp. 36–54.
- Guardia P.** (1975)- Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie Nord-occidentale (Algérie), relation structurales et paléogéographiques entre Rif externe et le Tell de l'avant pays atlasique. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Université de Nice, 289 p.
- Guemache M.A.** (2010)- Evolution géodynamique des bassins sismogènes de l'Algérois (Algérie): approche pluridisciplinaires (méthodes géologiques et géophysiques). *Thèse de Doctorat*, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Bab Ez Zouar, Alger, 294 p.
- Guerreiro C., Rosa F., Oliveira A., Cachão M., Fatela F. & Rodrigues A.** (2009)- Calcareous nannoplankton and benthic foraminiferal assemblages from the Nazaré Canyon (Portuguese continental margin): preliminary results. From Deep-sea to Coastal Zones: Methods and Techniques for Studying Paleoenvironments IOP Publishing. IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science*, doi: 10.1088/1755-1307/5/1/012004.
- Gupta S.M.** (1991)- Radiolarian distribution in central Indian ocean basin sediments and its paleoceanographic significance. *Thesis Doctor*, University of Goa, 338 p.
- Gupta L.P. & Kawahata H.** (2006)- Downcore diagenetic changes in organic matter and implications for paleoproductivity estimates. *Global and Planetary Change*, 53, pp. 122-136.
- Haeckel E.** (1860a)- Über neue, lebende Radiolarien des Mittelmeeres. *Königliche Preussischen Akademie Wissenschaften zu Berlin, Monatsbericht, Jahre*, pp. 794-817.

- Haeckel E.** (1860b)- Fernere Abbildungen und Diagnosen neuer Gattungen und Arten von lebenden Radiolarien des Mittelmeeres. *Königliche Preussischen Akademie Wissenschaften zu Berlin, Monatsbericht, Jahre*, pp. 835-845.
- Haeckel E.** (1862)- Die Radiolarien (Rhizopoda Radiaria). Reimer, Berlin, 572 p.
- Haeckel E.** (1887)- Report on the Radiolaria collected by H.M.S. *Challenger* during the years 1873-1876, in *Report on the Scientific Results of the Voyage of the H.M.S. Challenger during the Years 1873-1876 Zoology, Atlas*, New York, London, 18, 2 parts: I-CLXXXVIII, pp. 1-1803.
- Haslett S.K.** (1992)- Early Pleistocene glacial-interglacial radiolarian assemblages from the eastern equatorial Pacific. *Journal of Plankton Research* 14 (1), pp. 1553-1563.
- Hernández-Almeida I., Bjørklund K.R., Sierro F.J., Filippelli G.M., Cacho I. & Flores J.A.** (2013)- A high resolution opal and radiolarian record from the subpolar North Atlantic during the Mid-Pleistocene Transition (1069–779 ka): Palaeoceanographic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 391, pp. 49-70.
- Hilgen F.J., Bissoli L., Iaccarino S., Krijgsman W., Meijer R., Negri A. & Villa G.** (2000a)- Integrated stratigraphy and astrochronology of the Messinian GSSP at Oued Akrech (Atlantic Morocco). *Earth and Planetary Science Letters*, 182, pp. 237-251.
- Hilgen F.J., Iaccarino S., Krijgsman W., Villa A.G., Langereis C.G. & Zachariasse W.J.** (2000b)- The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Messinian Stage (uppermost Miocene). *Episodes*, (23), 3, pp. 172-178.
- Hodell D.A., Benson R.H., Kennett J.P., Boersma A. & Rakic-El Bied K.** (1989)- Stable isotope stratigraphy of latest Miocene sequences in northwest Morocco: The Bou Regreg section: *Paleoceanography*, 4, pp. 467-482.
- Hodell D.A., Benson R.H., Kent D.V., Boersma A. & Rakic-El Bied K.** (1994)- Magnetostratigraphic, biostratigraphic, and stable isotope stratigraphy of an Upper Miocene drill core from the Sale Briqueterie (northwestern Morocco): A high-resolution chronology for the Messinian stage: *Paleoceanography*, 9, pp. 835-855.
- Hollande A. & Carré D.** (1974)- Les xantheles des sphaerocollides, des acanthaires et de Vellela vellela: Infrastructure, cytochimie, taxonomie. *Protistologica*, 10 (4), pp. 573-601.
- Hollande A., & Enjument M.** (1953)- Contribution a l'étude biologique des sphaerocollides (radiolaires collodaires et radiolaires polycyttaires) et des leurs parasites. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie*, 15 (11), pp. 99-183.
- Hollande A. & Enjument M.** (1960)- Cytologie, evolution et systematique des sphaerozoides (Radiolaires). *Archives du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 7, pp. 1-134.
- Hsü K.J., Montadert L., Bernoulli D., Cita M. B., Erickson A., Garrison R.E., Kidd R. B., Melières F., Muller, C. & Wright R.** (1978)- History of the Mediterranean salinity crisis. *Initial Reports, the Deep Sea Drilling Project*, 42: pp. 1053-1078.
- Iaccarino S.** (1985)- Mediterranean Miocene and Pliocene planktic foraminifera, In Bolli, H.M., Saunders, J.B. & Perch-Nielsen, K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*, University of Cambridge, Press, pp. 283-314.

- Itaki T.** (2009)- Last Glacial to Holocene polycystine radiolarians from the Japan Sea. *News of Osaka Micropaleontologists*, 14, pp. 43-89.
- Itaki T., Ito M., Narita H., Ahagon N. & Sakai H.** (2003)- Depth distribution of radiolarians from the Chukchi and Beaufort Seas, western Arctic. *Deep-Sea Research I*, 50, pp. 1507-1522.
- Itaki T., Kim S., Rella S. F., Uchida M., Tada R. & Boo-Keun K.** (2012)- Millennial-scale variations of late Pleistocene radiolarian assemblages in the Bering Sea related to environments in shallow and deep waters. *Deep-Sea Research II*, 61-64, pp. 127-144.
- Jaeger J.J., Michaux J. & David B.** (1973)- Biochronologie du Miocène moyen et supérieur continental du Maghreb. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 277, pp. 2477-2479.
- Jiménez-Espejo F.J., Martínez-Ruiz F., Sakamoto T., Iijima K., Gallego-Torres D. & Harada N.** (2007)- Paleoenvironmental changes in western Mediterranean since the last glacial maximum: high resolution multiproxy record from the Algero-Balearic basin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 246, pp. 292-306.
- Johnson D.A. & Nigrini C.A.** (1980)- Radiolarian biogeography in surface sediment of the western Indian Ocean. *Marine Micropaleontology*, 5, pp. 111-152.
- Jones R. W.** (1994)- The Challenger Foraminifera. Oxford University Press, Oxford. 149 p.
- Jones B.A. & Manning D.A.C.** (1994)- Comparison of geochemical indices used for the interpretation of paleoredox conditions in ancient mudstones. *Chemical Geology*, 111, pp. 111-129.
- Jorissen F.J., Barmawidjaja D.M., Puskaric S. & Van der Zwaan G.J.** (1992)- Vertical distribution of benthic foraminifera in the northern Adriatic Sea: The relation with high organic flux. *Marine Micropaleontology*, 19, pp. 131-146.
- Jorissen F.J., Wittling I., Peypouquet J.P., Rabouille C. & Relexans J.C.** (1998)- Live benthic foraminiferal faunas off Cape Blanc, NW-Africa: community structure and microhabitats. *Deep-Sea Research I* 45, pp. 2157-2188.
- Kaiho K.** (1994)- Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. *Geology*, 22, pp. 719-722.
- Kamikuri S.** (2017)- Late Neogene Radiolarian Biostratigraphy of the Eastern North Pacific ODP Sites 1020/1021. *Paleontological Research*, 21 (3), pp. 230-254.
- Kamikuri S.** (2019)- Middle to late Miocene radiolarians from ODP Site 1021 in the eastern North Pacific. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, 70 (1/2), pp. 163-194.
- Kamikuri S., Moore T.C., Ogane K., Suzuki N., Pälke H. & Nishi H.** (2012)- Early Eocene to early Miocene radiolarian biostratigraphy for the low-latitude Pacific Ocean. *Stratigraphy*, (9) 1, pp. 77-108.
- Kamikuri S., Motoyama I., Nishi H. & Iwai M.** (2009)- Neogene radiolarian biostratigraphy and faunal evolution rates in the eastern equatorial Pacific ODP Sites 845 and 1241. *Acta Palaeontologica Polonica*, 54 (4), pp. 713-742.

- Kamikuri S., Nishi H. & Motoyama I.** (2007)- Effects of late Neogene climatic cooling on North Pacific radiolarian assemblages and oceanographic conditions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 249, pp. 370-392.
- Kieken M.** (1974)- Etude géologique du Hodna, du Titteri et de la partie occidentale des Biban. *Publication du Service de la Carte géologique de l'Algérie*, 46, Tome I et II, 498 p.
- Kling S.A.** (1973)- Radiolaria from the eastern North Pacific, Deep Sea Drilling Project Leg 18. In Kulm, L. D., von Huene, R., & al., *Initial Reports, Deep Sea Drilling Project*. U.S. Government Printing Office, pp. 617–671.
- Kling S.A.** (1978)- Radiolaria. In B. U. Haq & A. Boersma (Eds.), *Introduction to marine micropaleontology*, pp. 203–244.
- Kling S.A. & Boltovskoy D.** (1995)- Radiolarian vertical distribution patterns across the southern California Current. *Deep-Sea Research*, 42, pp. 191-231.
- Kouwenhoven T.J., Seidenkrantz M.S., Van der Zwaan G.J.** (1999)- Deep-Water changes : The near- synchronous disappearance of a group of benthic foraminifera from the late Miocene Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 152, pp. 259-281.
- Krijgsman W., Hilgen F.J., Langereis C.G., Santarelli A., & Zachariasse W.J.** (1995)- Late Miocene magnetostratigraphy, biostratigraphy and cyclostratigraphy from the Mediterranean: *Earth and Planetary Science Letters*, 136, pp. 475-494.
- Krijgsman W., Hilgen F.J., Negri A., Wijbrans J., & Zachariasse W.J.** (1997)- The Monte del Casino section (northern Apennines, Italy): A potential Tortonian/Messinian boundary stratotype?. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 133, pp. 27-47.
- Krijgsman W., Hilgen F.J., Raffi I., Sierro F.J. & Wilson D.S.** (1999a) Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature*, 400, pp. 652-655.
- Krijgsman W., Langereis C.G., Zachariasse W.J., Boccaletti M., Moratti G., Gelati R., Iaccarino S., Papani G. & Villa G.** (1999b) Late Neogene evolution of the Taza–Guercif Basin (Rifian Corridor, Morocco) and implications for the Messinian salinity crisis. *Marine Geology*, 153, pp. 147–160.
- Krsinic F. & Krsinic A.** (2012)- Radiolarians in the Adriatic Sea plankton (Eastern Mediterranean). *Acta Adriatica*, 53 (2), pp. 189-212.
- Kylander M.E., Ampel L., Wohlfarth B. & Veres D.** (2011)- High-resolution X-ray fluorescence core scanning analysis of Les Echets (France) sedimentary sequence: new insights from chemical proxies. *Journal of Quaternary Science*, 26, pp. 109-117.
- Langereis C.G. & Dekkers M.J.** (1992)- Paleomagnetism and rock magnetism of the Tortonian-Messinian boundary stratotype at Falconara, Sicily. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 71, pp. 100-111.
- Leonardi A.** (1959)- L'ittiofauna del "Tripoli" del Miocene superiore di Bessima (Enna). *Palaeontographia italica*, 54, pp. 115-175.

- Levy A., Mathieu R. & Poignant A.** (1995)- Benthic foraminifera from the Fernando de Noronha Archipelago (Northern Brazil). *Marine Micropaleontology*, 26, pp. 89- 97.
- Lipps J.H. & Valentine J.W.** (1970)- The role of foraminifera in the trophic structure of marine communities. *Lethaia*, 3 (3), pp. 279-286.
- López-García P., Rodríguez-Valera F., & Moreira D.** (2002)- Toward the monophyly of Haeckel's Radiolaria: 18S rRNA environmental data support the sisterhood of Polycystinea and Acantharea. *Molecular Biology & Evolution*, 19 (1), pp. 118-121.
- Loubere P. & Fariduddin M.** (2003)- Benthic foraminifera and the flux of organic carbon to the seabed. In: *Modern Foraminifera (Eds.) B.K. Sen Gupta*. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam. pp. 181-199.
- Lourens L.J., Hilgen F.J., Raffi I. & Vergnaud-Grazzini C.** (1996)- Early Pleistocene chronology of the Vrica section (Calabria, Italy). *Paleoceanography*, 11, pp. 797-812.
- Mansour B.** (1991)- La série diatomitique messinienne de Sig: étude systématique des diatomées et implications paléocéologiques. *Thèse Magister*, Université d'Oran, 147 p.
- Mansour B.** (2004)- Diatomées messinienne du bassin du Bas Chélif (Algérie nord-occidentale). *Thèse Doctorat d'Etat*, Université d'Oran, 260 p.
- Mansour B., Bessedik M., Saint-Martin J.P. & Belkebir L.** (2008)- Signification paléocéologie des assemblages de diatomées du Messinien du Dahra sud-occidental (Bassin du Chélif, Algérie nord-occidental). *Geodiversitas*, 30, 117-139.
- Mansour B., Moissette P., Noel D. & Rouchy J.M.** (1995)- L'enregistrement par les associations de diatomées des environnements messiniens: l'exemple de la coupe de Sig (Bassin du Chélif, Algérie). *Geobios*, 28, pp. 261-279.
- Martini E.** (1971)- Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation: *Proceedings of the II Planktonic Conference*, Roma, 2, pp. 739-785.
- Martins V., Dubert J., Jouanneau J.-M., Weber O., Ferreira E., da Silva E., Patinha C., Alveirinho Dias J.M. & Rocha F.** (2007)- A multiproxy approach of the Holocene evolution of shelf-slope circulation on the NW Iberian Continental Shelf. *Marine Geology*, 239, pp. 1-18.
- Mathieu R.** (1986)- Sediments et Foraminifères actuels de la marge continentale Atlantique du Maroc. *PhD Thesis*, Université de Pierre et Marie Curie, 420 p.
- Matsuzaki K.M. & Itaki T.** (2019)- Late Miocene polycystine radiolarians of the Japan Sea (IODP Expedition 346 Site U1425). *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, (1/2), pp. 195-209.
- Matsuzaki K.M., Itaki T., & Sugisaki S** (2020)- Polycystine radiolarians vertical distribution in the subtropical Northwest Pacific during Spring 2015 (KS15-4). *Paleontological Research*, vol. 24, no. 2, p. 113-133.
- Matsuzaki K.M., Nishi H., Hayashi H., Suzuki N., Ikehara M., Gyawali B.R., Tanaka T. & Takashima R.** (2014a)- Radiolarian biostratigraphic scheme and stable oxygen isotope stratigraphy in southern Japan (IODP Expedition 315 Site C0001). *Newsletters on Stratigraphy*, 47, pp. 107-130.

- Matsuzaki K.M., Suzuki N., Nishi H., Hayashi H., Gyawali B.R., Takashima R. & Ikehara M.** (2015)- Early to Middle Pleistocene paleoceanographic history of southern Japan based on radiolarian data from IODP Expedition 314/315 Sites C0001 and C0002. *Marine Micropaleontology*, 118, pp. 17-33.
- Matsuzaki K.M., Suzuki N., Nishi H., Takashima R., Kawate Y. & Sakai T.** (2014b)- Middle to Late Pleistocene radiolarian biostratigraphy in the water-mixed region of the Kuroshio and Oyashio currents, northeastern margin of Japan (JAMSTEC Hole 902-C9001C). *Journal of Micropalaeontology*, 33, pp. 205-222.
- Mayer-Eymar K.** (1867)- Catalogue systématique et descriptif des fossils des terrains tertiaires qui se trouvent au Musée Fédéral de Zurich. *Journal Trimestral Société Science Naturelle de Zurich*, 1, pp. 1-37.
- McKenzie J. A., Jenkyns H. C. & Bennet G. G.** (1979)- Stable isotope study of the cyclic diatomite-claystones from the Tripoli Formation, Sicily: a prelude to the Messinian salinity crisis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 29, pp. 125-141.
- Meghraoui M.** (1982)- Etude néotectonique de la région nord-ouest d'El-Asnam: relation avec le séisme du 10 octobre 1980. *Thèse Doctorat 3^{ème} cycle*, Université de Paris VII, 201 p.
- Meghraoui M.** (1988)- Géologie des zones sismiques du nord de l'Algérie: Paléosismologie, tectonique active et synthèse sismotectonique. *Thèse Doctorat*, Université de Paris XI, France, 356 p.
- Meghraoui M. & Doumaz F.** (1996)- Earthquake-induced flooding and paleoseismicity of the El Asnam (Algeria) fault-related fold. *Journal Geophysical Research*, 101, pp. 17617-7644.
- Meghraoui M., Morel J.L., Andrieux J. & Dahmani M.** (1996)- Tectonique plioquaternaire de la chaîne tello-rifaine et de la mer d'Alboran. Une zone complexe de convergence continent-continent. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 167 (1), pp. 141-157.
- Meulenkamp J.E., Driever B.W.M., Jonkers H.A., Spaak P., Zachariasse W.J. & Van der Zwaan G.J.** (1979)- Late Miocene-Pliocene climatic fluctuations and marine "cyclic" sedimentation patterns. *Annales géologiques des Pays. Helléniques*, 2, pp. 831-842.
- Meyen F.** (1834)- Beiträge zur Zoologie, gesammelt auf einer Reise um die Erde. Über das Leuchten des Meeres und Beschreibung einiger Polypen und anderer niederer Tiere [On starfish and a description of some polyps and other inferior animals]. *Nova Acta Academiae Caesareae Leopoldino Carolinae germanicae naturae curiosorum*, 16, pp. 125-216.
- Milker Y., Jorissen F.J., Riller U., Reicherter K., Titschack J., Weinkauff M.F.G., Theodor M. & Schmied G.** (2019)- Paleo-ecologic and neotectonic evolution of a marine depositional environment in SE Rhodes (Greece) during the early Pleistocene. *Quaternary Science Reviews*, 213, pp. 120-132.
- Moissette P.** (1988) Faunes de Bryozoaires du Messinien d'Algérie occidentale. *Documents des Laboratoires de Géologie Lyon*, 102, 351 p.

- Mokhtar Samet A.** (2013)- Marnes diatomitiques du Miocene superieur de la carriere de Ouillis (Bassin du Bas Chélif): Biostratigraphie et analyse geochemique. *Mémoire Magister*, Université de Tlemcen, 91 p.
- Molina-Cruz A.** (1977)- Radiolarian assemblages and their relationship to the oceanography of the subtropical Southeastern Pacific. *Marine Micropaleontology*, 2, pp. 315-352.
- Molina-Cruz A.** (1991)- Holocene palaeo-oceanography of the northern Iceland Sea, indicated by radiolaria and sponge spicules. *Journal of Quaternary Science*, 6, pp. 303-312.
- Moreau M.G., Feinberg H. & Pozzi J.P.** (1985)- Magnetobiostratigraphy of a Late Miocene section from the Moroccan Atlantic margin: *Earth and Planetary Science Letters*, 76, pp. 167-175.
- Morley J.J. & Kohl B.** (1986)- Radiolarians from the Deep Sea Drilling Project Leg 96. In: Bouma, AH; Coleman, JM; Meyer, AW; & al. (Eds.), *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. U.S. Government Printing Office, 96, pp. 649-656.
- Motoyama I.** (1996)- Late Neogene radiolarian biostratigraphy in the subarctic Northwest Pacific. *Micropaleontology*, 42, pp. 221-262.
- Motoyama I. & Nishimura A.** (2005)- Distribution of radiolarians in North Pacific surface sediments along the 175°E meridian. *Paleontological Research*, 9 (2), pp. 95-117.
- Müller J.** (1857)- Über die Thalassicoellen, Polycystinen und Acanthometren des Mittelmeeres. *Königliche Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Monatsbericht, Jahre* , pp. 474-503.
- Müller J.** (1858)- Über die Thalassicoellen, Polycystinen und Acanthometren des Mittelmeeres. *Königliche Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Abhandlungen, Jahre*, pp. 1-62.
- Myers K.J. & Wignall P.B.** (1987)- Understanding Jurassic organic-rich mudrocks-new concepts using gamma-ray spectrometry and palaeoecology: examples from the Kimmeridge Clay of Dorset and the Jet Rock of Yorkshire. *Marine Clastic Sedimentology*, pp.172-189.
- Nagao S. & Nakashima S.** (1992)- Possible complexation of uranium with dissolved humic substances in pore water of marine-sediments. *Science of Total Environment*, 118, pp. 439-447.
- Nakaseko K.** (1955)- Miocene radiolarian fossil assemblage from the southern Tojama Prefecture in Japan. *Science Reports, College of General Education*, University of Osaka, 4, pp. 65-127.
- Neurdin-Trescartes J.** (1976)- Analyse sédimentologique de la formation de Bou Hanifia (Algérie du Nord). *Bulletin de la Société d Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 67, pp. 171-192.
- Neurdin-Trescartes J.** (1992)- Le remplissage sédimentaire du bassin néogène du Chélif, modèle de référence de bassins intra-montagneux. *Thèse Doctorat d'Etat*, Université de Pau et Pays de l'Adour, 605 p.

- Neurdin-Trescartes J.** (1995)- Paléogéographie du bassin de Chélif (Algérie) au Miocène. Causes et Conséquences. *Géologie Méditerranéenne*, XXII (2), pp. 61-71.
- Nigrini C.** (1967)- Radiolaria in pelagic sediments from the Indian and Atlantic Oceans. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography*, University of California Press, pp. 1-125.
- Nigrini C.** (1970)- Radiolarian assemblages in the North Pacific and their application to a study of Quaternary sediments in core V20-130. In: Hays, J.D. (Eds.), *Geological Investigations of the North Pacific*, Geological Society of America, 126, pp. 139-183.
- Nigrini C. & Caulet J.P.** (1992)- Late Neogene radiolarian assemblages Characteristic of Indo-Pacific areas of upwelling. *Micropaleontology*, 38 (2), pp. 139-164.
- Nigrini C.A. & Lombardi G.** (1984)- A guide to Miocene radiolaria. Cushman foundation for foraminiferal Research. *Special Publication*, 16, pp. 1-206.
- Nigrini C. & Moore T.C.** (1979)- A guide to modern Radiolaria. Cushman Foundation for Foraminiferal Research. *Special Publication*, 16, pp. 1-248.
- Nishimura A.** (1987)- Cenozoic radiolaria in the western North Atlantic, Site 603, Leg 93 of the Deep Sea Drilling Project. In: van Hinte, JE; Wise, SW Jr; & al. (Eds.), *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. U.S. Government Printing Office, pp. 713-737.
- O'Connor B.** (1997)- New Radiolaria from the Oligocene and early Miocene of Northland, New Zealand. *Micropaleontology*, 43, pp. 63-100.
- Ogniben L.** (1957)- Petrografia della serie solfifera siciliane e considerazioni geologiche relative. *Memoire descriptive della Carta geologica d'Italie*, 33, 275 p.
- Okada H.** (1983)- Modern nannofossil assemblages in sediments of coastal and marginal seas along the Western Pacific Ocean. In: J.E. Meulenkamp (Eds.), *Reconstruction of Marine Paleoenvironments*. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, 30, pp. 171-187.
- Okada H. & Bukry D.** (1980)- Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973, 1975). *Marine Micropaleontology*, 51, pp. 321-325.
- Okazaki Y., Takahashi K., Onodera J. & Honda M.C.** (2005)- Temporal and spatial flux changes of radiolarians in the northwestern Pacific Ocean during 1997–2000. *Deep-Sea Research II* 52, pp. 2240–2274.
- Oseki S. & Suzuki N.** (2009)- Miocene to Pleistocene paleogeographic distributions of polycystine radiolarians in the North Pacific. *News of Osaka Micropaleontologist*, 14, pp. 183-238.
- Pascual A., Rodríguez-Lázaro J., Martínez-García B. & Varela Z.** (2020)- Palaeoceanographic and palaeoclimatic changes during the last 37,000 years detected in the SE Bay of Biscay based on benthic foraminifera. *Quaternary International*, 566-567, pp. 323-336.
- Pedley H.M. & Grasso, M.** (1993)- Controls on faunal and sediment cyclicity within the Tripoli and Calcare di Base basins (Late Miocene) of central Sicily. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 105, pp. 337-360.

- Pellegrino L., Dela Pierre F., Natalicchio M. & Carnevale G.** (2018) The Messinian diatomite deposition in the Mediterranean region and its relationships to the global silica cycle. *Earth-Science Reviews*, 178, pp. 154-176.
- Perrodon A.** (1957)- Etude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale. *Bulletin du Service de la Carte géologique d'Algérie*, 12, 328 p.
- Petrushevskaya M. G. & Bjørkulund K. R.** (1974)- Radiolarians in Holocene sediments of the Norwegian-Greenland Seas. *Sarsia*, Bergen, 57, pp. 33-46.
- Petrushevskaya M.G. & Kozlova G.E.** (1972)- Radiolaria: Leg 14, Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 14, pp. 495-648.
- Philip H. & Meghraoui M.** (1983)- Structural analysis and interpretation of the surface deformation of the El Asnam earthquake of October 10, 1983, geodetic determination of vertical and horizontal movements. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 72, pp. 2227-2224.
- Philip H. & Thomas G.** (1977)- Détermination de la direction de raccourcissement de la phase de compression quaternaire en Oranie (Algérie). *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*, 19 (4), pp. 315-324.
- Phipps M., Jorissen F., Pusceddu A., Bianchelli S. & De Stigter H.** (2012)- Live benthic foraminiferal faunas along a bathymetrical transect (282–4987 m) on the Portuguese margin (NE Atlantic). *Journal of Foraminiferal Research*, 42, pp. 66-81.
- Pierre C & Roucy J.M.** (1990)- Sedimentary and diagenetic evolution of Messinian evaporates in the Tyrrhenian Sea (ODP Leg 107, sites 652, 653 and 654). Petrographic, mineralogical and stable isotope records. *Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results*, 107, pp. 187-210.
- Plewa K., Meggers H. & Kasten S.** (2006)- Barium in sediments of northwest Africa: A tracer for palaeoproductivity or meltwater events? *Paleoceanography*, 21. doi:10.1029/2005PA001136
- Polet S., Berney C., Fahrni J., & Pawlowski J.** (2004)- Small-Subunit ribosomal RNA gene sequences of *Phaeodarea* challenge the monophyly of Haeckel's Radiolaria. *Protist*, 155 (1), pp. 53-63.
- Poluzzi A.** (1982) I radiolari Quaternari di un ambiente idrotermale del mar Tirreno. *Memoire della Societa Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, 23 (2), pp. 47-72.
- Pye K.** (1987)- Aeolian Dust and Dust Deposits. 334 pp. Academic Press, San Diego.
- Rachid, A., El Hajjaji, K., Poignant, A., Civis, J., 1999. Les associations des foraminifères benthiques, et relation avec le plancton, des séries messiniennes du bassin de Zeghanghane (Maroc nord-oriental). *Revista de la Sociedad Geologica de España*, 12, pp. 137-145.
- Remane J., Bassett M.G., Cowie J.W., Gohrbrandt K.H., Richard Lane H., Michelsen O. & Naiwen W.** (1996)- Revised guidelines for the establishment of global chronostratigraphic standards by the International Commission on Stratigraphy (ICS). *Episodes*, 19, pp. 77-81.

- Reaudie J.** (2012)- A Synthesis of Antarctic Neogene radiolarians: taxonomy, macroevolution and biostratigraphy. *PhD Thesis*, Humbolt University of Berlin, 301 p.
- Reolid M. & Martínez-Ruiz F.** (2012)- Comparison of benthicforaminifera and geochemical proxies in shelf deposits fromthe Upper Jurassic of the Prebetic (southern Spain). *Journal ofIberian Geology*, 38, pp. 449-465.
- Reolid M., Rodríguez-Tovar F.J., Marok A. & Sebane A.** (2012)- The Toarcian Oceanic Anoxic Event in the Western Saharan Atlas, Algeria (North African Paleomargin): role of anoxia and productivity. *Bulletin of the Geological Society of America*, 124, pp. 1646–1664.
- Reolid M., Sánchez-Quiñónez C.A., Alegret L. & Molina E.** (2015)- Palaeoenvironmental turnover across the Cenomanian-Turoniantransition in Oued Bahloul, Tunisia: foraminifera andgeochemical proxies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 417, pp. 491–510.
- Reolid M., Soussi M., Reolid J., Ruebsam W., Taher I.B., Mattioli E., Saidi M. & Schwark L.** (2021)- The onset of the Early Toarcian flooding of the Pliensbachian carbonate platform of central Tunisia (north-south axis) as inferred from trace fossils and geochemistry. *Geological Society Special Publication*, 514. doi:10.1144/SP514-2021-10
- Riedel W.R.** (1953)- Mesozoic and late Tertiary Radiolaria of Rotti. *Journal of Paleontology*, 27 (6), pp. 805-813.
- Riedel W.** (1967) Some new families of Radiolaria. *Proceedings of the Geological Society of London*, 1640, pp. 148-149.
- Riedel W.R.** (1971)- Systematic classification of Polycystine Radiolaria. In: Funnell, B. M. & Riedel, W. R. (eds), *The Micropaleontology of Oceans*. Cambridge University Press, pp. 649-661.
- Riedel W.R. & Sanfilippo A.** (1970)- Radiolaria, Leg 4, Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of Deep Sea Drilling Project*, 4, pp. 503-575.
- Riedel W.R. & Sanfilippo A.** (1971)- Cenozoic Radiolaria from the western tropical Pacific, Leg 7. In Winterer, E. L., Riedel, W. R., & al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. U.S. Government Printing Office, pp. 1529-1672.
- Riedel W.R., Sanfilippo A. & Cita M.B.** (1974)- Radiolarians from the stratotype Zanclean (Lower Pliocene, Sicily). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 80, pp. 699-733.
- Riedel W.R., Westberg-Smith M.J. & Budai A.** (1985)- Late Neogene Radiolaria and Mediterranean Paleoenvironments. In: Stanley, D.J., Wezel, F.C. (Eds.). *Geological Evolution of the Mediterranean Basin.*, pp. 487–524.
- Rodríguez-Tovar F.J. & Reolid M.** (2013)- Environmental conditions during the Toarcian Oceanic Anoxic Event(T-OAE) in the westernmost Tethys: influence of the regional context on a global phenomenon. *Bulletin of Geosciences*, 88, pp. 697–712.
- Rouchy J.M.** (1982)- La genèse des évaporites messiniennes de Méditerranée. *Mémoires du Muséum National d Histoire Naturelle*, sér. C, 280 p.

- Rouchy J. M., Caruso A., Pierre C., Blanc-Valleron M. M. & Bassetti M. A.** (2007)- The end of the Messinian salinity crisis: evidences from the Chelif Basin (Algeria). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 254, pp. 386-417.
- Rouchy J.M. & Saint-Martin J.P.** (1992)- Late Miocene events in the Mediterranean as recorded by carbonate-evaporite relations. *Geology* 20, pp. 629-632.
- Rouchy J.M., Saint-Martin J.P., Maurin A. & Bernet-Rollande M.C.** (1986)- Evolution et antagonisme des communautés bioconstructives animales et végétales à la fin du miocène en méditerranée Occidentale: biologie et sédimentologie. *Bulletin des Centres de Recherches. Exploration-Production Elf Aquitaine*, 10, pp. 333-348.
- Russo B., Ferraro L., Correggia C., Alberico I., Foresi L.M., Vallefucio M. & Lirer F.** (2022)- Deep-waterpaleoenvironmental changes based on early-middle Miocene benthic foraminifera from Malta Island (central Mediterranean), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. doi:10.1016/j.palaeo.2021.110722.
- Saint-Martin J.P.** (1987)- Les formations récifale coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc. Aspects paléoécologiques et paléogéographiques. *Thèse Doctorat*, Université d'Aix-Marseille 1, 214 p.
- Saint-Martin J.P.** (1990)- Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, série C, 56: 1-366.
- Saint-Martin J.P., Chaix C. & Moissette P.** (1983)- Le Messinien récifal d'Oranie (Algérie): une mise au point. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, sér. 2, 297, pp. 545- 547.
- Saint Martin J.-P. & Rouchy J. M.** (1990)- Les plates-formes carbonatées messiniennes en Méditerranée occidentale : leur importance pour la reconstitution des variations du niveau marin du Miocène terminal. *Bulletin de la Société géologique de France* 8, 6 (1), pp. 83-94.
- Sakai T.** (1980)- Radiolarians from Sites 434, 435, and 436, Northwest Pacific, Leg 56, Deep Sea Drilling Project. In: Scientific Party, *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. U. S. Government Printing Office, pp. 695-733.
- Sandoval M.I.** (2017)- Miocene to recent radiolarians from Southern pacific coast of Costa Rica. *Revista Geologica de América Central*, 85, pp. 115-169.
- Sanfilippo A., Burckle L.H., Martini E. & Riedel W.R.** (1973)- Radiolarians, diatoms, silicoflagellates and calcareous nannofossils in the Mediterranean Neogene. *Micropaleontology*, 19, pp. 209-234.
- Sanfilippo A., Caulet J.P. & Riedel W.R.** (1978)- Radiolaria from Mediterranean sediments, DSDP Leg 42A. In: Hsu, K.J., Montadert, L., & al. (Eds.), *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, Volume 44. US Government Printing Office, Washing-ton, DC, pp. 753-760.
- Sanfilippo A. & Nigrini C.** (1995)- Radiolarian stratigraphy across the Oligocene/ Miocene transition. *Marine Micropaleontology*, 24 (3-4), pp. 239-285.

- Sanfilippo A. & Nigrini C.** (1998) Code numbers for Cenozoic low latitude radiolarian biostratigraphic zones and GPTS conversion tables. *Marine Micropaleontology*, 33, pp. 109-156.
- Sanfilippo A., Westberg-Smith M.J. & Riedel W.R.** (1985)- Cenozoic Radiolaria. In Bolli H.M., Saunders J.B. & Perch-Nielsen K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. University Cambridge Press, pp. 631-713.
- Sanfilippo A. & Riedel W.R.** (1975)- Late Tertiary radiolarians from Crete. *Proc. VI Congress Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy*, Bratislava, pp. 61-74.
- Schrader H.J.** (1975)- Correalion of the neostratotype of the Messinian With Pacific and India Ocean deep-sea drilling section based on marine planktonic diatoms. *6th RCMNS Congres.*, Bratislava, pp. 403-405.
- Seguenza G.** (1868)- La formation zancleanne, ou recherches sur une nouvelle formation tertiaire: *Bulletin de la Société géologique de France* (2), 25, pp. 465-486.
- Seguenza G.** (1880)- Le formazioni terziarie nella provincia di Reggio (Calabria). *Atti della Reale Accademia dei Lincei. Memoire di Classe di Scienze*, 6, pp. 1-446.
- Selli R.** (1952)- Il bacino del Metauro. *G. Geol.*, 24, pp. 1-268.
- Selli R.** (1960)- Il Messiniano Mayer-Eymar 1867, Proposta di un neostratotipo: *Giornale di Geologia*, 28, pp. 1-34.
- Selli R.** (1973)- An outline of the Italian Messinian. In: Drogger CW (Ed.) Messinian events in the Mediterranean. *North Holland Publications. Cie*, Amsterdam, pp 124-141.
- Sen Gupta B.K. & Machain-Castillo M.L.** (1993)- Benthic foraminifera in oxygen-poor habitats. *Marine Micropaleontology*, 20, pp. 183-201.
- Sgarrella F., Di Donato V. & Sprovieri R.** (2012)- Benthic foraminiferal assemblage turnover duringintensification of the Northern Hemisphere glaciation in the Piacenzian Punta Piccola section(Southern Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 333/334, pp. 59-74.
- Sharma V. & Singh S.** (1993)- Radiolarian biostratigraphy of early Pliocene sequence, Car Nicobar Island, Northeast Indian Ocean. *Journal of the Geological Society of India*, 41, pp. 199-213.
- Seirro J.F.** (1985)- The replacement of the "*Globorotalia menardii*" group by *Globorotalia miotumida* group: an aid to recognizing the Tortonian-Messinian boundary in the Mediterranean and adjacent Atlantic. *Marine Micropaleontology*, 9, pp. 525-535.
- Sierro F.J., Flores J.A., Civis J., Gonzalez Delgado J.A., & Frances G.** (1993)- Late Miocene globorotaliid event-stratigraphy and biogeography in the NE-Atlantic and Mediterranean. *Marine Micropaleontology*, 21, pp. 143-168.
- Sierro F.J., Flores J.A., Zamarreno I., Vázquez A., Utrilla F., Francés G., Hilgen F.J. & Krijgsman W.** (1999)- Messinian pre-evaporite sapropels and procession-induced oscillations in western Mediterranean climate. *Marine Geology*, 153, pp. 137-146.

- Singh A.D., Rai A.K., Tiwari M., Naidu P.D., Verma K., Chaturvedi M., Niyogi A. & Pandey D.** (2015)- Fluctuations of Mediterranean Outflow Water circulation in the Gulf of Cadiz during MIS 5 to 7: evidence from benthic foraminiferal assemblage and stable isotope records. *Global and Planetary Change*, 133, pp. 125-140.
- Spezzaferri S., Rüggeberg A., Stalder C. & Margreth S.** (2014)- Benthic foraminiferal assemblages from cold-water coral ecosystems. Cushman Foundation Special Publication, No. 44, 20-48.
- Spötl, C., Vennemann, T.W.,** 2003. Continuous-flow isotope ratio mass spectrometric analysis of carbonate minerals. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. doi: 10.1002/rcm.1010.
- Stöhr E.** (1880)- Die Radiolarienfauna der Tripoli von Grotte, Provinz Girgenti in Sicilien. *Palaeontographica*, 26 (3/2), pp. 71-124.
- Sturani C.** (1976)- Messinian facies in the piedmont basin. *Memoire delle Societa Geologica Italiana*, 16, pp. 11- 25.
- Su W., Wang Y., Cramer B.D., Munnecke A. & Li Z., Fu L.** (2008)- Preliminary estimation of palaeoproductivity via TOC and habitat types: which method is more reliable? A case study on the Ordovician/Silurian transitional black shales of the Upper Yangtze Platform, South China. *Journal of China University of Geosciences*, 19, pp. 534-548.
- Suc J.P., Comborien-Nebout N., Robert C., Poumot C., Turon J.L. & Irr F.** (1991)- Changements dans la sédimentation argileuse au Néogène supérieur en Méditerranée centrale : les tripoli messiniens de Capodarso (Sicile) et les laminites plio-pléistocène de crotonne (Calabre). *Palynosciences*, 1, pp. 89-111.
- Sugiyama K., Hori R.S., Kusunoki Y. & Matsuoka A.** (2008)- Pseudopodial features and feeding behavior of living nassellarians *Eucyrtidium hexagonatum* Haeckel, *Pterocorys zancleus* (Müller) and *Dictyocodon prometheus* Haeckel. *Paleontological Research*, 12, pp. 209-222.
- Sugiyama K., Nobuhara T. & Inoue K.** (1992)- Preliminary report on Pliocene radiolarians from the Nobori Formation, Tonohama Group, Shikoku, southwest Japan. *Journal of Earth and Planetary Sciences*, 39, pp. 1-30.
- Suzuki N., & Aita Y.** (2011)- Radiolaria: Achievements and unresolved issues: Taxonomy and cytology. *Plankton and Benthos Research*, 6 (2), pp. 69-91.
- Swanberg N.R.** (1979)- The ecology of colonial radiolarians: Their colony morphology, trophic interactions and associations, behavior, distribution, and the protosynthesis of their symbionts. *PhD. Thesis*, Massachusetts Institute of Technology and Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, 198 p.
- Swanberg N.R. & Anderson O.R.** (1981)- *Collozoum caudatum* sp. nov.: A giant colonial radiolarian from equatorial and Gulf Stream waters. *Deep-Sea Research Part, A* 28, pp. 1033–1047.
- Takahashi K.** (1981)- Vertical flux, ecology, and dissolution of radiolarians in tropical Oceans: Implications for the silica cycle. *PhD Thesis*, MIT-WHOI, Joint Program in Oceanography, 461 p.

- Takahashi K.** (1991)- Radiolaria: Flux, ecology, and Taxonomy in the Pacific and Atlantic. *Ocean and Biocoenosis Series, Wood Hole Oceanographic Institutions*, 3, pp. 1-303.
- Taucchio P. & Marks P.** (1973)- The Messinian deposits of the Chelif Basin near El Asnam, northern Algeria. In DROOGER C. W. (Eds): Messinian Events in the Mediterranean. *Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen, Geodynamics Scientific Report 7*, pp. 188-191.
- Thomas H.** (1985)- Géodynamique d'un bassin intra-montagneux. Le bassin du Bas Chélif occidental durant le Mio-Plio-Quaternaire. *Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Pau Pays de l'Adour*, 594 p.
- Thunell R.C., Williams D. F. & Belyea P.** (1984)- Anoxic events in the Mediterranean Sea in relation to the evolution of late Neogene climates. *Marine Geology*, 59, pp. 105-134.
- Tjalsma R.C.** (1971)- Stratigraphy and foraminifera of the Neogene of the Eastern Guadalquivir basin, S. Spain. *Utrecht Micropaleontological Bulletin* 5, 109 p.
- Tochilina S.V. & Vasilenko L.N.** (2018)- Atlas of Cenozoic radiolarians from the Northwest Pacific. *Vladivostok*, 126 p.
- Tribovillard N., Algeo T.J., Baudin F., Riboulleau A.** (2012)- Analysis of marine environmental conditions based on molybdenum-uranium covariation – Applications to Mesozoic paleoceanography. *Chemical Geology*, 324/325, pp. 46-58.
- Tribovillard N., Algeo T., Lyons T., Riboulleau A.** (2006)- Trace metals as palaeoredox and palaeoproductivity proxies: an update. *Chemical Geology*, 232, pp. 12-32.
- Turgeon S. & Brumsack H.J.** (2006)- Anoxic vs dysoxic events reflected in sediment geochemistry during the Cenomanian-Turonian Boundary Event (Cretaceous) in the Umbria-Marche basin of central Italy. *Chemical Geology*, 234, pp. 321-339.
- Van Couvering J.A., Castradori D., Cita M.B., Hilgen F.J. & Rio D.** (2000)- The base of the Zanclean stage and of the Pliocene series. *Episodes*, 23, pp. 179-186.
- Van der Zwaan G.J.** (1979)- Late Miocene changes in foraminiferal associations from Crete and Sicily. *Annales géologiques des Pays helléniques, hors série 3*, pp. 1313-1320.
- Van der Zwaan G.J.** (1982)- Paleoecology of Late Miocene Mediterranean foraminifera. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, 25, pp. 139-201.
- Van der Zwaan G. J. & Gudjonsson L.** (1986)- Middle Miocene-Pliocene stable isotope stratigraphy and paleoceanography of the Mediterranean. *Marine Micropaleontology*, 10, pp. 71-90.
- Van Morkhoven F.P., Berggren W.A., Edwards A.S. & Oertli H.J.** (1986)- Cenozoic cosmopolitan deep-water benthic foraminifera. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf Aquitaine*, 11, pp. 68-70.
- Vergara O.S., Marchant M.S.M. & Giglio S.** (2008)- Polycystina radiolaria (Protozoa: Nassellaria and Spumellaria) sedimented in the Center-South zone of Chile (36°- 43° S). *Gayana*, 72 (1), pp. 79-93.

- Vigour R. & Lazarus D.** (2002)- Biostratigraphy of late Miocene–early Pliocene radiolarians from ODP Leg 183 Site 1138. In Frey F.A., Coffin M.F., Wallace P.J. & Quilty P.G. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results*, 183, pp. 1-17.
- Violanti D., Dela Pierre F., Trenkwalder S., Lozar F., Clari P., Irace A. & D’Antri A.** (2011)- Biostratigraphic and palaeoenvironmental analyses of the Messinian/Zanclean boundary and Zanclean succession in the Moncucco quarry (Piedmont, northwestern Italy). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 182, pp. 149–162.
- Wang Y. & Yang Q.** (1992)- Neogene and Quaternary radiolarians from Leg125. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 125, pp. 95-112.
- Weaver F.M.** (1983)- Cenozoic radiolarians from the Southwest Atlantic, Falkland Plateau region, Deep Sea Drilling Project, Leg 71. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, Volume 71, Ludwig W. J., Krasheninnikov V.A. & al. (Eds.), Washington, D.C.: U. S. Government Printing Office, pp. 667-686.
- Weaver F.M., Casey R.E. & Perez A.M.** (1981)- Stratigraphic and paleoceanographic significance of early Pliocene to middle Miocene radiolarian assemblages from Northern to Baja California. The Monterey Formation and related siliceous rocks of California, Garrison, G. & Douglas, R.E. (Eds.), *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific Section*, Los Angeles, pp.71-86.
- Wernli R.** (1977)- Les Foraminifères planktoniques de la limite mio-pliocène dans les environs de Rabat (Maroc): *Eclogae Geologicae-Helvetiae*, 70, pp. 143-191.
- Wernli R.** (1988)- Micropaléontologie du Neogene post-nappe du Maroc septentrional et description systématique des Foraminifères planctoniques: *Notes et Mémoires Service Géologique du Maroc*, 331, pp. 1-270.
- Westberg M.J. & Riedel W.R.** (1978)- Accuracy of radiolarian correlations in the Pacific Miocene. *Micropaleontology*, 24, pp. 1-23.
- Wignall P.B. & Myers K.J.** (1988)- Interpreting the benthic oxygen levels in mudrocks: a new approach. *Geology*, 16, pp. 452–455.
- Wolfart R.** (1981)- Neogene radiolarians from the eastern north Pacific (off Alta and Baja California), Deep Sea Drilling Project, Leg 63. In Yeats, R. S., Haq, B. U. et al., *Initial Reports, the Deep Sea Drilling Project*, 63. U.S. Government Printing Office, pp. 473-506.
- Yelles-Chaouche A., Boudiaf A., Djellit H. & Bracène R.** (2006)- La tectonique active de la région nord algérienne. *Comptes rendus Géoscience*, 338, pp. 126-139.
- Young J.R., Bown P.R., Wade B.S., Pedder B.E., Huber B.T. & Lazarus D.B.** (2019)- Mikrotax: developing a genuinely effective platform for palaeontological geoinformatics. *Acta Geologica Sinica*, 93, pp. 70-72.
- Yu E., Liang C. & Chen M.** (1999)- Authigenic uranium in marine sediments of the Benghela Current upwelling region during the last glacial period. *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences*, 10, pp. 201-214.

Zachariasse W.J., Riedel W.R., Sanfilippo A., Schmidt R.R., Brolsma M.J., Schrader H.J., Gersonde R., Drooger M.M. & Broekman J.A. (1978)- Micropaleontological counting methods and techniques-an exercise on an eight meters section of the Lower Pliocene of Capo Rossello, Sicily. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, 17, 265 p.

Zapata J. & Olivares J. (2005)- Radiolaria (protozoa, actinopoda) sedimented from the Caldera port (27°04' S; 70°51' W), CHILE. *Gayana*, 69 (1), pp. 78-93.

Zhang L., Suzuki N., Nakamura Y. & Tuji A. (2018)- Modern shallow water radiolarians with photosynthetic microbiota in the western North Pacific. *Marine Micropaleontology*, 139, pp. 1-27.

Zhang L., Xiao D.S., Lu S.F., Jiang S. & Lu S.D. (2019)- Effect of sedimentary environment on the formation of organic-rich marine shale: Insights from major/trace elements and shale composition. *International Journal of Coal Geology*, 204, pp. 34-50.

Zhou L., Wignall P.B., Su J., Feng Q., Xie S., Zhao L. & Huang J. (2012)- U/Mo ratios and $\delta^{98/95}\text{Mo}$ as local and global redox proxies during mass extinction events. *Chemical Geology*, 324/325, pp. 99-197.

Liste des figures

Liste des figures

Figure 1:	Microscope Electronique à Balayage (Université de Jaèn, Espagne)	14
Figure 2:	Situation géographique du bassin du Bas Chéelif (d'après Perrodon, 1957)	16
Figure 3:	Localisation géographique des secteurs considérés	17
Figure 4:	Schéma structural du bassin du Bas Chéelif (d'après Arab & <i>al.</i> , 2015, modifié).	18
Figure 5:	Carte géologique du bassin du Bas Chéelif (d'après Meghraoui, 1982)	19
Figure 6:	Colonne lithostratigraphique type du Néogène du bassin du Bas Chéelif (d'après Arab & <i>al.</i> , 2015)	20
Figure 7:	Vue panoramique de la section de Oued Akrech (Maroc)	23
Figure 8:	Vue panoramique de la section de Oued Akrech montrant le stratotype de la limite Tortonien-Messinien à la base d'un lit rougeâtre du cycle OA-15 (d'après Hilgen & <i>al.</i> , 2000b)	24
Figure 9:	Vue panoramique de la section d'Eraclea Minoa, montrant la limite du Messinien/Zancéen (d'après Van Couvering & <i>al.</i> , 2000)	25
Figure 10:	Localisation de la section de Ouillis	27
Figure 11:	Vue panoramique de la section de Ouillis	28
Figure 12:	Succession lithostratigraphique dans la section de Ouillis	29
Figure 13:	Localisation de la section de Sidi Lakhdar	30
Figure 14:	Vue panoramique de la succession de Sidi Lakhdar	31
Figure 15:	Succession lithostratigraphique dans la section de Sidi Lakhdar	32
Figure 16:	Localisation de la section d'El Ghomri	33
Figure 17:	Vue panoramique de la succession d'El Ghomri	34
Figure 18:	Succession lithostratigraphique dans la section d'El Ghomri	35
Figure 19:	Range biostratigraphique dans les sections étudiées	36
Figure 20:	Illustration schématique de la cytologie des radiolaires polycystines (<i>In Renaudie, 2012</i>)	39
Figure 21:	Principaux caractères des coques de polycystines	40
Figure 22:	Distribution et fréquence spécifique des radiolaires dans la section de Ouillis	63
Figure 23:	Distribution et fréquence spécifique des radiolaires dans la section de Sidi Lakhdar	65
Figure 24:	Distribution et fréquence spécifique des radiolaires dans la section d'El Ghomri	66
Figure 25:	Excursion verticale des couples redox	81

Figure 26: Excursion verticale du COT) et des éléments géochimiques indicateurs de la paléoproduktivité	82
Figure 27: Excursion verticale des couples détritiques redox	83

Liste des planches

Liste des planches

Planche 1:	48
Planche 2:	55
Planche 3:	60
Planche 4:	74
Planche 5:	75

ملخص

إن التركيبة الدياتوميّة الميسينية لحوض شلف المنخفض (شمال غرب الجزائر) تشهد على المراحل الأولى من تقييد البحر الأبيض المتوسط عندما كانت الاتصالات بالمحيط الأطلسي محدودة. من هذا المنظور ، ومن خلال ثلاثة مقاطع جيولوجية (ويليس ، سيدي الأخضر والغمري) سمحت دراسة تفصيلية للمستحاثات الدقيقة و لأول مرة في الجزائر بالتعرف على 36 نوعاً و 22 جنساً من الشعاعيات (الراديلولاريا). يؤكد التوزيع الطبقي الحيوي لهذه الأنواع على العصر الميسيني (النطاق الاحاثي ستيكوكوريس بيريفرينة).

علاوة على ذلك ، يُظهر التحليل النوعي والكمي لتجمعات الشعاعيات تنوعاً محدداً وعمماً مهمّاً في الأعضاء الأولى للتركيبة الدياتوميّة. نحو الجزء العلوي من المقاطع الجيولوجية ، يرتبط انخفاض التنوع وغياب الكائنات الدقيقة السيليكية بتواجد الأكسجين بالوسط البحري الجديد. وهكذا ، في المقطع الجيولوجي لويليس ، يوضح التوزيع الرأسي للبوليسيستين مقارنة بتجمعات المنخربات والمعطبات الجيوكيميائية وجود مرحلة نقص الأكسجين على مستوى الأعضاء (1) و (2). من ناحية أخرى ، في المقاطع الجيولوجية لسيدي الأخضر والغمري ، تم تسجيل بعض التناقض للأكسجين في قاع البحر ، مع الانقطاعات التي تميزت بنوبات أكسدة على طول التركيبة الجيولوجية المدروسة.

الكلمات المفتاحية: حوض شلف المنخفض ، الشعاعيات ، المنخربات، الميسينيان ، علم المستحاثات الدقيقة ، الطبقي الاحاثي ، نقص الأكسجين

RESUME

La formation diatomitique messinienne du bassin du Bas Chélif (Algérie nord occidentale) constitue le témoignage des premiers stades de la restriction de la mer Méditerranée lorsque les connexions avec l'océan Atlantique sont limitées. Dans cette optique, et à partir du lever de trois sections (Ouillis, Sidi Lakhdar et El Ghomri), une étude micropaléontologique détaillée a permis pour la première fois en Algérie, l'identification de 36 espèces et 22 genres des radiolaires. La distribution biostratigraphique de ces espèces confirme l'âge messinien (Biozone à *Stichocorys peregrina*).

Par ailleurs, l'analyse qualitative et quantitative des assemblages de radiolaires montre une diversification spécifique et générique importante dans les premiers membres de la formation diatomitique. Vers le sommet des sections, la diminution de la diversité et l'absence de la microfaune siliceuse sont liées à une nouvelle oxygénation du milieu. Ainsi, dans la section de Ouillis, la répartition verticale de polycystines comparée avec les assemblages des foraminifères et les données géochimiques montre la présence d'une phase anoxique au niveau des membres (1) et (2). En revanche, dans les sections de Sidi Lakhdar et d'El Ghomri, on enregistre une dysoxie des fonds marins, avec des interruptions marquées par des épisodes oxiques le long de la formation étudiée.

Mots-clés: Bassin du Bas Chélif, Radiolaires, Foraminifères, Messinien, Micropaléontologie, Biostratigraphie, Anoxie

ABSTRACT

The Messinian diatomite formation of the Lower Chelif Basin (north-western Algeria) bears witness to the early stages of the restriction of the Mediterranean Sea when connections with the Atlantic Ocean were limited. In this perspective, and from the survey of three sections (Ouillis, Sidi Lakhdar and El Ghomri), a detailed micropalaeontological study has allowed for the first time in Algeria, the identification of 36 species and 22 genera of radiolarians. The biostratigraphic distribution of these species confirms the Messinian age (Biozone *Stichocorys peregrina*).

Furthermore, the qualitative and quantitative analysis of the radiolarian assemblages shows a significant specific and generic diversification in the first members of the diatomite formation. Towards the top of the sections, the decrease in diversity and the absence of the siliceous microfauna are linked to a new oxygenation of the environment. Thus, in the Ouillis section, the vertical distribution of polycystins compared with the foraminiferal assemblages and the geochemical data shows the presence of an anoxic phase at the level of members (1) and (2). In contrast, in the Sidi Lakhdar and El Ghomri sections, a dysoxia of the seabed is recorded, with interruptions marked by oxic episodes along the studied formation.

Key-words: Lower Chelif Basin, Radiolarians, Foraminifera, Messinian, Micropaleontology, Biostratigraphy, Anoxia