

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE D'ORAN
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

THESE
PRESENTEE POUR L'OBTENTION DU TITRE DE DOCTEUR
EN SCIENCES DE LA TERRE

PAR

HEBIB HAKIM

**LA LIMITE TORTONO-MESSINIENNE DANS LA MARGE NORD
DU BASSIN DU BAS CHELIF. PRECISIONS BIOSTRATIGRAPHIQUES
ET EVOLUTION DES ASSEMBLAGES DE FORAMINIFERES BENTHIQUES**

Devant le jury

BESSEDIK Mustepha	Professeur	université d'Oran	Président
BELKEBIR Lahcene	Professeur	université d'Oran	Rapporteur
MANSOUR Bouhameur	Professeur	université d'Oran	Examineur
KHARROUBI Benali	Maître de conférence A	université des Sciences et Technologies, Oran	Examineur
CONESA Gilles	Maître de conférence	université d'Aix-Marseille	Examineur
MEBROUK Fateh	Maître de conférence A	université de Djidjel	Examineur

2014

AVANT PROPOS

Au terme de ce modeste travail, j'aimerais remercier et exprimer ma gratitude à tous ceux qui ont contribué à son aboutissement.

Je suis particulièrement redevable à Monsieur le Professeur Belkebir Lahcene qui m'a proposé ce sujet et m'a suivi avec beaucoup de patience durant ces longues années. Je le remercie aussi pour ses conseils judicieux et sa grande tolérance. Il m'a accordé sa confiance et m'a laissé beaucoup de liberté et d'initiative. Son humilité, sa rigueur et sa minutie resteront pour moi une grande leçon de vie.

C'est avec un immense plaisir que je retrouve Monsieur le professeur Bessedik Mustefa qui me fait l'honneur de présider le jury. Sans lui et son travail de bâtisseur, je n'aurais peut-être jamais fait des études de post-graduation. N'est-il pas celui qui a monté le premier laboratoire de recherche en Paléontologie-Stratigraphie algérien? Pour ça et pour bien d'autres choses je tiens à lui témoigner ma profonde reconnaissance.

Monsieur le Professeur Mansour Bouhameur m'a formé depuis mon ingéniorat. Je n'oublierai pas mes premiers pas de chercheur novice sous sa direction. Je serai toujours son étudiant. Je le remercie infiniment pour avoir accepté d'examiner ce travail et l'assure de ma grande estime.

Mes remerciements les plus sincères vont à Monsieur Kharroubi Benali, Maître de conférences 'A', qui a accepté d'apporter son expertise. Je ne peux que lui être reconnaissant pour le temps qu'il m'accorde, l'intérêt qu'il donne à ce travail et de me faire bénéficier de son savoir.

Monsieur Fateh Mebrouk, Maître de conférence 'A' à l'université de Djidjel me fait l'honneur et le plaisir d'examiner mon travail. Je lui suis très reconnaissant et le remercie de se donner autant de mal. Venir de si loin pour examiner un si modeste travail.

Je remercie Monsieur Gilles Conesa, Maître de conférences à l'université d'Aix-Marseille, de m'avoir accueilli et accepté de m'initier à la biostatistique. Il a été pour moi un second encadrant. Durant mon séjour marseillais, grâce à lui, je n'ai manqué de rien. C'est pour moi l'occasion de lui dire un grand Merci et de lui témoigner toute mon estime et ma sympathie.

Ce travail a bénéficié de l'aide inestimable de Monsieur le Professeur Jean-Pierre Margerel. Il fait partie de ces rares grands spécialistes des foraminifères. Il m'a fait bénéficier de son grand savoir. Je tiens à témoigner de sa grande générosité et lui adresse mes vifs et sincères remerciements.

Je suis très redevable à Monsieur le Professeur Jean Borgomano que je remercie infiniment. Il m'a accueilli dans le laboratoire qu'il dirige et m'a considéré comme l'un de ses doctorants. Lors de mon séjour marseillais qui a duré 11 mois, j'ai bénéficié des infrastructures du laboratoire. Sans cette aide précieuse, je n'aurais certainement pas soutenu ma thèse.

Monsieur le Professeur Bensalah Mustapha, Doyen de la Faculté (SNV-STU) de Tlemcen, m'a accordé son soutien et m'a toujours encouragé. Il m'a généreusement offert l'hospitalité dans le laboratoire qu'il dirige. Ce qui m'a permis d'avoir un lieu de travail stable. Il est pour beaucoup dans l'aboutissement de cette thèse. Merci Cher Professeur, je n'oublierai jamais votre aide et je vous serai toujours redevable.

*La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions
biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques*

À la Mémoire de mon Père

SOMMAIRE

Avant Propos	2
Résumé	7
ABSTRACT	7
CHAPITRE 1 - GENERALITES	8
I - INTRODUCTION / PROBLEMATIQUE ET CADRE CONCEPTUEL	9
I.1 - Le passage tortono-messinien	9
I.2 - Les préludes à la crise de salinité messinienne (MSC)	11
II - HISTORIQUE	12
II - CADRE GEOLOGIQUE GENERAL	14
IV - BUT ET METHODE D'ETUDE	21
CHAPITRE 2 - CADRE STRATIGRAPHIQUE	23
I - INTRODUCTION	24
II - LITHOLOGIE	25
II.1 - Coupe de Oued Derdoussa	25
II.1.1 - La formation argilo-conglomératique	26
II.1.2 - La formation des marnes bleues	26
II.1.3 - La formation marno-diatomitique	26
II.1.4 - La formation marno-gypseuse	27
II.2 - Coupe de Djebel Meni	29
II.2.1 - La formation des marnes bleues	32
II.2.2 - La formation marno-diatomitique	32
II.2.3 - La formation marno-gypseuse	32
III- BIOSTRATIGRAPHIE	34
III.1 - Coupe de Oued Derdoussa	35
III.2 - Coupe de Djebel Meni	37
Chapitre 3 - SYSTEMATIQUE, TAPHONOMIE, (PALEO) ECOLOGIE	39
I - INTRODUCTION	40
II - TAPHONOMIE	42
III – SYSTEMATIQUE	43
III.1 - Sous-ordre : Haplophragmiina Wedekind, 1937	44

III. 2 - Sous-ordre : LAGENINA Delage & Herouard, 1896	45
III. 3 - Sous-ordre : MILIOLINA Delage & Herouard, 1896	50
III. 4 - Sous-ordre : ROTALIINA Delage & Herouard, 1896	51
III.5- Sous ordre TEXTULARIINA Delage & Herouard, 1886	95
IV – CONCLUSION	100
CHAPITRE 4 - ETUDE BIO-EVENEMENTIELLE	103
I - INTRODUCTION	104
II - COUPE DE OUED DERDOUSSA	104
III - COUPE DE DJEBEL MENI	108
IV - DISCUSSION	110
CHAPITRE 5 - ANALYSE DES DONNEES PALEONTOLOGIQUES	114
I - INTRODUCTION / CADRE THEORIQUE GENERAL	116
I.1 - Evaluation paléobathymétrique	121
I.2 - Evaluation de l'oxygénation des eaux	124
I.3 - Evaluation de la stabilité du milieu (indice Schanon-Waever; <i>H</i> et indice d'équitabilité; <i>E</i>)	128
II - COUPE DE OUED DERDOUSSA	130
II.1 - Evaluation de la paléobathymétrie	130
II.2 - Evaluation de l'oxygénation des eaux	132
II. 3 - Evaluation de la stabilité du milieu (Oued Derdoussa)	136
II.3.1 - Diversité spécifique (<i>H</i>) ou indice Shannon-Waever	136
II.3.2 - Indice d'équitabilité (<i>E</i>)	136
II.3.3 - Evolution Quantitative des espèces de foraminifères benthiques	136
III - COUPE DE DJEBEL MENI	138
III.1 - Evaluation de la paléobathymetrie	138
III.2 - Evaluation de l'oxygénation des eaux	142
III.3 - Evaluation de la stabilité du milieu (Djebel Meni)	146
III.3.1 - Diversité spécifique (<i>H</i>) ou indice Shannon-Waever	146
III.3.2 - Indice d'équitabilité (<i>E</i>)	146
III.3.3 - Evolution du nombre d'espèces de foraminifères benthiques	146
IV - ANALYSE STATISTIQUE	149
IV.1 - Généralités	149
IV.2 - L'analyse factorielle des correspondances (AFC)	149

IV.2 - L'analyse ascendante hiérarchique (AAH)	151
IV.2 - L'analyse factorielle des correspondances (Oued Derdoussa)	151
IV.3 - Analyse ascendante hiérarchique (Oued Derdoussa)	156
IV.4 - Implications paléoenvironnementales	165
IV.5 - Discussion et conclusion	168
IV. 6 - L'analyse factorielle des correspondances (Djebel Meni)	170
IV. 7 - ANALYSE ASCENDANTE HIERARCHIQUE DE LA COUPE DE DJEBEL MENI	173
IV.8 - Implications paléoenvironnementales	178
IV.9 - Discussion et conclusion	178
V – DISCUSSION GENERALE	180
VI - CONCLUSION GENERALE ET MODELE INTERPRETATIF	185
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	189
Liste alphabétique des foraminifères benthiques rencontrés dans les comptages des coupes étudiées.	215
LISTE DES FIGURES	219
LISTE DES TABLEAUX	221
ANNEXE	222
PLANCHES PHOTOS DU SECTEUR D'ETUDE	223
PLANCHES PHOTOS DE FORAMINIFERES BENTHIQUES	234
Tableau de comptage de Oued Derdoussa	267
Tableau de comptage de Djebel Meni	269

RESUME

Deux coupes géologiques (Oued Derdoussa et Djebel Meni), situées sur la marge nord du bassin du Bas Chélif, ont fait l'objet de cette étude.

A partir de 187 prélèvements traités, 197 espèces de foraminifères benthiques ont été inventoriées et dont les plus importantes décrites et illustrées.

Une succession identique de différents bio-événements a été identifiée dans les deux coupes, au passage tortono-messinien. Cette succession est corrélable à l'échelle méditerranéenne.

Les indices paléocéologiques montrent une évolution des conditions de dépôts, de la base au sommet des deux coupes, dans le sens d'une réduction bathymétrique et d'un appauvrissement en oxygène des masses d'eaux profondes.

L'analyse statistique a permis de caractériser différents biofaciès. Les changements dans les assemblages de foraminifères benthiques indiquent un gradient trophique et/ou oxygénique contrôlant la distribution de la microfaune. Ainsi, les étapes transitoires accompagnant un changement environnemental depuis des conditions marines ouvertes vers des conditions évaporitiques ont été identifiées.

Mots-clés : Bas Chélif, Oued Derdoussa, Djebel Meni, passage tortono-messinien, foraminifères benthiques, bio-événements, analyse statistique.

ABSTRACT

Two geological sections (Oued Derdoussa and Djebel Meni), located on the northern margin of the Bas Chélif basin, were the sample of this study.

From 187 treated taking away, 197 species of benthic Foraminifera were inventoried and of which most important described and illustrated.

A same succession of different bioevents has been determined within the two sections, at the tortono-messinian transition. This succession can be correlated at the Mediterranean scale.

The paleoecological evidences show an upward evolution of depositional conditions along the two sections, in the sense of a bathymetric reduction and an oxygen impoverishment of the deep water masses.

The statistical analysis permitted to characterize different biofacies. The changes in the benthic assemblies of Foraminifera indicate a trophic and/or oxygenic gradient controlling the distribution of the microfauna. Thus, the transitory stages accompanying an environmental change from open marine conditions to evaporitic conditions were identified.

Key words: Bas Chélif, Oued Derdoussa, Djebel Meni, tortonian-messinian passage, benthic Foraminifera, bioevents, statistical analysis.

CHAPITRE 1 - GENERALITES

I - INTRODUCTION / PROBLEMATIQUE ET CADRE CONCEPTUEL

I.1 – Le passage tortono-messinien

I.2 – Les préludes de la crise de salinité messinienne (MSC)

II - HISTORIQUE DES ETUDES

III - CADRE GEOLOGIQUE GENERAL

IV - BUT ET METHODE D'ETUDE

I - INTRODUCTION / PROBLEMATIQUE ET CADRE CONCEPTUEL

I.1 - Le passage tortono-messinien

L'intervalle de temps désigné par cet appellation est caractérisé par des bio-événements qui semblent être en relation directe avec les connexions océano-méditerranéennes (Fig.1). Ces bio-événements se manifestent, aussi bien, au sein de la microfaune planctonique calcaire, que benthique dans différents bassins du pourtour méditerranéen (Caruso, 1999; Dinares et *al.*, 1999; Bellanca et *al.*, 2001; Blanc-Valleron et *al.*, 2002; Rouchy et *al.*, 2003). En effet, la biodiversité des foraminifères planctoniques a connu à ce passage un important changement à l'instar de celle d'autres microorganismes calcaires (nannoplanton). Cette biodiversité a, par ailleurs, subi une réduction à partir de -7.1 Ma et de forts changements à -6.9 et -6 Ma (Kouwenhoven et *al.*, 1999).

Les bassins marginaux sont extrêmement sensibles aux variations environnementales et leur étude fournit des informations utiles pour une meilleure compréhension des événements tortono-messiniens de Méditerranée.

C'est le cas du Bas Chélif, considéré comme le plus important bassin intramontagneux de l'Algérie septentrionale (Perrodon, 1957) et qui présente les successions sédimentaires les plus complètes couvrant tout le Miocène supérieur. Ceci en fait l'un des lieux privilégiés pour une reconstitution des événements tortono-messiniens de Méditerranée.

Une comparaison entre les résultats de cette étude et ceux obtenus dans d'autres bassins marginaux de Méditerranée (Sicile, Italie du Nord, Chypre et Crête) sera effectuée.

Cette étude, propose d'établir le lien chronologique entre les changements environnementaux qui se sont produits au passage tortono-messinien dans le bassin du Bas Chélif. Cela, en combinant la paléontologie bioévènementielle et les connaissances modernes sur l'écologie des foraminifères dans une perspective régionale méditerranéenne.

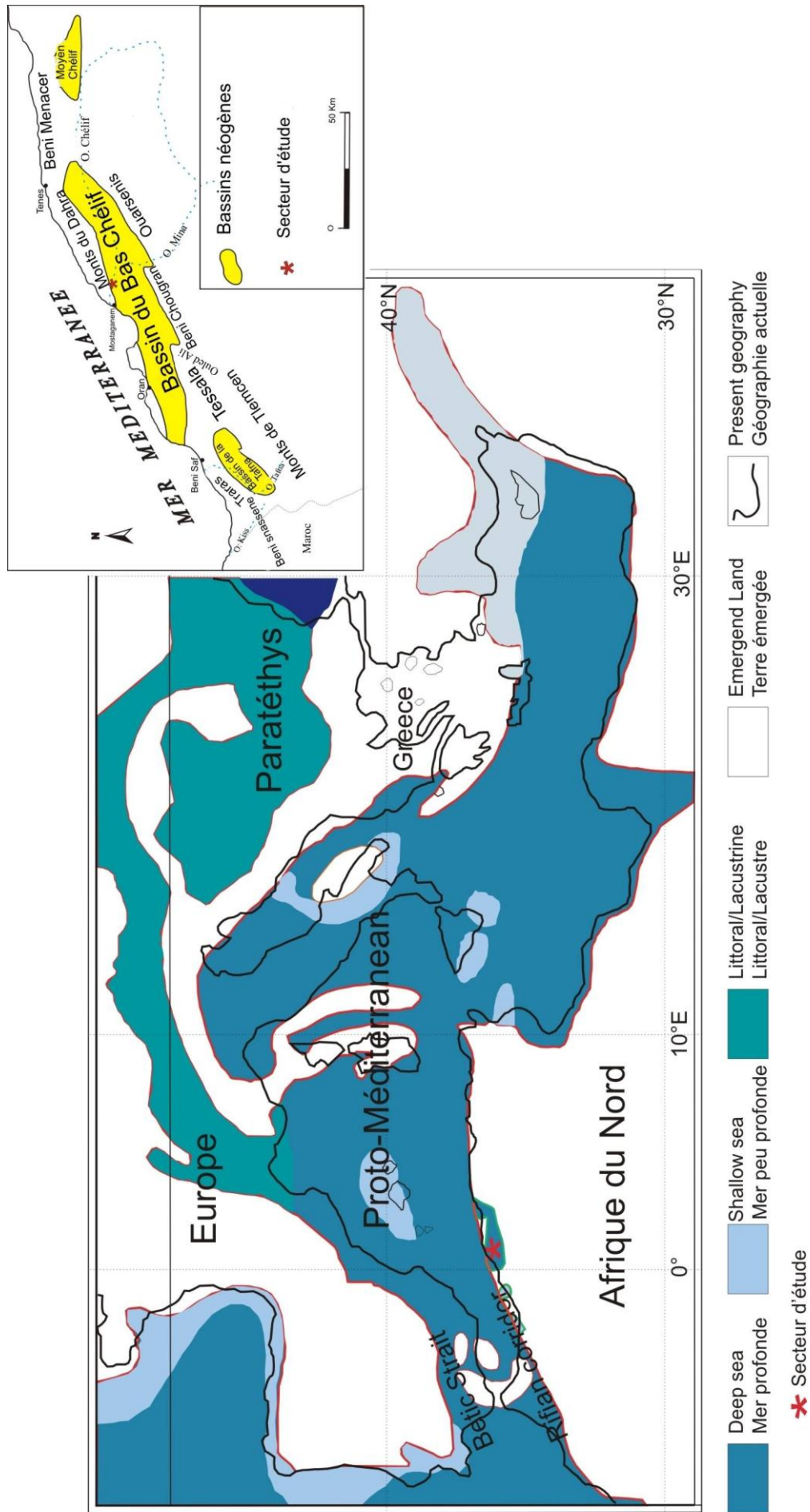


Fig. 1: Paléogéographie de la région méditerranéenne durant le Tortonien supérieur (Orszag Sperber et al., 1993, modifié*)
 * la modification porte sur la limite de la mer au Tortonien supérieur dans les bassins néogènes de l'Algérie nord occidentale.

I.2 - Les préludes à la crise de salinité messinienne (MSC)

L'analyse des assemblages de foraminifères peut contribuer à la caractérisation des changements paléo-océanographiques qui ont affecté la Méditerranée et qui ont ainsi conduit à la crise de salinité messinienne.

Les étapes transitoires de conditions marines ouvertes vers des conditions plus restreintes, évaporitiques, peuvent être identifiées dans le bassin du Bas Chélif. Ce dernier bassin marginal de moyenne profondeur (Aifa, 2003) possédait un système hydrologique très sensible aux variations environnementales.

Ainsi, pendant le Messinien, le bassin méditerranéen a été affecté par des changements paléo-océanographiques. Ces derniers sont matérialisés par des dépôts sédimentaires à variations cycliques. Ces changements périodiques ou brusques, sont liés aux échanges de masses d'eaux avec l'Océan Atlantique en relation avec des facteurs tectono-eustatiques (Kouwenhoven et *al.*, 2003), conditionnées par des facteurs astronomiques (Caruso, 1999).

Ces modifications sont enregistrées dans plusieurs bassins du pourtour méditerranéen. C'est le cas, par exemple, en Sicile, où s'est déposée une suite complexe de marnes marines, et de dépôts diatomitiques suivis de dépôts saumâtres (Cita et McKenzie, 1986; Rouchy et *al.*, 1998) *in* Bellanca et *al.* (2001).

Le dépôt de la majeure partie du Messinien inférieur comprend une formation diatomitique à intercalations marneuses. Elle est connue dans différents bassins du pourtour méditerranéen. Ces dépôts se sont réalisés dans des conditions marines presque normales et soumises aux variations cycliques du fréquence de productivité organique (Bellanca et *al.*, 2001; Mansour, 2004). Ils sont caractérisés par la répétition des triplets sédimentaires (marnes, marnes stratifiées et diatomites) et sont contrôlés par la précession astronomique (Hilgen et *al.*, 1995; Sierro et *al.*, 1999).

Dans l'intervalle de temps allant de -6 à -5.7 Ma, le bassin méditerranéen a éprouvé des changements environnementaux importants, bien enregistrés dans ses secteurs marginaux. Ces changements sont dus à l'interaction complexe des contraintes tectoniques, eustatiques et climatiques (Gauthier et *al.*, 1994; Hilgen et *al.*, 1995; Caruso et *al.*, 1997 *in* Bellanca et *al.*, 2001).

Mais, le changement principal correspond à la crise de salinité messinienne (MSC) durant laquelle les dépôts évaporitiques se sont répandus sur tout le pourtour méditerranéen (Hsü et *al.*, 1973a,b; 1978; Rouchy, 1982; Rouchy et Caruso, 2006).

Les travaux de ces dernières années (Hilgen et *al.*, 1995; Krijgsman et *al.*, 1999a, 1999b; Sierro et *al.*, 1997, 1999, 2001; Kouwenhoven et *al.*, 2003, 2006, Seidenkrantz et *al.*, 2000; Drinia et *al.*, 2007; Di Stephano et *al.*, 2010; Lozar et *al.*, 2010) ont apporté plusieurs éléments permettant de comprendre les mécanismes ayant conduit à cette crise paléoenvironnementale. Il est important de les vérifier au niveau des bassins néogènes de l'Algérie nord occidentale.

A cette fin, deux coupes géologiques ont été choisies sur la marge nord du bassin du Bas Chélif. L'analyse de leur contenu microfaunistique vise à reconstituer les variations paléoenvironnementales précédant la crise de salinité messinienne en Méditerranée occidentale.

II - HISTORIQUE

Les multiples études géologiques consacrées au bassin du Bas Chélif ont été suscitées par l'intérêt économique. Leur grande diversité rend difficile l'établissement d'une liste exhaustive.

En 1897, Pomel publie ses précieuses monographies sur les vertébrés. C'est à lui qu'on doit la subdivision du Miocène en Carténien, Helvétien et Sahélien (Thomas, 1985).

Gentil (1903) distingue deux formations miocènes qui seront la base, de la différenciation des deux cycles miocènes post-nappes (Thomas, 1985).

Les travaux cartographiques initiés par Doumerg et Ficheur (1908) ont été poursuivis par Dalloni (1915).

Les recherches paléontologiques sont illustrées par les nombreux et précieux travaux d'Arambourg dont une étude sur les poissons des formations à Tripoli (1927).

Les recherches et prospections pétrolières conduisent Anderson (1936) à réaliser une carte géologique du bassin du Chélif.

La monographie régionale de la SN. REPAL (1952) expose les premiers résultats stratigraphiques du bassin néogène du Chélif.

Les progrès de la micropaléontologie (Magné et Tempere, 1953 *in* Thomas, 1985) permettent d'entrevoir une résolution stratigraphique plus fine des séries miocènes.

En 1957, Perrodon réalise une synthèse remarquable sur les bassins néogènes de l'Algérie nord-occidentale. Son travail demeure à ce jour incontournable. C'est ce même auteur qui rangea le bassin du Chélif dans le type intramontagneux.

De nombreux chercheurs universitaires se sont intéressés aux bordures du bassin du Chélif. Parmi eux Mattauer (1958), Polveche (1960), Gourinard (1958) *in* Thomas (1985).

Le renouveau méthodologique que connaissent les sciences de la terre à l'instar du développement de l'analyse séquentielle relance les recherches (Delfaud et *al.*, 1973).

D'autres études plus académiques se soldent le plus souvent par des thèses de doctorat (Delteil, 1974; Fenet, 1975; Guardia, 1975).

Rouchy (1982) dans son importante thèse sur les dépôts évaporitiques du bassin du Chélif conclut à son confinement du bassin et à un abaissement du niveau marin qui aboutit à son isolement du domaine océanique à la fin du Messinien.

Thomas (1985) développe la notion de bassin intra-montagneux à travers l'analyse séquentielle des dépôts sédimentaires. Ceci lui a permis de proposer une esquisse de l'évolution géodynamique du bassin.

Les études paléontologiques et micropaléontologiques se renforcent avec une nouvelle vague de chercheurs. Ainsi, Belkebir (1986) réalise une étude biostratigraphique du Néogène de la bordure nord-occidentale du massif du Dahra sur la base des foraminifères. L'aspect paléoécologique et paléogéographique est aussi abordé.

Saint-Martin (1987) s'intéresse aux formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie dans un cadre plus général consacré au Maghreb nord-occidental. Il met en évidence l'importance du phénomène d'édification corallienne dans les bassins néogènes qui souligne les grands traits d'une paléogéographie en constante évolution.

Moissette (1988) présente un inventaire exhaustif des bryozoaires du Néogène de l'Oranie et développe le volet paléoécologique de ce groupe de microfossiles.

Mansour (1991) soutient une thèse de Magister sur les dépôts diatomitiques de la région de Sig et s'intéresse à la reconstitution paléoécologique de la mer Messinienne.

Le même auteur réalise, en 2004, une remarquable synthèse sur les conditions de dépôts des diatomées messiniennes du bassin du Bas Chélif.

Boukli-Hacene (2000) s'est intéressée à l'analyse des associations de foraminifères planctoniques et benthiques à la transition plate-forme/bassin du Messinien en Méditerranée occidentale.

Cette tendance aux études micropaléontologiques s'intensifie avec plusieurs travaux de l'université d'Oran, contribuant ainsi, à la compréhension biostratigraphique, paléoécologique et paléogéographique du Bas Chélif.

Ainsi, Mansouri (2000), contribue à l'étude biostratigraphique du Miocène supérieur du bassin du Chélif à partir de l'étude des nannofossiles calcaires.

D'autres jeunes chercheurs Atif (2001), Hebib (2002), Satour (2004, 2012); Belhadji (2006); Yacef (2008), Belkercha (2011) se spécialisent dans différents groupes de fossiles et enrichissent nos connaissances du Miocène supérieur du bassin du Bas Chélif et plus généralement des bassins néogènes de l'Algérie nord-occidentale.

II - CADRE GEOLOGIQUE GENERAL

Le bassin néogène du Bas Chélif occupe la partie médiane de la chaîne alpine d'Afrique du nord et constitue l'un des bassins marginaux du pourtour méditerranéen (Fig. 2). Il fait partie des bassins syn-orogéniques de l'Algérie nord occidentale et se présente comme une aire déprimée longue de 300 Km avec une largeur pouvant atteindre les 100 Km.

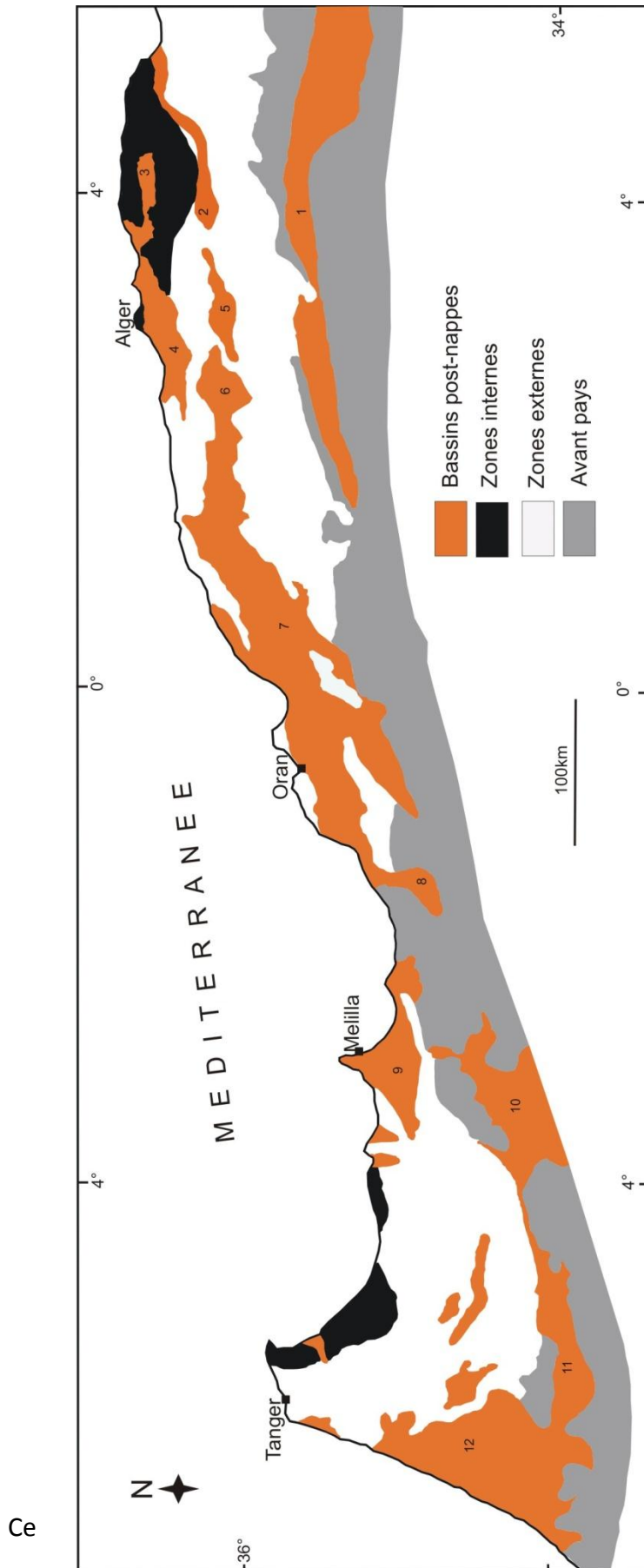


Fig. 2 : Situation des principaux bassins post-nappes par rapport aux structures de la chaîne alpine d'Afrique du Nord.
(in Thomas, 1985, simplifiée)

- 1: Bassin du Hodna; 2: Bassin de la Soumam; 3: Bassin de Tizi-Ouzou
- 4: Bassin de la Mitidja; 5: Bassin de Médéa; 6: Bassin du Moyen chélif
- 7: Bassin du Bas chélif; 8: Bassin de la Tafna; 9: Bassin de Mélilla;
- 10: Bassin de guercif ; 11: Bassin sud-rifain; 12: Bassin du Gharb.

bassin

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

intra-montagneux a pour limite sud les monts des Tessala, des Beni Chougrane, des Ouled Ali et le massif de l'Ouarsenis.

Au Nord, Le bassin est bordé par les massifs littoraux oranais, les monts du Dahra et les Beni Menaceur (Fig.3).

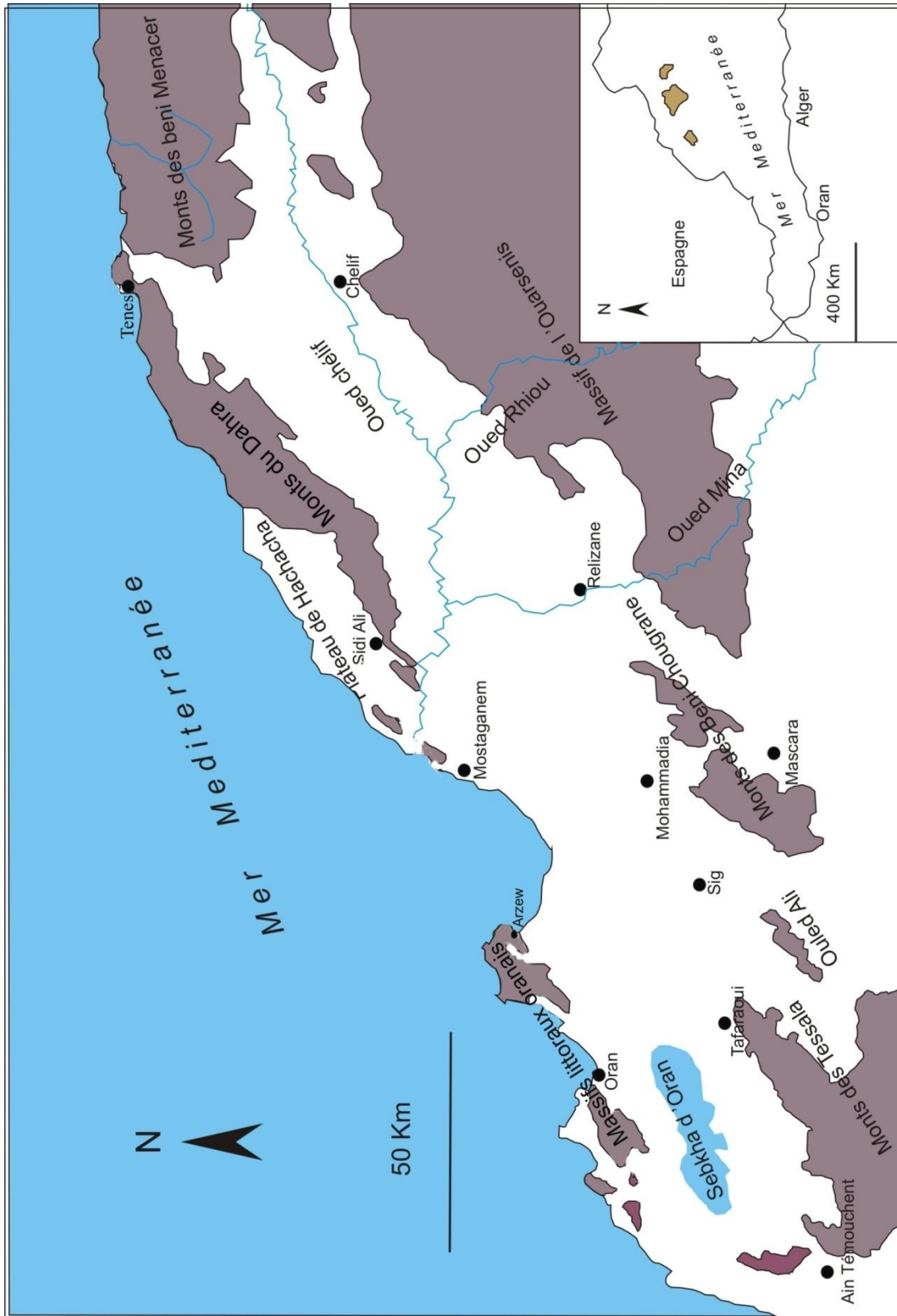


Fig.3: Situation du bassin néogène du Bas Chélif et ses limites géomorphologiques

Selon Perrodon (1957), son histoire est intimement liée aux phases paroxysmales alpines. C'est un bassin en compression d'âge Mio-Plio-Pleistocène à axe de direction générale E-W. C'est ainsi que vers -17 Ma survient une subsidence tardi-tectonique que suit une phase d'extension (-10 à -12 Ma) à l'origine des manifestations magmatiques (coulées andésitiques et intrusions doléritiques) à l'Est et au Nord du bassin. Ceci peut être mis en relation avec l'ouverture du bassin arrière-arc nord-algérien (Lepvrier et Magne 1975 *in* Aifa, 2003).

Meghraoui (1982) *in* Aifa (2003) résume l'évolution tectonique du bassin du Bas Chélif en 5 étapes principales :

- 1) l'ouverture du bassin du Bas Chélif suite à une phase distensive (Serravallien supérieur - Tortonien inférieur) de direction d'allongement NNW-SSE. Elle serait responsable de la mise en place de structures en horst et graben.
- 2) Entre le Tortonien supérieur et le Messinien une épaisse formation de marnes se dépose suite à une transgression marine. Cette phase est marquée par la formation de plis de direction E-W à WNW-ESE. Ainsi, au cours du Miocène supérieur, le bassin subit une modification profonde de son architecture.
- 3) Au Pliocène inférieur, une phase compressive provoque la formation de plis de direction N110. Les structures plissées du Messinien et du Tortonien supérieur s'en trouvent accentuées.
- 4) La région connaît au Pliocène supérieur un nouvel épisode compressif N-S qui engendre le plissement des dépôts continenfréquence selon une direction E-W.
- 5) Une troisième phase compressive, au Quaternaire, aboutit au rétrécissement N-S du bassin du Chélif.

Malgré une relative courte période de sédimentation estimée à environ 15/17 Ma, des dépôts sédimentaires avoisinant les 6000 mètres d'épaisseur ont été enregistrés, témoignant d'une importante subsidence (Thomas, 1985).

Cependant, cette accélération des phénomènes sédimentaires et tectoniques n'est pas toujours suivie d'un changement comparable des phénomènes biologiques (Gignoux, 1913 *in* Perrodon, 1957).

Perrodon (1957) distingue deux cycles sédimentaires dans le Bas Chéelif. Un premier Miocène et un second Pliocène. Le premier cycle correspond au Miocène inférieur (Burdigalien) et au Miocène supérieur (Vindobonien). L'auteur fait la différence entre un Miocène inférieur, continental constitué de «formations continentales rubéfiées, plus ou moins conglomératiques» reposant sur un substratum «anté-miocène» et, un Miocène inférieur marin daté du «Burdigalien supérieur» caractérisé par une sédimentation marneuse pauvre en microfaune.

Le Miocène supérieur est en grande partie marin. Il correspond à une succession assez régulière de grès, de marnes bleues, de calcaires à lithothamniées, de diatomites et de gypse. Les dépôts de diatomites et de gypse sont désignés par Perrodon (1957) par les termes 'de série des tripolis' et 'série des gypses'. Ce qui correspond sensiblement aux séries 'Beida stage' et 'Mellah' d'Anderson (1936), mais ces termes englobent aussi les faciès annexes et contemporains de ces formations. Ainsi, les dépôts de diatomites et de gypses qui s'étendent sur une grande partie du bassin présentent une certaine valeur stratigraphique.

Les différentes études menées pour établir un cadre stratigraphique du Néogène ont connu un essor considérable suite à l'utilisation de la microfaune planctonique (Magné et Tempere, 1953 *in* Thomas, 1985; Addadi et *al.*, 1968, Guardia, 1975; Mazzola, 1971; Delteil, 1974; Fenet, 1975) et des rongeurs (Ameur, 1979).

Ainsi, l'étude des associations microfaunistiques conjuguée aux techniques radiométriques (Bellon, 1976; Ameur, 1988) et aux méthodes lithostratigraphiques (Thomas, 1985; Neurdin-Trescartes, 1992) ont permis un découpage du Miocène du bassin du Bas Chéelif (Tableau1).

Belkebir et *al.* (1996) apportent plus de précision et proposent une subdivision du Miocène supérieur en 4 biozones à foraminifères planctoniques (Fig. 4).

CAIRE & MATTAUER (1953)	MAGNE & TEMPERE (1953)	PERRODON (1957)	DELFAUD & al. (1973)	DELTEIL (1974) FENET (1975) GUARDIA (1975)	DETHOMAS (1985)	BELKEBIR & al. (1996)
Miocène II	Miocène supérieur	Miocène supérieur	Mégaséquence 2 (post-nappe)	2ème cycle post-nappe	2ème cycle post-nappe M III	2ème cycle eustatique
	Miocène I	Miocène inférieur		Miocène inférieur	1er cycle post-nappe	
Miocène I		Miocène inférieur	Miocène inférieur	Mégaséquence 1 (post-nappe)	Miocène anté ou synchro-nappe	Cycle anté ou synchro-nappe M I

Tableau 1: Terminologie utilisée dans le découpage du Miocène du Bas Chélif (d'après Thomas, 1985, modifié).

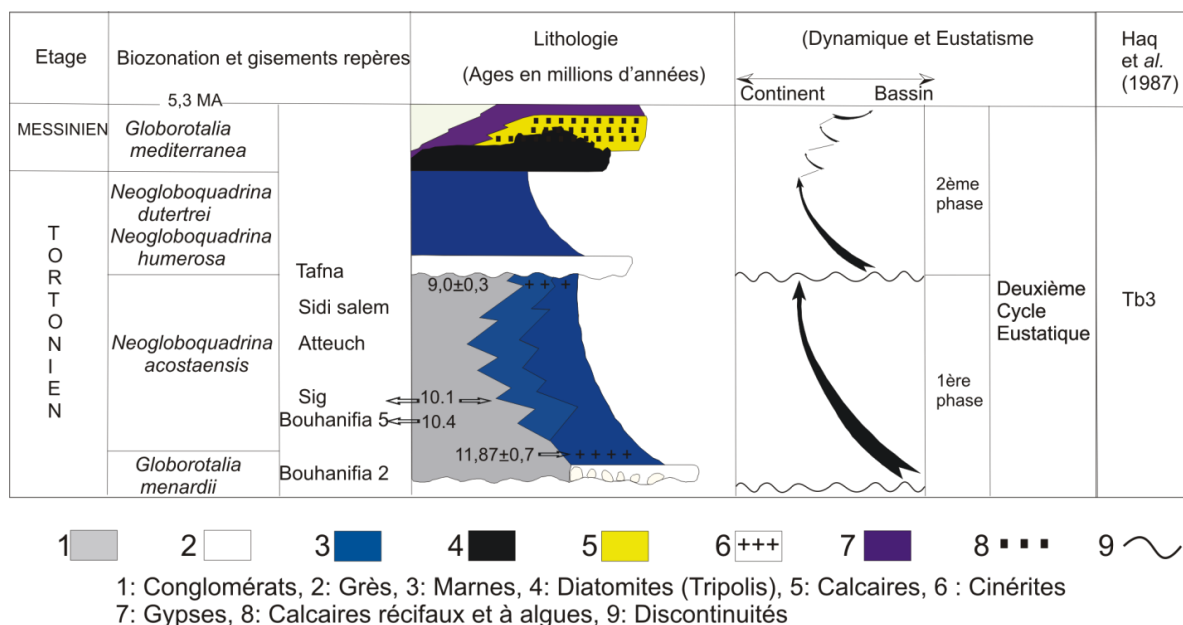


Fig. 4: Biozonation du Miocène supérieur dans le bassin du Bas Chélif et de la Tafna (Belkebir et al., 1996).

IV - BUT ET METHODE D'ETUDE

Ce travail a pour objectif une reconstitution de l'évolution des paléoenvironnements au passage Tortonien – Messinien de la marge nord du bassin du Bas Chélif.

Il se base sur une analyse qualitative, quantitative et bio-événementielle des associations de foraminifères benthiques. Ainsi, le lien entre ces changements microfaunistiques et les mécanismes de mise en place des conditions environnementales, ayant précédé la crise de salinité messinienne, seront discutés.

Cette étude s'est appuyée sur un travail de terrain et une analyse détaillée de la microfaune au laboratoire.

Ainsi, deux coupes (Oued Derdoussa et Djebel Meni) ont été levées. Un échantillonnage systématique a été effectué avec 300 à 500 gr de sédiment prélevé à chaque niveau.

Dans les marnes bleues, environ 50 cm sépare les prélèvements successifs alors que dans la formation marno-diatomitique, seuls les niveaux marneux ont été échantillonnés.

Le travail de laboratoire a consisté en :

- Un lavage des échantillons à travers des tamis adaptés (diamètre de la maille= 0,63 μ).
- Une analyse des associations de foraminifères benthiques et accessoirement planctoniques.

L'analyse quantitative des foraminifères benthiques a porté sur 300 individus par échantillon. Les données brutes ont été transformées en pourcentages. Les fréquences relatives des espèces les plus significatives ont été calculées et graphiquement représentées. Les espèces à affinité phylogénétique et signification environnementale semblables ont été groupées pour mieux interpréter les modèles de distribution.

A partir de ces données et afin de suivre l'évolution de ces différents assemblages, certains paramètres biocénétiques ont été calculés, il s'agit de :

- l'indice de diversité spécifique de Shannon-Waeber (H);
- l'indice d'équitabilité;
- la courbe d'évolution verticale du nombre d'espèces de foraminifères benthiques. Ces valeurs et paramètres ont été déterminés au moyen du programme 'PAST' (Paleontology Statistics) de Hammer et *al.* (2000);
- la fonction de régression exprimant le rapport entre le pourcentage de foraminifères planctoniques et l'évolution de la bathymétrie (Drinia et *al.*, 2007) a été appliquée afin de retracer les fluctuations paléobathymétriques du milieu. Son expression mathématique est la suivante: $\text{Depth (m)} = e^{3.58718+(0.03534*\%P)}$
- la fonction de transfert de l'oxygène de Kouwenhoven et Van der Zwaan (2006) a été appliquée à la microfaune benthique, pour reconstituer les teneurs en oxygène des eaux de fond, selon la formule :

$$[\text{mole/l de contenu d'oxygène}] = 7.9602 + 5.95 [\% \text{ de taxons oxyphiles}].$$

L'étude des foraminifères planctoniques a eu pour objectif principal la définition des marqueurs biostratigraphiques afin de fournir un cadre chronologique satisfaisant du Miocène supérieur en précisant la limite tortono-messinienne. Ils ont été utilisés, aussi, comme support à l'évaluation de la paléo-température des masses d'eaux superficielles.

L'identification taxonomique de la microfaune a nécessité de nombreux ouvrages spécialisés (Agip SPA, 1982; Van der Zwaan, 1982; Kennett et Srinivasan, 1983; Papp et Schmid, 1985; Belkebir, 1986; Van Marle, 1982; Baggley, 2000; Van Hinsbergen et *al.*, 2005; Griveau, 2007; Milker et Schmiedl, 2012).

Enfin, deux méthodes d'analyse statistique ont été appliquées pour tenter de définir, de manière objective, les associations paléobiologiques de foraminifères benthiques. Il s'agit de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) et l'analyse ascendante hiérarchique (AAH).

CHAPITRE 2 - CADRE STRATIGRAPHIQUE

I - INTRODUCTION

II - LITHOLOGIE

II.1 - COUPE DE OUED DERDOUSSA

II.1.1 - La formation argilo-conglomératique

II.1.2 - La formation des marnes bleues

II.1.3 - La formation marno-diatomitique

II.1.4 - La formation marno-gypseuse

II.2 - COUPE DE DJEBEL MENI

II.2.1 - La formation des marnes bleues

II.1.3 - La formation marno-diatomitique

II.1.4 - La formation marno-gypseuse

III - BIOSTRATIGRAPHIE

III.1 - COUPE DE OUED DERDOUSSA

III.2 - COUPE DE DJEBEL MENI

I - INTRODUCTION

Le secteur d'étude se situe sur la marge sud du Dahra occidentale où affleure une importante série sédimentaire du Miocène supérieur.

Les coupes ont été levées, respectivement, le long de Oued Derdoussa et à une dizaine de kilomètres au Sud, dans le Djebel Meni (Fig. 5).

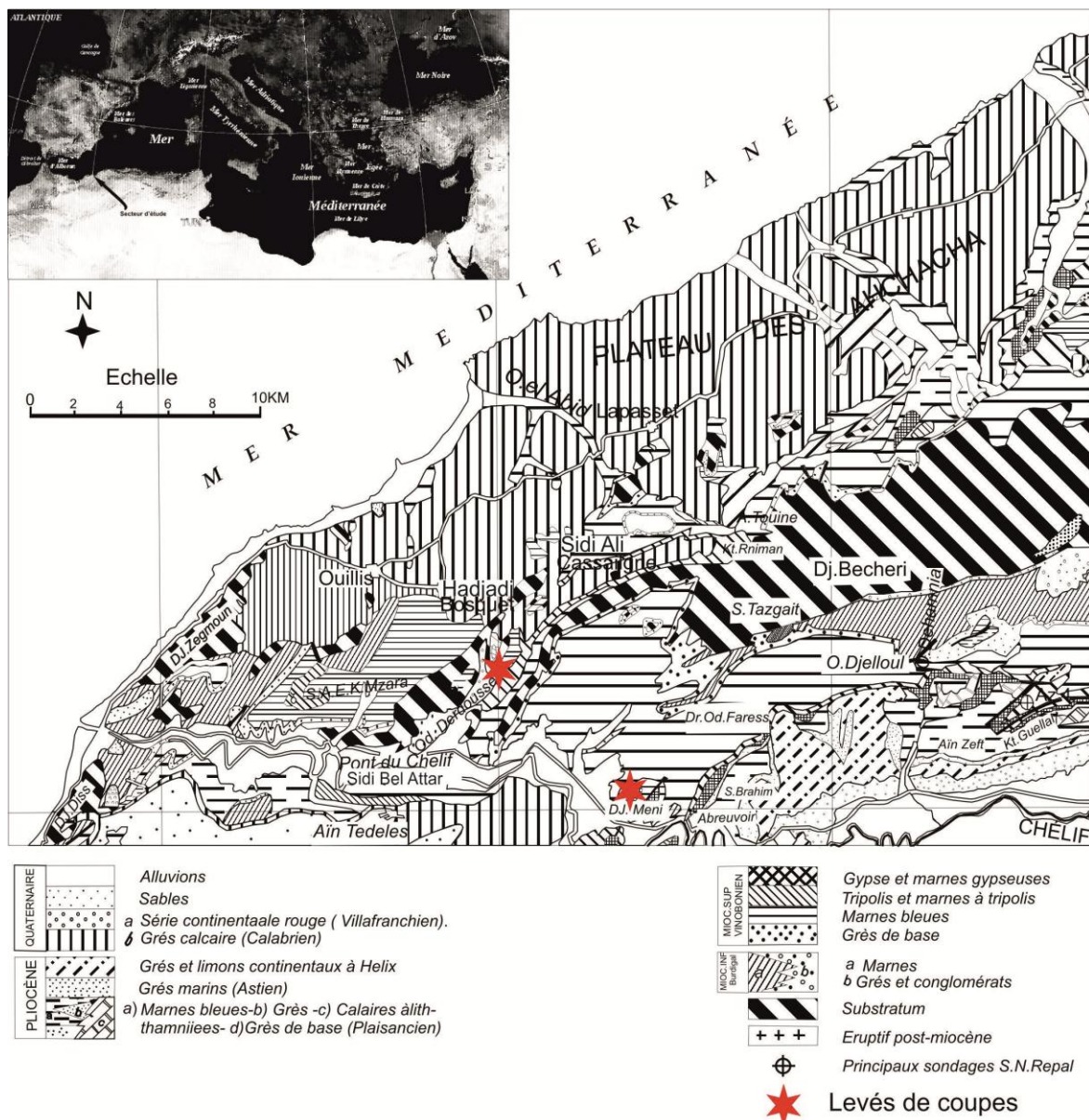


Fig. 5 : Carte Géologique de la bordure occidentale du Dahra (Perrodon, 1957, avec les noms actuels des lieux).

II - LITHOLOGIE

II.1 - Coupe de Oued Derdoussa

Cette coupe, décrite dans des travaux antérieurs sous le nom de 'coupe de Chaaba el Beida (Hebib, 1995), ou coupe de Douar Ouled Bettaher (Satour, 2004; Mansour, 2004; Satour et *al.*, 2011) a pour coordonnées géographiques (Fig. 6) :

- base de la coupe (N36°02'35.2"/ E000°20'41.4"),
- sommet de la coupe (N36°02'38.7"/ E000°20'48.3").

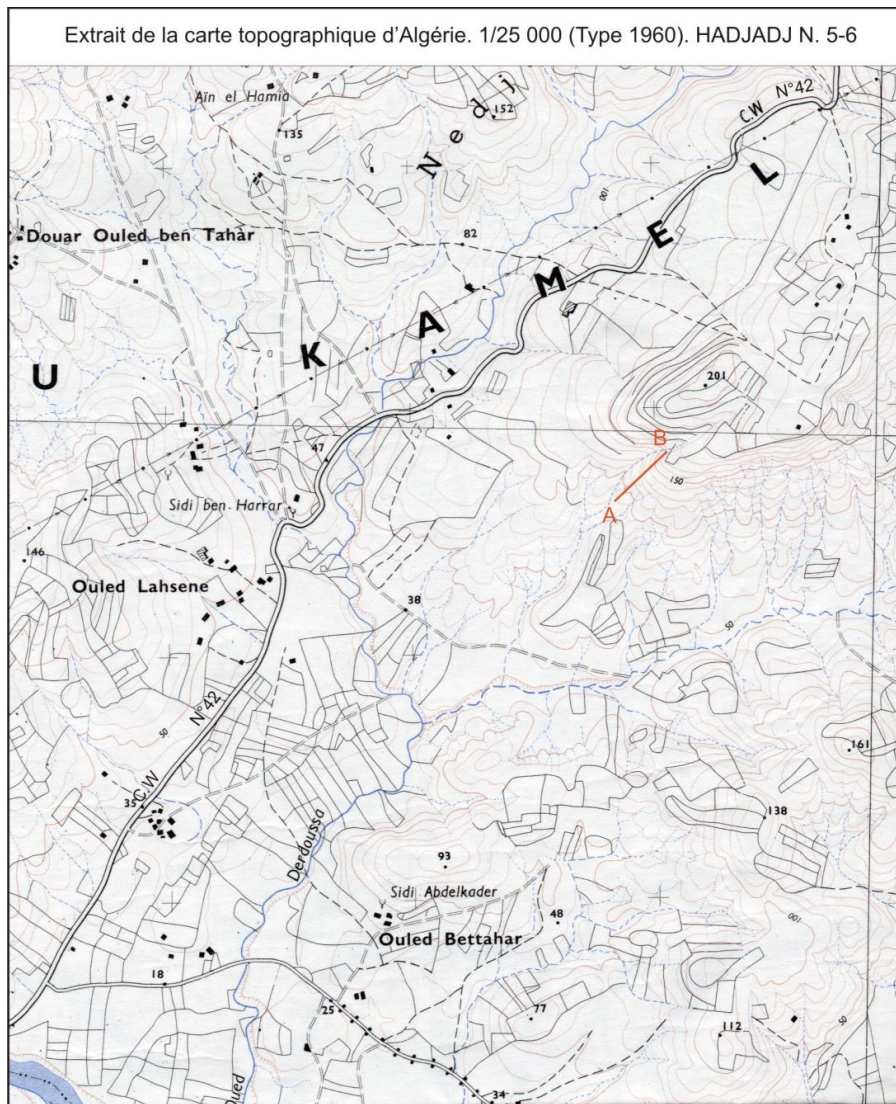


Fig. 6 : Localisation de la coupe de Oued Derdoussa

Elle est constituée de bas en haut de la succession lithologique suivante (Fig. 7) :

la formation argilo-conglomératique,

la formation des marnes bleues,

la formation marno-diatomitique,

la formation marno-gypseuse.

II.1.1 - La formation argilo-conglomératique

Elle est constituée d'argiles conglomératiques rouges d'environ 3 mètres d'épaisseur. Elle a été datée du Serravallien (Belkebir et *al.*, 2002) et repose en discordance sur un substratum de grés quartzeux (faciès numidien d'âge Oligocène - Aquitaniien selon Delteil, 1974).

II.1.2 - La formation des marnes bleues

Cette unité lithologique de 55 mètres d'épaisseur repose en discordance sur la précédente formation. Elle commence par des marnes conglomératiques de presque 4 mètres d'épaisseur. Ce niveau, passe à des marnes bleues sombres, plastiques, très riches en microfaune calcaire.

II.1.3 - La formation marno-diatomitique

Elle repose sur les marnes bleues avec une épaisseur de 45 mètres. Elle est constituée d'une alternance tantôt de marnes grises et de diatomites blanchâtres, tantôt de marnes grises et de marnes diatomitiques laminées.

Des différences lithologiques mineures permettent de la subdiviser en deux unités :

- une unité inférieure (ULI) constituée d'une alternance quasi monotone de bancs diatomitiques blanchâtres dont l'épaisseur dépasse souvent le mètre et des niveaux marneux d'aspect gris sombre du même ordre d'épaisseur.

- une unité supérieure (ULII) qui s'individualise de la précédente par l'aspect plus marneux des bancs diatomitiques et par une alternance formée d'un triplet de bancs marneux laminés, de marnes grises sombres et de marnes diatomitiques.

Vers le sommet, un banc marno-dolomitique gypseux (0.60 m), montrant des structures rubanées, forme une dalle aux bords sinueux et tranchants (Fig. 7).

L'observation détaillée de ce niveau permet de l'assimiler à une séquence de type sebkha.

En effet, sur une assise marneuse à nodules de gypse, ravinée au sommet, se dépose :

- un ensemble (0.20 m), laminé et ondulé, constitué d'une alternance de lits gypseux et d'argiles sableuses friables (voir photos en annexe).

- un niveau de dolomie vacuolaire à pseudomorphoses de gypse (0.10 à 0.15 m) (voir photos en annexe).

- une alternance de lamines (0.10 m) tantôt gypseuses, tantôt argilo-silteuses.

- un niveau marno-dolomitique rubané à géodes (0.2 m) au goût très salé révélant la présence de halite. Le microfaciès montre bien des rhomboèdres de dolomite, une bréchification des structures stromatolitiques et un fréquence important de grains de quartz.

Cet ensemble marno-dolomitique gypseux, est surmontée d'un niveau marneux (≈ 1 m), puis du dernier banc diatomitique de cette formation. C'est un dépôt latéralement tronqué (≈ 1 m) blanchâtre et bien feuilleté (voir photos en annexe).

II.1. 4 - La formation marno-gypseuse

Cette dernière repose en discordance sur la précédente. Elle est constituée d'une alternance marno-gypseuses d'une dizaine de mètres où s'intercale par endroits, un calcaire vacuolaire à pseudomorphoses de gypse (Fig. 7).

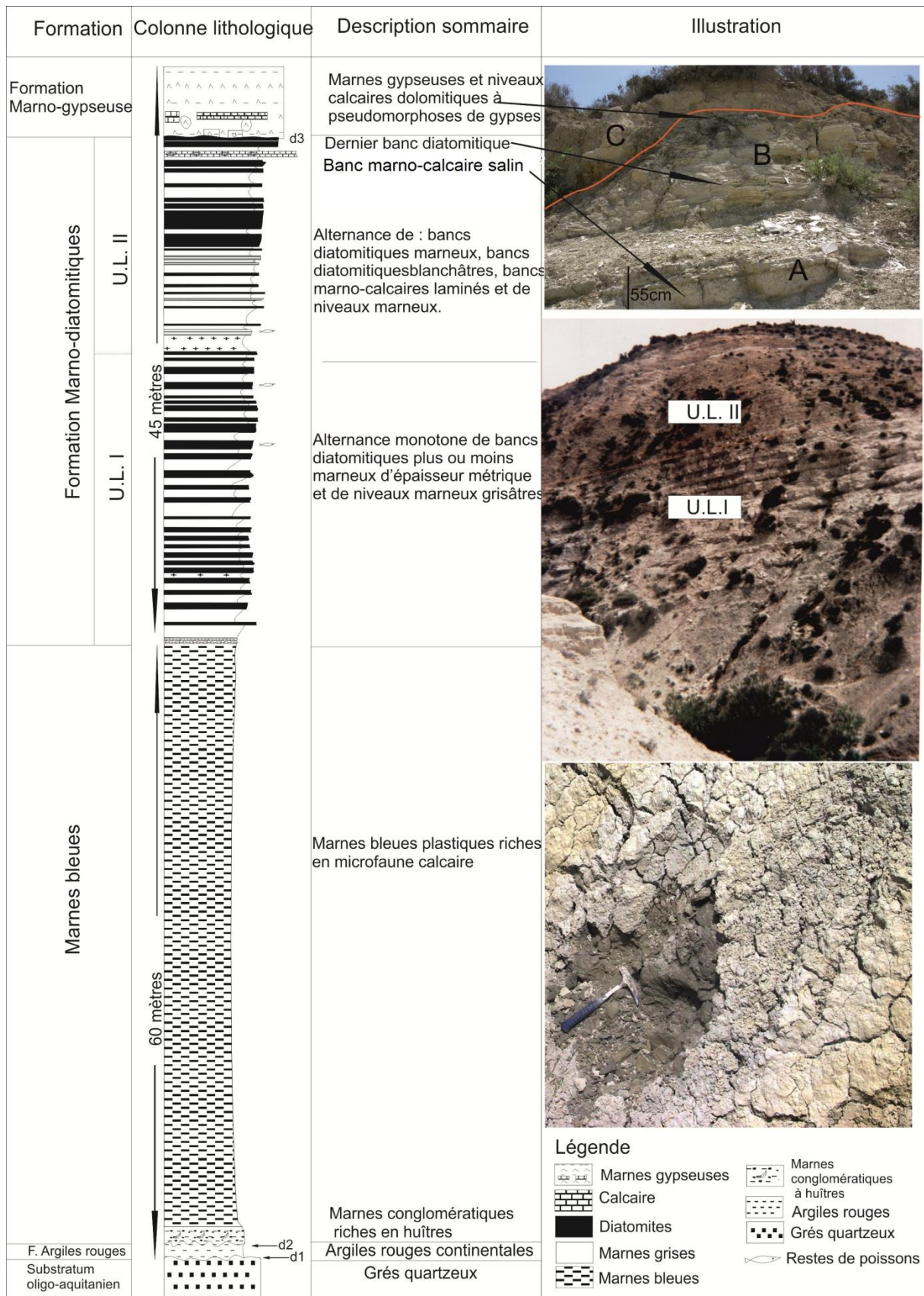


Fig. 7 : Colonne lithologique de Oued Derdoussa (d1, d2 et d3 = discordance)

II.2 - COUPE DE DJEBEL MENI

Cette coupe est située sur le flanc sud-ouest d'une structure anticlinale plus connue sous le nom de «l'anticlinal de l'abreuvoir» (SN REPAL, 1952; Neurdin-Trescart, 1992; Rouchy et *al.*, 2007) (Fig. 8).

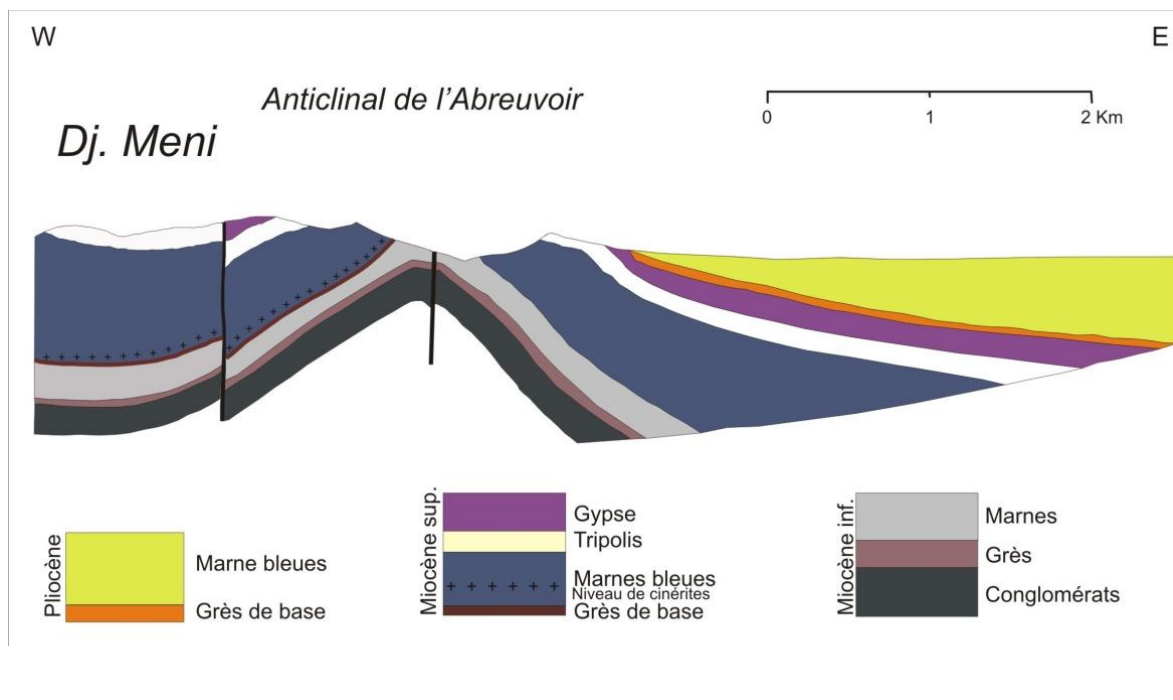


Fig. 8 : Coupe de la cluse du Chélif (Djebel Meni) in Perrodon, 1957, simplifiée

Des travaux récents ont repris cette coupe (Belkebir et *al.*, 2008). Leurs conclusions ont apporté de nouvelles précisions biostratigraphiques modifiant sensiblement les datations anciennes (Fig. 9).

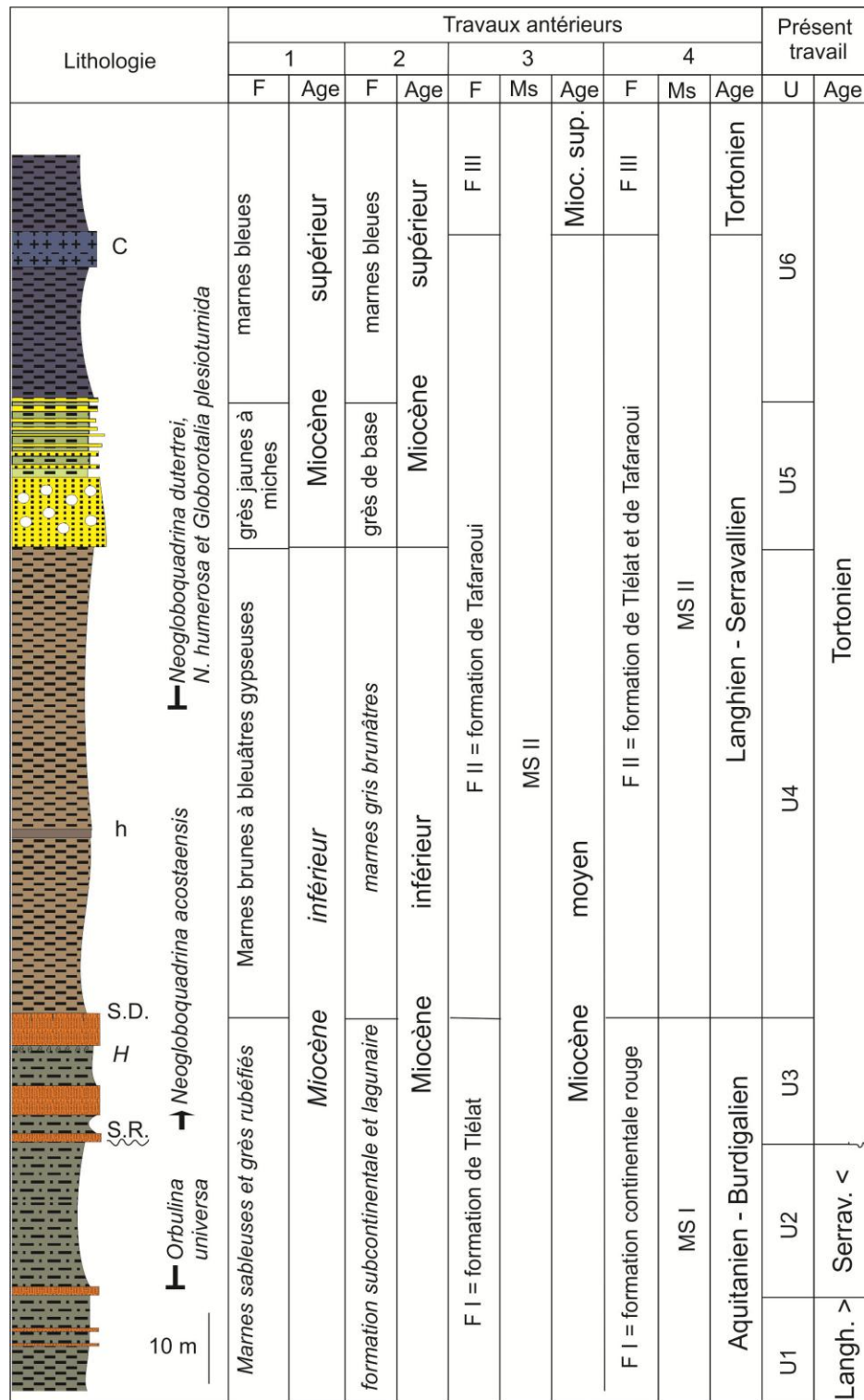


Fig. 9 : Coupe de Djebel Meni, bassin du Chélif (Algérie), Correlation avec les travaux antérieurs. Abréviations: C, cinérites; F, formations; h, horizon marno-calcaire; H, niveau à huîtres; MS, mégaséquences; S.D., surface durcie; S.R., surface de ravinement (Belkebir et al., 2008).

Cette étude concerne, la partie supérieure de la formation des marnes bleues (30 mètres d'épaisseur) et la formation marno-diatomitique qui lui succède. La coupe levée commence juste au dessus du niveau cinéritique (C) (Fig. 9). Elle a pour coordonnées Géographiques (Fig. 10) :

- base de la coupe (N35°59'56.9"/E000°26'40.1"),
- sommet de la coupe (N35°59'29.3"/E000°26'30.4").



Fig. 10 : Localisation de la coupe de Djebel Meni

II.2.1 – La formation des marnes bleues

Cette unité lithologique a une épaisseur qui dépasse les 80 mètres. Elle est constituée principalement de marnes bleues plastiques très homogènes et riches en microfaune calcaire. Le niveau cinéritique (C) de 6 mètres d'épaisseur qui s'intercale en son sein, constitue la base de la coupe étudiée (Fig. 11).

II.2.2 – La formation marno-diatomitique

Cette formation est plus épaisse dans le Djebel Meni qu'elle ne l'est dans Oued Derdoussa, avec une épaisseur avoisinant les 65 mètres.

Sur la base de certaines différences lithologiques, elle a été subdivisée en trois unités:

- L'unité lithologique inférieure, à la base, notée (ULI), se distingue par des bancs calcaires peu épais (de 0.2 à 0.3 m) alternant avec des niveaux marneux plus ou moins tendres (0.5 m d'épaisseur) et de bancs diatomitiques blanchâtres de 0.4 à 0.5 m d'épaisseur.
- L'unité lithologique médiane (ULII) est constituée d'une alternance de bancs diatomitiques et de niveaux marneux plus ou moins tendres dont l'épaisseur avoisine le mètre. Sa partie supérieure est marquée par la présence de 'slumps'.
- L'unité lithologique supérieure (ULIII) montre une alternance marno-diatomitique déformée avec des slumps lui conférant un aspect chaotique et rendant difficile l'échantillonnage. Les derniers niveaux marneux, plus ou moins indurés, se sont révélés stériles en microfaune benthique. Certains niveaux, très gypseux, ne contiennent aucune microfaune calcaire.

II.2.3 – La formation marno-gypseuse

Elle succède à la formation marno-diatomitique avec une épaisseur maximale de 40 mètres. Les gypses sont soit en blocs enrobés dans les marnes ou en bancs massifs légèrement sinueux.

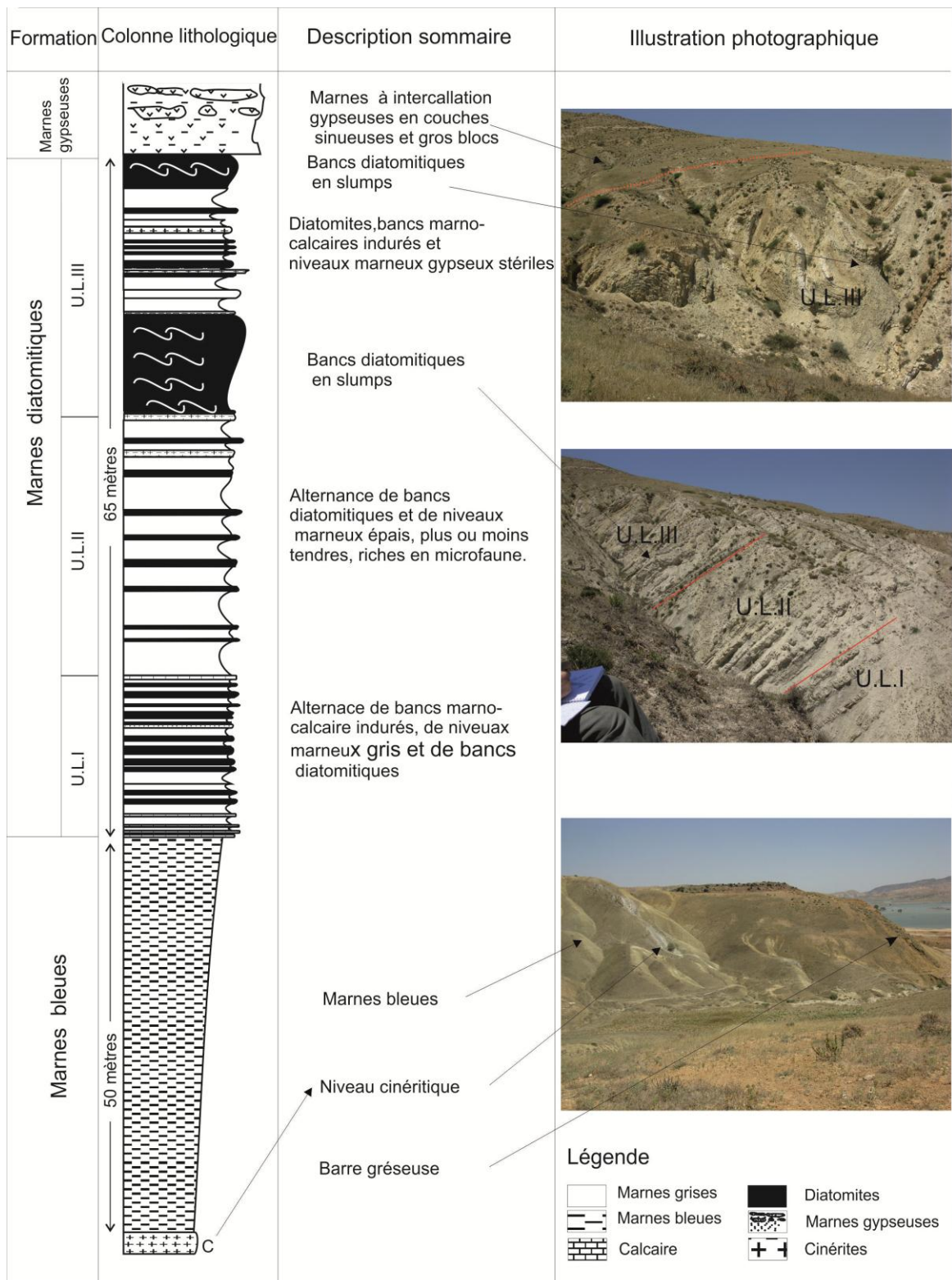


Fig. 11 : Colonne lithologique des formations étudiées sur le flanc Sud-Est de Djebel Meni

III- BIOSTRATIGRAPHIE

Dans les bassins néogènes du pourtour méditerranéen, les études biostratigraphiques consacrées au Miocène supérieur ont abouti à l'établissement d'un cadre chronologique basé sur la microfaune calcaire. Cependant il n'en a pas toujours été ainsi. L'étage Messinien, par exemple, regroupé avec le Tortonien sous le nom de Miocène terminal (S.N. REPAL, 1952; Perrodon, 1957) est resté longtemps mal déterminé.

Les échelles biostratigraphiques établies grâce aux foraminifères planctoniques en domaine océanique et tropical ont servi de base aux biozonations méditerranéennes (Hamdane, 2004).

Même si tous les auteurs admettent que le néostratotype du Messinien débute à la base de la N17 de Blow (1969), le marqueur devant caractériser la limite inférieure de l'étage est resté controversé.

Ainsi, pour Mazzola (1971), Bizon et Bizon (1972); Bizon et Muller (1977), *Globorotalia tumida plesiotumida* marque la limite inférieure du Messinien. Pour Vergnaud-Grazzini (1980) in Hamdane (2004), c'est la première apparition de *Globorotalia mediterranea-Globorotalia conomiozea* qui marque la limite inférieure du Messinien.

Zachariasse (1975) considère l'espèce *Globorotalia conomiozea* comme étant le marqueur de la limite inférieure du Messinien et se voit approuvé sur ce point par Langereis et *al.* (1984).

Le Tortonien supérieur est caractérisé chez Bizon (1979) par l'apparition de *Neogloboquadrina humerosa* et *Neogloboquadrina dutertrei* alors que Iaccarino et Salvatorini (1982) le caractérisent par l'association de *Globigerinoides obliquus extremus*, *Globigerinoides bulloideus* et *Globorotalia suterae*.

Pour Iaccarino (1985); Berggren et *al.* (1985) in Hamdan (2004), la limite Tortonien-Messinien coïncide avec l'apparition de *Globorotalia conomiozea* / *Globorotalia mediterranea* et correspond à la zone N17 de Blow (1969).

Krijgsman et *al.*, (1994) in Seidenkrantz et *al.* (2000), considèrent que la limite Tortonien-Messinien est habituellement identifiée à la première occurrence régulière (FRO) du groupe de foraminifères planctoniques *Globorotalia conomiozea*.

La datation magnéto-stratigraphique de Hilgen et *al.* (1995) place cette limite à -7.24 Ma.

Ces dernières années, au niveau du bassin méditerranéen, les études biostratigraphiques (Sierro et *al.*, 1993; Hilgen et *al.*, 2000; Benson et Rakic-El Bied, 1996 in Dayja et *al.*, 2005) ont permis de mettre en évidence des événements micropaléontologiques caractérisant le passage tortono-messinien, notamment :

- la dernière présence de *Catapsydrax parvulus* [Last Occurrence (LO)];
- le changement d'enroulement senestre/dextre de *Globorotalia scitula* et de *Neogloboquadrina acostaensis*;
- la première présence régulière du groupe des *Globorotalia miotumida* [First Regular Occurrence (FRO)];
- l'apparition et la dernière présence de *Globorotalia nicolae* [First Occurrence (FO) et LO].

En Algérie nord-occidentale, les marqueurs planctoniques de la base du Messinien sont présents à la base de la formation marno-diatomitique. Il s'agit de l'association à *G. conomiozea* / *Globorotalia mediterranea* (Rouchy, 1982; Thomas, 1985; Belkebir, 1986; Moissette, 1988; Saint-Martin et *al.* 1992). Cependant, les études biostratigraphiques restent insuffisantes et ont besoin d'être actualisées à la lumière des nouvelles découvertes à l'échelle méditerranéenne.

Dans ce travail, où l'accent est mis sur l'étude des foraminifères benthiques, l'établissement d'un cadre biostratigraphique 'classique' adéquat et suffisant a été réalisé.

III.1 - Coupe de Oued Derdoussa

La tranche étudiée comporte la partie supérieure des marnes bleues et toute la formation marno-diatomitique. Le premier prélèvement (Od1) a révélé la présence de *Neogloboquadrina dutertrei* et *Neogloboquadrina humerosa* (Fig. 12). Cette association marque le Tortonien supérieur (Belkebir et *al.*, 1996) correspondant à la zone N16 de Blow (1969).

A environ 8 m au dessous du premier banc diatomitique (Od13), apparaît le marqueur *Globorotalia mediterranea* / *Globorotalia conomiozea* (Fig. 12).

Cette apparition indique la base du Messinien (Belkebir et *al.* 1996) et correspond à la biozone N17 de Blow (1969).

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostratigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

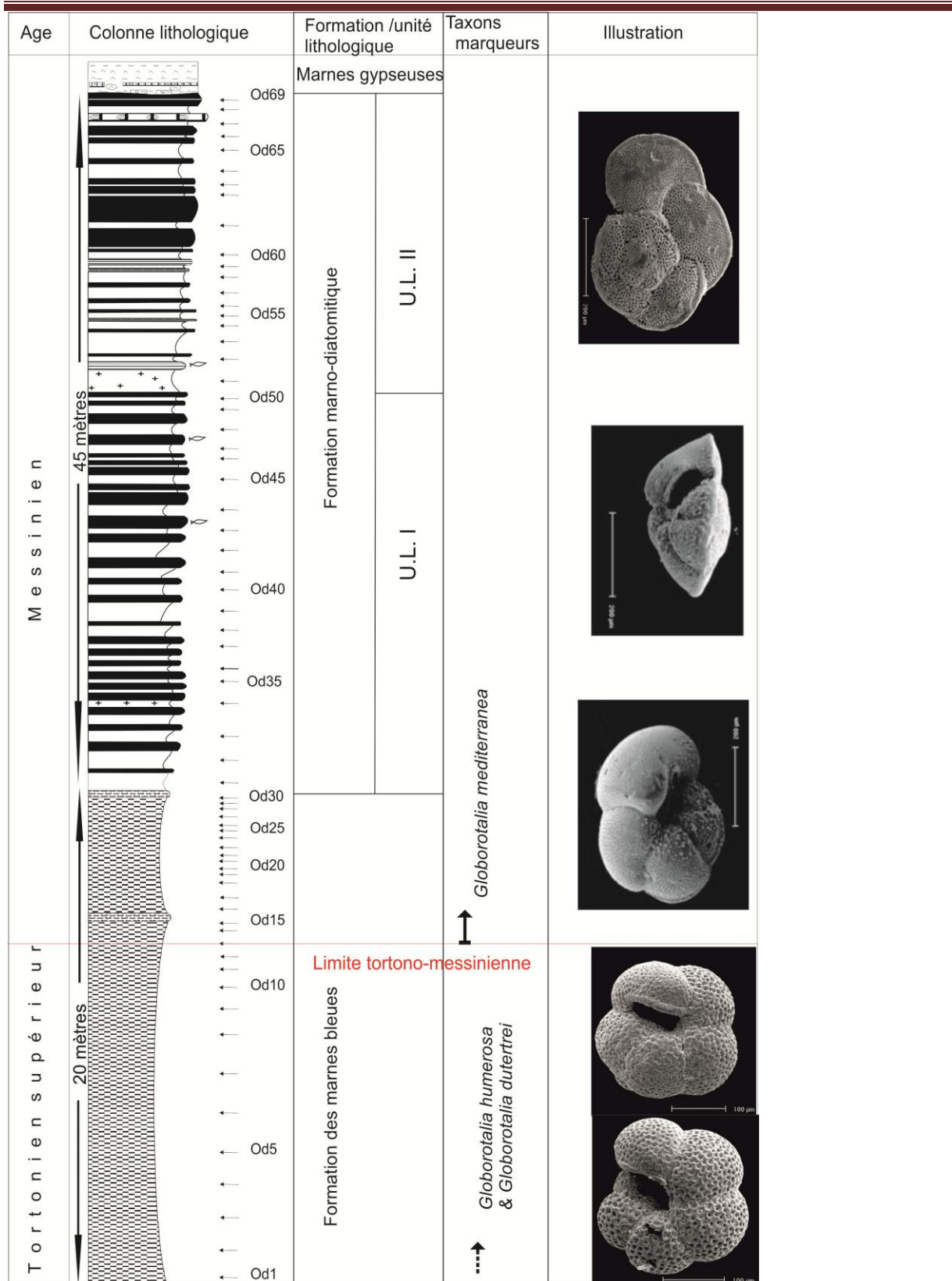


Fig. 12 : Attribution biostratigraphique de la coupe de Oued Derdoussa.

III.2 - Coupe de Djebel Meni

Le premier échantillon de cette coupe (Dm1) renferme *Neogloboquadrina dutertrei* et *Neogloboquadrina humerosa*. Ceci permet d'attribuer un âge Tortonien supérieur à la partie sommitale des marnes bleues (Belkebir et al. 1996)

L'apparition de l'espèce *Globorotalia mediterranea*, au niveau de l'échantillon (Dm15), à environ 12 m du premier banc marno-calcaire, marque la base de la biozone à *Globorotalia mediterranea* (Belkebir et al., 1996), équivalente de la biozone N17 de Blow (1969). Ceci permet d'attribuer un âge messinien à ces dépôts (Fig. 13).

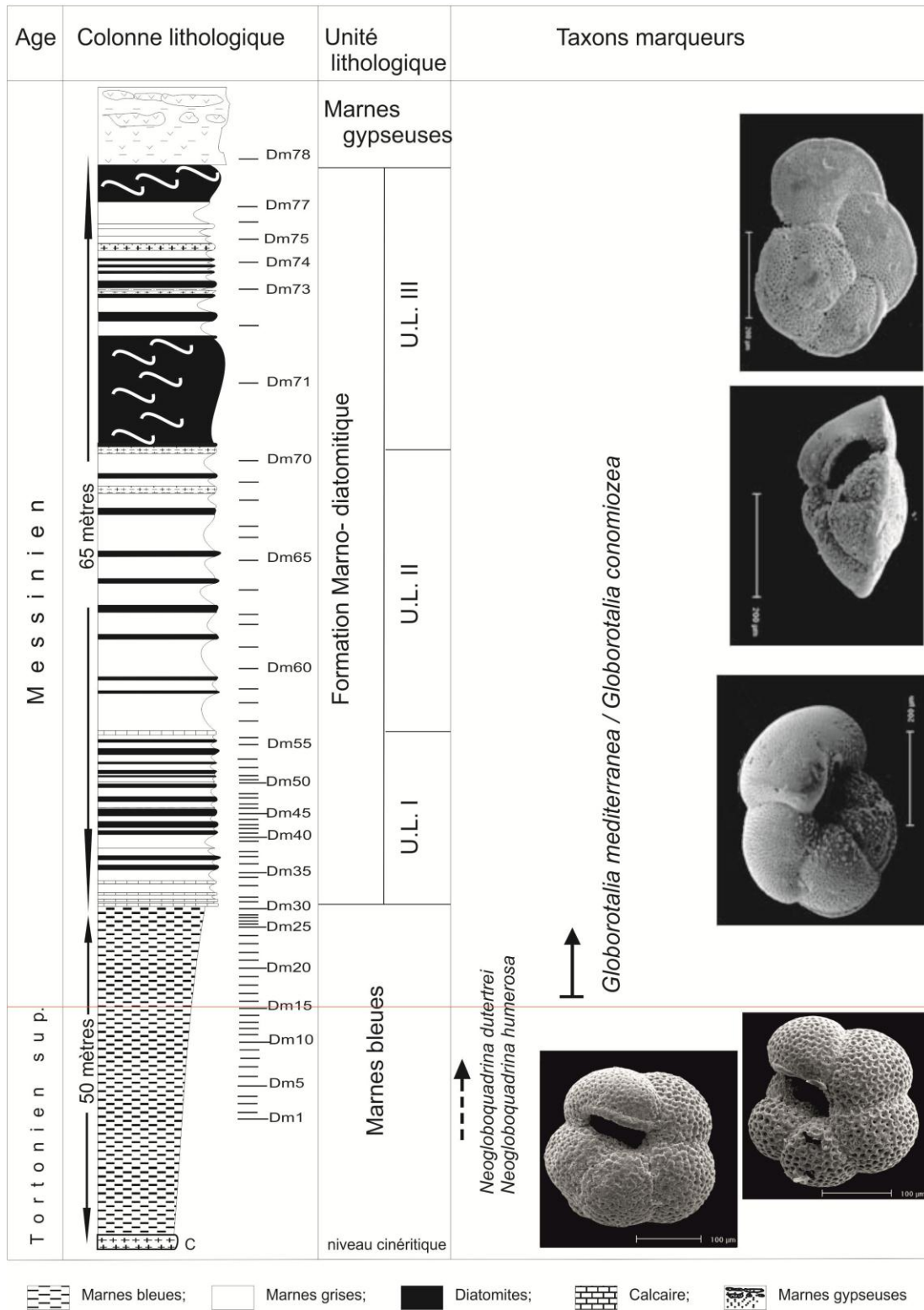


Fig. 13 : Attribution biostratigraphique de la coupe de Djebel Meni

CHAPITRE 3 - SYSTEMATIQUE, TAPHONOMIE, (PALEO) ECOLOGIE

I - INTRODUCTION

II - TAPHONOMIE

III - SYSTEMATIQUE et (PALEO) ECOLOGIE

III. 1 - Sous-ordre : HAPLOPHRAGMIINA Wedekind, 1937

III. 2 - Sous-ordre : LAGENINA Delage & Herouard, 1896

III. 3 - Sous-ordre : MILIOLINA Delage & Herouard, 1896

III. 4 - Sous-ordre : ROTALIINA Delage & Herouard, 1896

III. 5 - Sous ordre : TEXTULARIINA Delage & Herouard, 1886

IV - CONCLUSION

I - INTRODUCTION

La classification adoptée est celle proposée par Loeblich et Tappan (1988) sachant que cette version a été revue par les mêmes auteurs en 1989 et 1992. En effet, à la lumière de données et méthodes d'investigations nouvelles, les mêmes auteurs ont profondément modifié leur classification de 1964 (Debenay et *al.*, 1997).

Cependant, ce travail tient compte des recherches récentes qui apportent des précisions sur la classification des foraminifères.

C'est le cas pour les cibicidés que les classifications courantes ont réparties en différents genres, familles, et superfamilles en dépit de leurs similitudes morphologiques et écologiques (Schweizer, 2006).

A ce sujet, Griveau (2007) fait la synthèse suivante : «Les *Cibicides* font partie de la famille Cibicidae Cushman, 1927 (test entièrement trochospiralé devenant unisériel ou bisériel, ou test planispiralé ; avec une ouverture intériomarginale) qui appartient elle-même à la superfamille Planorbulinacea Schwager, 1877 (test faiblement trochospiralé ou planispiralé; ouverture initiale intrio-marginale dans les formes trochospiralées, avec ou sans ouverture secondaire, en forme d'arc, arrondie; paroi calcaire hyaline et perforée, avec zones non perforées).

Le genre *Cibicides* est morphologiquement très complexe et la systématique de ce groupe a depuis toujours été extrêmement confuse. Il est proche des genres *Truncatulina*, *Cibicoides*, *Fontbotia*, *Planulina*, *Lobatula*, *Anomalina*, et les espèces que nous attribuons à *Cibicides* ont été régulièrement placées dans ces autres genres par le passé (aff. synonymies ci-après).

Certaines espèces décrites dans ce travail sont d'ailleurs toujours attribuées à ces autres genres par certains auteurs (ex. *Cibicides wuellerstorfi* aussi connu comme *Fontbotia* ou *Planulina*). Notons que *Planulina* D'Orbigny, 1826 est vraiment un genre à part vu qu'il est défini comme ayant une face ombilicale partiellement évolutive.

Les genres *Cibicoides*, *Fontbotia*, et *Lobatula* sont morphologiquement très proches et sont par conséquent considérés comme synonymes de *Cibicides* par certains auteurs (Sen Gupta, 1989; Schweizer, 2006).

Le genre *Cibicides* a été scindé par Thalmann (1939) en deux groupes, les formes biconvexes (*Cibicoides*) et les planoconvexes (*Cibicides*).

Cette différence morphologique pourrait refléter une différence écologique : les individus planoconvexes pourraient être attachés à un substrat dur alors que les individus biconvexes auraient un mode de vie vagile sur ou dans le sédiment.

Aujourd'hui, il existe encore des controverses quant à la séparation entre *Cibicoides* et *Cibicides*. Il faut signaler qu'il existe des individus de morphotypes intermédiaires, selon une transition plano/biconvexe. Nous considérons que deux noms de genre ne se justifient pas forcément, mais pour des raisons historiques et pragmatiques, nous faisons la distinction entre *Cibicoides* et *Cibicides*.

Le genre *Lobatula* Fleming, 1828 est décrit comme un synonyme de *Cibicides* par Loeblich et Tappan (1964) mais dans leur version de 1988 ils séparent ces deux genres pour des raisons assez floues. Le genre *Lobatula* est uniquement utilisé pour l'espèce *lobatula*. Le genre *Fontbotia* Gonzales-Donoso et Linares 1970 concerne uniquement l'espèce *wuellerstorfi*; il diffère de *Cibicides* et *Lobatula* par une trochospire moins élevée, des sutures plus recourbées, presque angulaires, et une ouverture moins large (Loeblich et Tappan, 1988). Il a été retenu comme nom de genre définitif par de nombreux auteurs pour *wuellerstorfi* mais, parce que nous jugeons que les différences morphologiques ne justifient pas une telle séparation, dans la présente étude nous traitons cette espèce dans le genre *Cibicides*.»

Cependant, l'étude moléculaire de Schweizer et al. (2009) tend à apporter des réponses satisfaisantes et prouvent clairement qu'il n'y a aucune justification pour assigner les cibicidés qu'ils ont analysés à différentes superfamilles et de séparer les tests biconvexes des tests planoconvexes dans *Cibicides* et *Cibicoides*, ou pour maintenir les genres *Fontbotia* et *Lobatula*, ou pour transférer *Cibicoides wuellerstorfi* à *Planulina*. Les données justifient de placer tous ces cibicidés, *Hanzawaia*, et *Melonis* dans une famille simple; Cibicididae. Sur la base des analyses phylogénétiques, ces auteurs proposent de maintenir au moins deux genres de cibicidés: *Cibicides* pour *C. refulgens* et *Cibicides sp.*, et *Cibicoides* pour *C. lobatulus*, *C. pachydermus*, *C. ungerianus*, et *C. wuellerstorfi*.

Ainsi, *Cibicoides ungerianus* et *C. wuellerstorfi* sont confirmées en tant que véritables espèces par les analyses moléculaires, tandis que *C. pachydermus* et *C. kullenbergi* sont probablement les morphotypes d'une même espèce (Schweizer et al. 2009).

Les bolivinides posent aussi des difficultés de classification et la différenciation entre les genres *Brizalina* et *Bolivina* a, depuis longtemps, été sujet à débat.

Cushman, l'un des plus grands spécialistes des foraminifères, n'a jamais reconnu *Brizalina* comme un genre indépendant (Villanueva-Guimerans, 2000). Loeblich et Tappan (1964) différencient entre les deux genres mais leurs critères ne sont pas tranchants (Villanueva-Guimerans, 2000). Revert (1996) in Villanueva-Guimerans (2000) a essayé d'apporter des critères de distinction plus nets, considérant que chez *Brizalina* l'ouverture est presque ronde et sans une vraie lèvre mais avec des bords délimités par un grossissement latéral et avec une plaque dentaire occupant la presque totalité de l'ouverture. Si ce critère est observable chez les spécimens vivants, il reste délicat à mettre en évidence chez les spécimens fossiles.

Dans ce travail, un critère simple de distinction entre ces deux groupes a été utilisé. Il s'agit de l'aspect digité que montre les loges à leur base chez les espèces du genre *Bolivina* (Margerel; communication orale) et qui semble pratique et efficace pour le différencier du genre *Brizalina*.

Pour la détermination, proprement dite, on s'est référé à des ouvrages spécialisés comme Agip Spa (1982) où sont illustrés des spécimens du Néogène italien et Papp and Schmid (1985) qui ont réalisé une remarquable révision des collections de d'Orbigny des foraminifères du bassin tertiaire de Vienne.

D'autres documents et publications spécialisés ont été d'une grande utilité à ce travail (Van der Zwaan, 1982; Belkebir, 1986; Baggley, 2000; Van Hinsbergen et al., 2005). Le fichier Ellis et Messina, m'a été d'un grand secours, ainsi que le concours de Monsieur le Professeur Margerel lors de mon séjour marseillais.

Le site électronique WoRMS (World Register of Marine Species) adressé aux spécialistes en microfaune marine a été très utile dans la mise à jour de la systématique des espèces de foraminifères benthiques.

II - TAPHONOMIE

Dans cette étude, la bonne conservation de la microfaune a été un facteur aidant. En effet, sur plus d'une centaine d'échantillons récoltés dans la coupe de Djebel Meni, 78 ont fourni une importante microfaune benthique et planctonique très bien conservée. Les rares

échantillons comportant des spécimens recristallisés (à la base des marnes bleues tortoniennes) ont été écartés de cette étude.

Cependant, au sommet de la coupe certains échantillons se sont révélés stériles. Le contenu sédimentaire de ces derniers était riche en gypse ou en cinérites.

Les prélèvements effectués dans la coupe de Oued Derdoussa sont au nombre de 69. Excepté les 8 derniers niveaux dépourvus de microfaune calcaire, et l'échantillon Od61 caractérisé par l'absence de foraminifères planctoniques, tous les autres ont fourni une microfaune plus ou moins riche et diversifiée. Les foraminifères benthiques et planctoniques récoltés étaient bien conservés.

Il est à noter, pour les deux coupes, la rareté des taxons épiphytes. Cette rareté est le signe d'un faible transport de la microfaune. Le mélange des formes profondes et des formes littorales est ainsi très limité. Ceci plaide en même temps pour une autochtonie des assemblages de foraminifères benthiques étudiés.

III – SYSTEMATIQUE

La position des foraminifères dans la classification supra-générique des protozoaires est la suivante (Debenay et *al.*, 1997) :

Règne : Protistes

Sous-règne : Protozoaires

Embranchement : Sarcomastigophora Honigberg et Balamoth, 1963.

Sous-embranchement : Sarcodina Schmarda, 1871.

Super-classe : Rhizopoda von Siebold, 1845.

Classe : Granuloreticulosa de Saederleer, 1934.

Ordre : Foraminiferida Eichwald, 1830.

L'inventaire présenté comporte :

- Une synonymie des taxons de foraminifères benthiques les plus importants récoltés dans les deux coupes.
- Une description du genre et de l'espèce a été donnée à chaque fois que le besoin d'une précision se faisait sentir.

- Selon la disponibilité des données, nous avons tenté de résumer l'écologie des taxons.
- Dans le cas où une forme est rapprochée d'une espèce sans en être tout à fait identique, elle a été indiquée par l'intercalation de 'aff.' entre le nom générique et le nom spécifique.

III.1 - Sous-ordre : Haplophragmiina Wedekind, 1937

Super-Famille : SPIROLECTAMMINACEA Cushman, 1927

Famille : SPIROLECTAMMINIDAE Cushman, 1927

Sous-famille : VULVULININAE Saidova, 1981

Genre : *Vulvulina* D'Orbigny, 1826

Description : le test libre, évasé ou large et allongé montre une section losangique à rhomboïdale. La première partie du test est planispiralée au moins dans la génération microsphérique. La partie supérieure est composée de loges très larges et basses avec un arrangement bisérié et disposées de manière fortement courbées. Chez les spécimens bien développés la partie supérieure peut être unisériée. Les lignes de sutures sont distinctes et la paroi du test est finement agglutinée avec une surface entièrement lisse. L'ouverture basse est en large arc interiomarginal dans les premiers stades et devient terminale, en fente étroite, au stade adulte.

Vulvulina pennatula (Batsch, 1791)

(PL. I, 4)

Synonymie:

1791 - *Nautilus (orthoceras) pennatula* Batsch, Conchyl. Seesandes, pl. 4, fig. 13.

1922 - *Bigenerina pennatula* (Batsch): Cushman, p.27, pl.5, fig. 4.

1986 - *Vulvulina pennatula* (Batsch): Belkebir, pl. XII, fig. 2.

1988 - *Vulvulina pennatula* (Batsch): Rezqi, pl. V, fig. 16.

1997 - *Vulvulina pennatula* (Batsch): Schönfeld, pl. 1, fig. 13.

Cette espèce a une grande variabilité morphologique. Le test est allongé, aplati, évasé avec une périphérie aiguë. La génération Microsphérique initialement planispiralée, devient plus tard bisériée, puis unisériée dans les spécimens bien développés. Les nombreuses loges sont

larges, basses et légèrement gonflées. Elles ont une croissance rapide et fortement courbées vers le bas. Les lignes de sutures sont courbes et profondes. La paroi des loges est finement agglutinée. L'ouverture primaire est une large voûte, basse, intrio-marginale au stade juvénile. Elle devient étroite et allongée, au stade adulte.

Cette forme a été récoltée en très faibles proportions (1.67 %) à Oued Derdoussa (OD 55) seulement.

Écologie : se retrouve entre 10 à 570 mètres de profondeur. Espèce des milieux bien oxygénés. Elle tolère de faibles variations de salinité (eol – Encyclopedia of Life, <http://eol.org/pages/2954912/details>)

III. 2 - Sous-ordre : LAGENINA Delage & Herouard, 1896

Super-famille : NODOSARIACEA Ehrenberg, 1838

Famille : NODOSARIIDAE Ehrenberg, 1838

Sous-famille: NODOSARIINAE Ehrenberg, 1838

Genre: *Dentalina* Risso, 1826

Description: Le test est allongé et arqué. Les loges, plutôt enflées, ont un arrangement unisérié. Les sutures sont obliques. L'ouverture est terminale radiée, souvent en position submarginale.

Dentalina elegans D'Orbigny, 1846

(PL. IV, 7)

Synonymie:

1846 - *Dentalina elegans* D'Orbigny, p.45, plate 1, figs. 52-56.

1895 - *Nodosaria communis* Egger, Jahrsber, Naturhist. Ver. Pessau, Vol. 16, p. 20, pl. ii, figs. 1,2 ;

1969 - *Dentalina communis* (D'Orbigny): Martinez, Vol2, pp.147-180, pl. VII, fig.24.

1985 - *Dentalina elegans* D'Orbigny: Papp and Schmid, p.28, pl.10, figs. 1-8.

1986 - *Dentalina communis* (D'Orbigny): Bartebstein et Bolli, p. 956, pl. 2, figs. 36-38

Sous cette appellation sont regroupés des spécimens signalés par différents auteurs sous deux appellations; *D. communis* et *D. elegans*. Les individus récoltés montrent un test lisse, unisérié, arqué avec des loges légèrement enflées et relativement basses. Les lignes de sutures sont presque perpendiculaires à l'axe du test. La dernière loge un peu isolée, montre un renflement et se termine en pointe fine. L'ouverture submarginale est étroite radiée.

C'est l'espèce la plus fréquente du genre. Elle apparaît dans presque tous les échantillons de Djebel Meni avec une fréquence maximum de 7.67% (DM 48) à la base de la formation marno-diatomitique. Elle est beaucoup plus sporadique à Oued Derdoussa (6.33% dans OD38).

Ecologie : forme des vases bathyales, mais toujours de faible fréquence (Blanc-Vernet, 1969).

Sous-famille : Marginulininae Wedekind, 1937

Genre : *Amphicoryna* Schlumberger, 1881

Description: Test allongé. Les premières loges sont comprimées et tendent à s'enrouler dans la génération microsphérique et se déroulent par la suite avec des loges à arrangement unisériées et rectilignes à section transversale circulaire. La génération mégalosphérique montre un grand proloculus globulaire suivi de loges globulaires avec un arrangement rectiligne. Les sutures sont superficielles et obliques dans le premier stade 'enroulé' des formes microsphériques et deviennent droites et resserrées dans la partie rectiligne. La paroi est perforée et optiquement radiale. La surface comporte des stries ou de fines côtes généralement longitudinales qui se divisent vers le haut en rangées de petites pustules.

L'ouverture terminale radiée se situe à l'extrémité d'un col, bien soulignée par des arêtes concentriques en forme d'anneau.

Amphicoryna scalaris (Batsch, 1791)

(PL. XII, 3,4)

Synonymie:

1791 - *Nautilus (orthoceras) scalaris* Batsch, Conchyliendes seesandes, N°. 4, PL. 2, fig. a, c.

1974 - *Amphicoryna scalaris* (Batsch): Levy et al., pl. II, figs. 10, 11, 12.

1982 - *Amphicoryna scalaris* (Batsch): AGIP SPA, pl. XIX, fig. 7.

1989 - *Amphicoryna scalaris* (Batsch): El Houari, pl. 4, fig. 8.

1997 - *Amphicoryna scalaris* (Batsch): Debenay et Redois, pl. 2, fig. 17.

Le test est rectiligne, avec des loges globulaires pas bien distinctes, empilées les unes au bout des autres. La première loge montre souvent, à sa base, une sorte d'excroissance calcaire (apex). Elle est de taille plus importante par rapport aux suivantes. L'ouverture terminale est portée par un col. La paroi calcaire hyaline est finement perforée. Elle est ornementée de fines côtes longitudinales espacées.

Cette forme est très rare et très faiblement représentée dans les deux coupes.

Ecologie : Espèce considérée comme indicatrice d'eau tempérée chaude (température supérieure à 16°) même si elle peut tolérer une certaine baisse de la température (Rezqi, 1988).

Genre : *Marginulina* D'Orbigny, 1826.

Description : Test allongé montrant une section circulaire. La partie inférieure est légèrement courbée mais pas complètement enroulée. Les dernières loges présentent un arrangement rectiligne. Les lignes de sutures sont droites à obliques. La paroi calcaire, hyaline, est perforée dans le sens de l'allongement du test. La surface est ornée de côtes longitudinales bien en relief et peut avoir une base apiculée. L'ouverture radiale est terminale. Elle est marginale et portée par un col plus ou moins court.

Marginulina costata (Batsch, 1791)

(PL. XII; 12)

Synonymie :

1791 - *Nautilus (Orthoceras) costatus* Batsch, Conchyl. Der Seesandes, p. 2, PL. I, fig. 1.

1927 - *Marginulina costatus* (Batsch) : Plummer, p. 107, pl. 5, fig. 8

1992 - *Marginulina costata* (Batsch): Hussein, p. 110, fig. 2.2.

2000 - *Marginulina costata* (Batsch): Abul-Nasr, p. 72, fig. 15.9

2009 - *Marginulina costata* (Batsch): Anan, PL. I, fig. 11.

Le test a une croissance excentrique, qui donne une forme partiellement en spirale aux premières loges. Sa section transversale varie de subcylindrique à ovalee, plutôt comprimée. Les loges sont modérément compactes, plus ou moins septées, et sont caractérisées par des côtes longitudinales. L'ouverture radiale est terminale et marginale (avec ou sans col court). Les loges sont plutôt basses et étroitement serrées avec un aspect tronqué de la loge sommitale. L'ornementation du test en côtes longitudinales est importante. Chez quelques spécimens, les côtes sont interrompues, au niveau de la dernière loge.

Cette forme est très sporadique et très faiblement représentée dans les deux coupes.

Ecologie : Blanc-Vernet (1969) la compte parmi les espèces spécialement rattachées à la vase bathyale. Mais elle se retrouve dès le circalittoral sans dominer les associations microfaunistiques (González-Regalado et *al.*, 2009).

Famille : VAGINULINIDAE Reuss, 1860

Sous-famille : LENTICULININAE Chapman, 1934

Genre : *Lenticulina* Lamarck, 1804

Description: Le test libre a une forme lenticulaire avec un mode d'enroulement des loges planispiralé involute. Les bords sont anguleux ou carénés et les sutures bien marquées.

L'ouverture située au sommet de la dernière loge est radiée.

Lenticulina calcar (Linné, 1767)

(PL. XI; 5)

Synonymie :

1767 - *Lenticulina calcar* Linnaeus, *Syst. Nat.*, 12eme édit., p. 1162.

1959 - *Lenticulina calcar* (Linnaeus): Cushman, p. 213, pl. 20, fig. 4.

1960 - *Lenticulina calcar* (Linnaeus): Barker, pl. LXX, fig. 9-12.

1987 - *Lenticulina calcar* (Linnaeus): Civis et Sierro, pl. 1, fig. 6.

2002 - *Lenticulina calcar* (Linnaeus): Hebib, pl. VII, fig. 3.

Elle montre une périphérie carénée et prolongée par des excroissances épineuses hyalines.

Elle est très faiblement représentée dans les deux coupes.

Ecologie: pour Blanc-Vernet (1969), toutes les espèces du genre sont vasicoles et profondes et apparaissent dès la base du circlittoral. Elles atteignent leur optimum dans les vases bathyales.

Lenticulina cultrata (Montfort, 1808)

(PL. XI; 15, 17)

Synonymie:

1808 - *Robulus cultratus* De Montfort, *Conch. Syst.*, 1, p. 214.

1846 - *Robulina cultrata* D'Orbigny, *Foram. Foss. Bass. Tert. Vienne*, p.96, pl. IV, fig. 10-13.

1974 - *Lenticulina cultrata* (De Montfort): Le Calvez, p. 58.

1982 - *Lenticulina cultrata* (De Montfort): AGIP SPA, pl. IX, fig. 7.

2002 - *Lenticulina cultrata* (De Montfort): Hebib, pl. VII, fig. 4 ;

Elle diffère de la précédente par l'absence d'excroissances épineuses, une carène très discrète et des lignes de sutures plus incurvées.

Elle est l'espèce du genre la plus fréquente. Cependant son fréquence ne dépasse pas les 5.67 % (OD23). Elle disparaît à partir de OD54. Dans le Djebel Meni, elle disparaît à partir de DM69 avec une très brève réapparition (DM73).

Ecologie: même écologie que l'espèce précédente.

III. 3 - Sous-ordre : MILIOLINA Delage & Herouard, 1896

Super-famille : MILIOLACEA, Ehrenberg, 1839

Famille : HAUERINIDAE, Schwager, 1876

Sous-famille : SIGMOILOPSININAE, Vella, 1957.

Genre : *Sigmoilopsis* Finlay, 1947.

Description : Le test présente un contour ovale. Les loges font un demi-tour en longueur, avec un changement rapide de plan d'enroulement dans le stade juvénile. Ce qui a pour résultat deux séries de loges qui se développent en spirales, qui semblent sigmoïdes en section, devenant graduellement planispiralées à l'âge adulte. La paroi du test est porcelanée, épaisse, renfermant une grande quantité de particules de quartz, de spicules d'éponges, et de fragments de coquilles agglutinés. L'ouverture simple est ronde, avec une petite dent.

Sigmoilopsis schlumbergeri (Silvestri, 1904)

(PL. IX; 12)

Synonymie :

1904 - *Sigmoilina schlumbergeri* Silvestri, Mem. Pont. NuoviLincei., vol. 22, p. 267.

1982 - *Sigmoilopsis schlumbergeri* (Silvestri): AGIP SPA, pl. VII, fig. 6.

1987 - *Sigmoilopsis schlumbergeri* (Silvestri): Jorissen, pl. IV, fig. 9.

2000 - *Sigmoilopsis schlumbergeri* (Silvestri): Baggley, pl. 3, fig. 16-17.

2005 - *Sigmoilopsis schlumbergeri* (Silvestri): Van Hinsbergen et al.,

Le test est ovale en vue périphérique, plus ou moins acuminé vers les pôles avec une longueur une fois et demi sa largeur. Il est subtriangulaire en section transversale.

Les loges enflées sont indistinctes les unes des autres. En vue polaire l'enroulement des loges forme une courbe sigmoïdale.

Les lignes de sutures ne sont pas très visibles et la paroi est agglutinée et rugueuse dans la majeure partie du test. L'ouverture au pôle est circulaire avec une dent bifide, entourée d'une lèvre imperforée.

Dans Oued Derdoussa, cette espèce disparaît à partir de OD15. Elle semble restreinte à la formation des marnes bleues. Sa présence est beaucoup plus régulière dans Djebel Meni où elle atteint les 7% (DM12).

Ecologie : En Méditerranée cette espèce est particulièrement fréquente dans les vases bathyales (Blanc-Vernet, 1969). Elle a été signalée en Mer Méditerranée à 430 m de profondeur et dans les sédiments du Miocène inférieur de l'Océan Atlantique. Elle est associée aux eaux profondes tempérées (>3,5°C) de l'Océan Indien où elle a été récoltée entre 1400 et 4100 m de profondeur. Dans l'Océan Atlantique, elle se retrouve surtout au printemps, avant le grand flux de phytodétritus (Pastor, 2012).

III. 4 - Sous-ordre : ROTALIINA Delage & Herouard, 1896

Super-famille: BOLIVINACEA Glaessner, 1937

Famille: BOLIVINIDAE Cushman, 1927

Sous-famille: BOLIVININAE Cushman, 1927

Genre: *Bolivina* D'Orbigny, 1839

Description: Le test libre, allongé et plus ou moins aplati, montre un contour ovoïde à triangulaire.

Les loges, ont un arrangement bisérié. A la base de chaque loge, la paroi montre des digitations. Ce dernier caractère semble distinguer ce genre de *Brizalina*. Parfois, la loge finale peut avoir une position centrale. La paroi calcaire, hyaline, finement perforée peut être ornée de côtes. L'ouverture ronde se situe à la base de la dernière loge.

Bolivina scalprata Schwager var. *miocenica* Macfadyen, 1930

(PL. VII; 3)

Synonymie:

1930 - *Bolivina scalprata* Schwager Var. *miocenica* Macfadyen: *Egypt Geol. Survey*, p.61, pl.4, fig.22.

1937 - *Bolivina scalprata* Schwager var. *miocenica* Macfadyen: Cushman, Publ.9, p.84, pl.9, figs.32-34.

1952 - *Bolivina scalprata* Schwager var. *miocenica* Macfadyen: Magné & Tempère, fasc.XVI, p.174, pl.4, fig.5.

1963 - *Bolivina scalprata* Schwager var. *miocenica* Macfadyen: Souaya, v.37, pl. 56, fig.11.

1978 - *Bolivina scalprata* Schwager var. *miocenica* Macfadyen: Brolsma, pl. I, fig. 8.

Cette forme a un aspect robuste. Le test est enflé et se caractérise par un sillon hyalin médian qui lui donne sa symétrie ainsi que par des lignes de sutures digitées.

Cette espèce est abondante dans la partie inférieure de la coupe de Oued Derdoussa avec 27.67% (OD31). Elle se raréfie dans la formation marno-diatomitique et disparaît à partir de OD49. Elle présente un schéma de distribution semblable à Djebel Meni où elle n'est plus signalée à partir de DM40.

Ecologie : caractéristique des zones bathyales (Cheoh et *al.* 2005). Selon (Gaudant et *al.* 2013), elle serait tolérante à de légères augmentations de la salinité.

Bolivina plicatella Cushman, 1930.

(PL. VII; 12)

Synonymie:

1930 - *Bolivina plicatella* Cushman, Bull. 4, p. 46, pl. 8, figs. 10a, b.

1932 - *Bolivina plicatella* Cushman var. *mera*: Cushman and Ponton, p.82, pl.12, figs. 4a, b.

1992 - *Bolivina plicatella* Cushman: Van de Poel, pl. II, fig. 14.

2002 - *Bolivina plicatella* Cushman: Hebib, pl. II, fig. 6.

2006 - *Bolivina plicatella* Cushman: Hebib, pl. I, fig. 3.

Cette espèce montre un test crénelé très caractéristique qui la différencie des autres formes du genre.

Aussi bien dans la coupe de Djebel Meni que Oued Derdoussa, elle n'est que très faiblement représentée au sommet de la formation marno-diatomitique.

Ecologie : C'est une forme épiphyte mais aussi vasicole; elle a une grande tolérance aussi bien à la baisse de la salinité qu'à la déficience des eaux en oxygène (Van der Zwaan, 1982).

Genre : *Brizalina* Costa, 1856

Description : Le test libre est de forme allongée et aplatie, bisérié, plus long que large et montrant une périphérie aigue à carénée. Les loges sont larges et basses, séparées par des lignes de sutures obliques. La paroi calcaire, hyaline est finement perforée pouvant être lisse ou avoir des côtes longitudinales. L'ouverture est terminale en forme de boucle qui se prolonge vers le haut de la face aperturale (difficile à observer).

Brizalina dentellata Tavani, 1955

(PL. 7; 8)

Synonymie:

1955 - *Bolivina dentellata* Tavani, Sci. Nat. Pisa, Atti., Mem, p ; 145, tf. 1, figs. 1-3.

1980 - *Bolivina dentellata* Tavani: Orszag-Sperber, pl.2, fig. 5.

1982 - *Bolivina dentellata* Tavani: Van Der Zwaan, p. 172, pl. 2, figs. 3-4.

1992 - *Bolivina dentellata* Tavani: Poignant et Moissette, pl. 1, fig. 12.

1992 - *Bolivina dentellata* Tavani: Van de Poel, pl. II, fig. 10.

Pour Van der Zwaan, 1982, cette espèce n'est qu'un morphotype de *B. spathulata*. Elle s'en distingue par une porosité plus grossière et un contour dentelé.

Ce morphotype est typique des sédiments du Miocène supérieur (Messinien) de Méditerranée. Il n'a pas été décrit ailleurs.

Elle n'est pas très fréquente dans nos échantillons et ne se retrouve qu'en très faibles proportions au sommet des deux coupes.

Ecologie : Van der Zwaan (1982) la considère comme un écophénotype de *B. spathulata*. Elle a une préférence pour les substrats vaseux et tolère l'augmentation de la salinité et la déficience des eaux en oxygène. Elle préfère probablement les milieux riches en nutriments.

Brizalina dilatata (Reuss, 1850)

(PL. VII; 9,10)

Synonymie:

1850 - *Bolivina dilatata* Reuss, *Akad. Wiss. Math. Naturw.*, Wien, Bd. 1, p. 301.

1982 - *Bolivina dilatata* Reuss : Van der Zwaan, pl. 1, figs. 3, 4, 5.

1992 - *Bolivina dilatata* Reuss : Poignant et Moissette, pl. 1, fig.11.

2002 - *Brizalina dilatata* (Reuss) : Kaminski et *al.*, pl. II, fig. 13.

2008 - *Brizalina dilatata* (Reuss) : Diz et Francès, pl. I, figs. 11-12.

Il y a une certaine confusion dans la littérature au sujet de la position taxonomique de *B. dilatata*. Elle est morphologiquement très proche de *B. spathulata* (Van der Zwaan, 1982).

C'est une forme lisse, triangulaire qui s'élargit vers le haut. Elle présente un bombement caractéristique dans la deuxième moitié du test lui conférant un aspect enflé de profil.

Elle est présente de manière sporadique et en faibles pourcentages à la base des deux coupes (formations des Marnes bleues). Elle domine l'ensemble de la microfaune au sommet avec respectivement 39.67% à OD60 et 65.33% à DM75.

Ecologie : pour Van der Zwaan (1982), cette espèce est un écophénotype de *B. spathulata*.

Elle serait tolérante à l'augmentation de la salinité des eaux et à leur déficience en oxygène.

Elle préférerait des environnements riches en nutriments.

Brizalina punctata D'Orbigny, 1839

(PL. VII; 2)

Synonymie:

1839 - *Bolivina punctata* D'Orbigny, *voy. Amer.Mér.; Foram.*, Strasbourg, 5 (5): 63, Taf.8, Fig.10 (fide Ellis & Messina, 1940 et seq).

1969 - *Bolivina punctata* D'Orbigny: Martinez, pl.VII, fig. 6.

1992 - *Bolivina punctata* D'Orbigny: Poignant et Moissette, pl. 3, fig. 2.

2002 - *Bolivina punctata* D'Orbigny: Hebib, pl. 2, fig. 7.

2006 - *Bolivina punctata* D'Orbigny: Hebib, pl. I, fig. 2.

Cette forme présente un test droit, étroit, bien allongé, et fortement comprimé. La paroi est mince et parsemée de fines perforations caractéristiques. La bordure périphérique est subcarénée.

Cette espèce est présente de manière assez régulière, à la partie basale de la coupe de Oued Derdoussa. Elle est pratiquement absente dans la formation marno-diatomitique.

C'est dans Djebel Meni (DM73) qu'elle atteint les 10%.

Ecologie: Elle serait liée à la vase terrigène côtière et bathyale (Blanc-Vernet, 1969). Selon Van der Zwaan (1982), c'est une espèce vasicole des milieux marins ouverts. Elle ne tolérerait pas des salinités élevées et l'insuffisance en oxygène. Elle est relativement fréquente dans des associations diverses caractérisant des conditions marines stables.

Brizalina spathulata (Williamson, 1858)

(PL. VII; 1)

Synonymie:

1858 - *Textularia variabilis* var. *spathulata* Williamson, *Rec Foram. Gr. Brit., Roy. Soc.*, 4, p. 76, pl. 6, fig. 164-165.

1997 - *Brizalina spathulata* (Williamson): Debenay et Redois, pl.1, fig.7.

2002 - *Brizalina spathulata* (Williamson): Kaminski et al. , pl. II, fig. 9.

2008 - *Brizalina spathulata* (Williamson): Diz et Francés, pl. 1, figs. 8, 9, 10.

2012 - *Brizalina spathulata* (Williamson): Pérez et al., p.143, fig. 6 D.

L'espèce *B. spathulata* montre une périphérie plus prononcée que *B. dilatata*. Son rapport longueur/largeur est approximativement de 3/1. Ainsi, son contour est moins arrondi et le test plus aplati.

Elle est très sporadique dans la formation des marnes bleues. Sa présence est régulière à partir de la base de la formation marno-diatomitique. Avec *B. dilatata*, elle fait partie des espèces dominantes au sommet des deux coupes.

Ecologie: de même écologie que *B. dilatata* mais semble tolérer de plus grandes salinités (Van der Zwaan, 1982).

Super-famille: BULIMINACEA Jones, 1875

Famille : BULIMINIDAE Jones, 1875

Sous-famille : BULIMININAE Jones, 1875

Genre : *Bulimina* D'Orbigny, 1826

Description : Le test libre est souvent allongé et présente une forme générale conique.

La paroi est calcaire hyaline, perforée, ornementée d'épines ou costulée.

Les loges globuleuses, plutôt enflées ont un arrangement trochospiralé, trisérié pouvant devenir bisérié à la fin. L'ouverture terminale est en forme de virgule.

Bulimina aculeata D'Orbigny, 1826.

(PL. III; 8)

Synonymie:

1826 - *Bulimina aculeata* D'Orbigny, *Ann. Sci. Nat.*, sér. 1, 7, p. 269, n° 7.

1982 - *Bulimina aculeata* D'Orbigny: Van der Zwaan, pl. 2, figs. 1-2, text fig. 61.

2000 - *Bulimina aculeata* D'Orbigny: Baggley, pl. I, figs. 20-21.

2002 - *Bulimina aculeata* D'Orbigny: Kaminski et *al.*, pl. III, Fig. 3.

2005 - *Bulimina aculeata* D'Orbigny: Van Hinsbergen et *al.*, pl. III, fig. 11-12.

C'est une espèce très polymorphe. Le test est plus ou moins allongé. Les dernières loges, volumineuses, sont désaxées par rapport au reste du test. Van der Zwaan (1982) signale plusieurs spécimens intermédiaires entre elle et *Bulimina subulata*. En outre, il observe des formes de passage entre elle et *B. elongata*.

Cette forme est la plus abondante du genre *Bulimina*. Elle atteint son plus fort pourcentage au sommet de la formation marno-diatomitique des deux coupe avec 28,33% (OD58) et 27% (DM74).

Ecologie: Elle a une grande tolérance à l'augmentation de la salinité et à la diminution de l'oxygène dissout dans l'eau. Elle préfère probablement les eaux riches en nutriments (Van der Zwaan, 1982).

Bulimina costata D'Orbigny, 1852

(PL. III; 4, 5)

Synonymie:

1852 - *Bulimina costata* D'Orbigny, *Ann. Sci. Nat.*, 7, n°3, p. 209.

1982 - *Bulimina costata* D'Orbigny: AGIP SPA, pl. XXVII, fig. 6.

1982 - *Bulimina costata* D'Orbigny: Van der Zwaan, pl. 3, figs. 9-11, textfig. 62.

1992 - *Bulimina costata* D'Orbigny: Van De Poel, p. 79, pl. I, fig. 10.

2002 - *Bulimina costata* D'Orbigny: Kaminski et *al.*, pl. III, Figs. 5-6.

C'est une forme costulée légèrement enflée avec un test finement perforé. Van der Zwaan (1982) voit des formes de transition entre elle et *B. buchiana* D'Orbigny, *B. inflata* Seguenza et *B. striata* D'Orbigny.

Cette variation concerne principalement le nombre et la longueur des côtes, et la taille des loges. Toutes ces espèces seraient donc les morphotypes d'une seule et même espèce.

A Oued Derdoussa, elle atteint son meilleur fréquence (8.67%) à OD42. Elle disparaît à partir de OD56.

A Djebel Meni, elle atteint 7% (DM64) et disparaît à partir de DM74.

Ecologie: Elle est légèrement tolérante à l'augmentation de la salinité et relativement plus abondante durant les périodes déficientes en oxygène et riches en nutriments (Van der Zwaan, 1982). Pour Blanc-Vernet (1969), c'est une forme vasicole du circalittoral et de l'étage bathyal, mais elle se rencontre dès les 40 m dans la vase terrigène côtière.

Bulimina elongata D'Orbigny, 1826

(PL. III; 7)

Synonymie:

1826 - *Bulimina elongata* D'Orbigny, *Ann. Sci. Nat.*, sér. 1, vol. 7, p. 169.

2002 - *Bulimina elongata* D'Orbigny: Kaminski et *al.*, pl. III, fig. 4.

2006 - *Bulimina elongata* D'Orbigny: Hebib, pl. I, fig. 5.

2008 - *Bulimina elongata* D'Orbigny: Diz et Francès, pl. I, Fig. 13.

2012 - *Bulimina elongata* D'Orbigny: Pérez et *al.*, p. 143, fig. 6H.

C'est une forme allongée qui montre des loges sensiblement de même taille, à partir de la seconde moitié du test. Van der Zwaan (1982) signale des formes de transition entre elle et *B. aculeata*.

A Oued Derdoussa, elle atteint 12% à OD59 et disparaît à partir de OD62 alors qu'à Djebel Meni, elle totalise 25.33 % de la microfaune benthique (DM76).

Ecologie : Elle préfère les substrats vaseux et tolère l'augmentation de la salinité des eaux et leur déficience en oxygène. Elle montre une préférence pour les milieux riches en nutriments (Van der Zwaan, 1982). Elle est largement répandue sur le plateau continental algérois et semble en relation étroite avec le substrat fin (El-Houari, 1989).

Bulimina subulata (Cushman & Parker, 1937)

(PL. III; 10)

Synonymie :

1937 - *Bulimina elongata* D'Orbigny var. *subulata* Cushman et Parker: *Cushm. Lab. Foram. Res., Contr.* N°. 13, p. 49, pl. 7, figs. 6,7.

1956 - *Bulimina elongata* D'Orbigny var. *subulata* Cushman et Parker: Longinelli, p. 151, pl. 13, fig. 6.

2005 - *Baggatella subulata* (Cushman et Parker): Popescu et Crihan, pl. 10, figs. 8-11.

2006 - *Bulimina subulata* Cushman et Parker: Hebib, p. 273, pl. I, fig. 4.

2012 - *Bulimina subulata* Cushman et Parker: Pérez et *al.*, p. 143, fig. 6J.

C'est une forme trapue. Les deux dernières loges constituent plus des 2/3 du test. La base est recouverte de pustules ou d'épines. Van der Zwaan (1982) trouve des formes de passage de *B. elongata subulata* à *B. aculeata minima* qu'il considère comme de simples

morphotypes de l'espèce *B. subulata*. Van Hinsbergen et al. (2005) intègrent des formes trapues très semblables à *B. subulata* dans le groupe de *B. aculeata*.

Dans les comptages cette espèce est regroupée avec *B. aculeata*. A Oued Derdoussa, elle est l'une des dernières espèces à disparaître à partir de OD62. A Djebel Meni, elle est encore présente au sommet de la coupe (DM78).

Ecologie: Cette espèce vasicole tolère la baisse de la salinité mais ne supporte qu'un léger appauvrissement de l'eau en oxygène (Van der Zwaan, 1982).

Famille : UVIGERINIDAE HAECKEL, 1894

Sous-famille : UVIGERININAE HAECKEL, 1894

Genre : *Uvigerina* D'Orbigny, 1826

Description : le test libre présente une trochospire haute. Les loges ont d'abord un arrangement trisériel qui devient bisériel pour finir avec une seule loge au dernier tour de spire. L'ouverture est terminale ronde et portée par un col à collerette.

Les parois du test peuvent être plus ou moins lisses montrant une fine porosité ou au contraire, elles peuvent montrer une riche ornementation (pustules, côtes).

Uvigerina peregrina Cushman, 1923

(PL. V; 4, 5)

Synonymie:

1923 - *Uvigerina peregrina* Cushman, p. 166, pl. 42, figs. 7-10.

1950 - *Uvigerina peregrina* Cushman: Phleger & Parker, p. 18, pl. 8, figs. 22, 24-26.

2000 - *Uvigerina peregrina* Cushman: Den Dulk, pl. 2, figs. 10-11.

2005 - *Uvigerina peregrina* Cushman: Van Hinsbergen et al., pl. I, figs. 10-11.

2012 - *Uvigerina peregrina* Cushman: Pérez et al., p. 143, fig. 6I.

Cette espèce est relativement petite et possède un test plus large dans sa partie médiane. Le col reste au dessus de la dernière loge. Le proloculus et la dernière loge portent souvent des pustules mais des spécimens complètement costulés se retrouvent également. *Uvigerina*

peregrina est très polymorphe et présente une large variabilité ornementale au niveau des côtes et des épines avec des spécimens aux deux extrêmes.

Dans nos assemblages, elle domine, le plus souvent, toutes les autres formes du genre. Elle atteint les 19.33% à OD50 et 27% à DM42.

Ecologie: Elle est fréquente dans les sédiments fins du plateau continental algérois. Elle atteint son maximum quand la fréquence de lutites avoisine 98% (El-Houari, 1989).

Au Maroc, elle est plus fréquente sur la plate-forme que sur la pente (Mathieu, 1986 in El-Houari, 1989). Blanc-Vernet (1969) la considère comme rare dans les sédiments actuels de Méditerranée. Cependant, elle marque bien sa présence dans les thanatocénoses du détritique du large.

Pour Van der Zwaan (1982), cette espèce vasicole est caractéristique de conditions marines normales, ne tolérant pas une importante diminution de l'oxygène ou une augmentation de la salinité.

Bernhard, 1992 in Griveau (2007) observe que cette espèce ne se retrouve pas dans des sédiments anoxiques ou peu oxygénés alors que Loubere et al. (1995) jugent qu'elle a une distribution dispersée dans le sédiment.

Pour Griveau (2007) Cette espèce vit dans le premier centimètre du sédiment dans des conditions eutrophes à oligotrophes.

Elle s'alimente de matière organique fraîche et facilement dégradable. Elle montre une succession bathymétrique de plusieurs morphotypes. Les morphotypes à côtes de plus en plus saillantes et un plus grand nombre d'épines entre les côtes augmentent avec l'augmentation de la profondeur.

Uvigerina proboscidea Schwager, 1866

(PL. VI, 12)

Synonymie:

1866 - *Uvigerina proboscidea* Schwager, p. 250, pl. 7, fig.96.

1986 - *Uvigerina proboscidea* Schwager: Van Morkhoven et al., pl. 6, figs. 1-4.

1993 - *Uvigerina proboscidea* Schwager: Katz & Miller, pl.3, fig. 8a-b.

2000 - *Uvigerina proboscidea* Schwager: Kouwenhoven, pl. 11, fig. 4.

2005 - *Uvigerina proboscidea* Schwager: Van Hinsbergen et al., pl. I, fig.12.

Cette petite espèce est complètement hispide. La partie initiale est habituellement plus large et le test devient unisérié et plus mince vers la dernière loge. Un col relativement long et étroit prolonge le test et porte une ouverture en boucle entourée d'une fine collerette.

A Oued Derdoussa, elle est présente uniquement dans la formation des marnes bleues avec de faibles pourcentages. Elle disparaît à partir de OD21. A Djebel Meni, elle ne se retrouve plus à partir de DM32.

Ecologie: Elle est plus fréquente dans les milieux où la productivité de surface est importante et dans les zones d'upwelling (Gupta et Srinivassan, 1992).

Uvigerina pygmaea D'Orbigny, 1826

(PL. V, 6, 7, 8, 9)

Synonymie:

1826 - *Uvigerina pygmaea* D'Orbigny, *Ann. Sci. Nat.*, 7, p. 269, pl. 12, figs. 8, 9.

1930 - *Uvigerina pygmaea* D'Orbigny: Galloway and Morrey, pl. 6, fig. 5.

1985 - *Uvigerina pygmaea* D'Orbigny: Belkebir, p. 163, pl. XVII, fig. 4.

1987 - *Uvigerina pygmaea* D'Orbigny: Civis et Seirro, pl. 2, fig. 2.

1990 - *Uvigerina pygmaea* D'Orbigny: Hasegawa et al., pl. 3, figs. 23, 24.

Le test est allongé, fusiforme avec une extrémité apicale brusquement arrondie. Trois loges par tour de spire, légèrement gonflées.

Les sutures sont distinctes et déprimées. La surface est couverte de nombreuses côtes, bien visibles qui ne se continuent pas au delà des lignes de sutures de chaque loge. Ces côtes sont absentes dans les dernières loges recouvertes de pustules et de courtes épines. Son ouverture terminale est ronde, petite, portée par un col entourée d'une mince lèvre.

Elle se distingue d'*Uvigerina peregrina* par sa dernière loge démunie de côtes mais entièrement recouverte de pustules.

A Oued Derdoussa, son optimum est de 6.67% dans la formation des marnes bleues.

Elle n'a pas été retrouvée à Djebel Meni.

Ecologie: Selon Murray (1991), le genre *Uvigerina* est principalement endobenthique, parfois épibenthique, libre, froid, vivant en substrats vaseux de l'étage bathyal.

Kaiho (1994) inclus le genre *Uvigerina* dans les indicateurs suboxiques.

Uvigerina striatissima Perconig, 1955.

(PL. VI, 1, 2)

Synonymie:

1955 - *Uvigerina striatissima* Perconig : *Boll. Ital. Serv. Geol.*, 57, fasc. 2-3, p.187, pl.3, fig.1-4.

1992 - *Uvigerina striatissima* Perconig : Van de Poel, pl. I, fig. 5.

2005 - *Uvigerina striatissima* Perconig : Poprscu et Crihan, pl. 7, figs. 15, 16.

2006 - *Uvigerina striatissima* Perconig : Schweizer, p. 78, fig. 6.1, i.

2012 - *Uvigerina striatissima* Perconig : Pérez et *al.*, p. 143 , fig. 6R.

Uvigerina striatissima est une forme de grande taille, plutôt allongée, moins enflée que (*U. rutila* et *U. semiornata*). Le col est situé dans une dépression mais bien mieux émergé que dans les formes précédentes. Elle s'en distingue aussi par ses fines côtes longitudinales très serrées qui couvrent tout le test.

A Oued Derdoussa, elle est beaucoup plus fréquente dans la formation des marnes bleues avec 19.67% à OD29. A Djebel Meni, son optimum est de 17% à la base de la formation marno-diatomitique (DM39).

Ecologie : Elle a été récoltée dans les sédiments de l'étage bathyal moyen de quelques coupes du Miocène supérieur (Kouwenhoven, 2000). Sa paléobathymétrie a été estimée à environ 500-600 m dans les sédiments du Miocène moyen de Malte (Bellanca et *al.*, 2002).

Comme *U. rutila* et *U. semiornata* elle ne tolérerait qu'une insuffisance modérée de l'oxygène (Russo et *al.* 2007).

Uvigerina rutila Cushman et Todd, 1941

(PL. VI, 9, 10, 11)

Synonymie :

1941 - *Uvigerina rutila* Cushman et Todd, Contr. Cushm. Lab. Foram. Res., 17 (2), p. 78, pl. 20, figs. 16-22.

1984 - *Uvigerina rutila* Cushman et Todd: Jonkers, pl. 4, fig. 4.

2000 - *Uvigerina rutila* Cushman et Todd: Kouwenhoven, pl. 11, fig. 8.

2005 - *Uvigerina semiornata rutila* (Cushman et Todd): Van Hinsbergen et *al.*, pl.I, fig.14.

2005 - *Uvigerina rutila* Cushman et Todd: Violanti, p. 83, pl. 1, fig. 9.

Uvigerina rutila est une espèce de grande taille et enflée. Le col émerge d'une dépression. L'ornementation est composée de basses et rares côtes avec une dernière loge souvent lisse.

Dans le Djebel Meni, elle est fréquente à la base de la formation des marnes bleues où elle est régulièrement présente. Elle atteint 12.67% au sommet de la coupe (DM73).

A Oued Derdoussa, où elle réalise une fréquence de 8.67% (OD50), elle disparaît à partir de OD51.

Ecologie: Elle est bien représentée dans les eaux de fond bien oxygénées (Boersma, 1984) *in* Russo et *al.* 2002) alors que pour Borsetti et *al.* (1986) *in* Russo et *al.* (2002), cette espèce tolère une baisse modérée de l'oxygène dissout dans l'eau.

Sa paléobathymétrie a été estimée à 1000 m dans les sédiments serravalliens de l'île de Tremiti (Russo et *al.*, 2002). Violanti (2005) la compte parmi les espèces profondes.

Cependant, elle n'est bien représentée que dans l'étage bathyal moyen, au Miocène supérieur (Kouwenhoven, 2000).

Genre : *Rectuvigerina* Mathews, 1945.

Description : Le test libre a une trochospire haute. L'agencement des loges est d'abord trisériel évoluant très vite à un enroulement bisériel puis devient unisériel (ce qui distingue ce genre de *Uvigerina*). L'ouverture est portée par un col à collerette.

Rectuvigerina cylindrica cylindrica (D'Orbigny, 1826)

(PL. V, 2)

Synonymie :

1826 - *Clavulina cylindrical* D'Orbigny, p. 268.

1852 - *Clavulina cylindrica* D'Orbigny: Prodrome, p. 194.

1994 - *Rectuvigerina cylindrica* (D'Orbigny) var. *cylindrica* (Thomas): Van De Poel, p.81, pl. II, fig. 5.

2000 - *Uvigerina cylindrica cylindrica* (D'Orbigny): Kouwenhoven, pl.11,fig. 9.

2005 - *Uvigerina (Rectuvigerina) cylindrica cylindrica* (D'Orbigny): Van Hinsbergen et al., pl. III, fig. 18.

Cette espèce est de petite taille. Les premiers stades de croissance sont trisériés mais le test devient rapidement bi- puis unisérié. De fines côtes longitudinales ornent le test.

Le test est plus mince avec une partie unisériée plus longue et l'arrangement unisérié des loges est plus régulier chez les spécimens adultes de *R. cylindrica cylindrica*.

A Oued Derdoussa, elle atteint son optimum (24%) à OD57 (sommet de la formation marnodiatomitique) et disparaît avec le reste de la microfaune benthique à partir de OD62.

A Djebel Meni, elle réalise un fréquence de 18.67% au sommet de la formation marnodiatomitique (DM70).

Ecologie: Elle tolérerait une baisse de l'oxygénation des eaux mais pas l'élévation de la salinité. Elle préfère probablement l'abondance en éléments nutritifs (Van der Zwaan, 1982).

Rectuvigerina cylindrica gaudryinoides (Lipparini, 1932)

(PL. V, 1)

Synonymie :

1932 - *Uvigerina tenuistriata* Reuss var. *gaudryinoides* Lipparini, Giorn. Geol., ser. 2, vol. 7, p. 65, pl. 6, figs. 7, 8.

1959 - *Uvigerina tenuistriata* Reuss, subsp. *gaudryinoides* Lipparini: Dieci, p. 72, pl.6, fig. 8.

1980 - *Uvigerina cylindrica* (D'Orbigny) subsp. *Gaudryinoides* Lipparini: Thomas, pl. 1, figs. 2a, b, c ; pl. 4, figs. 5, 6 ; pl. 5, figs. 2, 4, 7.

1988 - *Rectuvigerina gaudryinoides* (Lipparini): Rezaqi, pl. V, fig. 8.

2000 - *Uvigerina cylindrica gaudryinoides* Lipparini: Kouwenhoven, pl. 11, fig. 10.

Cette forme diffère de *R. cylindrica cylindrica* par la partie unisériée qui occupe moins de la moitié de son test.

A Oued Derdoussa, son fréquence le plus élevé (17.33%) est enregistré à OD57. À partir d'OD62, elle disparaît.

A Djebel Meni, elle totalise 21.33 % au sommet de la formation marno-diatomitique (DM72).

Ecologie : même écologie que *R. cylindrica cylindrica* (Van der Zwaan, 1982).

Super -famille : DISCORBACEA Ehrenberg, 1838

Famille : BAGGINIDAE Cushman, 1927

Sous-famille : BAGGININAE Cushman, 1927

Genre : *Cancris* De Montfort, 1808

Description : Test allongé montrant un contour ovale et lenticulaire en section, périphérie anguleuse à carénée. Les loges ont un accroissement rapide en largeur et s'agencent selon un enroulement trochospiralé évasé. Elles sont séparées par des lignes de sutures déprimées, arquées du côté spirale, presque radiales autour d'un ombilic ouvert. Les parois calcaires hyalines, perforées mais contenant une aire imperforée au dessus de l'ouverture qui se poursuit en forme de large aileron (flap) dans la zone ombilicale. La surface est lisse. L'ouverture est basse, intrio-marginale du côté ombilical, avec un large aileron apertural qui commence à la base de l'aire imperforée et s'étend au-dessus de l'ombilic.

Cancris auriculus (Fichtel et Moll, 1798)

(PL. XIII; 5)

Synonymie :

1798 - *Nautilus auricula* Fichtel and Moll, Testacea Microscopica, p. 108, pl. 20, figs. d-f.

1988 - *Cancris auriculus* (Fichtel et Moll) : Loeblich et Tappan, pl. 591, figs. 1-3.

1989 - *Cancris auriculus* (Fichtel et Moll) : Hulsbos et al., p. 270, pl. 3, fig. 15.

2005 - *Cancris auricula* (Fichtel et Moll) : Van Hinsbergen et *al.*, pl. II, fig. 1.

2007 - *Cancris auriculus* (Fichtel et Moll) : Mojtahid, pl. 6.1, Fig. 10.

Cette espèce présente un test assez large qui la différencie de *C. oblongus*, avec une face ombilicale convexe. Elle a un contour lobé. Les lignes de sutures sont bien marquées et très limbées.

A Djebel Meni, son fréquence optimum (6%) est atteint à DM40. Elle n'a pas été retrouvée à Oued Derdoussa.

Ecologie : Hageman (1979) in Drinia (2009) considère qu'elle tolère des variations de salinité. En Méditerranée actuelle, *C. auriculus* se retrouve depuis la plate-forme jusqu'à l'étage bathyale. Pour Drinia (2009), elle serait indifférente aux facteurs liés à la profondeur. Elle a une légère tolérance à l'hyposalinité des eaux et caractériserait plus les conditions mésotrophiques qu'eutrophiques.

Genre : *Valvulineria* Cushman, 1926

Description : Le test est libre et montre un accroissement progressif des loges et leur enroulement forme une trochospire basse avec un ombilic peu profond.

La paroi calcaire, hyaline a une surface lisse et poreuse.

L'ouverture se situe sur le côté ventral et est partiellement recouverte par un lobe.

Valvulineria bradyana (Fornasini, 1900)

(PL. VII, 13, 14)

Synonymie :

1900 - *Discorbina bradyana* Fornasini, *Mem. Acad. Sci. Bologna*, sér. 5a, vol. 8, p. 393, fig. 43.

1986 - *Valvulineria bradyana* (Fornasini): Belkebir, pl. XVIII, figs. 10 -12.

1993 - *Valvulineria bradyana* (Fornasini): Sgarella et Mocharmont, pl. 18, figs. 1-2.

2005 - *Valvulineria bradyana* (Fornasini): Van Hinsbergen et *al.*, pl. 3, fig. 2.

2009 - *Valvulineria bradyana* (Fornasini): Mojtahid et *al.*, pl. I, figs. 5a, b, c.

Cette espèce est caractérisée par une périphérie subarrondie. La face ombilicale montre des sutures radiales et déprimées. Elles sont légèrement incurvées sur la face spirale. Le test calcaire hyalin a une surface très finement perforée, sauf dans la zone aperturale. L'ouverture est entourée de larges ailerons qui couvrent l'ombilic.

C'est une forme rare. Seuls quelques échantillons l'ont révélée, au sommet des deux coupes.

Ecologie: Elle est caractéristique des vases terrigènes côtières (BLANC-VERNET, 1969) et selon Goineau (2011), cette espèce est typique des environnements sous influence fluviale.

Famille: SPHAERODINIDEA Cushman, 1927

Genre: *Sphaeroidina* D'Orbigny, 1826

Description: Le test libre est pluriloculaire. Les loges globuleuses ont un arrangement rotaloïde.

La paroi calcaire est hyaline. L'ouverture est ronde et comporte une dent.

Sphaeroidina bulloides D'Orbigny, 1826

(PL. XIII; 7, 8)

Synonymie :

1826 - *Sphaeroidina bulloides* D'Orbigny, *Ann. Sci. Nat.* Paris, 7, P ; 267, n°1.

1899 - *Sphaeroidina bulloides* D'Orbigny: Van Marle, pl. II, fig. 2d.

1995 - *Sphaeroidina bulloides* D'Orbigny: Yassini et Jones, pl.160, figs. 936-937.

2003 - *Sphaeroidina bulloides* D'Orbigny: Rögl et Spezzaferri, pl. 6, fig. 24.

2007 - *Sphaeroidina bulloides* D'Orbigny: Oblak, pl.2, figs. 1a-b.

Le test est subglobulaire et involute. Les loges hémisphériques ont un accroissement rapide. Le dernier tour de spire comporte quatre loges. La périphérie est bien arrondie. Les sutures sont superficielles ou légèrement déprimées et à peine visibles. La paroi est calcaire hyaline. La surface est lisse et très finement perforée. L'ouverture étroite, intrio-marginale, est située très près de la jonction des trois dernières loges. Elle est encadrée par une lèvre et comporte une plaque aperturale.

Dans Oued Derdoussa, cette espèce semble cantonnée à la formation des marnes bleues où elle est régulièrement présente mais en faibles proportions. La même observation peut être faite pour Djebel Meni.

Ecologie : Selon Rögl et Spezzaferri (2003), cette espèce a une préférence pour les courants sous-marins froids. Den Dulk et *al.* (1998) la considèrent comme un indicateur d'environnement suboxique. En Méditerranée actuelle, elle est caractéristique des boues circalittorales et bathyales (Sgarrella et Moncharmont Zei, 1993). Linke et Lutze (1993) *in* Debenay et *al.* (1997) la citent parmi les espèces mobiles ayant une capacité à changer d'habitat selon les variations de source de nourriture.

Super-famille : CASSIDULINACEA D'Orbigny, 1839

Famille : CASSIDULINIDAE D'Orbigny, 1839

Sous-famille : CASSIDULININAE D'Orbigny, 1839

Genre : *Cassidulina* D'Orbigny, 1826

Description : Le test libre est complexe avec des loges présentant un arrangement bisérié et enroulées en spirale. La paroi est calcaire, hyaline finement perforée. L'ouverture est allongée, plus ou moins arquée, en étroite fente.

Cassidulina laevigata D'Orbigny 1826

(PL. XIV; 8, 9)

Synonymie:

1826 - *Cassidulina laevigata* D'Orbigny: *Ann. Sci. Nat., Paris, sér. 1, f. 7, p. 282, pl. 15, fig. 4-5, 5bis.*

1974 - *Cassidulina laevigata* D'Orbigny: Margerel, pl. 4, fig. 1.

2003 - *Cassidulina laevigata* D'Orbigny: Murray, figs. 6.8-6.10.

2010 - *Cassidulina laevigata* D'Orbigny: Margreth, p. 114, pl. 25, fig. 4.

2012 - *Cassidulina laevigata* D'Orbigny: Pérez et *al.*, p. 143, fig. 6N.

Cette forme a une bordure subanguleuse. L'ouverture forme un arc étroit qui occupe les 2/3 de la périphérie de la dernière loge. Elle peut être confondue avec *C. carinata* dont elle diffère par l'absence de carène périphérique.

C'est l'espèce du genre la plus fréquente. Elle est l'un des constituants communs à tous les assemblages. A Oued Derdoussa, elle atteint 16.33% à OD27 et disparaît à partir de OD55. A Djebel Meni, elle atteint son plus fort pourcentage (18%) à la base de la formation marno-diatomitique (DM48) et elle disparaît à partir de DM74.

Ecologie: Les cassidulines sont des formes caractéristiques de mer ouverte (Pujos-Lamy, 1984). Selon Blanc-Vernet (1969), *Cassidulina laevigata* dépend principalement de la fraction fine des substrats circalittoraux et bathyaux et affiche une préférence pour les eaux froides et profondes.

El-Houari (1989) la considère comme vasicole. Elle est abondante à partir de 80 m sur le plateau continental algérois.

Mathieu (1986) in Rezqi (1988), l'a récolté à partir de 50 m sur le plateau continental marocain.

Elle serait dépendante de l'apport saisonnier en phytodétritus frais pour maintenir sa population (Alve, 2010).

Super famille : PLEUROSTOMELLACEA Reuss, 1860.

Famille : PLEUROSTOMELLIDAE Reuss, 1860.

Sous famille : PLEUROSTOMELLINAE Reuss, 1860.

Genre : *Pleurostomella* Reuss, 1860.

Description : Test de petite taille, allongé, avec une section circulaire. Les premières loges montrent une alternance de position (forme de tresse) et un arrangement bisérié alors que les dernières loges ont arrangement unisérié. Les sutures déprimées, obliques dans la partie en tresse sont presque horizontales dans la seconde partie. La paroi calcaire est finement perforée, optiquement granulaire avec une surface lisse. L'ouverture terminale montre un côté partiellement obstrué par deux dents triangulaires ou une dent bifide.

Pleurostomella alternans Schwager, 1866.

(Pl. XV, fig. 8)

Synonymie :

1866 - *Pleurostomella alternans* Schwager, Geol. Theil, Bd., Abt., 2, p. 238, pl. 6, figs, 79-80

1982 - *Pleurostomella alternans* Schwager: AGIP SPA, pl. XXXVII, fig. 6.

1990 - *Pleurostomella alternans* Schwager: Boersma, pl. 3, fig. 10.

2005 - *Pleurostomella alternans* Schwager: Popescu et Crihan, pl. 11, figs. 1-2.

2013 - *Pleurostomella alternans* Schwager: Bowden et *al.*, pl. 2, fig. 36.

Le test est allongé. Il est effilé et émoussé à son extrémité apicale. Les loges, de six à dix, ont un accroissement rapide. Elles sont plus hautes que larges et montrent un agencement irrégulier. La dernière loge constitue environ un tiers du test. Le test est trisérié à sa base, dans les formes microsphériques. Sinon, il est bisérié. Les sutures sont bien marquées, profondes dans la dernière partie du test. La paroi est lisse et finement perforée. L'ouverture terminale est une sorte de voûte, située dans une dépression.

Dans les deux coupes, cette espèce fait de brèves apparitions surtout à certains niveaux de la partie inférieure de la Formation marno-diatomitique. Elle atteint son fréquence optimum (10%) à OD50 et 12.33% à DM53.

Ecologie : espèce de l'étage bathyal supérieur à inférieur, se manifestant après les épisodes sapropelliens (Cita et McKenzie 1986 *in* Bellanca et *al.*, 2001).

Super-famille : CHILOSTOMELLACEA Brady, 1881, Barrémien à Holocène.

Famille: GAVELINELLIDAE Hofker, 1956

Sous-famille: GAVELINELLINAE Hofker, 1956

Genre: *Hansenisca* Loeblich & Tappan, 1987

Description : La caractéristique principale de ce genre est un ombilic ouvert entouré par une petite "folia" de loges ombilicales.

Remarque : *Hansenisca soldanii* a été établie comme espèce type du genre *Hansenisca* (Loeblich et Tappan, 1987).

Hansenisca soldanii (D'Orbigny, 1826)

(PL. X; 1, 2, 3)

Synonymie

1826 - *Rotalia soldanii* D'Orbigny, *Ann. Sci. Nat.*, 7, p. 278, n°5.

1985 - *Gyroidina soldanii* (D'Orbigny): Papp and Schmid, 60, Taf. 50, figs. 4–9.

2003 - *Gyroidinoides soldanii* (D'Orbigny): Rögl & Spezzaferri, pl. 8, fig. 4.

2005 - *Gyroidina soldanii* (D'Orbigny): Figueroa et al., p.349, fig. 34.

2007 - *Hansenisca soldanii* (D'Orbigny): Oblak, pl. 5, figs. 1a, b, c.

Le test a un enroulement trochospiralé. Il est composé de trois à quatre tours de spires dont la taille croît graduellement. La face spirale est évolutive et légèrement convexe alors que la face ombilicale est involutive et fortement convexe. La section équatoriale du test est circulaire tandis que la section transversale est conique. Le dernier tour de spire est constitué de 9 à 10 loges à accroissement lent.

Elles ont une forme trapézoïdale sur la face spirale et triangulaire du côté ombilical. Les lignes de sutures sont obliques et déprimées sur la face spirale. Sur la face ombilicale, elles sont droites, radiales et superficielles. L'ombilic est large et profond. La paroi a un aspect lisse. Elle est calcaire hyaline et finement perforée. L'ouverture équatoriale est en petite fente intrio-marginale entourée d'une petite lèvre.

Cette forme citée par plusieurs auteurs sous des appellations différentes semble avoir une large répartition stratigraphique (Anan, 2010).

Elle est constamment présente dans les deux coupes mais ses fréquences les plus élevées sont au niveau de la formation marno-diatomitique avec 7% à OD41 et 8.67% à DM67.

Ecologie : Dans le Sud-Est de l'Océan Indien, elle a été récoltée dans des eaux oligotrophes, froides et oxygénées et influencées par des apports épisodiques de matière organique (Pastor, 2012). Pour Wenger (1987) in Oblak (2007), elle est caractéristique des zones bathyales profondes et abyssales. Elle est même présente au delà de 1800 m et plus commune à des profondeurs dépassant les 550 mètres (Dieci, 1959, in Oblak, 2007).

En mer tyrrhénienne, elle a été signalée dans les sédiments mous à 210 m de profondeur (Cimerman et Langer, 1991, in Oblak, 2007).

Pour Blanc-Vernet (1969), cette forme est caractéristique des vases bathyales.

Sous-famille : GYROIDINOIDINAE Saidova, 1981

Genre : *Gyroidina* d'Orbigny, 1826

Description: Le test libre montre une périphérie arrondie avec un arrangement trochospiralé des loges. La face spirale est plane contrastant avec la face ombilicale beaucoup plus convexe. Les lignes de suture sont radiales à incurvées. La paroi est calcaire, hyaline et perforée. L'ouverture interio-marginale dessine une fente reliant la périphérie à l'ombilic.

Gyroidina altiformis Stewart & Stewart, 1930

(PL. X, 4)

Synonymie:

1930 - *Gyroidina soldanii*, *D'Orbigny var. altiformis* Stewart & Stewart, *J. Pal.*, Menasha, 4 (1): 67, taf. 9, Fig. 2a-c.

1982 - *Gyroidinoides altiformis* (Stewart and Stewart): AGIP SPA, pl. XXXIX, fig. 9.

1987 - *Gyroidinoides altiformis* (Stewart and Stewart): Jorissen, pl. 1, figs. 11-12.

2002 - *Gyroidinoides altiformis* (Stewart and Stewart): Hebib, pl. 6, figs. 4-6.

2014 - *Gyroidina altiformis* (Stewart and Stewart): *World Register of Marine Species*

Cette forme a un test trochospiralée avec une face spirale plane montrant des lignes de sutures obliques. Cette caractéristique permet de la distinguer nettement des autres espèces du genre. Sa face ombilicale est proéminente avec un ombilic peu profond.

Elle est surtout présente dans les marnes bleues en faibles pourcentage (5% au maximum) et dans l'unité inférieure (LI) de la formation marno-diatomitique de Oued Derdoussa. Elle est cependant moins bien représentée à Djebel Meni.

Ecologie : Cette espèce semble surtout profonde. Elle a été signalée au Sud-Ouest de l'océan Atlantique entre 3000 et 3500 m. A cette profondeur, elle fait partie des espèces les mieux représentées dans des conditions de température de 2 à 2,7°C, et de salinité de 34,9‰ et un fréquence d'oxygène dissout de l'ordre de 5.7 ml/l (Hillaire-Marcel et De Vernal, 2007).

Genre : *Hanzawaia* Asano, 1944

Description : Le test fixe est plano-convexe. Les loges s'agencent selon un enroulement trochospiralé. La face spirale est convexe involute montrant des lignes de sutures épaisses et incurvées. La paroi calcaire, hyaline est finement perforée. L'ouverture s'étend, en forme d'arc, de la face spirale jusqu'à la face ombilicale où elle est masquée par l'extension des dernières loges.

Hanzawaia boueana (D'Orbigny, 1846)

(PL. VIII; 4, 5)

Synonymie:

1946 - *Truncatulina boueana* D'Orbigny, *Foram. Foss. Bass. Vienne*, p. 16, pl. 9, figs. 24-26.

1959 - *Cibicides boueanus* (D'Orbigny): Dieci, *Paleont. Ital.*, 54, sér. n°24, P. 97, pl. 8, fig. 7.

1985 - *Cibicides boueanus* (D'Orbigny): Papp and Schmid, 64, Taf. 56, figs. 6 -9.

2007 - *Hanzawaia boueana* (D'Orbigny): Mojtahid, pl. 2-6, figs. 35a-b.

2012 - *Hanzawaia boueana* (D'Orbigny): Pérez et *al.*, p. 143, fig. 6S.

Le test aplati a une trochospire basse et présente un contour arrondi. La face spirale est plane ou légèrement concave et évolutive montrant de larges ailerons. La face ombilicale est convexe et involute.

Les tours de spires ont un accroissement rapide et le dernier tour comporte 8 à 10 loges en forme de croissant. Les trois dernières étant saillantes. Les lignes de sutures sont fortement courbées vers l'arrière et faiblement déprimées. La périphérie a un contour lisse et angulaire. La paroi calcaire hyaline présente une surface lisse. Elle est cependant modérément perforée. L'ouverture intrio-marginale est équatoriale et continue sur la face spirale.

A Djebel Meni, elle est régulièrement présente et atteint son meilleur fréquence (9%) dans la formation marno-diatomitique (DM70). A Oued Derdoussa, elle est surtout présente dans la formation marno-diatomitique où elle atteint les 8% (DO56). Cette forme disparaît à partir de OD59.

Ecologie: Pour Van der Zwaan (1982), c'est une espèce épiphyte. Elle est très tolérante à l'augmentation de la salinité mais pas à l'hypoxie des eaux. Toutefois, les spécimens actuels du genre *Hanzawaia* sont épibenthiques et attachés aux substrats durs. Ils ont été récoltés dans des eaux marines tempérées à chaudes de la palteforme interne (Murray, 1991).

Famille : ORIDORSALIDAE Loeblich & Tappan, 1984

Sous-famille : ORIDORSALINAE Loeblich & Tappan, 1984

Genre : *Oridorsalis* Andersen, 1961

Description: Le test libre est biconvexe avec une périphérie carénée. Les loges ont un enroulement trochospiralé. Elles sont visibles sur la face spirale et séparées par des lignes de sutures incurvées. Sur la face ombilicale, seules celles du dernier tour sont visibles et sont limitées par des lignes de sutures sinueuses. La face spirale comporte des lignes de sutures secondaires. La paroi calcaire montre une structure granuleuse. L'ouverture primaire est interio-marginale. Elle montre une extension de la périphérie à l'ombilic.

Oridorsalis umbonatus (Reuss, 1851)

(PL. X; 10, 13)

Synonymie:

1851 - *Rotalina umbonata* Reuss, *Deutsch. Geol. Ges.*, p. 75, pl. 5, fig. 35.

1973 - *Oridorsalis umbonatus* (Reuss): Pujos-Lamy, pl. IV, fig. 2.

1982 - *Oridorsalis umbonatus* (Reuss): AGIP SPA, pl. XL, fig. 10.

2002 - *Oridorsalis umbonatus* (Reuss): Hebib, pl. 8, fig. 1.

2012 - *Oridorsalis umbonatus* (Reuss): Pérez et *al.*, p. 143, Fig. 6Q.

Le test est inégalement biconvexe avec une convexité plus accentuée du côté spiral. Son contour est aigu et lobulée. Trois tours de spires d'égale largeur composent le test. Le dernier tour est formé de cinq à six loges.

Les sutures sont distinctes et légèrement déprimées. L'ouverture, entourée d'une lèvre est en forme de fente courbée. Elle est située près de la périphérie sur la marge interne de la dernière loge. La région ombilicale montre des masses calcitiques en 'rosette' accumulée au

centre. La face spirale arbore des ouvertures supplémentaires à l'intersection de la suture spirale et des sutures camérales.

A Djebel Meni, elle est se retrouve aussi bien dans la formation des marnes bleues que dans la formation marno-diatomitique. Cependant sa présence est très sporadique et en faibles pourcentages (2.67%).

A Oued Derdoussa, Elle est absente de la formation marno-diatomitique.

Ecologie: cette forme vasicole résiste à l'augmentation de la salinité mais pas à une diminution du fréquence d'oxygène (Van der Zwaan, 1982). Elle est très répandue dans tous les océans à plus de 200 m de profondeur. Dans l'Atlantique Nord, elle a été utilisée pour la reconstitution des paléotempératures des eaux profondes au passage Pliocène-Pléistocène (Pastor, 2102).

Oridorsalis stellatus (Silvestri, 1886)

(PL. X; 11, 14)

Synonymie

1886 - *Truncatulina tenera* Bradyi var. *stellatus* Silvestri

1979 - *Oridorsalis stellatus* (Silvestri) : Hageman, pl.8 , figs. 2a-c.

1982 - *Oridorsalis umbonatus* (Reuss) var. *stellatus* Silvestri : AGIP SPA, pl. XLI, fig. 1.

1986 - *Oridorsalis stellatus* (Silvestri) : Belkebir, pl. XIX, figs. 10-11.

2005 - *Oridorsalis stellatus* (Silvestri) : van Hinsbergen et *al.*, pl. II, fig. 1.

Cette forme se différencie de l'espèce précédente dont elle a été considérée comme une simple sous-espèce, par sa petite taille et une face ombilicale très faiblement (ou pas) ornementée au centre.

A Djebel Meni, sa présence est sporadique et en faibles proportions (2.67% au maximum) et ne se retrouve pas dans la formation marno-diatomitique. A Oued Derdoussa, elle est présente dans la formation des marnes bleues (12% au maximum). Elle disparaît à partir de la base de la formation marno-diatomitique (OD32).

Ecologie : Cette espèce est caractéristique des milieux envasés en mer ouverte (Hageman, 1979). *Oridorsalis spp.* a été liée à la teneur en oxygène élevée et au faible flux de carbone organique (Mackensen et al., 1985; Miao et Thunnell, 1993 in Di Stephano et al., 2010).

Super-famille : NONIONACEA Schultze, 1854

Famille : NONIONIDAE Schultze, 1854

Sous-famille : PULLENIINAE Schwager, 1877

Genre : *Melonis* De Montfort, 1808

Description : Le test libre, involute, a une symétrie bilatérale.

Les loges ont un enroulement trochospiralé au stade jeune et planispiralé au stade adulte.

La paroi est calcaire, hyaline, finement perforée.

L'ouverture interio-marginale est en fente reliant les deux faces.

Melonis barleeanus (Williamson, 1858)

(PL. IV; 1, 2)

Synonymie:

1858 - *Nonionina barleeanus* Williamson, *Rec. Foram. G.B.*, p. 32, pl. 3, figs. 68, 69.

1980 - *Melonis barleeanus* (Williamson): Haake, p. 17, pl. 3, fig. 23.

2002 - *Melonis barleeanus* (Williamson): Hebib, pl. 7, fig. 6.

2007 - *Melonis barleeanus* (Williamson): Griveau, pl. 3, figs. 3a, b, c, d.

2009 - *Melonis barleeanus* (Williamson): Mojtahid et al., pl. III, figs. 34 a, b.

Le test est très comprimé et présente une périphérie arrondie à subangulaire. Des sutures droites ou légèrement courbées, relativement larges. Elles fusionnent au centre du test et forment une aire imperforée autour de l'ombilic. Le nombre de loges par tour de spire est de dix à quatorze.

Le degré d'aplatissement du test semble distinguer les différentes espèces de ce genre. Ainsi *Melonis barleeanus* est plus aplati que d'autres formes du même genre (*M. soldanii* et *M. pompilioides*). Cependant il est difficile de faire la différence entre *M. Barleeanus* et *M. affinis*. Cette espèce montre aussi de grandes similitudes avec *M. padanum* (Agip Spa, 1982).

Régulièrement présente dans les deux coupes, elle atteint son plus forte fréquence (12.33% à Djebel Meni et 5.33% à Oued Derdoussa) à la base de la formation marno-diatomitique.

Ecologie: Le genre *Melonis* est endobenthique et se retrouve sur le fond boueux et vaseux de la plateforme continentale et des zones bathyales. Il est caractéristique des eaux marines froides (température sous 10°C) (Murray, 1991).

Les espèces actuelles se retrouvent dans un intervalle bathymétrique allant de 50 à 4000 m (Rögl et Spezzaferri, 2003) et sont typiques de l'intervalle allant de 1000 à 3000 m (Wenger, 1987 in Oblak, 2007).

L'espèce *M. barleeanus* est principalement vasicole. Elle est abondante dans la vase terrigène côtière et la vase bathyale (Blanc-Vernet, 1969).

C'est une espèce mobile capable de changer d'habitat (Linke et Lutze, 1993). La répartition actuelle de cette espèce suggère qu'elle soit indicatrice d'un grand afflux d'eau froide (Korsum et Polyak, 1989; in Drinia et al., 2008). Elle indiquerait aussi une forte productivité de surface en zone d'upwellings (Caralp, 1984).

Melonis pompilioides (Fichtel et Moll, 1798)

(PL. XIV; 5, 6)

Synonymie:

1798 - *Nautilus pompilioides* Fichtel et Moll, Test. Micro. Arg. Naut., 31, pl. 2, figs. a-c (ELLIS et MESSINA, 1940).

1998 - *Melonis pompilioides* (Fichtel et Moll): Cicha et al., 111, pl. 66, figs. 14-15.

2003 - *Melonis pompilioides* (Fichtel et Moll): Rögl et Spezzaferri, pl. 7, figs. 9-10.

2007 - *Melonis pompilioides* (Fichtel et Moll): Oblak, pl. 3, figs. 2a-b.

2007 - *Melonis pompilioides* (Fichtel et Moll): Griveau, pl. 3, figs. 1a, b.

Le test planispiralé montre un contour circulaire. Il est involute et symétrique avec deux boutons ombilicaux. Le dernier tour de spire se compose de 9 à 10, rarement de 11 loges qui ont un accroissement graduel. Les loges sont basses et triangulaires, vue de profil. Les sutures sont radiales, superficielles, droites à légèrement incurvées vers l'extérieur. Sur les deux côtés, les ombilics sont larges et profonds. La périphérie montre un contour largement arrondi et lisse. La paroi calcaire est grossièrement perforée. La face aperturale est large et

lisse. L'ouverture équatoriale intéro-marginale est bordée d'une lèvre et se prolonge latéralement vers l'ombilic.

A Djebel Meni, cette espèce apparaît sporadiquement en faibles fréquences et disparaît dès DM59. A Oued Derdoussa, elle est beaucoup plus rare.

Ecologie : *M. pompilioides* est l'un des composants principaux des associations mésobathyales de la Mer Méditerranée durant le Néogène. Elle a été recensée aussi dans des sédiments néogènes et récents du Nord-Est Atlantique (Pastor, 2012).

Genre : *Pullenia* Parker et Jones, 1862

Description : Le test libre présente une forme globalement sphérique.

Les loges, peu nombreuses au dernier tour (4 à 5), ont un enroulement planispiralé. Elles sont séparées par des sutures relativement droites. La paroi calcaire, hyaline est très finement perforée. L'ouverture intrio-marginale, en fente courbe, souligne toute la base de la dernière loge.

Pullenia bulloides (D'Orbigny, 1846)

(PL. VIII; 9)

Synonymie:

1846 - *Nonionina bulloides*, D'Orbigny *Foram. Bass. Ter. Vienne*, P. 107, pl. 5, figs. 9-10.

1941 - *Pullenia bulloides* Galloway et Heminway, *Tert. Foram. Porto Rico*, p.360, pl. 15, fig. 4.

1995 - *Pullenia bulloides* (D'Orbigny) : Yassini et Jones, figs. 966–967.

2005 - *Pullenia bulloides* (D'Orbigny): Vénec-Peyré, 214–215, Pl. 35, fig. 2.

2007 - *Pullenia bulloides* (D'Orbigny): Oblak, pl.4, figs. 1a-b.

Cette espèce présente un test involute, globulaire, à enroulement planispiralé. Les tours de spire ont un accroissement lent. Le dernier se compose de quatre loges à, rarement, quatre loges et demie.

Les sutures radiales sont droites et superficielles. La périphérie montre un contour arrondi et lisse. L'ombilic est très étroit.

La paroi calcaire du test est lisse et finement perforée. La face aperturale est basse et large. L'ouverture est située à la base de la dernière loge, reliant les deux ombilics.

A Djebel Meni, cette espèce se retrouve beaucoup plus dans la formation des marnes bleues avec de faibles pourcentages. A Oued Derdoussa, elle n'a pas été récoltée dans la formation marno-diatomitique.

Ecologie: Les représentants du genre *Pullenia* sont endobenthiques et typiques des eaux marines froides de la plateforme externe et de l'étage bathyal (Murray, 1991). Les espèces actuelles se retrouvent jusque vers 5000 m de profondeur et sont fréquentes à partir de 550 m (Dieci, 1959 *in* Oblak, 2007). Sur la côte australienne, elle se retrouve depuis la plateforme continentale externe jusqu'à l'étage bathyal (Yassini et Jones, 1995). En Méditerranée, les espèces de ce genre apparaissent dans les fonds boueux de l'étage circalittoral à bathyal (Sgarrella et Moncharmont Zei, 1993). L'espèce *Pullenia bulloides* a été récoltée dans la vase bathyale de Méditerranée (Blanc-Vernet, 1969). C'est une espèce cosmopolite des grandes profondeurs (Pastor, 2012).

Pullenia quinqueloba (Reuss, 1851)

(PL. VIII; 7, 8)

Synonymie :

1851 - *Nonionina quinqueloba* Reuss, p. 47, pl. 5, fig. 31.

1978 - *Pullenia quinqueloba* (Reuss): Proto Decima et Bolli, p. 795, pl. 4, fig. 9.

1989 - *Pullenia quinqueloba* (Reuss): Hulsbos et *al.*, p. 273, pl. 3, fig. 8.

1993 - *Pullenia quinqueloba* (Reuss) : Anan, p. 316, pl. 3, fig.7.

2006 - *Pullenia quinqueloba* (Reuss) : Cimerman et *al.*, p. 38, pl. 10, figs. 10.

Cette espèce a un test latéralement comprimé, planispiralé et involute. Son contour est légèrement lobé. Elle se caractérise par un dernier tour de spire à 5 ou 6 loges gonflées visibles au dernier tour. La paroi est lisse et finement perforée. Les sutures sont déprimées et droites. Elle a une ouverture basale, en croissant, à symétrie bilatérale, limitée d'une mince bordure. Vue de profil la dernière loge est triangulaire.

Dans les deux coupes, elle a sensiblement la même répartition que l'espèce précédente.

Ecologie : Elle a été signalée dans les sédiments récents, à 3790 m de profondeur, de l'océan Indien sud-oriental et dans le Nord-Ouest Pacifique entre 1100 et 4100 m de profondeur (Pastor, 2012).

Super-famille: PLANORBULINACEA Schwager, 1877

Famille : CIBICIDIDAE Cushman, 1927

Sous-famille: CIBICIDINAE, Cushman, 1927

Genre : *Cibicidoides* Thalmann, 1939

Description : Le test de forme lenticulaire est biconvexe à enroulement trochospiralé. Avec environ deux et demi à trois tours de spires. Dix à onze loges dans le dernier tour. Les sutures sont courbées et limbées sur la face spirale. La face ombilicale montre des sutures presque droites et radiales autour d'un 'umbo' surélevé. La périphérie est angulaire, carénée. La paroi calcaire, grossièrement perforée sur la face spirale. Le côté ombilical est peu ou sans pores. L'ouverture basale, intrio-marginale et en voûte équatoriale, est encadrée par une petite lèvre.

Cibicidoides bradyi (Trauth, 1918)

(PL. II; 5, 6)

Synonymie:

1884 - *Truncatulina dutemplei* (D'Orbigny), Brady, p. 665, pl. 95, fig. 5 (not *Rotalina dutemplei* D'Orbigny, 1846).

1978 - *Cibicides bradyi* (Trauth): Brolsma, p. 129, pl. 4, figs. 1a-2c.

1982 - *Cibicides bradyi* (Trauth): Van der Zwaan, p. 145, pl. 4, figs. 2a-b.

2000 - *Cibicides bradyi* (Trauth): Kouwenhoven, pl. 3, figs. 1a-c.

2005 - *Cibicides bradyi* (Trauth): Van Hinsbergen et *al.*, pl.II, fig.3.

Le test est trochospiralé et montre un contour irrégulier en lobes. Les dernières loges sont souvent enflées.

La face ombilicale convexe est haute, tandis que la face spirale est plane à légèrement concave. Les lignes de sutures sont superficielles à faiblement déprimées. Elles sont radiales du côté ombilical et obliques à légèrement incurvées du côté spiral. La porosité est grossière, particulièrement sur la face spirale. La périphérie est imperforée. L'ouverture est en fente équatoriale étroite, encadrée par une lèvre mince et se prolonge sur la face spirale. Dans nos échantillons, on a observé des spécimens montrant une morphologie intermédiaire entre *C. Bradyi* et *C. robertsonianus*.

Remarque: Griveau (2007) pense que *C. robertsonianus* et *C. bradyi* représentent très probablement une seule espèce à deux stades de croissance différents. *C. bradyi* étant peut-être la forme juvénile de *C. robertsonianus* (Timm, 1992 in Griveau, 2007) et par principe d'antériorité, l'auteur retient le nom de *C. robertsonianus*.

A Oued Derdoussa, *C. bradyi* est faiblement représentée (1.67% au maximum) mais régulièrement présente dans la formation des marnes bleues. Elle disparaît à la base de la formation marno-diatomitique à partir de OD33. Cette forme (*C. bradyi*) n'a pas été retrouvée à Djebel Meni.

Ecologie: Cette espèce vit principalement fixée sur une large variété de substrats (roches, coquilles de mollusque, polychètes, feuilles de *Posidonia*...), mais peut également avoir un mode de vie vagile sur le sédiment (Wollenburg et Mackensen, 1998). Elle est beaucoup plus tolérante à l'augmentation de la salinité que d'autres espèces du même genre (Van der Zwaan, 1982). Elle se retrouve à des profondeurs inférieures à 1000 mètres. Cependant, elle a été parfois récoltée à de plus grandes profondeurs (Phleger et al., 1953 in Griveau, 2007; Wollenburg et Mackensen, 1998).

Cibicoides italicus Di Napoli Alliata, 1952

(PL. II; 15, 16)

Synonymie :

1952 - *Cibicides italicus* Di Napoli Alliata, pp. 1-3. pl. 1, figs. 1-7.

1982 - *Cibicides italicus* Di Napoli: AGIP SPA, pl. LI, fig. 5.

2000 - *Cibicides italicus* Di Napoli Alliata: Kouwenhoven, pl. 3, figs. 2a-c.

2005 - *Cibicides italicus* Di Napoli Alliata: Van Hinsbergen et *al.*, pl.II, fig.8.

2006 - *Cibicides italicus* Di Napoli Alliata : Schweizer, pl. 3, figs. a-h.

Cibicoides italicus a un test hyalin à paroi épaisse. Le côté ombilical s'aplatit au centre alors que la face spirale est fortement convexe et hémisphérique et montre un grand nombre de loges.

La périphérie est arrondie. Les sutures sont imperforées et superficielles et la porosité est grossière du côté spiral.

Dans les deux coupes, cette espèce est très faiblement représentée à la base de la formation des marnes bleues ; 3.33% au maximum à Djebel Meni et 5% à Oued Derdoussa d'où elle disparaît respectivement à partir de DM27 et OD21.

Ecologie : Cette espèce est connue dans les environnements vaseux préférant l'eau stable et profonde (bathyale-abysale) et a une faible tolérance aux variations de la salinité et de l'oxygène (Van der Zwaan, 1982).

Cibicoides kullenbergi Parker, 1953

(PL. II; 11, 12)

Synonymie :

1888 - *Truncatulina mundula* Brady, Parker & Jones, p. 228, pl. 45, figs. 25a-c.

2000 - *Cibicides kullenbergi* Parker: Den Dulk, pl. 6, figs. 4a-c (non 5a-b).

2002 - *Cibicoides mundulus* (Brady, Parker & Jones): Holbourn & Hendersen, figs. 4.1-9.

2005 - *Cibicides kullenbergi* Parker: Van Hinsbergen et *al.*, pl.II, fig. 2.

2007 - *Cibicoides kullenbergi* Parker: Griveau, p. 75, pl.1, figs. 2a-c.

Les spécimens de *C. kullenbergi* sont souvent grands avec un test blanchâtre à parois épaisses et hyalines. La face ombilicale montre un bouton alors que la face spirale est couverte par une masse calcitique qui masque les sutures et les loges. Le test est biconvexe avec les deux côtés également développés, entouré d'une carène périphérique mince et à l'aspect tranchant. Les sutures sont superficielles et, du côté ombilical, sigmoïdales autour du bouton ombilical. Le test montre une porosité grossière sur le côté spiral. On a observé

des intermédiaires morphologiques dans le matériel étudié entre les espèces *C. kullenbergi* et *C. pachydermus*.

A Djebel Meni, cette espèce est régulièrement présente et bien représentée dans toute la formation des marnes bleues.

Sa fréquence diminue dans la formation marno-diatomitique même si c'est là qu'elle marque son optimum (41.33% dans DM50).

A Oued Derdoussa, elle est bien représentée dans la formation des marnes bleues (OD6) où elle atteint son plus grand pourcentage (14.33). Elle n'est plus signalée à partir de OD53.

Ecologie: Cette espèce préfère l'eau profonde dans des conditions marines normales de salinité et d'oxygénation (Van der Zwaan, 1982).

Griveau (2007) l'a récoltée en bas de pente (entre 1600 et 2000 mètres environ; Golf de Gascogne) en milieu mésotrophe. Cette espèce serait plutôt oligotrophe (Woodruff et al., 1980 in Griveau, 2007; Fariduddin et Loubère, 1997).

Cibicoides pachydermus (Rzehak), 1886

(PL. II; 13, 14)

Synonymie:

1884 - *Truncatulina ungeriana* (D'Orbigny): Brady (non D'Orbigny), p. 664, pl. 94, figs. 9a-c.

1886 - *Truncatulina pachydermus* Rzehak, p. 87, pl. 1, figs. 5a-c.

2000 - *Cibicides pachydermus* (Rzehak): Kouwenhoven, pl. 2, figs. 1a-c.

2005 - *Cibicides pachydermus* (Rzehak): Van Hinsbergen et al., pl. I, fig. 8.

2007 - *Cibicides pachydermus* (Rzehak): Griveau, p. 75, pl. 1, figs. 1a-c.

Cette espèce est relativement de moyenne taille. Le test est blanchâtre et opaque. La face spirale est convexe et plus développée que le côté ombilical, faiblement convexe.

Seul le dernier tour de spire est visible du côté spiral. Le profil montre une périphérie subangulaire. Les lignes de sutures sont superficielles sur la face spirale, déprimées et imperforées du côté ombilical. La porosité est grossière sur la face spirale. Dans notre matériel, il est fréquent d'observer des intermédiaires morphologiques entre *C. pachydermus*, *C. pseudoungerianus* et *C. kullenbergi*. Ce phénomène a été déjà signalé par

d'autres auteurs (Van der Zwaan, 1982 et Griveau, 2007). D'ailleurs Griveau (2007) doute de l'existence de *C. pseudoungerianus* en tant qu'espèce à part et la rapproche fortement de *C. kullenbergi* dont elle voit un morphotype.

Par ailleurs, d'après le même auteur, Jones (1994) et Licari et Mackensen (2005) considèrent *C. pseudoungerianus* comme synonyme de *C. pachydermus*.

En Méditerranée, dans les sédiments du Miocène supérieur, les formes sans carène ou très faiblement carénées ont été attribuées à *C. pseudoungerianus* (Van Hinsbergen et al., 2005).

A cause de toute cette confusion, le présent travail traite les deux espèces (*C. pseudoungerianus* et *C. pachydermus* dans un même groupe *C. pachydermus*.

A Oued Derdoussa, cette forme réalise son meilleur fréquence (17.67%) dans la formation marno-diatomitique (OD41). Elle est absente à partir de OD55.

A Djebel Meni, c'est également dans la formation marno-diatomitique qu'elle est la mieux représentée avec 21.67% à DM49. Elle disparaît à partir de DM74.

Ecologie : Cette espèce est connue pour être épibenthique sur un substrat ferme, bien qu'on puisse la retrouver parfois à l'intérieur de la partie la plus superficielle des sédiments (Schmiedl et al., 2000). Elle est retrouvée, parfois, sur le plateau continental, mais en général, elle est présente en haut de pente (200 à 1000 mètres) selon Van Morkhoven et al. (1986). Griveau (2007) l'a récoltée en haut de la pente continentale dans le Golf de Gascogne (500 à 1000 mètres). Cependant, Lutze et Coulbourn (1984) in Griveau (2007) la signalent en bas de pente (sous les 3000 mètres).

Remarque : Griveau (2007) pense que *C. pachydermus* et *C. kullenbergi* sont deux morphotypes d'une même espèce. La premier vit en haut de pente alors que le *C. kullenbergi* vit en bas de pente et aux abysses.

Ainsi, *C. pachydermus* serait mieux adaptée à des milieux mésotrophes et donc aurait un besoin plus important en matière nutritive organique que *C. kullenbergi* (Fontanier et al. 2002; Licari et Mckensen, 2005).

Cibicoides robertsonianus (Brady, 1881)

(PL. II; 7, 8)

Synonymie:

1881 - *Planorbulina robertsoniana* Brady, p. 65.

1884 - *Truncatulina robertsoniana* (Brady), p. 664, pl. 95, figs 4a-c.

2002 - *Cibicoides robertsonianus* (Brady): Holbourn & Hendersen, fig. 4.10-12.

2005 - *Cibicoides robertsonianus* (Brady): Van Hinsbergen et al., pl.II, fig.4.

2007 - *Cibicoides robertsonianus* (Brady): Griveau, p. 75, pl. 1, figs. 5a-c.

Cibicoides robertsonianus est plus grand que *C. bradyi* et a un test inégalement biconvexe avec une périphérie arrondie. La face ombilicale convexe exhibe un large ombilic car les loges du dernier tour ne se rejoignent pas au centre. La face spirale, plus plate, montre toutes les loges et la spirale qu'elles dessinent clairement. Les lignes de sutures de la face spirale sont droites et déprimées alors que celles du côté ombilical sont superficielles. Quatre à cinq tours de spires peuvent être distingués sur la face dorsale et plus de six loges légèrement globulaires sont présentes dans le dernier tour de spire. La porosité est grossière sur la face spirale alors qu'elle est fine sur la face ombilicale.

Dans les échantillons étudiés, il existe des intermédiaires morphologiques entre *C. robertsonianus* et *C. bradyi*. Il a été très difficile de séparer ces deux espèces. Griveau (2007) signale que ces deux morphotypes sont très proches et pense que *C. bradyi* serait une forme juvénile de *C. robertsonianus* ou encore une forme ancestrale. D'ailleurs, La différence principale entre ces deux formes réside dans le nombre de loges que comporte le dernier tour. Il est moins important pour *C. bradyi* en plus de sa petite taille (Schweizer, 2006).

Van Leeuwen (1989) et Verhallen (1991) considèrent ces deux morphotypes comme les représentants d'une même espèce. Cependant, Van Hinsbergen et al. (2005) distingue bien deux formes dans ces illustrations. *C. bradyi*, effectivement de plus petite taille que *C. robertsonianus*, s'en démarque par une porosité plus dense de la paroi. C'est une forme plus compacte et plus arrondie avec des faces plus convexes.

L'ombilic est presque fermé chez *C. bradyi* alors qu'il est large et forme une dépression centrale bien visible chez *C. robertsonianus*.

A Djebel Meni, Cette espèce est faiblement représentée dans les marnes bleues et les tout premiers niveaux de la formation marno-diatomitique. Elle disparaît à partir de DM36.

A Oued Derdoussa, elle ne dépasse pas les 3.67% à la base de la formation des marnes bleues. Elle ne se retrouve plus à partir de OD21.

Ecologie: *C. robertsonianus* est l'espèce ayant le microhabitat le plus profond parmi les espèces du même genre (Griveau, 2007). On peut la retrouver jusqu'à 3 cm de profondeur même si en général, elle se retrouve sous la surface, avec un maximum à 0,5 -1 cm. D'autres auteurs (Corliss, 1991; Fontanier et *al.*, 2002) la décrivent aussi comme endopélique intermédiaire. C'est le cas aussi de *C. bradyi* qui est considérée comme une espèce endopélique intermédiaire (Corliss, 1991) ou transitoire (Rathburn et Corliss, 1994). Ce point commun entre ces deux formes renforce l'hypothèse de ceux qui les considèrent comme appartenant à une seule et même espèce.

Corliss (1985, 1991) suppose que les espèces montrant un test à périphérie arrondie et des pores sur toute la surface (cas pour *C. bradyi* et *C. robertsonianus*) seraient adaptées à de faibles concentrations en O₂ suggérant un microhabitat plus profond.

Cibicoides ungerianus (D'Orbigny, 1846)

(PL. II; 1, 2, 3, 4)

Synonymie:

1846 - *Rotalina ungeriana* D'Orbigny, *Foram. Foss. Bass. Vienne*, P. 157, pl. 8, figs. 16-18.

1982 - *Cibicides ungerianus* (D'Orbigny): Van der Zwaan, *Utrecht*, p. 147, pl. 6, figs. 2a-b.

1989 - *Cibicides ungerianus* (D'Orbigny): Verhallen, p.129, pl. 16, figs. 5-9.

2005 - *Cibicides ungerianus* (D'Orbigny): Van Hinsbergen et *al.* pl.I, fig.6.

2007 - *Cibicoides ungerianus* (D'Orbigny): Griveau, p. 75, pl. 1, figs. 3a-c.

Certains représentants de cette espèce peuvent atteindre une grande taille. Son test a un contour souvent ovale mais peut être circulaire.

La face ombilicale est toujours mieux développée que la face spirale qui reste plane à faiblement convexe avec une périphérie angulaire. Le test hyalin est plutôt mince et transparent. Tous les tours de spire et lignes de sutures sont visibles sur la face spirale. Ces dernières sont superficielles à faiblement déprimées et sont arquées vers l'arrière sur la face

ombilicale. Elles sont simplement superficielles du côté spiral. La porosité est grossière sur la face spirale et plus encore sur la dernière loge de la face ombilicale.

A Oued Derdoussa, elle est constamment présente et souvent en pourcentages importants. Son optimum est réalisé au niveau OD51. Elle disparaît à partir de OD55.

A Djebel Meni, sa plus forte fréquence est de 23.67% à DM60. Elle ne se retrouve plus au-delà de DM75.

Ecologie: Pour Van der Zwaan, 1982 c'est une forme des substrats vaseux en milieux marins ouverts, ne tolérant pas le manque d'oxygène ou l'augmentation de la salinité. Elle est caractéristique des environnements marins froids de la plateforme continentale à l'étage bathyal (Murray, 1991). Pour Rögl et Spezzaferri (2003) c'est un indicateur de bonne oxygénation du milieu.

Cibicoides wuellerstorfi Schwager, 1866.

(PL. II; 9, 10)

Synonymie:

1866 - *Anomalina wuellerstorfi* Schwager, Geol. Theil. Bd.2, Abt. 2, p. 258, pl. 7, fig. 105-107.

1931 - *Planulina wuellerstorfi* (Schwager): Cushman, p.110-111, pl. 19, figs. 5-6.

2000 - *Cibicides wuellerstorfi* (Schwager): Kouwenhoven, pl.2, figs. 3a-c.

2005 - *Cibicides wuellerstorfi* (Schwager): Van Hinsbergen et al., pl. II, fig. 7.

2007 - *Cibicides wuellerstorfi* (Schwager): Griveau, p. 75, pl. 1, figs. 4a-c.

C'est une espèce à part entière (Schweizer, 2009; Griveau, 2007). Elle montre un profil axial plutôt bas avec une face spirale plane où toutes les loges sont visibles. La face ombilicale est convexe mais relativement basse. Le test est latéralement comprimé. Les lignes de sutures sont superficielles à faiblement déprimées et imperforées. Elles ont, sur la face ombilicale, une allure sigmoïdale (très incurvées). Elles restent superficielles sur la face spirale. Les 10 à 12 loges du dernier tour sont larges, courtes, courbées et légèrement enflées. Sur la face spirale, le test porte des pores grossiers tandis que la face ombilicale est finement perforée. L'ouverture intérior marginale est un arc équatorial muni d'une lèvre qui s'étend sur la face spirale.

C. wuellerstorfi peut atteindre de grandes tailles. Les formes juvéniles ont un contour circulaire qui tend à devenir ovale chez les formes adultes.

A Oued Derdoussa, cette espèce est sporadique et de faible fréquence (3% au maximum). Elle n'apparaît plus à partir de OD21.

A Djebel Meni, elle disparaît une première fois au niveau DM32, mais elle réapparaît plus haut dans la coupe (DM68). Ceci est particulier à Djebel Meni par rapport aux autres coupes étudiées sur le pourtour méditerranéen.

Ecologie: Cette espèce est un indicateur bathymétrique de mer profonde (plus de 1000 m) et de faible flux de carbone (Holbourn et Henderson, 2002). Elle a généralement un mode de vie épiphyte (Lutze et Thiel, 1989 *in* Griveau, 2007).

C'est une forme oligotrophe des grands fonds bien oxygénés. Elle aime la matière organique labile et sa composition isotopique suggère qu'elle calcifie près de l'interface eau-sédiment (Griveau, 2007).

Remarque sur l'intérêt paléoécologique des espèces des genres *Cibicides* et *Cibicoides*:

La plupart des espèces appartenant à ces genres sont considérées comme de bons marqueurs bathymétriques des grandes profondeurs (Pflum et Frerichs, 1976 *in* Griveau, 2007; Van der Zwaan, 1999; Van Hinsbergen et al., 2005).

Ce sont aussi de bons indicateurs de zones de faible productivité et donc de faible flux organique (Altenbach et Sarthein, 1989 *in* Griveau, 2007).

Selon Corliss (1985), les *Cibicides* ont un microhabitat épibenthique et la calcification de leur test se fait avec des fréquences de carbone similaires de celles de l'eau de fond (Woodruff et al., 1980; Graham et al., 1981; Zahn et al. 1986 *in* Griveau 2007).

Cette qualité a fait d'eux de bons indicateurs de la composition paléo-isotopique de l'eau de fond. *Cibicoides wuellerstorfi* qu'on retrouve sur des substrats élevés (Lutze et Thiel, 1989; Waelbroeck et al., 2002 *in* Griveau 2007), reste le taxon le plus utilisé.

Les représentants de ce genre sont aussi utilisés dans les études de paléo-thermométrie basées sur le rapport Mg/Ca (Rathburn et de Dekker, 1997).

Dans une étude plus récente (Griveau, 2007) précise que pour les faunes vivantes, 'les différentes espèces de *Cibicides* sont loin d'être identiques dans leur mode de vie et dans

leurs exigences écologiques'. En effet, toutes n'ont pas les mêmes exigences en qualité de la matière organique et en microhabitat d'où la confusion qu'il faut éviter d'introduire en les regroupant en '*Cibicides spp.*', par exemple.

De fait, les espèces habitant en profondeur dans le sédiment ne sont pas inféodées à la surface. Leur signal isotopique est fortement déviant de celui de l'eau de fond (Griveau, 2007).

Super-famille : CHILOSTOMELLACEA Brady, 1881

Famille : HETEROLEPIDAE Gonzáles-Donoso, 1969

Genre : *Anomalinoides* Brotzen, 1942

Description : Test robuste présentant un enroulement trochospiralé bas. La face spirale est partiellement évolutive avec des premiers tours de spires couverts par un umbo central. Les loges sont enflées et des lignes de sutures incurvées et déprimées. Sur la face ombilicale, les lignes de sutures sont déprimées, faiblement incurvées presque droites et radiales autour d'un petit ombilic. La périphérie est plutôt arrondie. La paroi calcaire est optiquement granulaire et grossièrement perforée. L'ouverture intério-marginale est en forme de voûte basse se prolongeant sur la face spirale. Elle est encadrée d'une lèvre étroite.

Anomalinoides helycinus (Costa, 1857)

(PL. VIII; 10, 12)

Synonymie:

1855 – *Nonionina helicana* (Costa), R. Accad. Sci., Mem. Napoli, 2: 123, Taf.1, Fig. 18a-c. (fide Ellis & Messina, 1940 et seq).

1982 - *Anomalinoides helycinus* (Costa): AGIP SPA, pl. XLIX, fig. 9.

1998 - *Anomalinoides helycinus* (Costa): Spezzaferri et al., pl. 2, figs. 3a-b, p. 27.

1990 - *Anomalinoides helycinus* (Costa): Sprovieri & Hasegawa, pl. 2, figs. 7-9, p. 456.

2010 - *Anomalinoides helycinus* (Costa): Di Bella, pl. I, figs. 16-17.

Le côté dorsal de cette espèce est légèrement plus convexe que le côté ventral.

Les nombreuses loges (8-9) sont bien différenciées par des lignes de sutures profondes (deprimées) à l'allure incurvées et limbées. L'ouverture est arquée à la base de la face aperturale. La périphérie montre un contour subanguleux.

A Oued Derdoussa, son optimum (6.33%) est réalisé dans la formation des marnes bleues. Elle ne se rencontre plus à partir de OD41.

A Djebel Meni, elle atteint les 15.67% dans la formation marno-diatomitique (DM50) et disparaît à partir de DM73.

Ecologie : Espèce épiphyte (Drinia et *al.* 2008), *Anomalinoïdes* spp. prospèrent dans des conditions mésotrophiques de la plateforme externe à la zone bathyale (Kouwenhoven, 2000). Pour Di Stephano et *al.*, (2010), *Anomalinoïdes* spp. sont des espèces mésotrophiques qui tolèrent le flux élevé de la matière organique. Pour Violanti (2005), *Anomalinoïdes helycinus* est une espèce de plateforme externe à bathyale.

Genre: *Chilostomella* Reuss, 1849

Description: Test ovoïde à section circulaire, planispiralé et involute avec deux recouvrements par tour de spire. Parois calcaire, optiquement granulaire et finement perforée présentant un aspect lisse. L'ouverture intrio-marginale est en fente étroite équatoriale.

Chilostomella oolina Schwager, 1878

(PL. IX; 4)

Synonymie:

1878 - *Chilostomella oolina* Schwager, *Uff. Geol., Boll.*, vol. 9, p. 527, pl. 1, fig. 16.

1973 - *Chilostomella oolina* Schwager: Pujos-Lamy, pl. IV, fig. 9.

1982 - *Chilostomella oolina* Schwager: AGIP SPA, pl. XLIV, fig. 5.

1990 - *Chilostomella oolina* Schwager: Hasegawa et *al.*, pl. 2, fig. 15.

1995 - *Chilostomella oolina* Schwager: Levy et *al.*, pl. 10, fig. 4.

Le test est ovoïde, de coupe transversale circulaire. La dernière loge couvre presque toutes les autres. La paroi calcaire hyaline a un aspect lisse et elle est finement perforée. L'ouverture intéro-marginale est en fente équatoriale.

Dans le Djebel Meni, cette espèce est régulièrement présente dans les marnes bleues avec un optimum de 5.33% à DM16. Elle reste très sporadique dans la formation marno-diatomitique.

Ecologie : Elle est un indicateur de milieu dysoxique (Drinia et *al.* 2008). Caralp (1984) la signale en forts pourcentages dans les zones d'upwellings. Ces zones sont le siège de prolifération des diatomées et des radiolaires qui constituent, pour elle, une source de matière organique nutritive marine.

Genre : *Heterolepa* Franzenau, 1884

Description : Le test trochospiralé à périphérie subangulaire est planoconvexe à inégalement biconvexe avec une face spirale plus aplatie présentant environ trois tours de spire montrant un accroissement lent des loges. Dix à douze loges quadrangulaires forment le dernier tour de spire. Les sutures sont limbées et obliques. Les loges sont larges et basses et convergent vers un ombilic fermé. Les lignes de sutures sont incurvées et superficielles à faiblement déprimées. Les parois, calcaires granulaires, sont épaisses. La porosité grossière et régulière. L'aspect externe est lisse. L'ouverture basale intéro-marginale en fente sur la face ombilicale s'étend de l'ombilic à la face spirale. Elle est limitée par une lèvre basse.

Heterolepa dutemplei (D'Orbigny, 1846)

(PL. VIII; 1, 2)

Synonymie:

1846 - *Rotalia dutemplei* D'Orbigny, *Foram. Foss. Vienne*, p. 157, pl. 8, figs. 19-21.

2000 - *Cibicides dutemplei* (D'Orbigny): Kouwenhoven, pl.2, figs. 2a-c.

2002 - *Cibicides dutemplei* (D'Orbigny): Hebib, pl. IV, figs. 1-4.

2003 - *Heterolepa dutemplei* (D'Orbigny): Rögl & Spezzaferri, pl. 7, figs. 23–25.

2007 - *Heterolepa dutemplei* (D'Orbigny): Oblak, pl. 4, figs. 2a-c.

Les spécimens récoltés de *Heterolepa dutemplei* sont à parois épaisses, souvent grands et dissymétriques. Le test, biconvexe, a un contour circulaire. Le côté ombilical est fortement convexe avec un bouton ombilical.

La face spirale évolutive est plane à légèrement convexe avec trois à quatre tours de spires évidents. Les loges (de 6 à 9) ont un accroissement lent et ne sont visibles que sur le dernier tour. Elles ont une forme parallélogramme à trapézoïdale sur la face spirale et triangulaire sur la face ombilicale. Les lignes de sutures sont superficielles, en bandes larges et imperforées sur la face spirale, et droites à incurvées vers l'extérieur et légèrement déprimées du côté ombilical. La porosité est grossière sur la face spirale et dessine des triangles du côté ombilical à cause des sutures imperforées qui bordent les loges. La surface est lisse. L'ouverture est bordée par une lèvre. Elle est intério-marginale en fente étroite. Elle s'étend sur la moitié supérieure de la face aperturale et se prolonge sur une courte distance du côté spirale.

Dans les deux coupes, cette espèce est absente de la formation des marnes bleues. Elle est présente en faibles pourcentage (6.67% maximum) dans la formation marno-diatomitique (OD45) et elle n'est plus signalée à partir de OD55.

A Djebel Meni, elle apparaît brusquement à DM65 réalisant un fréquence de 5.67% puis disparaît du reste de la coupe.

Ecologie: Le genre *Heterolepa* est épibenthique. Il est probablement lié aux substrats durs. Il se retrouve dans les eaux marines tempérées à froides du plateau continental à l'étage bathyal (Murray, 1991). C'est un indicateur de bonne oxygénation (Rögl et Spezzaferri, 2003). Les espèces fossiles d'*Heterolepa dutemplei* de la Paratethys centrale indiquent un large éventail bathymétrique avec un optimum dans le sublittoral (Oblak, 2007).

Cette espèce semble tolérante à une certaine variation de la salinité mais dans les limites d'une salinité normale des eaux (Cicha et Zapletalová, 1967 in Oblak, 2007).

Hageman, 1979 et Van Der Zwaan, 1982 la considèrent comme une forme des milieux envasés peu profonds. Elle serait très peu tolérante au déficit des eaux en oxygène et ne supporterait pas l'augmentation de la salinité.

Famille : PLANULINIDAE Bermudez, 1952

Sous-famille : PLANULININAE Bermudez, 1952

Genre : *Planulina* D'Orbigny, 1926

Description : Le test libre est plutôt aplati et presque symétrique et montre, au début, un enroulement trochoïde des loges, puis évolue en vue spirale. Elles sont séparées par d'épaisses lignes de sutures fortement arquées. La paroi est calcaire, hyaline recouverte de fines perforations. L'ouverture est périphérique en fente arquée et bordée d'une mince lèvre.

Planulina ariminensis D'Orbigny, 1826.

(PL. X; 12)

Synonymie:

1826 - *Planulina ariminensis* - D'Orbigny, Ann. Sci. Nat. P. 280, n°1, pl. 14, Fig. 1-3.

1988 - *Planulina ariminensis* D'Orbigny: Rezqi, pl. V, fig. 4.

2005 - *Planulina ariminensis* D'Orbigny: Van Hinsbergen et *al.*, pl.1, fig. 15.

2007 - *Planulina ariminensis* D'Orbigny: Rouchy et *al.*, pl. II, fig. 2.

2012 - *Planulina ariminensis* D'Orbigny: Pérez et *al.*, p. 143, fig. 6K.

Cette espèce est caractérisée par son test comprimé très aplati. Les sutures limbées sont bien incurvées. La face spirale présente de grossières perforations. La périphérie a un contour plat.

Dans les deux coupes, elle réalise son meilleur fréquence au niveau de la formation marno-diatomitique. Avec respectivement (35.33%) à DM59 (Djebel Meni) et (24.67%) à OD41 (Oued Derdoussa).

Ecologie: elle caractériserait la vase bathyale et apparaît dès la base du circalittoral en Méditerranée (Blanc-Vernet, 1969). Pour Debenay et *al.* (1997), elle est aussi épiphyte.

Pour Mathieu (1986) *in* Rezqi (1988), elle serait liée aux sédiments vaseux de la pente et aux faibles températures (inférieures à 13.5°) et salinités (inférieures à 35.7 ‰).

Super-famille : SIPHONINACEA Cushman, 1927

Famille : SIPHONINIDAE Cushman, 1927

Sous-famille : SIPHONININAE Cushman, 1927

Genre : *Siphonina* Reuss, 1850

Description : Test lenticulaire montrant une carène. Il est inégalement biconvexe, trochospiralé, avec un contour circulaire. Les loges en croissant sont larges et basses sur chaque tour de spire. Du côté spiral, les sutures sont obliques alors qu'elles sont radiales et déprimées du côté ombilical. La paroi calcaire, hyaline, montre des perforations. L'ouverture périphérique et béante se situe sur la face ventrale. Elle est portée par un petit col bordé d'une lèvre.

Siphonina reticulata (Czjzek, 1848)

(PL. IX; 7, 8, 9)

Synonymie:

1848 - *Rotalina reticulata* Czjzek, Haidenger's Nat. Abhandl., 2: p. 145, pl. 13, f. 7-8.

1986 - *Siphonina reticulata* (Czjzek): Belkebir, pl. XIX, figs. 4-6.

1988 - *Siphonina reticulata* (Czjzek): Rezqi, pl. VI, fig. 12.

2005 - *Siphonina reticulata* (Czjzek): Van Hinsbergen et al., pl. I, fig. 16.

2012 - *Siphonina reticulata* (Czjzek): Pérez et al., p. 143, fig. 6P.

C'est une forme biconvexe légèrement dissymétrique. Le test calcaire hyalin est grossièrement perforé. Mais cette porosité est plutôt éparse. L'ouverture, circulaire et bordée d'une lèvre recourbée, est portée par un petit col.

A Oued Derdoussa, cette espèce réalise son plus fort pourcentage (10.67%) à la base des marnes bleues (OD1). Elle disparaît à partir de OD21.

A Djebel Meni, Elle atteint un optimum de 12.67% (DM1 et DM3). Elle disparaît à partir de DM28. Mais elle réapparaît au sommet de la coupe à DM68 et DM73. Ce fait est particulier à la coupe de Djebel Meni.

Ecologie : Cette espèce est dominante dans les assemblages du Pliocène inférieur, des sédiments méditerranéens orientaux «non-sapropéliques» (Katz et Thunell, 1984 in Russo et al. 2007). Elle se retrouve dans les sédiments récents du Golfe de Naples (mer tyrrhénienne méridionale) et d'autres secteurs de la mer Méditerranée (Parker, 1958 in Russo et al., 2007; Bizon et Bizon, 1984; Sgarrella et Moncharmont Zei, 1993) de l'infra-littoral jusqu'à l'étage bathyal. Au Miocène moyen et supérieur, sa paléobathymétrie varie du bathyal moyen à inférieur (Bellanca et al., 2002), mais elle est bien représentée dans le bathyal inférieur (Kouwenhoven, 2000).

Pour (Van der Zwaan, 1982) c'est une espèce des environnements marins ouverts ne tolérant pas les fluctuations de salinité et d'oxygénation.

III.5- Sous ordre TEXTULARIINA Delage & Herouard, 1886

Super famille: TEXTULARIACEA Ehrenberg, 1838,

Famille : EGGERELIDAE Cushman, 1937

Sous Famille: EGGERELLINAE Cushman, 1937

Genre : *Karriella* Cushman, 1933

Description : Test libre, allongé, trochospiralé chez la génération mégasphérique et la partie inférieure de la génération microsphérique, allant jusqu'à 5 loges par tour de spire. Tardivement trisériée alors que les formes adultes de la génération microsphérique deviennent bisériées. La paroi est agglutinée. L'ouverture arrondie, située légèrement au dessus de la base de la face aperturale dans la phase trochospiralée. Elle est 'subterminale' chez les formes adultes bisériées et entourée d'une lèvre bien distincte.

Karriella bradyi (Cushman, 1911)

(PL. I; 3)

Synonymie:

1911 - *Gaudryina bradyi* Cushman, p. 67, fig. 107.

1969 - *Karriella bradyi* (Cushman): Martinez, pl. VII, fig. 27.

1982 - *Karriella bradyi* (Cushman): Van der Zwaan, pl. 10, fig. 2-3.

1998 - *Karriella bradyi* (Cushman) : Robertson: p. 26, pl. 4, fig. 1.

2000 - *Karreriella bradyi* (Cushman): Baggley, pl.2, fig. 18.

Le test est robuste et un peu allongé, trochospiralé. Il est fuselé à sa base et devient soudainement très obtus. Trisérié au début, devenant bisérié pour au moins les trois quarts du test à l'âge adulte. La paroi des loges est finement agglutinée. L'ouverture subterminale est ovale et entourée d'une lèvre bien distincte. Elle est située légèrement en arrière de la marge interne de la loge.

Elle se retrouve en faibles pourcentages dans la formation des marnes bleues et elle est bien moins représentée dans la formation marno-diatomitique.

Ecologie: Espèce bathyale à abyssale d'après Blanc -Vernet, (1969), elle serait plutôt fréquente en zone bathyale moyenne (600 à 1000 m) (Barbieri et Panieri, 2004).

Elle a aussi été signalée dans les sédiments de la dorsale médio-océanique atlantique et dans l'Océan Indien (Pastor, 2012).

Genre : *Martinottiella* Cushman, 1933

Description : Test libre, allongé et cylindrique. Enroulement trochospiralé des loges au début avec cinq loges par tour de spire. Le test devient bisérié puis une partie unisériée relativement plus importante. La paroi est finement agglutinée et canaliculée avec une couche organique intérieure. La dernière loge montre une surface supérieure aplatie. L'ouverture terminale en fente droite ou arquée est bien centrée. Elle est portée par un court col tubulaire.

Martinottiella communis (D'Orbigny, 1826)

(PL. I; 15, 16)

Synonymie :

1826 - *Clavulina communis* D'Orbigny, p. 268, text- fig. 4.

1969 - *Martinottiella communis* (D'Orbigny) : Martinez, pl. VIII, fig. 4.

1985 - *Martinottiella communis* (D'Orbigny) : Papp and Schmid, pl. 66, fig. 1-8.

1986 - *Martinottiella communis* (D'Orbigny) : Belkebir, pl. II, fig. 1.

2000 - *Martinottiella communis* (D'Orbigny) : Baggley, pl. III, fig. 24.

Cette espèce est polymorphe. Elle peut avoir un test finement ou grossièrement agglutiné. Souvent bien droit mais parfois courbé surtout à sa base. L'ouverture terminale est en forme d'arc. Elle est portée par un petit col et reste bien centrée.

Globalement, elle est régulièrement présente et mieux représentée dans la formation des marnes bleues que dans la formation marno-diatomitique.

Ecologie : Rezqi (1988), la signale vivante sur la plateforme atlantique marocaine, avec une répartition bathymétrique allant de 120 à 200 mètres.

Famille: TEXTULARIIDAE Ehrenberg, 1838

Sous-famille : TEXTULARIINAE Ehrenberg, 1838

Genre : *Bigenerina* D'Orbigny, 1826

Description : Test allongé avec un stade jeune bisérié devenant unisérié. Parois agglutinées. L'ouverture, basale au stade bisérié, devient terminale ronde et périphérique au stade unisérié.

Bigenerina nodosaria D'Orbigny, 1826

(PL. I; 2)

Synonymie:

1826 - *Bigenerina nodosaria* D'Orbigny, pl. 11, figs. 9-11.

1969 - *Bigenerina nodosaria* D'Orbigny : Martinez, pl. VII, fig.4.

1987 - *Bigenerina nodosaria* D'Orbigny : Jorissen, pl.I, fig.10.

1988 - *Bigenerina nodosaria* D'Orbigny : Rezqi, pl.IV, fig.6.

1997 - *Bigenerina nodosaria* D'Orbigny : Schönfeld, pp. 211-236, pl.I, fig.4.

Cette forme montre une partie inférieure nettement bisériée et aplatie. C'est cette caractéristique qui permet de la différencier des autres espèces du genre.

A Oued Derdoussa, cette espèce se rencontre exclusivement dans la formation des marnes bleues (2.67% à OD14). A Djebel Meni, elle a été rencontrée aussi à la base de la formation marno-diatomitique.

Ecologie : Mathieu, (1986) *in* Rezqi, (1988) la retrouve dans la plate forme atlantique marocaine entre 100 et 200 m où elle vit à des températures inférieures à 15.5° et une salinité inférieure à 36.10 ‰. Blanc-Vernet et *al.* (1983) *in* Rezqi (1988) la signale à l'Ouest de la Gironde entre 75 et 200 m. Sur les côtes catalanes, elle a été récoltée par Venec-Peyré (1984) *in* Rezqi (1988) entre 50 et 90 m.

Genre : *Textularia* Defrance, 1824

Description: Test bisérié, libre, pluriloculaire, conique, plutôt allongé. Parois agglutinées. Ouverture semi-lunaire sur la dernière loge. Lignes de sutures en zigzag.

Textularia aff. sagittula Defrance, 1824

(PL. I; 6)

Synonymie :

1824 - *Textularia sagittula* Defrance *in* Blainville, *Dict. Sci. Nat.*, Vol. XXXII, p. 77.

1980 - *Textularia sagittula* Defrance: Orszag-Sparber, pl. 1, fig. 1.

1982 - *Textularia sagittula* Defrance: AGIP SPA, pl. II, fig. 5.

1987 - *Textularia sagittula* Defrance: Jorissen, pl. III, fig. 12.

1988 - *Textularia sagittula* Defrance: Van Marle, pl. 1, fig. 15.

Plus haute que large, cette forme est finement agglutinée. Elle est épaisse avec une bordure subanguleuse. Elle montre une dernière loge nettement en surplomb du reste du test.

Elle semble plus cantonnée dans la formation des marnes bleues. Et comme toutes les espèces du genre, elle est très rare dans les deux coupes étudiées.

Ecologie: De manière générale, les espèces du genre *Textularia* de Méditerranée sont considérées par BLANC-VERNET (1969) comme caractérisant le circalittoral.

L'espèce *T. sagittula* abonde, de manière générale, dans les sédiments grossiers; sables à Amphioxus, détritique côtier et détritique du large (BLANC-VERNET, 1969).

Famille : VALVULINIDAE Berthelin, 1880

Sous-famille : VALVULININAE, Berthelin, 1880

Genre : *Cylindroclavulina* Bermudez et Key, 1952

Description : Test libre, de grande taille, robuste, cylindrique, un court stade trisérié dans la génération microsphérique avec seulement une première série légèrement arquée mais le stade trisérié reste discret. Le stade unisérié est allongé. Les parois, grossièrement agglutinées, sont très épaisses. L'ouverture arrondie, en position terminale, est portée par un petit col qui s'évase légèrement, avec une petite dent distincte.

Cylindroclavulina rudis (Costa), 1855

(PL. I, 10, 11, 12, 13)

Synonymie :

1855 - *Glandulina rudis* Costa, R. Accad., Sci. Napoli, Mem., vol. 2, p. 142, pl. 1, figs. 12-13.

1973 - *Cylindroclavulina rudis* (Costa) : Yassini, pl. I, fig.1.

1982 - *Cylindroclavulina rudis* (Costa) : AGIP SPA, pl. V, fig. 2.

1988 - *Cylindroclavulina rudis* (Costa) : Rezqi, pl. VI, fig. 15.

1990 - *Cylindroclavulina rudis* (Costa) : Sprovieri et Hazegawa, pl. 1, fig. 3,4.

Cette forme a un test allongé cylindrique, circulaire en section transversale. Il s'élargit graduellement vers le haut. La dernière loge est ainsi la partie la plus large du test. Les loges ne sont pas distinctes dans les formes mégasphériques mais relativement distinctes dans les spécimens microsphériques, plus petites. Le test est trisérié au début, devenant rapidement bisérié et puis unisérié dans les formes adultes. Quand elles sont apparentes, les lignes de sutures sont concaves. La paroi est épaisse et grossièrement agglutinée.

Le test a un aspect lisse et presque entièrement constitué de bolivinides et de globigerines. L'ouverture terminale est située à l'extrémité d'un cou court avec une collerette dentelée et porte une petite dent.

A Oued Derdoussa cette espèce est régulièrement présente dans la formation des marnes bleues et à la base de la formation marno-diatomitique.

La même observation peut être faite au niveau de Djebel Meni où elle atteint son optimum (18.67% en DM41), sauf qu'elle réapparaît au sommet de la formation marno-diatomitique ((7.67% en DM64).

Ecologie : espèce typique de l'étage bathyal (Popescu et Crihan, 2000).

IV – CONCLUSION

L'analyse microfaunistique des deux coupes a permis d'identifier 197 espèces. Ainsi, 174 espèces réparties sur 70 genres ont été recensées au niveau de Oued Derdoussa. Les formes à test calcaire hyalin sont les plus nombreuses (158). Onze espèces sont à test agglutiné (*Bigenerina agglutinans*, *B. nodosaria*, *Textularia sagittula*, *Sigmoilopsis schlumbergeri*, *Ramulina globulifera*, *Karrieriella bradyi*, *Eggerella bradyi*, *Cylindroclaviluna rudis*, *Martinotiella communis*, *Martinotiella perparva*, *Vulvulina pennatula*).

Une seule espèce à test porcelané (*Spirosigmoilina tenuis*) a été récoltée, alors que cinq autres ont été laissées en nomenclature ouverte (*Dentalina* sp.1, *D.* sp.2, *Fissurina* sp., *Pullenia* sp. et *Stilostomella* sp.).

La coupe de Djebel Meni, a fourni 160 espèces regroupées en 70 genres. La plupart des spécimens ont été déterminées sur le plan générique et spécifique. Six seulement ont été laissées en nomenclature ouverte. Il s'agit de *Epistominella* sp., *Hopkinsina* sp., *Plectofrondicularia* sp., *Tritaxia* sp., *Uvigerina* sp, *Vaginulina* sp., *Vaginulinopsis* sp. (tableau de comptage en annexe). Leur nombre insignifiant et le caractère très sporadique de leur apparition incite à les écarter de toute analyse paléoécologiques.

Les espèces agglutinées sont au nombre de 14 : *Tritaxia* sp., *Textularia* aff. *Conica*, *Textularia* aff. *sagittula*, *Textularia* aff. *gramen*, *Spiroplectammina wrighti*, *Sigmoilopsis schlumbergeri*, *Ramulina globulifera*, *Karrieriella bradyi*, *Eggerella bradyi*, *Dorothia gibbosa*, *Cylindroclaviluna rudis*, *Martinotiella communis* et *M. perparva*.

Une seule espèce à test calcaire porcelanée a été récoltée; *Spirosigmoilina tenuis* alors que les espèces calcaires hyalines sont les plus abondantes avec 140 représentants.

CHAPITRE 4 - ETUDE BIO-EVENEMENTIELLE

I - INTRODUCTION

II - COUPE DE OUED DERDOUSSA

III - COUPE DE DJEBEL MENI

IV - DISCUSSION

I - INTRODUCTION

Les études récentes (Kouwenhoven et al., 1999; Seidenkrantz et al., 2000; Drinia et al., 2007; Di Stephano et al., 2010; Lozar et al., 2010) tendent à prouver que la dispersion et la distribution qualitative et/ou quantitative des foraminifères benthiques reflètent aussi les grands mouvements courantologiques de la Méditerranée. Ces mouvements dépendent de facteurs géographiques, climatiques et géomorphologiques.

Le but de ce chapitre est double :

- (1) Présenter un cadre bio-événementiel des foraminifères benthiques du Tortonien supérieur jusqu' au début du dépôt de gypse.
- (2) Corréler ces données à celles identifiées en d'autres lieux du bassin méditerranéen. Cette comparaison permettra d'examiner le potentiel de corrélation des bio-événements reconnus et d'estimer ainsi l'importance des fluctuations paléo-hydrologiques.

II - COUPE DE OUED DERDOUSSA

Sur les 69 échantillons prélevés, les huit derniers n'ont pas livré de microfaune calcaire. Toutefois, ils contiennent une microfaune siliceuse, composée essentiellement de radiolaires.

Les différents prélèvements ont révélé 174 espèces de foraminifères benthiques inégalement réparties. L'analyse de leur répartition verticale révèle plusieurs coupures paléontologiques qualifiées de bio-événements numérotés de 1 à 6.

Les causes probables ayant conduit à ces coupures seront discutées dans le chapitre suivant.

Bio-événement 1 - La base de la coupe (Fig. 14) se distingue par la disparition progressive et concomitante de cinq taxons (*Siphonina reticulata*, *Uvigerina proboscidae*, *Cibicidoides italicus*, *C. robertsonianus* et *C. wuellerstorfi*) qui signent en même temps leur dernière présence (LO), trois mètres (3 m) environ au-dessus de la limite tortono-messinienne.

Ce bio-événement est daté de -6,9 Ma (section de Trave, Italie centrale) par Di Stephano et al. (2010) et de -7,17 Ma (coupe de Metochia, île de Gavdos; Grèce) par Seidenkrantz et al.

(2000). Dans les coupes de Monte Del Casino (Italie du Nord) et Metochia (île de Gavdos; Grèce), Kouwenhoven et al. (1999) datent la limite de disparition des taxons (*Siphonina reticulata*, *Cibicoides italicus*, *C. wuellerstorfi*, *Uvigerina proboscidae*) de -7,17 Ma. Cette limite est datée de -7,167 dans la coupe de Pissouri (Chypre) par Kouwenhoven et al. (2006). Cette modification, nettement exprimée dans la composition des assemblages de foraminifères benthiques, définit la transition à l'intervalle 2 de Kouwenhoven et al. (2006). Les taxons d'eau profonde, en mer ouverte, disparaissent totalement (notamment *Siphonina reticulata*, *Cibicoides italicus*, *C. robertsonianus*, *Uvigerina proboscidea*). Cet événement peut être corrélé dans toute la Méditerranée centrale et orientale et se produit à -7,167 Ma (Kouwenhoven et al., 1999; 2003 ; Seidenkrantz et al., 2000).

Bio-événement 2 - A un mètre plus haut, *Cibicoides bradyi*, marque sa dernière présence régulière. Ce bio-événement observé en Italie du nord (coupe de Monte Del Casino) par Kouwenhoven et al. (1999) et en Grèce (coupe de Metochia) par Seidenkrantz et al. (2000), est daté de -7,12 Ma, alors qu'il est plus récent (-6,9 Ma), en Italie centrale (coupe de Trave, Di Stephano et al., 2010).

Bio-événement 3 - A Oued Derdoussa, *Oridorsalis* spp. semblent absentes juste après la dernière présence régulière de *Cibicoides bradyi*. Ce même événement est observé en Grèce (coupe de Metochia) par Seidenkrantz et al. (2000) où *Oridorsalis* spp. marquent leur dernière présence régulière à -7,08 Ma, alors qu'il s'avère plus précoce dans la coupe de Trave (Di Stephano et al., 2010). Toutefois, il faut prendre en compte le hiatus sédimentaire existant entre -7,18 et -7,08 Ma dans cette dernière coupe. De même, ce bio-événement ne semble pas se produire ailleurs (Monte Del Casino et la coupe de Pissouri).

A noter, que selon que l'on considère la dernière présence régulière (late common occurrence, LCO) ou la dernière présence (LO) de ce taxon, les âges absolus obtenus diffèrent. Aussi, il serait plus juste de dire que *Cibicoides bradyi* disparaît, du bassin méditerranéen, dans un intervalle de temps allant de -7,18 à -6,9 Ma.

Bio-événement 4 - La dernière présence régulière de *Bolivina scalprata miocenica* se produit dans les coupes de Monte Del Casino (Italie du Nord), Metochia (île de Gavdos), Pissouri

(Chypre) et Trave (Italie centrale). Elles sont datées respectivement à -6,9 Ma, -7,00 Ma, et -6,8 Ma.

Bio-événement 5 - La dernière présence ou la forte diminution des fréquences de *Anomalinoïdes* spp., *Planulina ariminensis*, *Gyroidina* spp., *Cibicidoides kullenbergi*, *C. pachydermus*, *C. ungerianus*, *Melonis* spp., *Cassidulina laevigata* se situe dans un intervalle de temps restreint. Leur disparition est enregistrée dans toutes les coupes mais sans aucun ordre précis. En se référant aux travaux cités on peut avancer un âge de -6,8 à -6,7 Ma.

Bio-événement 6 - La dernière présence des taxons *Brizalina* gr. *dilatata*, *Bulimina* gr. *aculeata* et *Rectuvigerina* spp. qui dominent dans les tous derniers échantillons est un bio-événement important reconnu sur tout le pourtour méditerranéen. Il est daté de -6,32 Ma (Kouwenhoven et al., 1999; Di Stephano et al. 2010).

A signaler, que cette disparition semble concerner, également, toute la microfaune calcaire.

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

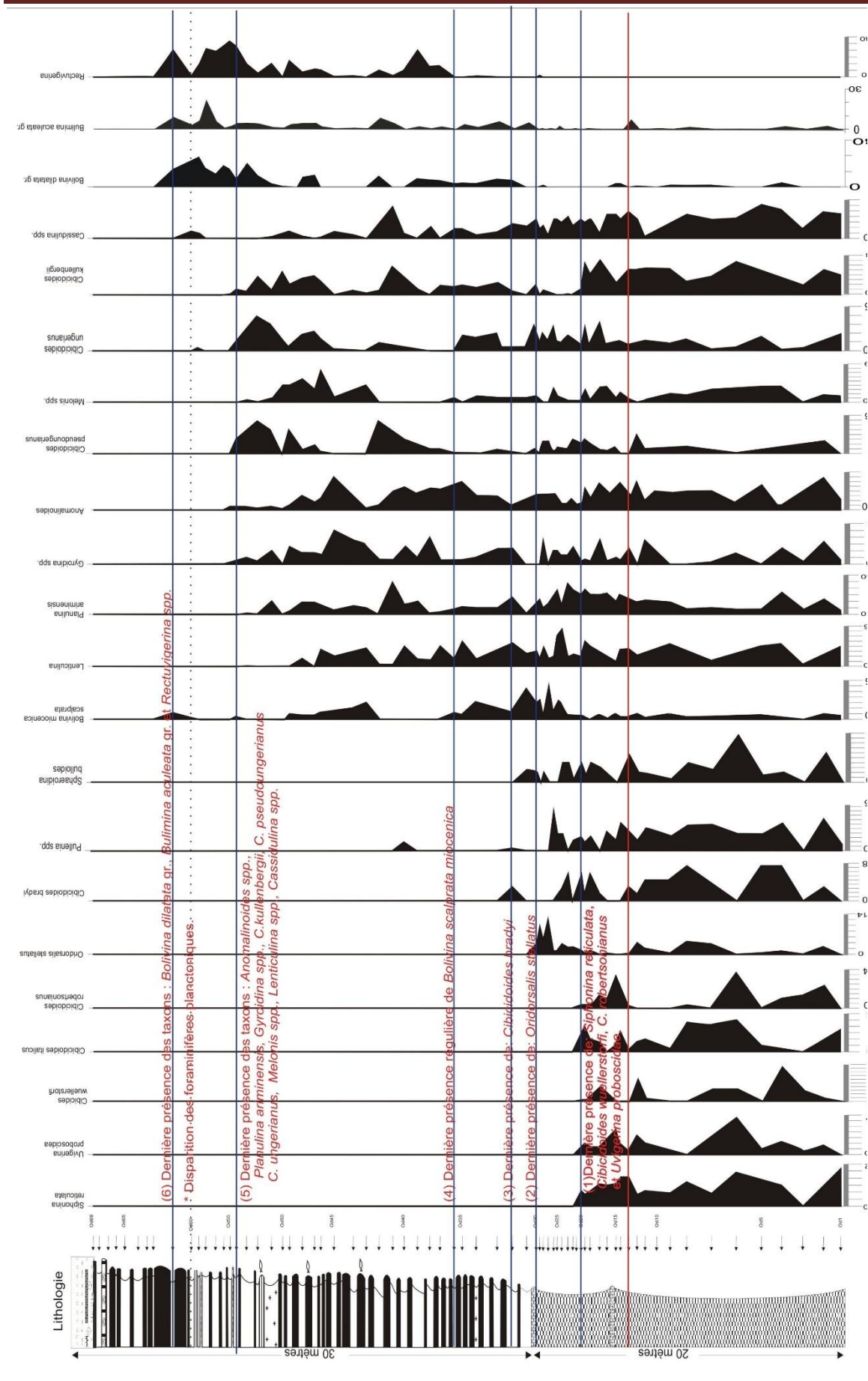


Fig. 14 : répartition des foraminifères benthiques (en pour-cent) et position stratigraphique des différents bio-événements

III - COUPE DE DJEBEL MENI

Sur les 118 échantillons initialement traités, seuls 78 ont été retenus. Les prélèvements écartés sont soit stériles en foraminifères (sommet de la coupe) ou contenant des individus fortement recristallisés et indéterminables (dans les marnes bleues). Ainsi 160 espèces ont été recensées. Elles sont réparties, verticalement, de manière différentielle (Fig. 15). Dans cette coupe cinq bio-événements ont été recensés.

La base de la coupe présente une grande similitude avec celle de Oued Derdoussa. Ainsi, on enregistre la disparition de *Siphonina reticulata*, *Cibicoides robertsonianus*, *C. italicus*, *Cibicides wuellerstorfi* et *Uvigerina proboscidae* dans le même intervalle, à environ 8 mètres au-dessus de la limite tortono-messinienne, au niveau Dm27.

- *C. Bradyi* signe sa dernière présence à Dm35.

- *Bolivina scalprata miocenica* disparaît, légèrement plus haut (Dm40) et réapparaît très discrètement au sommet de la coupe (Dm73).

- *Oridorsalis stellatus* est régulièrement présente, même si c'est en très faible pourcentage (2.75% au maximum), dans cet intervalle puis disparaît au sommet. Elle réapparaît, ultérieurement mais de façon sporadique, dans la partie médiane de la coupe. Ce phénomène n'est pas observé au niveau de Oued Derdoussa.

- *Cibicoides kullenbergi* est régulièrement présente, avec une importante fréquence, dans la même tranche de prolifération des espèces précitées. Sa fréquence diminue sensiblement dans la partie médiane de la coupe (sauf en de rares occasions).

- *Cibicoides pachydermus*, *C. ungerianus*; *Gyroidina* spp., *Planulina ariminensis*, *Cassidulina laevigata*, *Anomalinoidea* spp., *Lenticulina* spp., *Uvigerina peregrina*, *Cibicoides kullenbergi* et *Hanzawaia boueana*, sont concentrées dans la partie médiane de la coupe. Toute cette population disparaît ou se réduit fortement à partir de Dm74.

Les derniers niveaux (à partir de Dm74) sont dominés, par les Bolivinidae (*Brizalina dilatata*, *B. dentellata*, *B. tortuosa*, *Brizalina spathulata*), les Buliminidae (*Bulimina aculeata*, *B. elongata*, *B. subulat* et *B. echinata*), *Rectuvigerina cylindrica* et *R. gaudryinoides*.

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

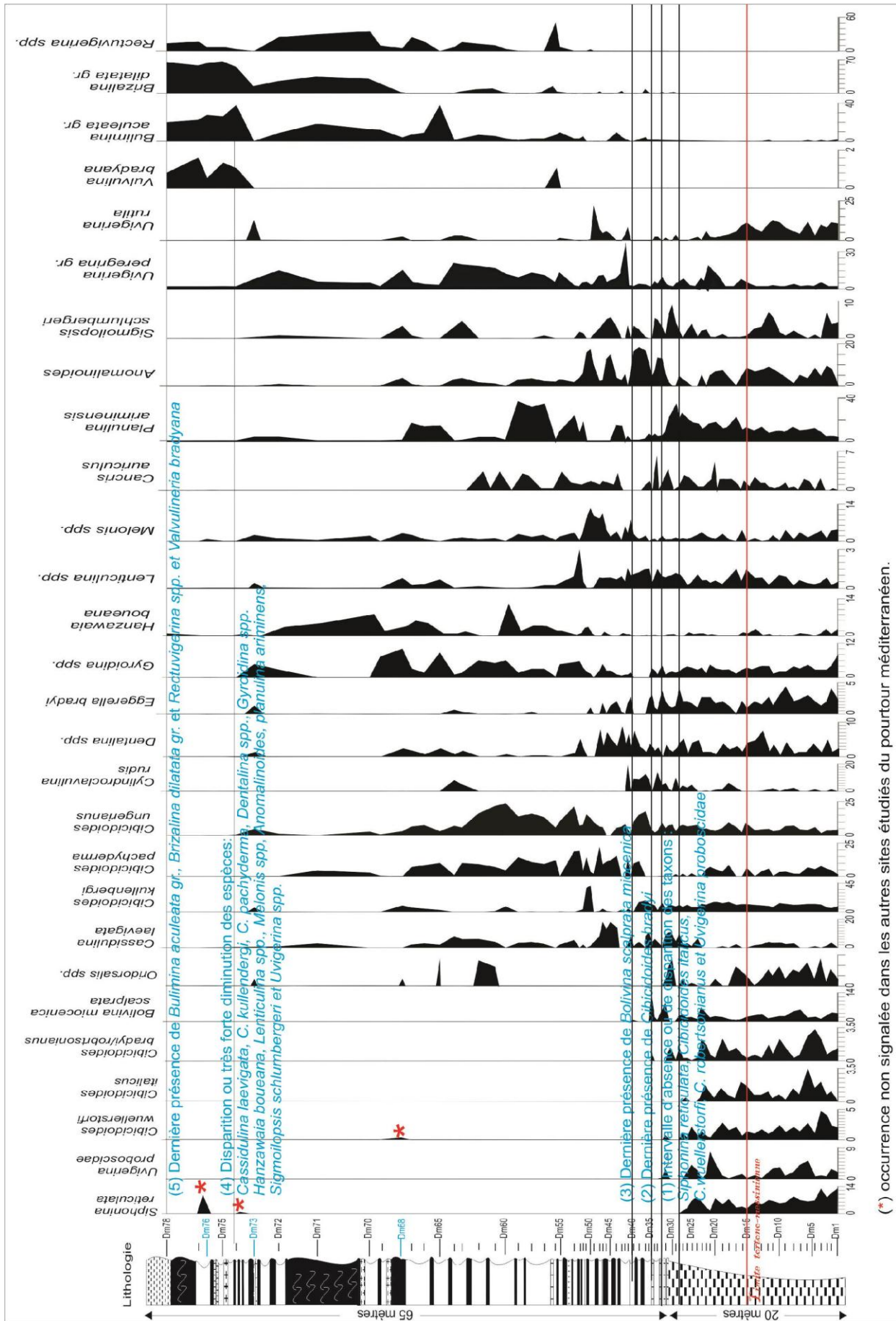


Fig. 15 : répartition verticale des foraminifères benthiques les mieux représentés à Djebel Meni.

Il faut aussi signaler l'espèce *Valvulineria bradyana* qui ne se retrouve qu'en cette partie de la coupe.

Les espèces du genre *Melonis* sont présentes pratiquement le long de la coupe et ne disparaissent qu'à la fin de la partie supérieure.

Uvigerina gr. *rutila* qui comprend les différents spécimens allant de *U. semiornata* s.s. à *U. rutila* s.s. semble proliférer dans la partie basale de la série où elle est régulièrement présente. Son importance diminue sensiblement à partir de la base de la formation marno-diatomitique sauf en de rares cas (21% à Dm49 et 12,67% à Dm73).

La coupe de Djebel Meni est caractérisée par l'évolution particulière de certains taxons. C'est le cas de *Cylindroclavulina rudis* qui reste régulièrement présente dans les 42 échantillons de la base et qui est absente dans le reste de la coupe (sauf en Dm73).

Dentalina spp., *Sigmoilopsis schlumbergeri* et *Eggerella bradyi* sont régulièrement présentes en faibles quantités dans les 55 premiers échantillons. Au dessus, leur fréquence diminue et leur présence devient irrégulière.

Mais la singularité de la coupe de Djebel Meni qui la différencie de toutes les coupes méditerranéennes, y compris de celle de Oued Derdoussa, c'est la présence de *Siphonina reticulata*, *Cibicidoides wuellerstorfi* ainsi que *C. robertsonianus* dans certains niveaux supérieurs (Dm68, Dm73 et Dm75).

IV - DISCUSSION

L'analyse verticale de la paléobiodiversité des foraminifères benthiques des coupes étudiées montre des faits similaires pouvant se résumer comme suit:

- absence, légèrement au dessus de la limite tortono-messinienne et dans un ordre identique, des taxons suivant: *Siphonina reticulata*, *Cibicidoides wuellerstorfi*, *C. italicus*, *C. robertsonianus*, *Uvigerina proboscidae* et un peu plus tard *Cibicidoides bradyi*, *Bolivina scalprata miocenica*.
- présence des taxons (*Cibicidoides pachydermus*, *C. ungerianus*, *Gyroidina* spp., *Planulina ariminensis*, *Cassidulina laevigata*, *Anomalinoidea* spp., *Lenticulina* spp., *Uvigerina* gr. *peregrina* et *Cibicidoides kullenbergi*), aussi bien dans la partie basale (marnes bleues) que

dans la partie médiane (intercallations marneuses de la formation marno-diatomitique) des deux coupes.

- certaines espèces semblent avoir la même évolution verticale dans les deux coupes. Il s'agit de *Cibicoides gr. kullenbergi* qui montre une présence régulière avec une fréquence élevée, dans la partie basale, qui diminue nettement dans les parties médianes et supérieures. En même temps, *Cibicoides pachydermus* présente un schéma inverse avec une faible fréquence à la base et un développement dans la partie médiane. Ce fait est également signalé dans d'autres sites du pourtour méditerranéen (Kouwenhoven et al., 1999, 2003; Seidenkrantz et al., 2000).

- les derniers niveaux du sommet des coupes étudiées sont dominés par les mêmes taxons (*Brizalina gr. dilatata*, *Bulimina gr. aculeata* et *Rectuvigerina* spp.). Ce groupe taxonomique est désigné par Kouwenhoven et al. (2003 et 2006) sous l'expression 'Espèces liées au stress' (commun stress taxa).

- chaque coupe s'individualise par l'évolution d'un certain nombre de taxons, comme pour les autres coupes du bassin méditerranéen.

- les taxons épiphytes (*Rosalina* spp., *Discorbis* spp., *Cibicides lobatulus*, *Elphidium* spp.) sont très rares ou absents contrairement à ce qui a été signalé dans la plupart des coupes de Méditerranée (notamment la coupe de Pissouri à Chypre).

- disparition au sommet des deux coupes de la microfaune benthique. Ce fait est attesté à l'échelle de la Méditerranée mais ne semble pas synchrone.

La partie sommitale de la formation marno-diatomitique de Djebel Meni se distingue de celle de Oued Derdoussa et aussi des autres coupes du bassin méditerranéen par les faits suivants:

- réapparition de *Siphonina reticulata* au sommet de la coupe (Dm68, Dm73 et Dm75);
- réapparition de *Cibicoides robertsonianus* au sommet de la coupe (Dm73);
- réapparition de *Cibicoides wuellerstorfi* (Dm68).

Cette particularité de la coupe de Djebel Meni semble contredire les auteurs (Wright, 1980; Sprovieri et Hasegawa, 1990 in Kouwenhoven et al. 2003; Iaccarino et al. 1999) qui généralisent l'absence de ces taxons à l'échelle de la Méditerranée depuis le début du Messinien inférieur (à -7,17 Ma) jusqu'au Pliocène.

En conclusion, à partir des résultats des coupes étudiées et de ceux des auteurs (Kouwenhoven et al., 1999, 2003, 2006; Seidenkrantz et al., 2000; Drinia et al., 2007; Di Stephano et al., 2010), une tendance générale de la microfaune benthique du pourtour méditerranéen se dessine.

Ainsi, pendant le Tortonien supérieur et le Messinien inférieur, des variations dans les abondances et les compositions de groupes écologiques de foraminifères benthiques se sont produites et semblent être synchrones. Ainsi, la disparition du groupe «d'espèces Oxyphiles» (*Siphonina reticulata*, *Cibicidoides wuellerstorfi*, *C. italicus*, *C. robertsonianus*, *Uvigerina proboscidae*) (Kouwenhoven et al., 2003) semble s'opérer aux environs de -7,17 Ma pour toutes les coupes profondes (Monte Gibliscemi, Monte del Casino, et Metochia et Gavdos) à l'exception de la coupe de Trave (Di Stephano et al., 2010).

La singularité de la coupe de Trave semble liée au hiatus sédimentaire existant entre -7,18 à -7,08 Ma. Il serait donc préférable et plus prudent de se référer seulement aux datations établies dans les coupes complètes du pourtour méditerranéen.

La diminution et les différentes oscillations dans le groupe «d'espèces d'équilibre» ou «transitionnelles» (*Cibicidoides pachydermus*, *C. ungerianus*, *Gyroidina* spp., *Planulina ariminensis*, *Cassidulina laevigata*, *Anomalinoidea* spp., *Lenticulina* spp., *Uvigerina* gr. *peregrina* et *Cibicidoides kullenbergi*) (Kouwenhoven et al., 2003, 2006) s'expliquerait par le contexte géologique local de chaque coupe (subsidence, fréquence d'apports en nutriments, etc...). Mais, en général, tous ces taxons disparaissent ou diminuent fortement (vers -6,8 / -6,7 Ma) du pourtour méditerranéen (Kouwenhoven et al., 2003, 2006).

Il est difficile de dater le début de la prédominance des espèces qualifiées de «commun stress taxa» ou espèces liées au stress (*Rectuvigerina* spp., *Bulimina aculeata*, *B. subulata*, *B. elongata*, *Brizalina* gr. *dilatata*) (Kouwenhoven et al., 2003, 2006), néanmoins elles diminuent fortement à partir de -6,4 et disparaissent vers -5,9 Ma (Kouwenhoven et al., 2006).

Ce dernier évènement paléobiologique, précédant le dépôt du gypse semble concerner l'ensemble des bassins périméditerranéens (Fig. 16).

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

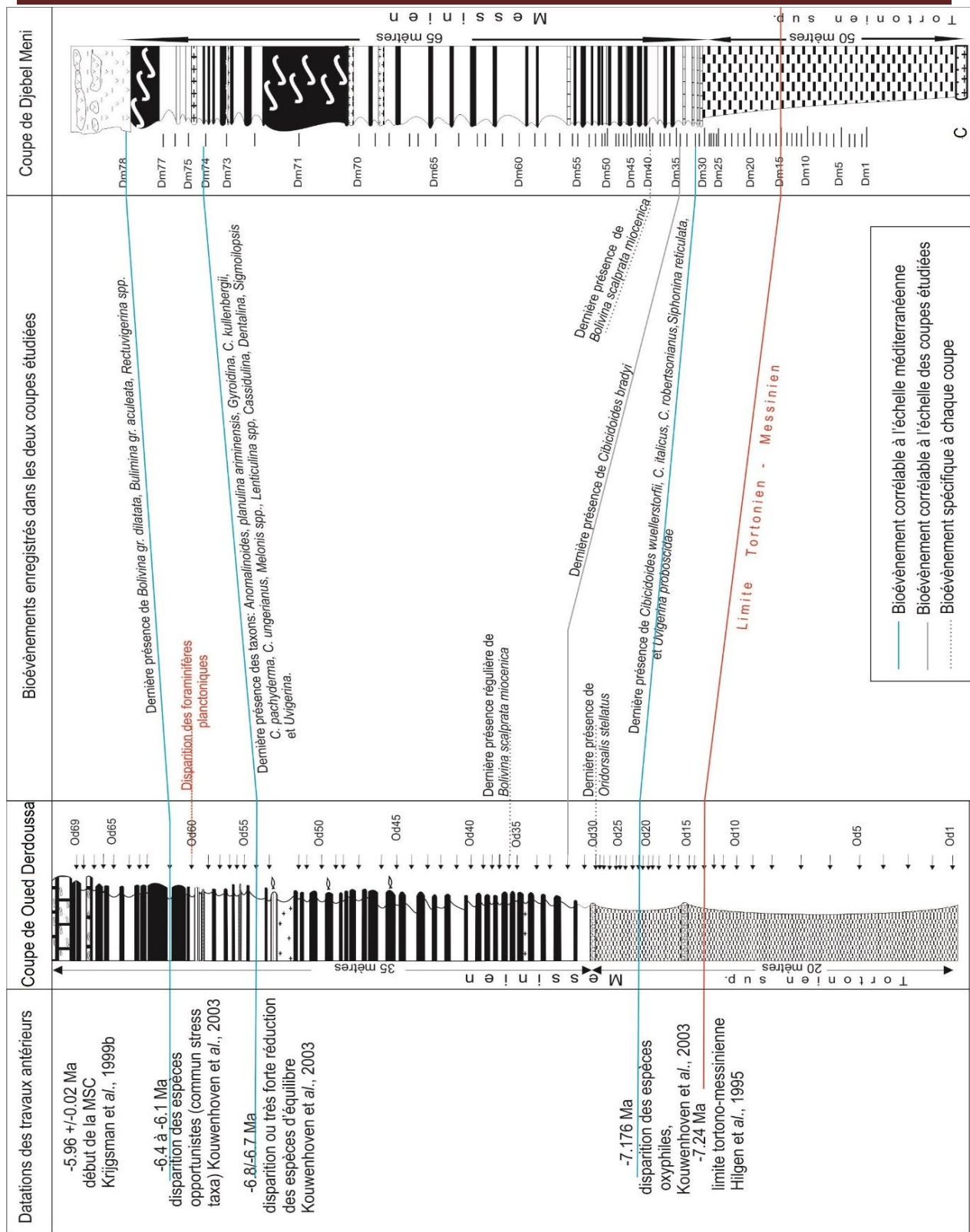


Fig. 16 : Bio-événements enregistrés dans les coupes étudiées et cadre chronologique méditerranéen.

CHAPITRE 5 - ANALYSE DES DONNEES PALEONTOLOGIQUES

I - INTRODUCTION /CADRE THEORIQUE GENERAL

I.1 - Evaluation paléobathymétrique

I.2 - Evaluation de l'oxygénation des eaux

I.3 - Evaluation de la stabilité du milieu (Indice Schanon-Waever et indice d'équitabilité)

II - COUPE DE OUED DERDOUSSA

II.1 - Evaluation de la paléobathymétrie

II.2 - Evaluation de l'oxygénation des eaux

II.3 - Evaluation de la stabilité du milieu

II.3.1 - Diversité spécifique (H) ou indice Shannon-Waever

II.3.2 - Indice d'équitabilité (E)

II.3.3 - Evolution du nombre d'espèces de foraminifères benthiques

III - COUPE DE DJEBEL MENI

III.1 - Evaluation de la paléobathymetrie

III.2 - Evaluation de l'oxygénation des eaux

III.3 - Evaluation de la stabilité du milieu

III.3.1 - Diversité spécifique (H) ou indice Shannon-Waever

III.3.2 - Indice d'équitabilité (E)

III.3.3 - Evolution du nombre d'espèces de foraminifères benthiques

IV - ANALYSE STATISTIQUE

IV.1 - Généralités

IV.2 - L'Analyse Factorielle des Correspondances (Oued Derdoussa)

IV.3 - Analyse Ascendante Hiérarchique (Oued Derdoussa)

IV.4 - Implications Paléoenvironnementales

IV.5 - Discussion et Conclusion

IV.6 - L'Analyse Factorielle des Correspondances (Djebel Meni)

IV.7 - Analyse Ascendante Hiérarchique (Djebel Meni)

IV.8 - Implications Paléoenvironnementales

IV. 9 - Discussion et Conclusion

V - DISCUSSION GENERALE

VI - CONCLUSION GENERALE ET MODELE INTERPRETATIF

I - INTRODUCTION / CADRE THEORIQUE GENERAL

Les foraminifères benthiques se sont développés pendant le Cambrien en tant qu'élément de l'écosystème marin. Depuis, ils se sont diversifiés et sont présents dans presque tous les environnements marins. Leur présence et leur abondance au-dessus de la CCD les rangent parmi les marqueurs les plus efficaces pour reconstituer les événements affectant les paléo-environnements (Kouwenhoven, 2000).

La plupart des espèces de foraminifères benthiques retrouvées dans nos prélèvements sont présentes dans les milieux actuels. Cette permanence des 8 derniers millions d'années (Dayja et Bignot, 2003) peut avoir une signification écologique forte et faciliter l'application du principe d'actualisme.

Ainsi, la distribution des foraminifères benthiques serait contrôlée par les mêmes facteurs abiotiques au cours du Miocène supérieur qu'actuellement. Cette similitude facilitera la reconstitution des paléo-environnements marins successifs.

La distribution des foraminifères benthiques peut être liée aux masses d'eau sur une grande échelle (Denne et Sen Gupta, 1991; Lohmann, 1978 *in* Gebhardt, 1999). Cependant, l'occupation de différents microhabitats est régie par un effet plus local. Il s'agit de la disponibilité en nutriments, l'apport en oxygène et les facteurs saisonniers (Van der Zwaan et Jorissen, 1991). D'autres conditions comme la profondeur ou la salinité de l'eau sont également reflétées dans l'enregistrement des foraminifères et doivent être considérées dans l'interprétation des données.

Les foraminifères benthiques représentent l'un des bio-indicateurs les plus sensibles aux variations du milieu (Van der Zwaan et Jorissen, 1991; Kaiho, 1994; Bubenschikova et *al.*, 2010). Ils peuvent donc être utilisés pour reconstituer les conditions de dépôt des sédiments anciens. Toutefois, les variations à petite échelle des particularités physiques et chimiques des eaux sus-jacentes peuvent ne pas affecter l'enregistrement fossile directement. La bioturbation et les techniques d'échantillonnage peuvent également réduire la puissance de résolution des foraminifères benthiques (Gebhardt, 1999).

Dans les différents micro-habitats, la disponibilité des nutriments et l'oxygène sont les paramètres les plus importants pour les foraminifères benthiques (Sjoerdsma et Van der Zwaan, 1992).

Ces deux facteurs sont étroitement liés; plus l'apport en matière organique est grand, plus le contenu de l'oxygène dissous dans l'eau est faible. Cependant, aucune anaérobie parmi les foraminifères n'est connue, même si quelques espèces peuvent tolérer l'anoxie périodique (Sen Gupta et Machain-Castillo, 1993).

La quantité d'apport en matière organique dont dépendent, en grande partie, les foraminifères benthiques de l'étage bathyal, est liée aux phosphates et aux nitrates et à la productivité biologique dans les masses d'eaux superficielles. Mais, ce flux organique semble devenir un facteur secondaire en-dessous de 500 m de profondeur (Sjoerdsma et Van der Zwaan, 1992).

En fonction des variations de l'apport nutritif et de la disponibilité de l'oxygène, des espèces de stratégie «*r*» (opportunistes) ou de stratégie «*k*» (d'équilibre ou de stabilité) sont favorisées.

Corliss (1985) a étudié la distribution de foraminifères vivants de l'étage bathyal et abyssal en laboratoire. Il distingue des espèces à préférence épibenthique (*Oridorsalis tener*, *Cibicides wuellerstorfi*), qui dominent le premier centimètre du dépôt (*shallow infaunal* de Buzas et al., 1993) et celles à préférence endobenthique (*Melonis barleeanum*, *Globobulimina affinis*, *Chilostomella oolina*). Les deux dernières vivent enfouies dans le sédiment de 6 à 15 cm de profondeur, tandis que *Melonis barleeanum* domine l'intervalle situé entre 2 à 3 cm.

Corliss (1985) a constaté que la répartition des espèces est influencée par des variations du contenu de l'oxygène des eaux interstitielles. Ainsi, l'espèce à microhabitat endobenthique profond migrera plus près de la surface si la teneur en oxygène de l'eau de fond diminue. Il propose une autre subdivision du microhabitat des foraminifères benthiques:

- l'épifaune (0 -1 cm);
- l'endofaune peu profonde (1-2 cm);
- l'endofaune intermédiaire (2-4 cm);
- l'endofaune profonde (> 4 cm).

Buzas et *al.* (1993) ont évalué statistiquement un grand nombre de données. Ils différencient entre une endofaune peu profonde (densité maximum à 2 cm de profondeur) et une endofaune profonde (densité maximum au-dessous des 2 cm de profondeur). Ces groupes se différencient par des caractéristiques morphologiques distinctes qui suggèrent leur application aux communautés fossiles (Gebhardt, 1999).

De plus, les taxons de l'endofaunes profonds sont récoltés à une profondeur progressivement plus faible avec l'augmentation du contenu en carbone organique, qui peut se corréliser avec le contenu d'oxygène correspondant.

Les taxons arénacés s'avèrent la plupart du temps endobenthiques profonds (Buzas et *al.*, 1993), indiquant probablement leur plus grande capacité de résistance à des valeurs plus basses de l'oxygène.

Le concept de la corrélation de la faune, de la profondeur de dépôt et du contenu d'oxygène a été développé par Kaiho (1994). Cet auteur fournit un concept applicable pour l'interprétation des environnements anciens bien que son étude puisse être critiquée en raison de ses simplifications (Gebhardt, 1999). Ainsi, avec la diminution de l'oxygène, les formes endobenthiques profondes deviennent endobenthiques peu profondes, ou même épibenthiques en anoxie totale dans le sédiment et peu d'oxygène dans la couche d'eau inférieure (Kaiho, 1991; 1994; Van der Zwaan et Jorissen, 1991).

Kaiho (1994) arrive à différencier entre trois catégories d'indicateurs d'oxygène dissous (seuls les taxons récoltés dans les deux coupes étudiées sont mentionnés ici).

(1) Indicateurs de dysoxie, caractérisant le contenu d'oxygène de 0,1 à 0,3 ml/l. Ce sont des formes à parois minces, allongées, aplaties, souvent de taille réduite, appartenant aux genres *Bolivina*, *Bulimina*, *Cassidulina*, *Chilostomella*, *Dentalina*, *Stilostomella*, *Pleurostomella*, *Globobulimina*, *Praeglobobulimina*. Leur test mince, très poreux, de petite taille et les rapports élevés 'surface/volume' peut indiquer une consommation d'oxygène mitochondriale accrue (Leutenegger et Hansen, 1979 in Sen Gupta et Machain-Castillo, 1993) ou des difficultés dans la sécrétion du carbonate de calcium (Phleger et Soutar, 1973 in Gebhardt, 1999). L'ensemble de ces taxons correspondent en partie au groupe endobenthique profond de Corliss (1991).

(2) Indicateurs suboxiques; caractéristiques d'un contenu en oxygène de 0,3 à 1,5 ml/l. Ils incluent des formes plus petites que 0,350 mm et certaines espèces à parois épaisses de *Bulimina*, *Cassidulina*, *Fissurina*, *Gyroidinoides*, *Lagena*, *Lenticulina*, *Melonis*, *Nonion*,

Oridorsalis, *Pullenia*, *Sphaeroidina*, *Uvigerina*, *Valvulineria* et *Dentalina*. Ces taxons préfèrent les microhabitats endobenthiques peu profonds à intermédiaires (Corliss, 1991).

(3) Indicateurs d'une oxygénation normale (oxique), avec un contenu en oxygène supérieur à 1,5 ml/l. C'est une microfaune épibenthique avec des individus, généralement, de taille supérieure à 0,350 mm. Elle est composée de formes à paroi épaisse et test trochospiralé, planoconvexe, biconvexe ou sphérique, telles que les espèces de *Cibicidoides* et *Siphonina reticulata* (Van der Zwaan, 1982). Ces formes correspondent au groupe de taxons épibenthiques de Corliss (1991). Elles ne supportent pas les environnements à faible teneur en oxygène.

Par conséquent, le manque d'oxygène dans les couches d'eau profondes peut être prouvé seulement par l'absence des indicateurs «oxiques», voire «suboxiques», et non pas par la présence des espèces tolérant le manque d'oxygène (Kaiho, 1991).

Jorissen et al. (1995) et De Stigter (1996) ont tenté d'expliquer (Fig. 17) la répartition verticale des populations de foraminifères benthiques dans les premiers centimètres du sédiment par un modèle nommé TROX (*TROphic* et *OXYgen*).

Ainsi, comme le suggère son nom, ce modèle considère que la profondeur du microhabitat des foraminifères benthiques est déterminée par la profondeur de pénétration de l'oxygène dans le sédiment. Et en présence d'oxygène en profondeur, la distribution des microorganismes est contrôlée par la disponibilité en nutriments. Ceci s'explique par le fait que les milieux oligotrophes permettent la dégradation rapide de la matière organique labile à la surface du sédiment qui devient donc bien oxygéné en profondeur.

Les espèces épibenthiques et endobenthiques superficielles caractérisent ces milieux pauvres en nutriments. Par contre, en milieux eutrophisants (riche en matière nutritive) où se produit une forte consommation d'oxygène à l'interface eau-sédiment, la microfaune est dominée, en surface, par des taxons endobenthiques. Entre ces deux extrêmes se situent les milieux mésotrophes (Mojtahid, 2007).

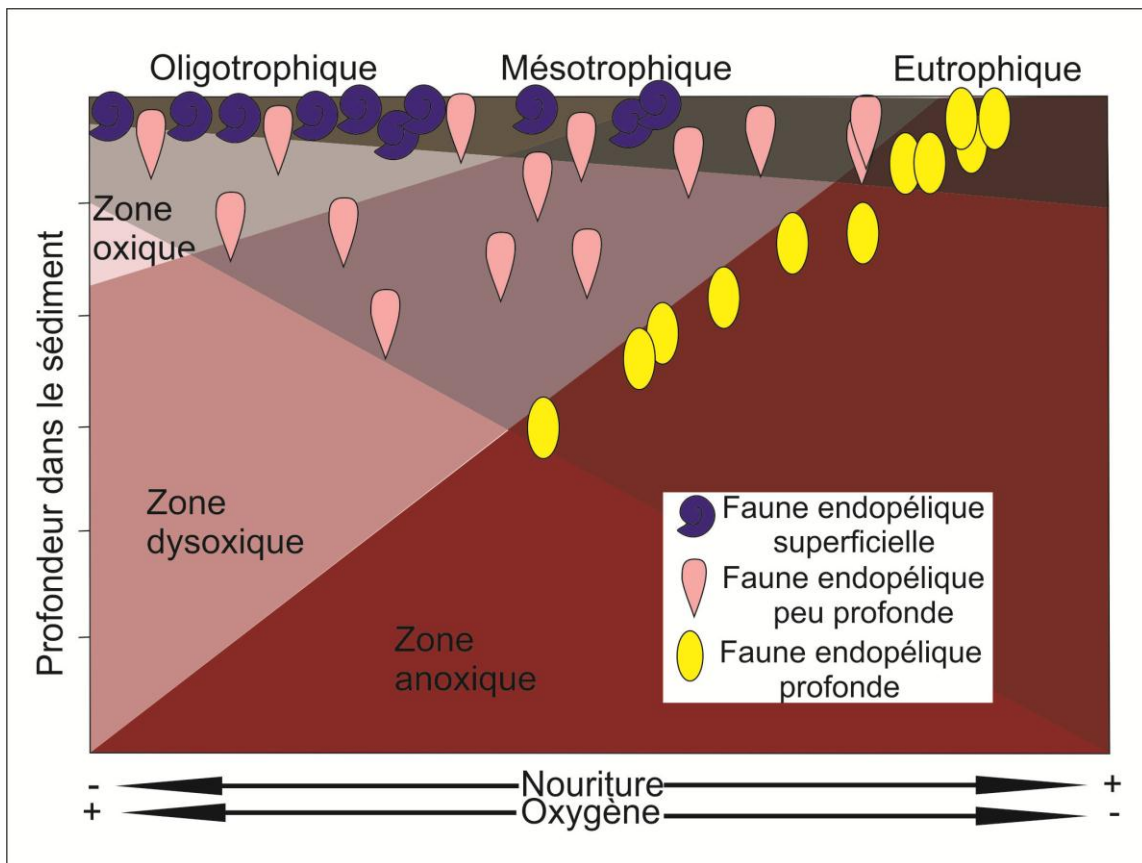


Fig. 17 : Modèle de microhabitat en fonction de la profondeur de la zone oxygène et de l'abondance de la matière organique (Jorissen et *al.*, 1995; De Stigter, 1996)

Ce modèle ne prend pas en considération l'existence d'autres organismes et leur cohabitation éventuelle avec les foraminifères benthiques. Pourtant, Bouchet (2007) montre bien l'influence que peuvent avoir certains organismes (Bivalves, néréidés et nephtydés, ...) par leur action de bioturbation sur la répartition verticale des foraminifères benthiques (Fig. 18).

En effet, l'auteur explique que dans les sites où l'activité de bioturbation est faible, les foraminifères colonisent principalement la couche superficielle du sédiment. Par contre, dans le cas d'une activité de bioturbation importante, les foraminifères occupent toute la colonne sédimentaire. Cela est dû au fait que les organismes qui remuent le sédiment, favorisent en même temps la pénétration de l'oxygène et des nutriments. Ce phénomène facilite la création de microhabitats propices au développement des foraminifères benthiques (Bouchet, 2007).

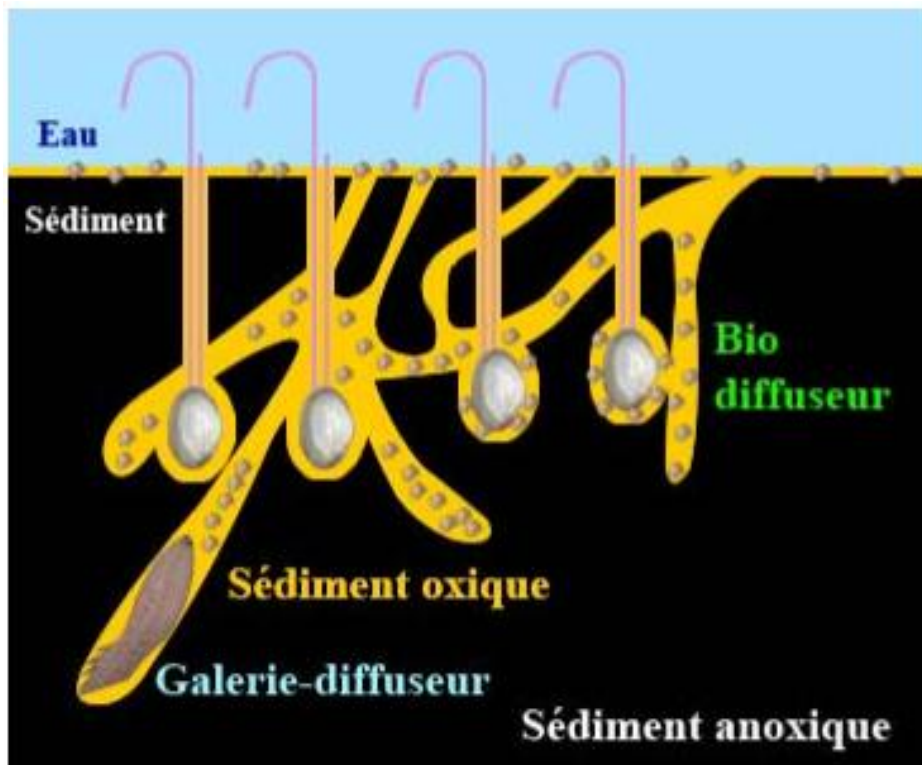


Fig. 18 : Schéma de la structure d'une colonne sédimentaire. Cavités de bivalves alimentées par les galeries d'un annélide. Les foraminifères colonisent le sédiment oxique dans toute la colonne sédimentaire (Bouchet, 2007).

I.1 - EVALUATION PALEOBATHYMETRIQUE

Des évaluations paléobathymétriques peuvent être déduites des modèles de distribution de faune (Van Hinsbergen et *al.* 2005). A cet effet, la méthode la plus largement appliquée reste l'analyse des biofaciès de foraminifères benthiques qui se sont avérés des indicateurs bathymétriques utiles et souvent utilisés.

La répartition bathymétrique des foraminifères benthiques fossiles est habituellement obtenue par comparaison avec les représentants vivants des taxons actuels, ou en comparant la morphologie fonctionnelle des taxons vivants et fossiles (Van Hinsbergen et *al.* 2005).

Bien qu'aucun consensus n'existe au sujet de la distribution bathymétrique des foraminifères benthiques fossiles, certains taxons sont utilisés pour caractériser des paléo-bathymétries dans des intervalles de plusieurs centaines de mètres (Van Hinsbergen et *al.*, 2005). Ainsi, les marges continentales sont particulièrement caractérisées par une distribution stenobathyale de plusieurs taxons. C'est pour cela que certains auteurs (Schmiedl et *al.*, 1997) pensent qu'en utilisant des combinaisons de taxons se produisant dans un échantillon, la paléo-bathymétrie peut être estimée, à condition que le remaniement puisse être exclu.

Cependant, Van Hinte (1978) *in* Gebhardt (1999) estime, que se rapporter à des microfossiles en général pour la détermination des paléo-profondeurs est un exercice fortement complexe. Par ailleurs, même si certaines espèces de foraminifères benthiques sont isobathyales, les distributions bathymétriques de la plupart des espèces actuelles peuvent différer d'un bassin à un autre (Parker, 1958; Bandy et Chierici, 1966 *in* Van Hinsbergen et *al.*, 2005).

D'autre part, quelques taxons semblent capables de décalage à différentes zones de profondeur dans différentes conditions environnementales (De Rijk et *al.*, 2000).

Van Hinte (1978) *in* Gebhardt (1999) a utilisé une autre méthode comme outil de reconstitution des paléo-profondeurs. Il s'agit de l'indice de pélagisme (rapport entre les foraminifères planctoniques et benthiques). En effet, l'abondance des foraminifères benthiques atteint généralement son maximum sur la plate forme continentale externe. Les foraminifères planctoniques sont peu nombreux dans les environnements néritiques et sont généralement plus abondants avec l'augmentation de la profondeur. Le rapport, exprimé en pourcentage de foraminifères planctoniques, augmente avec la profondeur de l'eau et la distance au rivage. Il atteint presque 100% dans les environnements bathyaux inférieurs et abyssaux (Douglas et Woodruff, 1981; Berger et Diester-Haas, 1988).

Théoriquement, l'indice de pélagisme semble directement lié à la profondeur de l'eau, mais ce n'est pas toujours le cas. Les études sur le matériel récent et des expériences de laboratoire ont prouvé qu'un fort rapport existe entre le niveau de l'oxygène des eaux, l'abondance et la diversité des populations de foraminifères benthiques (Harman, 1964 *in* Van Hinsbergen 2005; Sen-Gupta et Machain-Castillo, 1993; Kaiho, 1994; 1999; Loubère, 1994; 1996; Jorissen et *al.*, 1995). Ces résultats, une fois appliqués au registre fossile, sont confirmés par des preuves sédimentologiques et géochimiques (Seidenkrantz et *al.*, 2000).

Seulement, le niveau de l'oxygène des eaux de fond diminue, par exemple, suite à la productivité primaire accrue dans les eaux superficielles et la pénétration conséquente de la matière organique. La fréquence de foraminifères benthiques augmentera au début et diminuera rapidement jusqu'à ce que la vie benthique ne soit plus possible (Verhallen, 1991). Par conséquent, l'indice de pélagisme est non seulement déterminé par la profondeur, mais également par les changements de l'état de l'oxygénation des eaux profondes. La concentration de l'oxygène des eaux profondes peut fluctuer sous l'influence des variations du climat influençant l'aération des masses d'eau profondes. (Hilgen et al., 1995; Lourens et al., 1996; Kouwenhoven et al., 2003).

Van der Zwaan et al. (1990) ont déterminé une fonction de régression. Elle exprimerait le rapport entre la bathymétrie et le pourcentage de foraminifères planctoniques en considérant la population fossile totale de foraminifères.

Cette fonction est basée sur des transects bathymétriques actuels. Elle est notée:

$$\text{Depth (m)} = e^{3.58718+(0.03534*\%P)}$$

Dans ces calculs, les auteurs ont omis (soustrait) certaines espèces de la population benthique parce qu'elles ont été considérées comme endobenthiques profondes (*deep infaunal*). De ce fait, elles disposent d'un habitat bien au-dessous de l'interface eau-sédiment. Elles ne sont donc pas directement liées au flux de la matière organique dans les fonds marins. Elles devraient donc être retirées de la détermination de l'indice de pélagisme. Ces taxons sont les genres *Bulimina*, *Bolivina*, *Globobulimina*, *Uvigerina* et *Fursenkoina*. En effet, plusieurs d'entre eux sont connus pour dominer les assemblages benthiques dans des circonstances défavorables. Ils sont généralement considérés comme marqueurs de stress écologique.

L'indice de pélagisme est alors calculée : $100 * P / (P + B - S)$; avec S = nombre des marqueurs de stress écologique (endofaune profonde).

La fonction de régression a été établie dans le Golfe du Mexique, dans le Golfe de Californie, le long de la côte occidentale des Etats-Unis et en mer Adriatique, donnant des résultats presque identiques.

Les valeurs de cet indice sont de 0 à 100 et mènent, respectivement, aux profondeurs calculées de 36 et 1238 m.

Il faut cependant signaler que Kouwenhoven et al. (2003) préconisent beaucoup de prudence quant à l'utilisation du rapport P/B dans les environnements subissant un stress.

Van Hinsbergen et *al.* (2005) proposent une méthodologie standard pour la reconstitution des paléobathymétries basées sur des associations de foraminifères benthiques. Ils intègrent les progrès récents sur la connaissance des foraminifères benthiques dans les environnements soumis à une contrainte. Ils ont ainsi modifié la liste originelle de Van der Zwaan et *al.* (1990) pour inclure *Bolivina* spp. excepté *B. plicatella* et *B. pseudoplicata*, les formes non costulées de *Bulimina*, *Uvigerina* spp., (excepté *U. semiornata*), *Rectuvigerina* spp., *Valvulineria* spp., *Cancris* spp., *Fursenkoina* spp., *Stainforthia* spp., *Globobulimina* spp. et *Chilostomella* spp. (liste 1).

Des travaux plus récents ont utilisé cette méthode (Drinia et *al.*, 2007) et c'est cette dernière méthode qui sera appliquée dans le présent travail.

Liste 1: Liste des espèces entrant dans le calcul de la fonction de transfert selon Van Hinsbergen et *al.* (2005).

Indicateurs bathymétriques

Ammonia beccarii; *Discorbis* sp.; *Elphidium macellum*; *E. gerthi*; *Cibicides lobatulus*; *C. ungerianus*; *C. pseudoungerianus*; *Cibicides kullenbergi*; *C. bradyi*; *C. robertsonianus*; *C. wuellerstorfi*; *C. italicus*; *Cibicides pachydermus*; *Gyroidina soldanii*; *U. peregrina*; *U. proboscidea*; *U. hispida*; *U. semiornata rutila*; *Planulina ariminensis*; *Siphonina reticulata*; *Oridorsalis stellatus*; *Karreriella bradyi*; *Eggerella bradyi*.

Indicateurs de stress (Stress markers)

Cancris auriculus; *Valvulineria bradyana*; *Bolivina striatula*; *B. spathulata*; *B. alata*; *B. tortuosa*; *B. dilatata*; *B. plicatella*; *Chilostomella oolina*; *Bulimina marginata*; *Bulimina aculeata*, *B. marginata*; *B. aculeata*; *B. exilis*; *Bulimina alazanensis*; *Fursenkoina pauciloculata*; *Stainforthia fusiformis*; *Globobulimina* spp.; *Uvigerina (Rectuvigerina) cylindrica*; *Uvigerina (Rectuvigerina) gaudryinoides*.

I.2 - Evaluation de l'oxygénation des eaux

Les foraminifères benthiques représentent un des indicateurs les plus sensibles au niveau de l'oxygène dissous (Van der Zwaan et Jorissen, 1991; Kaiho, 1994; Gebhardt, 1999; Kouwenhoven et *al.* 2000; Drinia et *al.*, 2007).

En ce qui concerne la subdivision des niveaux de l'oxygène, la terminologie de Kaiho (1994) est la plus utilisée (Van Hinsbergen et al. 2005; Bubenschikova et al., 2010) et c'est elle qui sera appliquée à ce travail. Ainsi cinq niveaux d'oxygénation ont été distingués:

- *anoxique* (0 – 0.1 ml O₂/l);
- *dysoxique* (0.1– 0.3 ml O₂/l);
- *suboxique* (*sous-oxygéné*) (0.3 –1.5 ml O₂/l);
- *low oxic* (*modérément oxygéné*) (1.5–3.0 ml O₂/l);
- *high oxic* (*bien oxygéné*) (>3.0 ml O₂/l).

Les foraminifères benthiques utilisent l'oxygène à l'interface eau-sédiment et dans les eaux interstitielles du sédiment. La présence des sulfures d'hydrogène (H₂S) est toxique aux organismes autres que les bactéries anaérobies, mais certains foraminifères benthiques sont présents dans des couches contenant le H₂S (Kouwenhoven, 2000).

Des tentatives ont été faites pour mesurer la paléo-oxygénation des masses d'eaux. C'est le cas de l'indice d'oxygénation des foraminifères benthiques (Benthique foraminiferal oxygene indice ou BFOI) de Kaiho (1994, 1999) qui a été conçu afin de fournir des valeurs absolues d'oxygénation. Cependant, les spécificités des taxons modernes dans l'indice de Kaiho et le manque de correspondance avec des taxons méditerranéens du Tortonien-Messinien rendent son utilisation peu judicieuse (Kouwenhoven, 2000).

La connaissance, quantitative, du contenu d'oxygène des masses d'eau pourrait être utile pour reconstruire la paléo-circulation. Cela aiderait à comprendre comment celle-ci a contribué au développement de la crise de salinité messinienne (MSC) en Méditerranée.

L'oxygénation des eaux profondes est habituellement estimée qualitativement, ou semi-quantitativement au mieux, à partir des fréquence de foraminifères benthiques endofaunes et des données d'isotopes stables du Carbone (Drinia et al., 2007).

Les travaux de Drinia et al. (2007) ont abouti à l'élaboration d'une fonction de transfert de l'oxygène applicable à la microfaune benthique du domaine méditerranéen, selon la formule:

$$[\text{Contenu en Oxygène } \mu\text{Mol/L}] = 7.9602 + 5.95 [\% \text{ de taxons oxyphiles}]$$

Ainsi, un groupe d'espèces oxyphiles (liste 2) a été choisi afin de reconstituer les teneurs en oxygène des eaux profondes. Fondamentalement, les mêmes espèces utilisées par Kouwenhoven (2000) et Drinia et al. (2007) sont reprises pour l'évaluation de l'oxygénation des eaux de fond.

Les espèces agglutinées n'ont pas été utilisées en raison de leur fragilité évidente et du potentiel, plutôt faible, de conservation d'un certain nombre d'entre elles.

Liste 2 : Espèces introduites dans la fonction de transfert permettant de calculer le degré d'oxygénation des eaux de fond (Drinia et *al.*, 2007).

Taxons oxyphiles

Cibicoides bradyi *Sphaeroidina bulloides* *Lenticulina spp.*

Cibicoides italicus *Cibicoides kullenbergi*

Cibicides lobatulus *Siphonina reticulata*

Cibicoides ungerianus *Globocassidulina subglobosa*

Cibicides wuellerstorfi *Cibicoides robertsonianus*

En guise de comparaison, la méthode de Kouwenhoven et Van der Zwaan (2006) a été utilisée. Cette méthode a permis de multiplier les approches et de conforter les résultats.

En effet, les auteurs ont reconstitué, au cours de la période allant de -8 à -7,2 Ma, les niveaux de l'oxygène du fond marin. Un indice simple basé sur des abondances relatives de foraminifères benthiques dans six coupes du pourtour méditerranéen a été élaboré.

Ainsi, des données anciennes et récentes ont été intégrées, groupées (liste 3) et utilisées pour élaborer l'indice d'oxygénation (Drinia et *al.*, 2007). Néanmoins, la position de certains taxons dans les groupes spécifiques peut être sujette à discussion.

Cet indice permet de subdiviser la microfaune benthique en cinq groupes. Chaque groupe étant considéré comme représentant d'un certain niveau d'oxygénation sur une échelle relative (liste 3).

Sur cette échelle, le groupe 1 (comparable à l'endofaune profonde dans les associations actuelles) traduit des conditions à faible teneur en oxygène. Le groupe 5, comparable à l'épifaune (taxons oxyphiles) dans les associations actuelles, représente des conditions normales à bien oxygénées.

Les cinq groupes ne sont pas strictement séparés, mais se recouvrent ou se chevauchent à un certain degré (Fig. 19). Les calculs sont basés sur des taxons régulièrement présents dans les coupes (pas moins de 2% par échantillon). La somme des espèces dans chaque groupe

successif est multipliée par le nombre de ce groupe. Les taxons de faible fréquence ou mal représentés ainsi que les taxons agglutinés ont été omis des calculs.

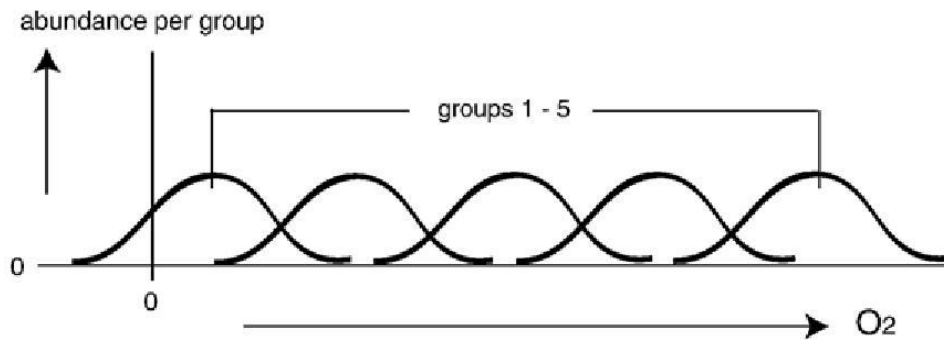


Fig. 19 : Concept théorique de l'indice d'Oxygénation.

(Kouwenhoven et Van der Zwaan, 2006).

Liste 3 : Disposition des cinq groupes de foraminifères benthiques selon leur sensibilité à la présence de l'oxygène (Kouwenhoven et Van der Zwaan, 2006).

G1: *Brizalina dilatata*, *Astrononion* spp., *B. spathulata*, *Bulimina aculeata*; *B. echinata*, *Chilostomella* spp., *Globobulimina* spp., *Rectuvigerina cylindrica* subsp.

G2 : *Bolivina scalprata miocenica*; *B. plicatella*; *Bulimina aculeata*; *B. elegans*; *B. subulata*; *Cancris* spp.; *Hanzawai boueana*; *Valvulineria bradyana*.

G3 : *Bulimina costata*; *Cassidulina* (aff.) *laevigata*; *Cibicidoides pseudoungerianus*; *Fissurina* spp.; *Globocassidulina subglobosa*; *Gyroidina soldanii*; *Lagena* spp.; *Lenticulina* spp.; *Nodosaria* spp.; *Nonion barleeum*; *Oridorsalis umbonatus* var. *stellatus*; *Pullenia* spp.; *Uvigerina peregrina*; ? *Rosalina* spp.; ? *Asterigerinata planorbis*.

G4 : *Anomalonoides helicinus*; *Cibicidoides bradyi*, *Eggerella bradyi*; *Gyroidinoides altiformis*; *Karrerella bradyi*; *Melonis soldanii*; *Sigmoilopsis schlumbergeri*; *Siphonina planoconvexa*; *Spiroloculina* spp.; *U. proboscidae*; *U. rutila*; *U. striatissima*; ? *B. nodosaria*; ? *C. (aff.) lobatulus*; ? *C. refulgens*; ? *O. tenera*; ? *P. mediterranensis*; ? *Discorbis* spp.

G5 : *Cibicoides italicus*; *C. kullenbergi*; *C. robertsonianus*; *C. wuellerstorfi*; Miliolidés; *Planulina ariminensis*; *Pullenia bulloides*; *Sphaeroidina bulloides*; *Siphonina reticulata*; *Spiroplectamina* spp.

Cet indice d'oxygénation a également ses limites puisqu'il fournit seulement une évaluation relative. Cependant, il est plus facilement applicable à une association fossile. Il se calcule facilement et fournit une première évaluation de l'état de l'oxygénation des masses d'eaux profondes. Il peut être comparé à d'autres assemblages et communiqué sans la nécessité d'indiquer les assemblages microfaunistiques.

I.3 - Evaluation de la stabilité du milieu (indice Schanon-Waever; *H* et indice d'équitabilité; *E*)

En écologie, la richesse d'un échantillon est égale au nombre de catégories contenues dans cet échantillon.

La diversité ne dépend pas seulement de la richesse. Elle prend en compte la représentativité de chacune des catégories: plus la répartition est équitable, plus la diversité est importante.

C'est souvent l'indice de Shannon-Waever (*H*) qui est utilisé pour estimer la diversité. Cet indice est matérialisé par la formule suivante:

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

i; une espèce du milieu d'étude

P_i ; proportion d'une espèce par rapport au nombre total d'espèce (*S*).

$P_i = n_i / N$ ou *n_i* est le nombre d'individus pour l'espèce *i*, et *N* l'effectif total de toutes les espèces.

En théorie, *H* est d'autant plus élevé que la diversité est élevée.

La diversité spécifique est considérée comme la mesure de la stabilité environnementale.

Elle peut être considérée comme l'évaluation brute de l'effet du stress ou de la contrainte environnementale sur les communautés de foraminifères benthiques.

Elle est, aussi, déterminée par l'effet conjugué de plusieurs paramètres dont la disponibilité des éléments nutritifs, l'oxygénation, la température et les changements de la circulation océanique.

Habituellement, dans la plate-forme externe, l'indice de diversité Shannon-waever est de l'ordre de 3 (Murray, 1991). Sa déviation brutale indiquerait une variation dans l'état de stabilité. Dans ce sens, la diversité est un bon marqueur des contraintes dans l'environnement benthique (Boltovskoy et Wright, 1976 *in* Rachid et *al.*, 1997; Murray, 1991). Dès que le milieu est perturbé, la diversité se réduira et certaines espèces peuvent commencer à dominer l'assemblage (Kouwenhoven, 2000).

Quand l'équilibre dans les assemblages est rompu par quelques taxons fortement dominants et tolérant le stress, l'indice de diversité chute en dessous de 2 (Murray, 1991).

Ainsi, généralement, la diversité spécifique est très faible dans les environnements soumis à des conditions stressantes (Schafer et *al.*, 1991; Samir, 2000)

L'utilisation de l'indice de Shannon-Waever présente, cependant, un inconvénient car les valeurs prises par H dépendent à la fois de la richesse et de la répartition des effectifs entre les différentes espèces.

L'indice H varie de 0 (une seule espèce) à $\log_2(n)$ quand toutes les espèces ont la même abondance. Ce qui fait que des peuplements de composition très différente peuvent avoir le même indice de diversité. Aussi, convient-il de calculer de façon complémentaire un indice qui rapporte la diversité observée à la diversité théorique maximale: c'est l'indice d'équitabilité de *régularité*, défini par la formule:

$$E = H / \log_2(n).$$

L'équitabilité est comprise entre 0 et 1: elle est proche de 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une seule espèce. Elle est proche de 1 quand toutes les espèces ont la même abondance. De même, un indice d'équitabilité inférieur à 0,6 (60%) caractériserait un environnement perturbé.

Ce sont les différents indices, rappelés ci-dessus, qui seront appliqués aux divers assemblages microfaunistiques récoltés, afin de retracer la paléobathymétrie, la paléo-oxygénation et la stabilité du milieu au cours du passage tortono-messinien.

II - COUPE DE OUED DERDOUSSA

II.1 - Evaluation de la paléobathymétrie

Pour suivre la méthodologie décrite dans les publications récentes, cette étude utilise, le découpage bathymétrique de McDougall (1985):

infralittoral = 0-50 m (inner Shelf),

circalittoral = 50-150 m (outer shelf),

étage bathyal supérieur = 150-500 m (upper bathyal),

étage bathyal moyen = 500-1500 m (upper middle bathyal),

étage bathyal inférieur = 1500-2000 m (lower middle bathyal),

étage bathyal profond = 2000 à 3500 m (lower bathyal),

étage abyssal > 3500 m (abyssal).

La courbe d'évolution paléobathymétrique calculée selon la formule de Van der Zwaan et *al.* (1990) indique une paléo-profondeur importante avoisinant les 1200 m (bathyal moyen) durant tout le dépôt des marnes bleues (Fig. 20).

Cette profondeur a tendance à se réduire, sensiblement, pendant la sédimentation marnodiatomitique, essentiellement dans sa partie inférieure (ULI) avec trois fléchissements notables (Od32, Od44 et Od50).

C'est à la limite entre les deux membres de cette même formation qu'une importante chute est observable (Od56) et dont la profondeur estimée avoisine les 430 m (bathyal supérieur).

La partie sommitale de l'ULII enregistre une baisse régulière et continue de la bathymétrie jusqu'à atteindre au niveau Od61 les 36 m de profondeur (infralittoral).

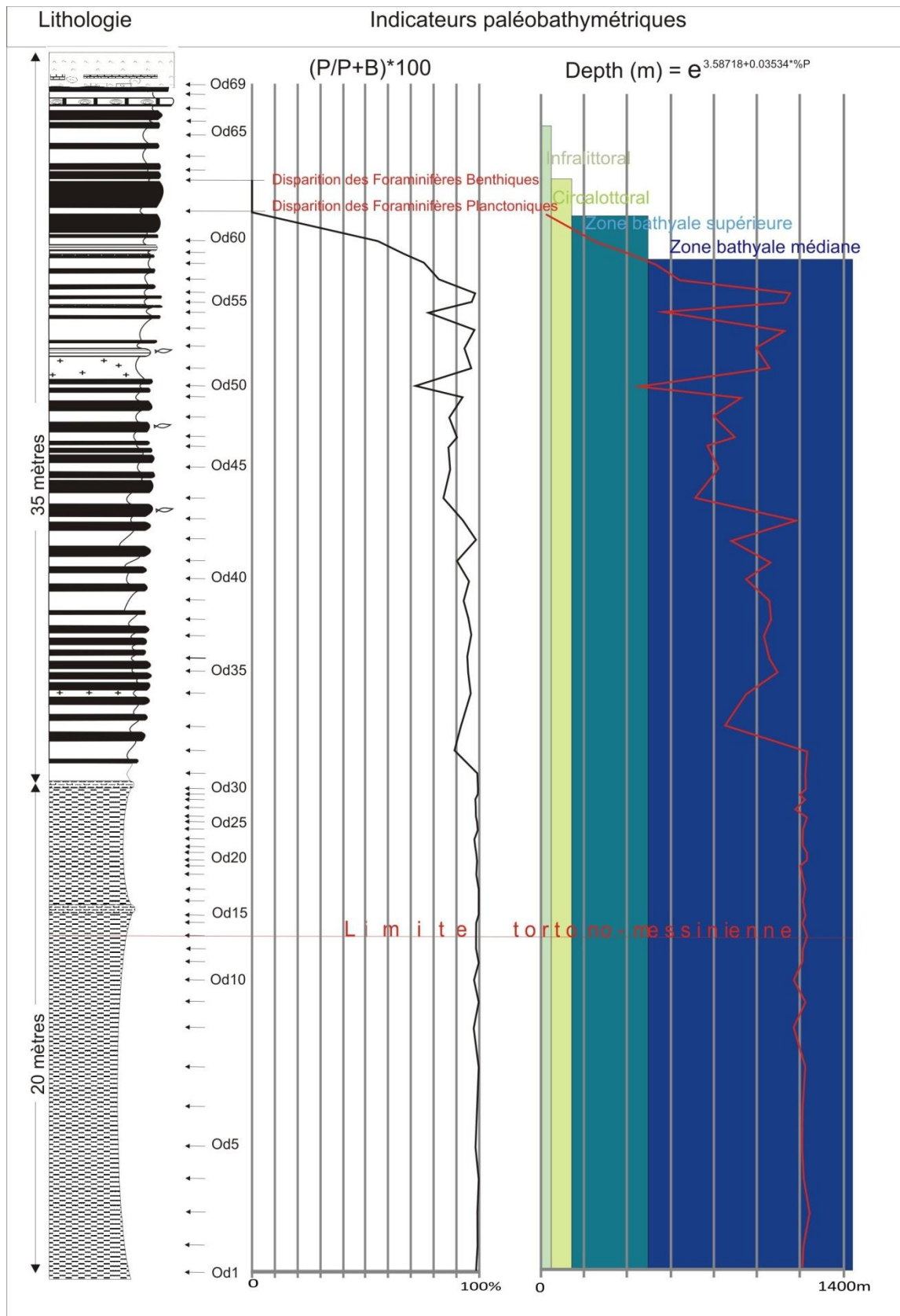


Fig. 20 : Courbe d'évolution paléobathymétrique de la coupe de Oued Derdoussa

II.2 - Evaluation de l'oxygénation des eaux

Afin d'estimer la paléoxygénation des fonds marins, les foraminifères benthiques ont été utilisés suivant les deux méthodes expliquées plus haut (cf. § I.2 de ce chapitre).

La première méthode élaborée par Kouwenhoven et Van der Zwaan (2006), relative et qualitative, permet de situer le milieu de dépôt dans un niveau d'oxygénation relatif.

Son application, à la coupe étudiée, donne une forme de relais entre 5 catégories ou groupes d'espèces (Fig. 21).

Ainsi, à la base (de Od1 à Od23) et dans tout le faciès marneux (tortono-messinien), le Groupe 5 composé des espèces oxyphiles dominant nettement les autres.

Au dessus, les espèces du Groupe 4 et Groupe 3 dont la composante taxonomique est appelée 'taxons d'équilibre' (Kouwenhoven et *al.*, 2003) dominant jusqu'au niveau Od54 à partir duquel ils sont ensuite très fortement réduits.

Le Groupe 2, composé d'espèces opportunistes, faiblement représenté dans la partie basale de la coupe accroît sa population à partir de Od25 et prolifère au sommet de la coupe.

Le Groupe 1, composé d'espèces résistantes au stress, pratiquement absent de la base de la coupe, 'explose' dans les derniers niveaux (à partir de Od53) où il constitue avec le Groupe 2, la population dominante.

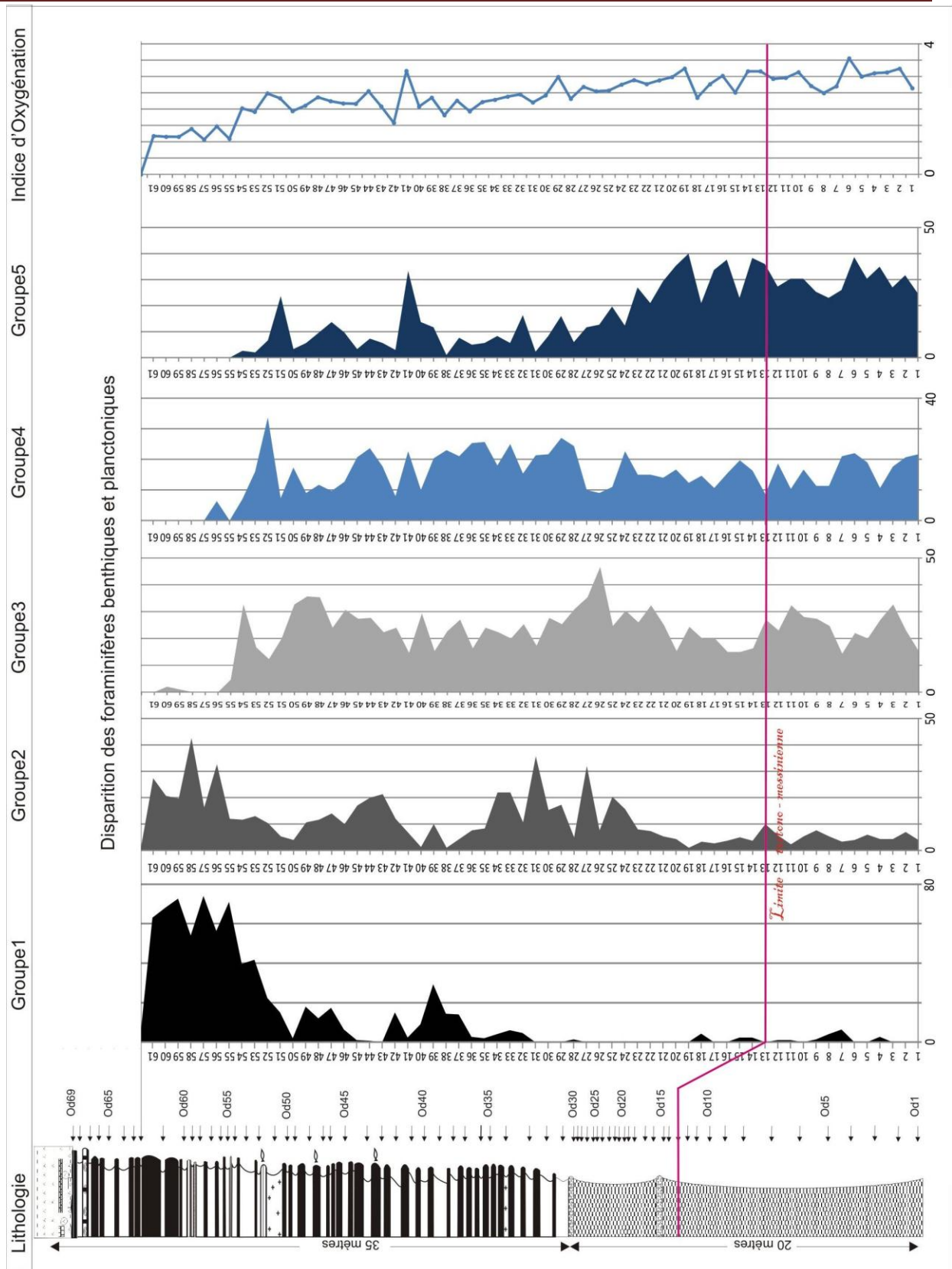


Fig. 21 : Evolution de l'indice d'oxygénation des eaux de fond de la coupe de Oued Derdoussa (méthode de Kouwenhoven et Van der Zwaan, 2006).

La deuxième méthode utilisée et qui consiste en l'application de la fonction de transfert (Drinia et *al.*, 2007) a permis de quantifier le taux d'oxygène du fond marin durant le dépôt de la coupe (Fig. 22). Ces valeurs ont été corrélées et ramenées aux classes d'oxygénation définies par Kaiho (1994).

Ainsi, la courbe obtenue montre une tendance globale à la diminution de l'oxygène depuis la base jusqu'au sommet. En effet, les 14 premiers échantillons, tous prélevés dans les marnes bleues (Tortonien supérieur) présentent des valeurs d'oxygénation élevées ($>3\mu\text{Mole/L}$). Ces valeurs indiquent une première phase très bien oxygénée (*high oxig*).

C'est pratiquement, à la limite tortono-messinienne, au sein de la formation des marnes bleues, que commence une période de fluctuation de l'indice d'oxygénation (Od15-Od24) où le palier *Low oxig* (modérément oxygéné = $1,5-3\mu\text{Mole/L}$) est atteint. C'est la phase 2.

La baisse du taux d'oxygénation semble se poursuivre entre Od25 et Od53 à un niveau suboxique ou faiblement oxygéné, avec une teneur en oxygène de l'ordre de $0,3-1,5\mu\text{Mole/L}$. C'est la phase 3. Néanmoins, cet intervalle est caractérisé par de fréquentes fluctuations du taux d'oxygène dissous entre un milieu modérément oxygéné (*low oxig*) et faiblement oxygéné (*suboxic*).

C'est à partir de l'échantillon Od54 qu'un quatrième palier ($0,1\text{ à }0,3\mu\text{Mole/L}$) est atteint. C'est celui de la dysoxie qui caractérise toute la partie supérieure de la formation marno-diatomitique. C'est la phase 4.

Après la disparition de la microfaune benthique un ultime palier anoxique ($0\text{ à }0,1\mu\text{Mole/L}$) pourrait être envisagé. C'est la phase 5 (Fig. 22).

En résumé, ce relais microfaunistique témoigne, d'une évolution saccadée ou en palier. Elle se fait progressivement d'un milieu aéré et bien oxygéné à fort potentiel oxydant à un milieu de plus en plus pauvre en oxygène, réducteur et confiné.

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

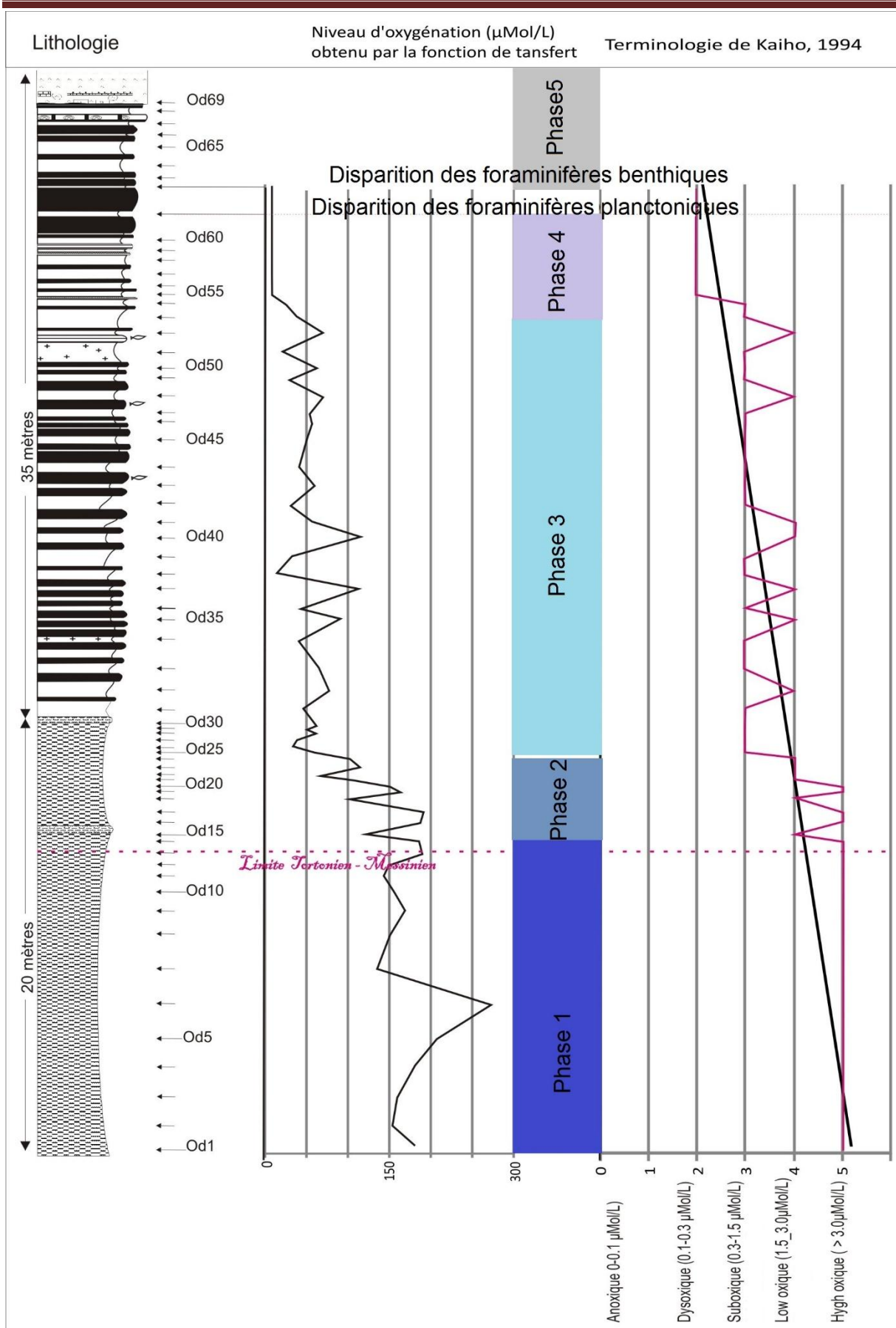


Fig. 22 : Evaluation de l'oxygénation des eaux de fond dans la coupe de Oued Derdoussa.

II. 3 - Evaluation de la stabilité du milieu (Oued Derdoussa)

II.3.1 - Diversité spécifique (H) ou indice Shannon-Waeber

Cet indice varie de 3,6 à 1,8. Il se rapproche de 2 à partir de Od55 et passe sous cette barre à partir de Od57 (Fig. 23). Ces valeurs indiqueraient un milieu marin à salinité normale dans lequel se serait réalisée la majeure partie (près des $\frac{3}{4}$) de la sédimentation.

La diminution de cet indice semble se précipiter dans la partie supérieure de la coupe. Il baisse, en effet, sous le seuil de 2 considéré par Murray (1991) comme indiquant un milieu à salinité variable.

II.3.2 - Indice d'équitabilité (E)

Ce paramètre est très fluctuant et diminue souvent sous la barre de 0,6, suggérant ainsi, un milieu souvent perturbé dès le passage tortono-messinien (Fig. 23). Mais la fluctuation, elle-même, peut avoir plusieurs interprétations. La dissolution périodique de certains taxons pourrait être suggérée comme explication (Kouwenhoven et *al.*, 2006).

II.3.3 - Evolution Quantitative des espèces de foraminifères benthiques

Le nombre de foraminifères benthiques est globalement en constante décroissance depuis la base jusqu'au sommet de la coupe (Fig. 23). Il s'annule totalement au sein même de la partie supérieure de la formation marno-diatomitique, à environ une dizaine de mètres des marnes gypseuses.

Cet appauvrissement témoigne, sans doute, d'une détérioration des conditions du milieu.

En conclusion, il ressort de la comparaison des différentes courbes issues de l'application des indices paléoécologiques, que le niveau bathymétrique n'a pas ou a très peu influencé l'ensemble de la microfaune à la base de la coupe.

Aussi, les différents paliers repérables sur les courbes d'évolution de la bathymétrie et de l'oxygénation ne coïncident pas toujours. Cela rend bien compte de leur indépendance ou qu'ils ne sont pas directement liés.

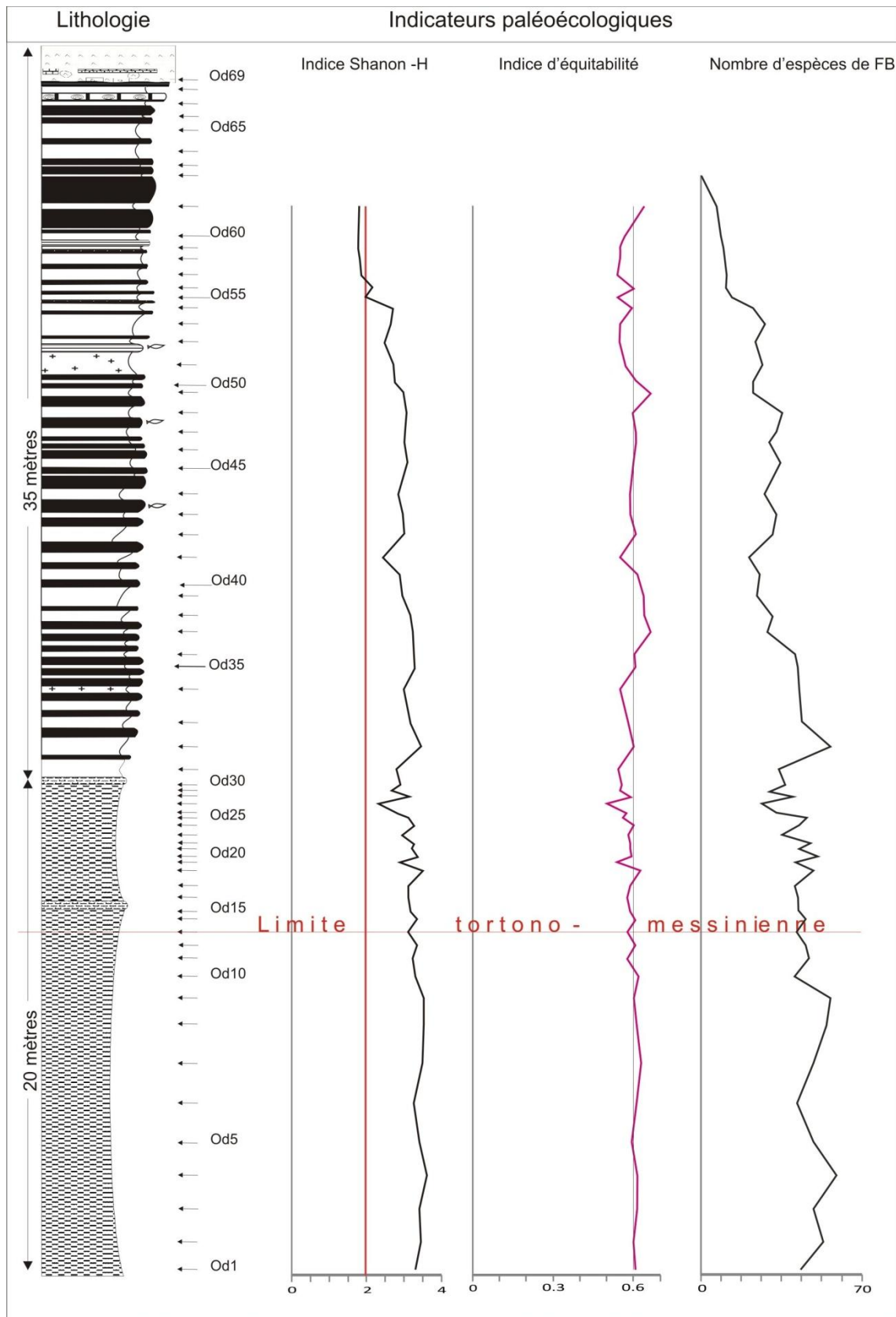


Fig. 23 : Evolution des indices paléoécologiques appliqués à la coupe de Oued Derdoussa

III - COUPE DE DJEBEL MENI

III.1 - Evaluation de la paléobathymétrie

La fonction de transfert: $Depth(m) = e^{3.58718+(0.03534*\%P)}$ appliquée à la microfaune benthique donne une courbe à tendance décroissante et fluctuante allant de 1195 m (étage bathyal moyen) à la base jusqu'à 36 m environ (infralittoral), au sommet de la coupe. Le dernier niveau, où aucun foraminifère benthique ne subsiste n'a pas été évalué, car il est clair que toute estimation à ce niveau aurait été éronnée (Fig. 24).

Globalement, cette courbe fluctue au sein d'un même intervalle, à savoir la zone bathyale moyenne (upper middle bathyal) durant le dépôt de la quasi-totalité de cette coupe. Ce n'est qu'au-delà de Dm73 qu'elle décroît de manière brutale et irréversible jusqu'à atteindre la limite des 50 m (infra à ciralittoral). En effet, le niveau marin semble chuter d'environ 400 m entre Dm73 et Dm74. C'est-à-dire, sur une tranche sédimentaire de 2 m.

A cause de ce caractère très brutal des fluctuations du niveau marin suggéré, surtout dans les niveaux supérieurs, une discussion s'impose.

En effet, le calcul de la fonction de regression s'appuie sur le fréquence de foraminifères planctoniques en premier lieu et il est confirmé que le fréquence de foraminifères planctoniques dans les sédiments récents augmente avec la profondeur de l'eau (Gibson, 1989; Van der Zwaan et *al.*, 1990; 1999).

La différence relative entre la fréquence très élevé de reproduction d'espèces planctoniques dans les secteurs marins ouverts et la fréquence plus élevé de reproduction (densité) des espèces benthiques dans le domaine néritique serait la raison principale de cette distribution (Gibson, 1989). En outre, l'écosystème pélagique complexe exige qu'une profondeur minimale de l'eau soit entièrement fonctionnelle consistant en la zone photique entière au moins (Van der Zwaan et *al.*, 1990). En conséquence, la densité de foraminifères planctoniques dépend de la proximité de l'océan mondial (Gibson, 1989).

Van der Zwaan et *al.* (1990, 1999) ont souligné l'influence des nutriments sur le rapport planctonique-benthique.

La densité de foraminifères benthiques est inversement proportionnelle à la profondeur parce que leur taux de reproduction dépend de la quantité de matière organique atteignant le fond marin.

Puisque la densité des foraminifères planctoniques et benthiques dépend du flux organique, et que la quantité de matière organique atteignant les fond marins diminue avec l'augmentation de la profondeur en raison de l'oxydation, le rapport P/B doit augmenter avec la profondeur (Van der Zwaan et *al.*, 1999). D'autres paramètres tels que la température, la salinité, le substrat ou les modèles de circulation peuvent jouer un rôle mineur (Drinia et *al.*, 2007).

Dans les prélèvements analysés, l'abondance relative de foraminifères benthiques et planctoniques ou le ratio P/B varie entre 0 et 100%. Une interprétation simple de ce rapport se basant sur les analogies modernes (Gibson, 1989) conduirait vers une conclusion simpliste. Cela impliquerait des changements très rapides de la paléobathymétrie (entre l'étage infralittoral et bathyal inférieur) sur une courte durée. Ce qui est très peu probable et non corroboré par d'autres preuves. Par conséquent, la raison écologique de ces grandes différences ne peut pas être la profondeur de l'eau seulement.

Des fluctuations élevées dans le rapport de P/B refléteraient des conditions instables dans les couches supérieures de l'eau même si une influence océanique croissante est impliquée par la teneur importante en foraminifères planctoniques (Drinia et *al.*, 2007).

Puisque le stress à l'interface eau-sédiment se développe, le rapport P/b ne peut plus être considéré comme un indicateur paléobathymétrique fiable. Ce dernier argument a été avancé par Kouwenhoven et *al.* (2003) pour qui les environnements subissant un stress posent problème pour l'utilisation du rapport P/B. Par conséquent, les reconstitutions du niveau de la mer pendant le Messinien devraient être considérées avec prudence.

L'échantillon Dm79 dépourvu de foraminifères benthiques exprimerait bien cette contradiction apparente. Le taux d'oxygène extrêmement bas sur le fond marin aurait éliminé toute la microfaune benthique faussant ainsi complètement la signification bathymétrique du rapport P/B.

En revanche, l'existence de la microfaune planctonique exclut, quant à elle, l'hypothèse d'un assèchement complet du bassin. Du moins, à ce stade.

Enfin, des exemples similaires, rapportés en Méditerranée, notamment à Chypre, dans la coupe de Pissouri (Kouwenhoven et *al.*, 2006) et à Metochia à l'île de Gavdos (Drinia et *al.*, 2007) ont démontré le peu de valeur que pouvait avoir le rapport (P/B) dans la reconstitution paléobathymétrique des bassins en conditions restrictives.

Dans les deux cas, la paléobathymétrie a été estimée autour de 300 à 500 m avec des fluctuations à échelle réduite.

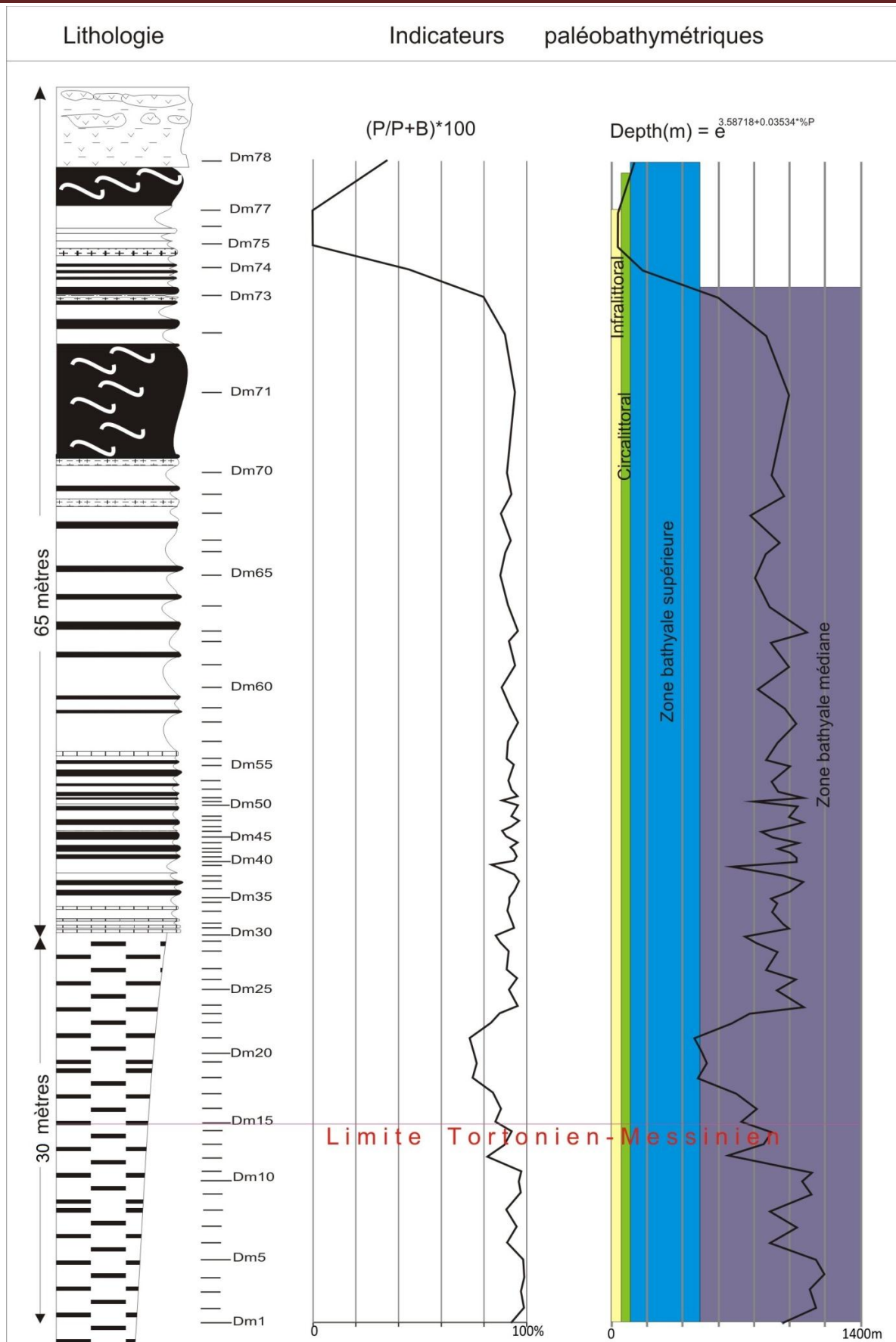


Fig. 24 : Evolution du P/B et de la paléobathymétrie dans la coupe de Djebel Meni.

III.2 - Evaluation de l'oxygénation des eaux

Une tendance générale à la diminution de fréquence des taxons oxyphiles (G5 et G4) est observable le long de la coupe (Fig. 25). En effet, ces derniers atteignent un taux élevé (voisin de 80%) pendant toute la partie basale de la coupe (marnes bleues et partie inférieure de la formation marno-diatomitique) jusqu'au prélèvement Dm39.

Si le taux du groupe 5 chute à partir de Dm39, il redevient important plus haut à partir de Dm65. Le groupe 4, lui chute définitivement à partir de Dm64. Cela reflète des fluctuations de l'oxygénation du fond dans la partie médiane à supérieure de la coupe.

Vers le sommet de la formation marno-diatomitique, l'échantillon Dm74 marque une totale absence de ce groupe. Le groupe 3, composé essentiellement 'des espèces d'équilibre', est mieux représenté à partir de Dm39.

Au dessus de Dm73 les groupes (G1 et G2) dominent totalement la microfaune de foraminifères benthiques.

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

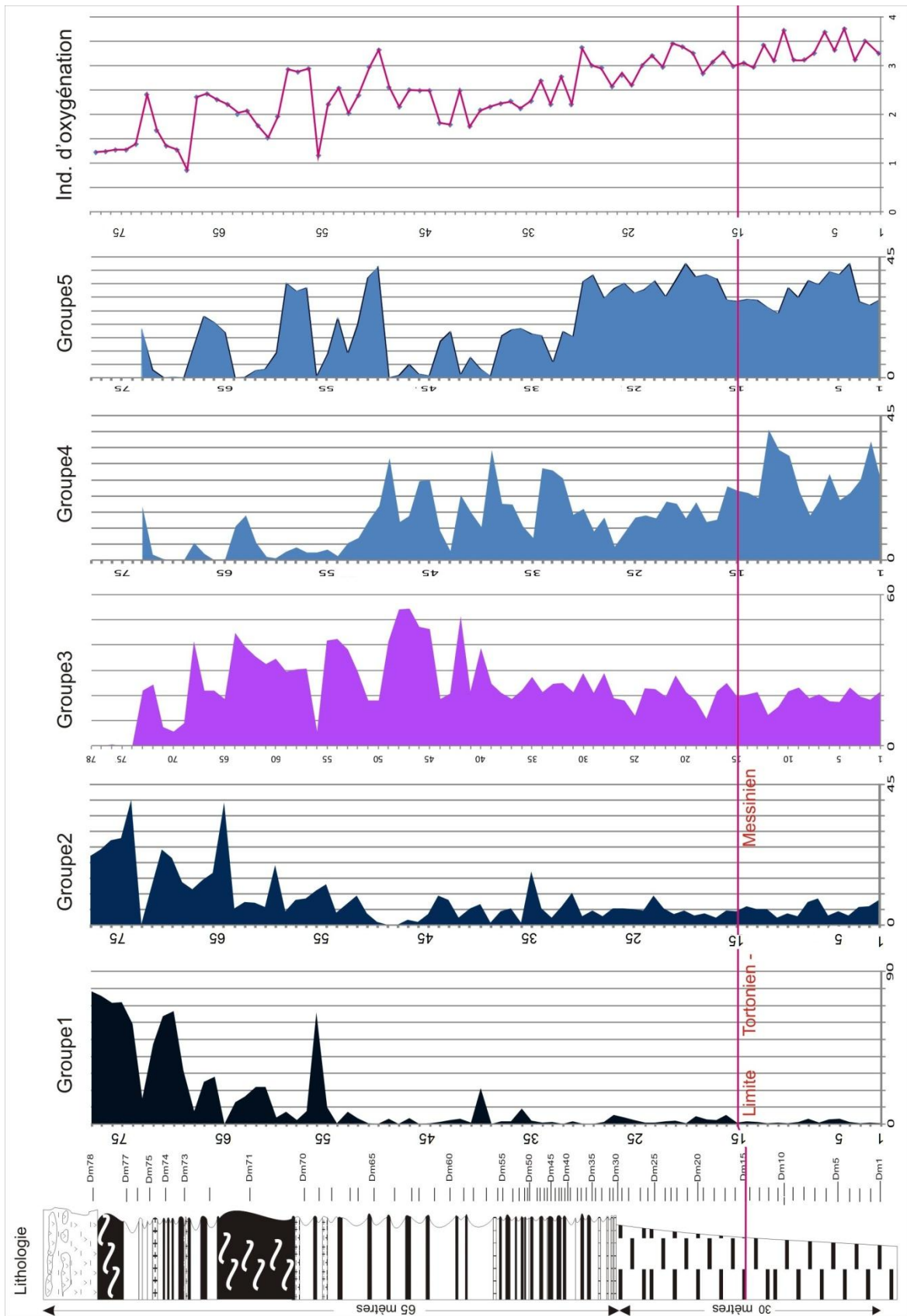


Fig. 25 : Evolution de l'indice d'oxygénation des eaux de fond de la coupe de Djebel Meni (méthode de Kouwenhoven et Van der Zwaan, 2006).

Les résultats de la fonction de transfert, sont matérialisés par une courbe retraçant les variations du contenu de l'oxygène à l'interface eau-sédiment (Fig. 26).

Cette courbe suggère des concentrations élevées ($> 3 \mu\text{Mole O}_2/\text{l}$) pendant le dépôt des marnes bleues et de la partie basale de la formation marno-diatomitique (Phase 1).

En utilisant la terminologie de Kaiho (1991), on peut observer le passage d'un environnement bien oxygéné (Dm1 à Dm40 = high oxid $> 3\mu\text{Mole/L}$) à un environnement modérément oxygéné (Dm42, Low oxid; 0,1 à $3\mu\text{Mole/L}$), puis à un milieu sous oxygéné ou suboxic (Dm46, Dm56, Dm63, Dm64).

Cette phase de variation oxygénique (Phase 2) occupe toute la partie médiane de la coupe. Elle est caractérisée par des retours fréquents à un milieu bien oxygéné.

A partir de Dm69, un troisième palier est atteint. C'est le niveau dysoxique (0,1 à 0,3 $\mu\text{Mole/L}$) qui se poursuit et se stabilise à partir de Dm74 (Fig. 26).

Globalement, la coupe de Djebel Meni présente des phases progressives de la baisse du taux d'oxygène dissous similaires à celles observées dans la coupe de Oued Derdoussa.

Cependant nous n'observons pas de disparition totale de foraminifères (planctoniques ou benthiques) dans les niveaux marneux au sommet de la formation marno-diatomitique.

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

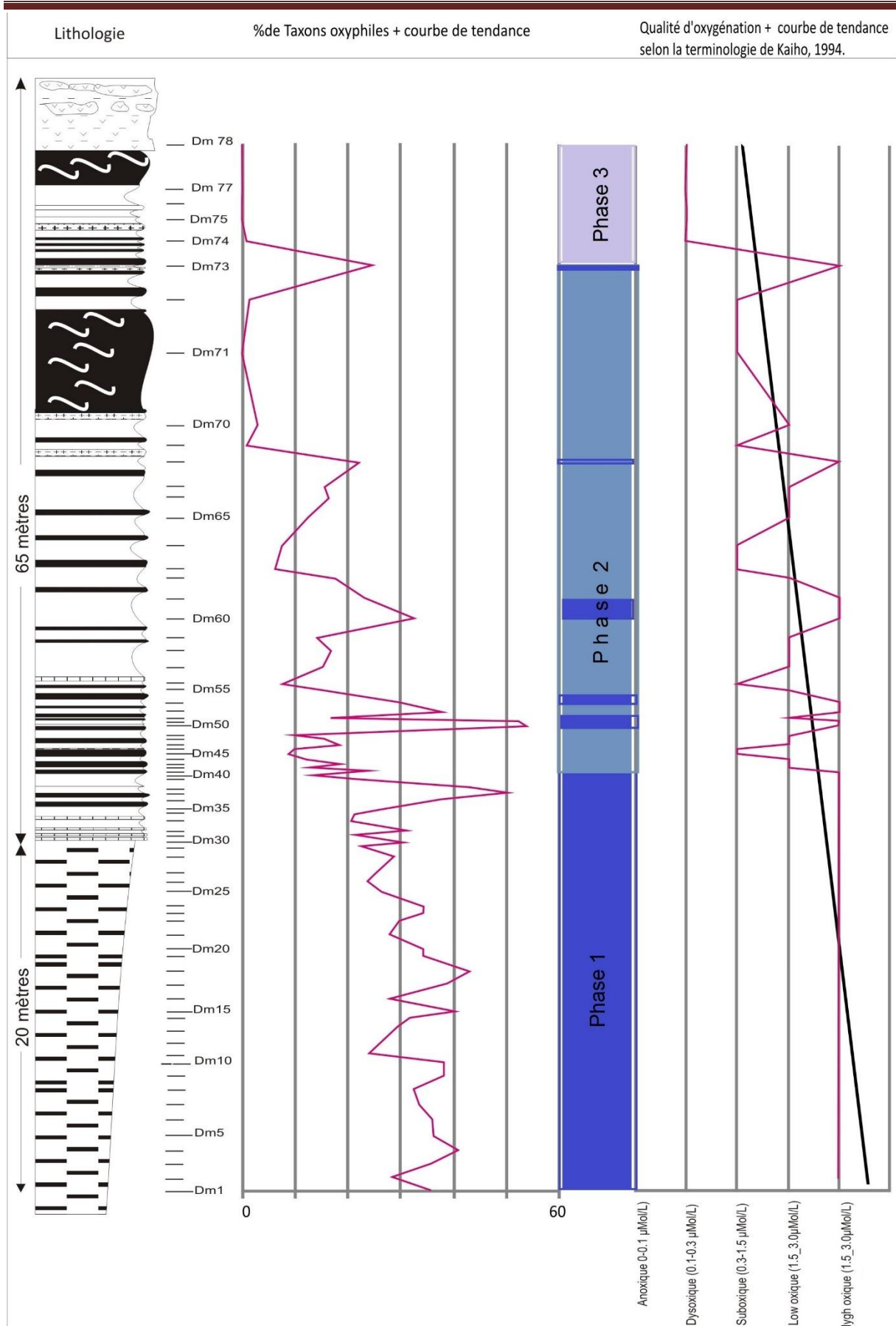


Fig. 26: Estimation de l'oxygénation des eaux de fond selon la terminologie de Kaiho (coupe de Djebel Meni)

III.3 - Evaluation de la stabilité du milieu (Djebel Meni)

III.3.1 - Diversité spécifique (H) ou indice Shannon-Wiener

Dans la coupe de Djebel Meni, les valeurs de H varient de 4 à 1,5. Cela témoigne du grand éventail paléoécologique dans lequel ont évolué les différents niveaux de dépôt.

En effet, cet indice est élevé au niveau de la formation des marnes bleues et à la partie basale de la formation marno-diatomitique (Fig. 27). Cela suggère un milieu où auraient régné des conditions marines normales.

Ce n'est que vers la partie supérieure de la formation marno-diatomitique (Dm50 puis Dm70 et Dm71) que la diversité spécifique est égale à 2.

La partie sommitale, par contre, marque une nette déviation de la courbe en faveur d'un indice H nettement inférieur à 2 pouvant indiquer un milieu à salinité variable.

III.3.2 - Indice d'équitabilité (E)

Ce test montre toute son importance dans des situations où des perturbations discrètes sont difficiles à mettre en évidence.

L'analyse minutieuse de l'évolution verticale de la courbe (Fig. 27), permet de relever plusieurs niveaux (Dm29, Dm36, DM42, Dm50, Dm51, Dm54, Dm56) de la formation marno-diatomitique où E est en dessous de 0,6 (60%). Ce qui serait un signe de perturbation périodique du milieu. Cet élément d'analyse confirmerait le phénomène de dissolution intermittent que subit la microfaune benthique.

Enfin, à partir de Dm69 (excepté Dm73), la perturbation durable du paléomilieu est clairement suggérée par un indice (E) au voisinage de 0,4.

III.3.3 - Evolution du nombre d'espèces de foraminifères benthiques

Les prélèvements à la base de la coupe sont les plus riches en espèces avec 53 taxons dans Dm11. Ce nombre (53) décroît au fur et à mesure de la progression vers le sommet de la coupe. Cette évolution verticale est conforme à la logique des indices précédents (Fig. 27) suggérant une détérioration des conditions du milieu.

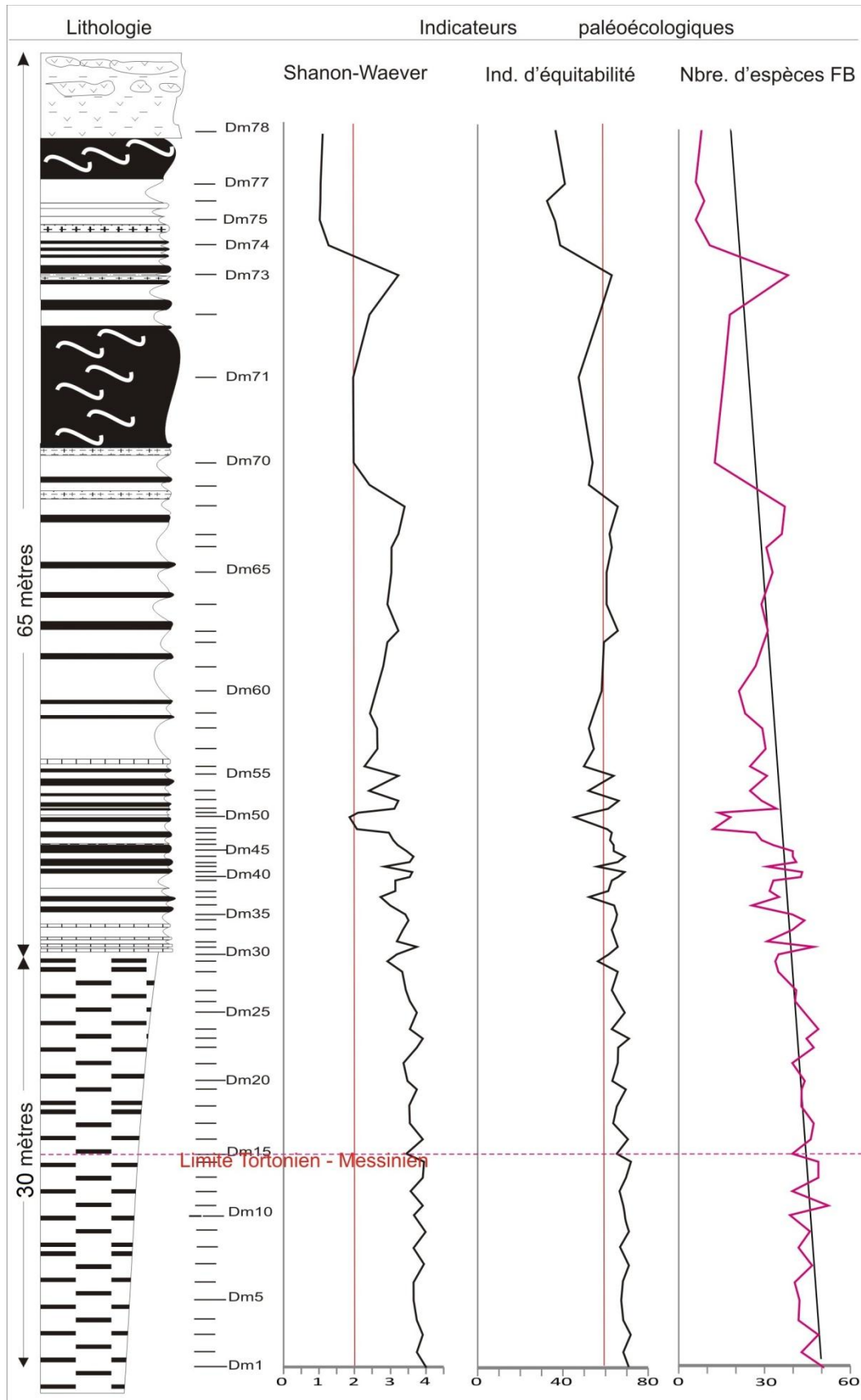


Fig. 27: Evolution de quelques indices paléoécologiques (coupe de Djebel

Meni).

IV - ANALYSE STATISTIQUE

IV.1 - Généralités

L'analyse statistique a plusieurs objectifs:

Déterminer des assemblages de foraminifères benthiques à signification paléo-écologique.

Déterminer les espèces ou groupes d'espèces les plus discriminants d'un point de vue paléo-écologique.

Visualiser les compositions et les variations des assemblages en fonction des facteurs écologiques.

Etablir une corrélation entre les sites étudiés.

Tenter de reconstituer à travers les modèles paléo-écologiques, les changements paléoenvironnementaux sur plus de 2 Ma.

A cet effet, deux méthodes statistiques complémentaires ont été appliquées: l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et l'Analyse Ascendante Hierarchique (AAH).

IV.2 - L'analyse factorielle des correspondances (AFC)

Cette méthode est utilisée pour identifier une structure latente, et pour réduire par la suite le nombre de variables mesurées si elles sont redondantes vis-à-vis des facteurs latents.

La factorisation des données nécessite la présence de liens et de corrélations entre les énoncés d'une mesure quelconque. Pour ce faire, on dispose de deux tests: Le test de 'Chi deux' (ou test de sphéricité de Bartlett) et le test KMO.

S'agissant du test de sphéricité de Bartlett, si la signification (Sig.):

tend vers 0,000, c'est très significatif,

inférieur à 0,05 c'est significatif,

entre 0,05 et 0,1 acceptable et au dessus de 0,1 elle est rejetée.

Cependant, le test de 'Chi deux' (noté aussi chi²) présente des limites sur les grands échantillons dans la mesure où il est toujours vérifié. Le test KMO (Kaiser-Meyer-Olkin), est complémentaire du premier et permet de corriger les limites du test de Chi².

L'indice KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) doit tendre vers 1. Si ce n'est pas le cas, la factorisation n'est pas conseillée. Pour juger de l'indice de KMO, on peut utiliser l'échelle suivante:

0,50 et moins est très mauvais,

entre 0,60 et 0,70, c'est médiocre,

entre 0,70 et 0,80 c'est moyen,

entre 0,80 et 0,90 c'est méritoire, et plus de 0,9 c'est excellent.

Le choix du nombre de facteurs (ou axes) se fait sur la base du seuil de l'explication de la variance. Le logiciel SPSS, permet d'examiner les valeurs de la variance expliquée par chaque item sur un tableau appelé 'communalité'.

Les items qui ont un niveau de communalité inférieur à 0,3 sont éliminés et ne sont retenus que ceux ayant une communalité supérieure à 0,7.

Si la variance expliquée est trop faible, certaines variables peuvent être exclues. Pour décider des variables à exclure, il faut observer leur qualité de représentation: plus la valeur associée à la ligne « Extraction » est faible, moins la variable explique la variance.

Enfin, l'examen des valeurs propres permet de choisir le nombre de facteurs à retenir. En théorie, les facteurs qui présentent des valeurs propres supérieures à 1 sont retenus. Mais, en général, le nombre d'axe choisi dépend de la restitution minimale d'information souhaitée et de la capacité d'interprétation de l'utilisateur.

Le test du coude ou le « scree test » permet de s'assurer du nombre d'axes retenus. Ainsi, Graphiquement, les valeurs qui se trouvent à gauche du point d'inflexion du graphique des valeurs propres sont retenues. Les points presque alignés sont reliés par une droite et les axes qui sont au dessus de cette ligne sont retenus.

L'interprétation des résultats constitue la phase la plus délicate de l'analyse. A travers une recherche lexicale à partir des coordonnées des variables et des individus, un sens est donné à un axe. Ce sont les éléments extrêmes qui concourent le mieux à l'élaboration des axes.

IV.2 - L'analyse ascendante hiérarchique (AAH)

Dans les études anciennes, les associations ou paléobiofaciès étaient définis grâce à une méthode semi-quantitative. Cette dernière se basait sur des critères de dominance, de présence, de rareté et d'absence, etc...d'espèces ou de taxons donnés.

La classification ascendante hiérarchique (AAH) (Jambu, 1972) sert à définir les assemblages ou associations de foraminifères benthiques. Elle permet un traitement objectif des données et peut s'appliquer soit aux observations (échantillons) soit aux variables (espèces).

Cette méthode est fondée sur un principe simple. Elle cherche à réunir ou agréger les échantillons ou les espèces qu'elle compare dans des groupes (grappes ou cluster).

Chaque ensemble (échantillons ou espèces) doit être muni d'une métrique permettant de mesurer leur proximité.

Les résultats, générés par un algorithme, sont illustrés par un arbre appelé dendrogramme pouvant être coupé horizontalement de façon à obtenir un nombre satisfaisant de classes.

La méthode d'agrégation choisie dans le présent travail est fréquemment utilisée dans l'étude de la microfaune du Miocène supérieur méditerranéen (Kouwenhoven et *al.*, 1999; 2006; Seidenkrantz et *al.*, 2000; Drinia et *al.*, 2007; Drinia, 2009 et Di Stephano et *al.*, 2010).

Aussi et dans un souci d'homogénéité, le même logiciel de statistique (SPSS.17) a été employé. Ce choix permet une cohérence méthodologique à même d'offrir la possibilité de mieux comparer les résultats de cette étude avec ceux des auteurs précédemment cités.

Deux méthodes d'agrégations sont souvent utilisées. La première prend en compte la distance moyenne dans les classes (*average linkage within group*). La seconde considère la distance moyenne entre les classes (*average linkage between group*).

Tous les travaux sus-cités utilisent comme métrique ou distance; la corrélation Pearson.

IV.2 - L'analyse factorielle des correspondances (Oued Derdoussa)

Cette analyse a été appliquée au tableau des valeurs codées en Logarithme base 2. Le tableau codé provient de la transformation des tableaux de fréquences des espèces et groupes d'espèces issue des comptages (Tableau, en Annexe).

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

Les espèces rares, ne dépassant pas les 2% sur l'ensemble des échantillons de la coupe ont été soit écartées, soit regroupées en catégories de même signification paléoécologique. Cela aboutit nécessairement à une réduction du nombre de variables (espèces). Cette réduction permet de mieux cerner tout en l'amplifiant la signification paléoécologique des assemblages de foraminifères benthiques (Saint-Martin et *al.*, 2003).

Les fréquences de 0 à 100, recalculées en fonction des suppressions et regroupements d'espèces, ont été converties en valeurs ordinales ou classes de 0 à 9 par un codage en logarithme base 2, selon la formule $Y = \log_2(3x+1)$. Ce codage évite de sous-estimer les taxons de faible fréquence dans les analyses (Saint-Martin et *al.*, 2003).

Ainsi 32 variables représentant des espèces ou des groupes d'espèces et 61 échantillons ont été simultanément traitées.

Les valeurs des indices KMO et le test du chi² permettent de tenter une factorisation des données de comptage. (Tableau 2).

Mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.	,766	
Test de sphéricité de chi-deux approximé	1760,647	
Bartlett	Ddl	496
	Signification de Bartlett	,000

Tableau 2 : Indice KMO et test de Bartlett (Oued Derdoussa).

Le tableau 3 fournit une information sur la variance totale expliquée par les deux axes retenus avec un pourcentage de la variance cumulée égale à 51,882%.

Facteur	Valeurs propres initiales		
	Total	% de la variance	% cumulés
1	11,384	35,573	35,573
2	5,219	16,308	51,882

Tableau 3 : Pourcentage de variance expliquée par les facteurs 1 et 2.

La qualité de représentation (QR) (Tableau 4) permet de vérifier la bonne corrélation d'un descripteur (variable) avec les deux facteurs (QR = communalité > 0,3).

La méthode d'extraction utilisée est celle de la factorisation en axes principaux.

Les descripteurs retenus sont ceux qui ont gardé une bonne qualité de représentation après extraction (Tableau 4). Il s'agit de: *Anomalinoïdes helycinus* (AnHe), *Anomalinoïdes flinti* (AnFl), *Bolivina scalprata miocenica* (BoMs), *Bolivina dilatata* gr. (Bodl), *Bulimina aculeata* gr. (BuAc), *Bulimina elongata* (BuEl), *Cibicidoïdes kullenbergi* (CiKl), *Cassidulina laevigata* (Caslv), *Cibicidoïdes ungerianus* (CsUng) *Cibicidoïdes gr.1* (Cigr.1), *Dentalina* (Dent), *Siphonina reticulata* (SiRet), *Uvigerina proboscidae* (UvPro) et *Uvigerina striatissima* (UvStr).

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

	Initiale	Extraction
AnFl	,845	,436
AnHe	,881	,654
Boms	,870	,484
BoDI	,853	,579
BoArt	,730	,215
BuAc	,785	,611
BuCo	,771	,075
BuEl	,834	,700
CasLv	,770	,542
CiKI	,845	,622
CiPcd	,798	,153
CiUng	,920	,784
CiGr1	,965	,844
Dent	,874	,469
GySo	,669	,094
GyAl	,693	,262
GyNs	,841	,388
Lent	,904	,771
MrtC	,807	,422
Melo	,667	,232
Orid	,764	,299
PlnA	,862	,706
PlrAl	,782	,406
Pulln	,872	,701
ReCy	,967	,892
ReGs	,905	,814
SiRet	,962	,806
Stilo	,750	,296
UvPrg	,695	,064
UvPro	,858	,684
UvRut	,569	,137
UvStr	,824	,652

Tableau 4 : Qualité de représentation initiale et après extraction des différentes variables. Coupe de Oued Derdoussa.

Méthode d'extraction : Factorisation en axes principaux.

Les espèces surlignées en jaune sont celles qui ont une mauvaise qualité de représentation après extraction et n'ont pas été considérées dans l'interprétation.

L'analyse montre une distribution homogène des points. Le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 montre une distribution en arc (effet Guttman) des différents taxons (Fig. 28). Selon Hennebert et Lees, 1991 in Saint-Martin et al., (2003), L'effet Guttman suggère l'existence d'un gradient environnemental.

Les formes opportunistes (*Rectuvigerina cylindrica*, *R. gaudriinoides*, *Brizalina gr. dilatata*, *Bulimina elongata* et *B. aculeata*) supportant les conditions écologiques stressantes (manque d'oxygène, apport important en carbone organique) se regroupent à droite de l'arc. Les formes aux exigences écologiques normale et stables (bonne oxygénation des eaux de fond et apport nutritif modéré, températures fraîches, salinité normale) se regroupent à sa gauche. Il s'agit de *Siphonina reticulata*, *Uvigerina proboscidae*, *Cibicoides gr.1*, *Anomalinooides helcinus*, *Pullenia* et *Cibicoides kullenbergi*.

Ceci suggère l'existence un gradient environnemental trophique allant d'un pôle oligotrophe à un pôle eutrophe (Fig. 28).

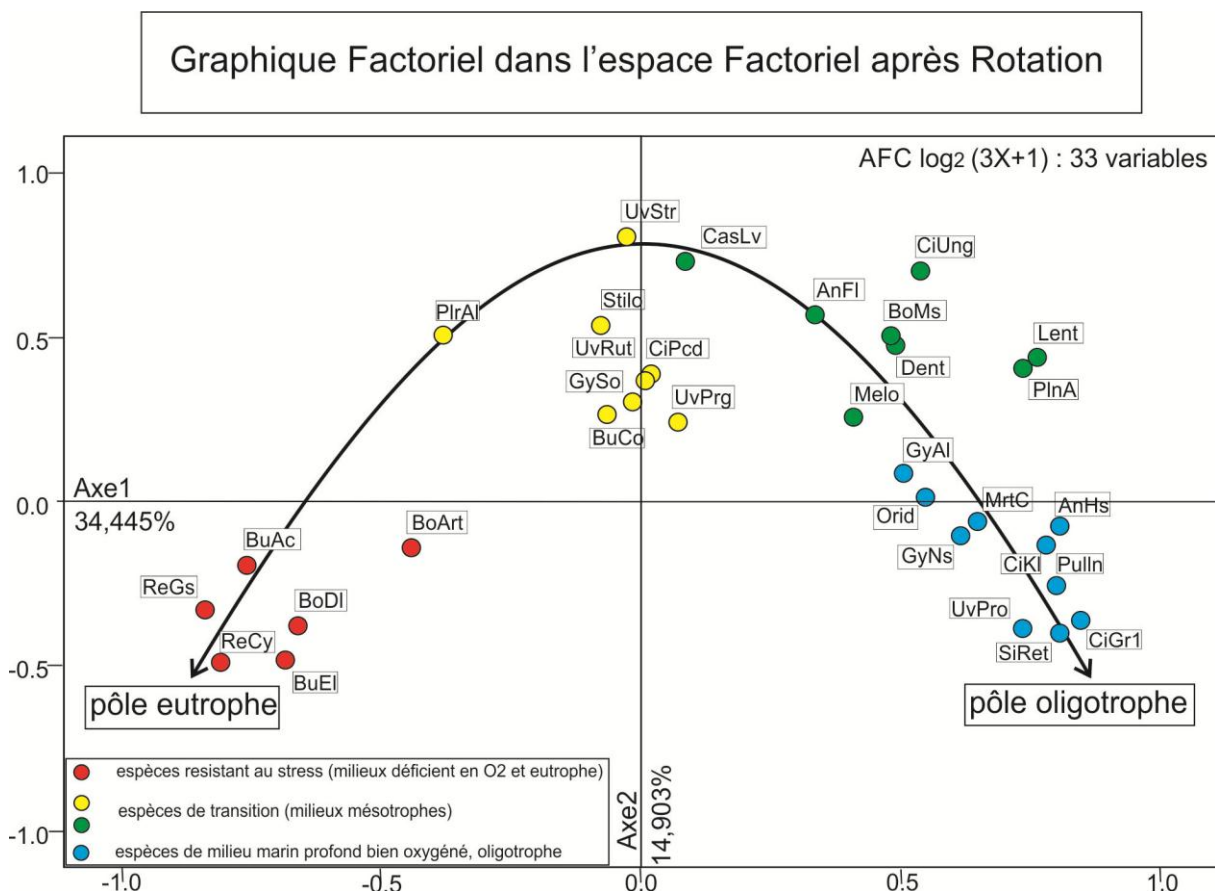


Fig. 28 : Graphique de l'AFC réalisée sur les données de Oued Derdoussa

IV.3 - Analyse ascendante hiérarchique (Oued Derdoussa)

L'analyse ascendante hiérarchique a permis de subdiviser la microfaune benthique en 3 clusters principaux. Le premier étant subdivisé en deux sous groupes. Il ressort donc 4 groupes représentant chacun un biofaciès particulier (Fig. 29).

Le CLUSTER Ia qui définit le biofaciès I, regroupe les espèces et groupes d'espèces suivants: *Siphonina reticulata*, les Cibicidoides du groupe 1 (*Cibicoides italicus*, *C. robertsonianus*, *C. wuellerstorfi* et *C. bradyi*), *Uvigerina proboscidae*, *Cibicoides kullenbergi*, *Pullenia* spp., *Bolivina leonardii*, *Anomalinoidea helacinus*, *Gyroidinoidea neosoldani*, *G. altiformis* et *Oridorsalis* spp. (Fig. 29).

Les espèces de Cibicidoides (gr.1) sont connues pour être oxyphiles ne tolérant pas le déficit en oxygène dissous des eaux. *Cibicoides kullenbergi* est considéré comme un indicateur de bonne oxygénation des masses d'eau profondes (Lohman, 1978; Schmiedl et al. 2003), en plus de sa préférence aux conditions oligo-mesotrophiques. Selon Van der Zwaan, (1983), elle ne tolère pas le stress environnemental, particulièrement l'insuffisance de l'oxygène du fond marin.

En plus d'être une espèce oxyphile, *Siphonina reticulata* semble coïncider avec des périodes des eaux de surface plus fraîches et plus denses et de l'accentuation de la circulation des eaux profondes (Sgarrella et al., 1993, 1999).

En outre, tous ces taxons se retrouvent généralement dans les environnements méditerranéens du Miocène supérieur, en mer ouverte (Kouwenhoven et al., 2006). Ils se caractérisent par leur préférence aux environnements bien oxygénés avec des salinités normales (Van der Zwaan, 1982; Verhallen, 1991; Sjoerdsma et Van der Zwaan, 1992; Kaiho, 1994; Sgarrella et al., 1999; Kouwenhoven et Van der Zwaan, 2006).

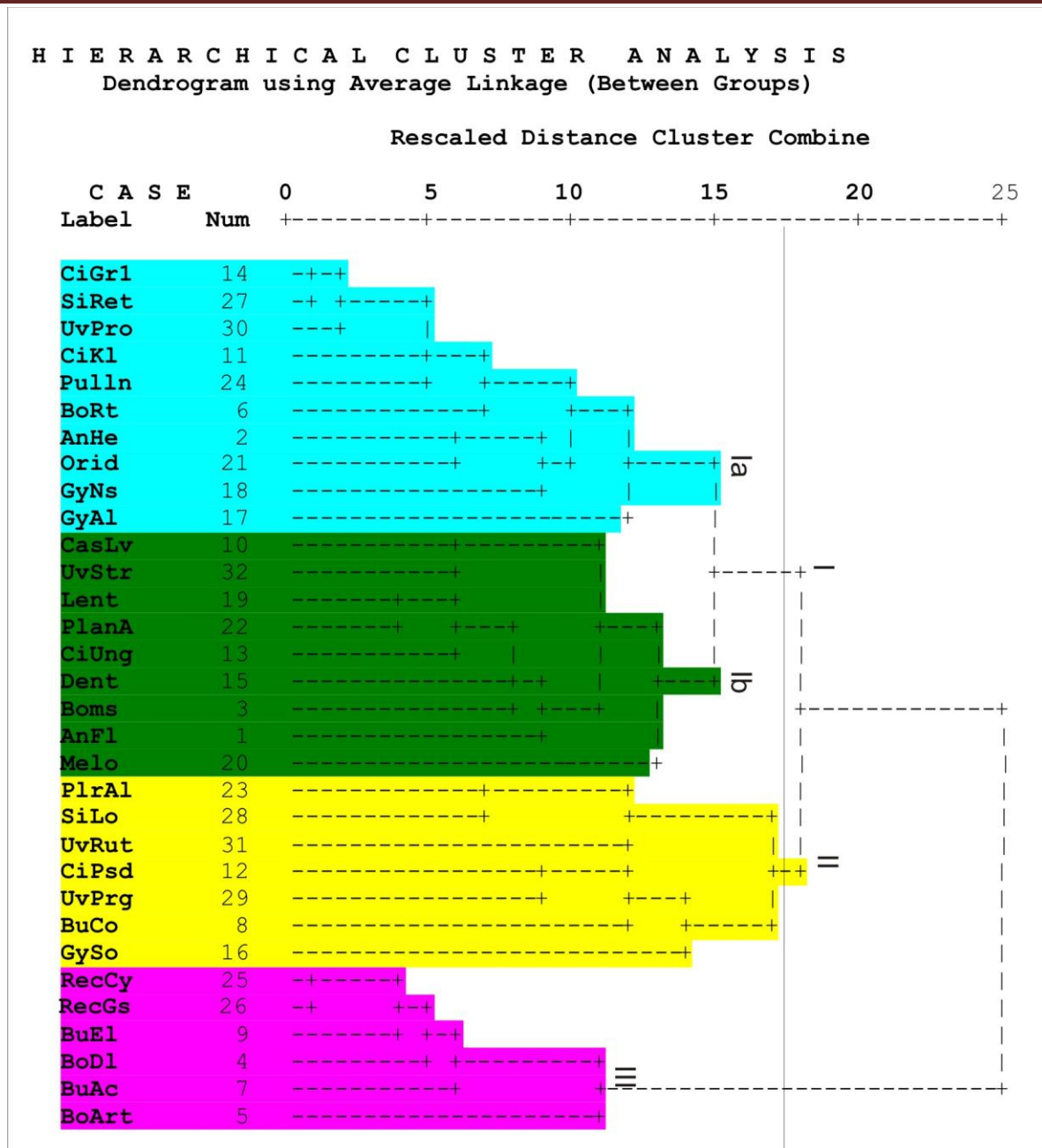


Fig. 29 : Dendrogramme de l'analyse ascendante hiérarchique de Oued Derdoussa.

Les espèces *Gyroidinoides neosoldanii* et *G. altiformis* sont les principales représentantes du genre à la base de la coupe tout en restant un élément mineur dans ce 'cluster'. *Gyroidinoides neosoldanii* est considérée comme opportuniste, avec un habitat épi- à endobenthique peu profond. Elle aurait une faible tolérance pour les environnements pauvres en oxygène (Erbacher et al., 2001).

Elle est généralement signalée avant et après des événements anoxiques (Erbacher et al., 1999) et semble prospérer dans des conditions meso- à eutrophiques. Par conséquent la présence de *Gyroidinoides* spp. dans ce 'cluster' introduit le facteur nutritionnel (qualité trophique), dans la détermination du biofaciès I.

Les données précises sur l'écologie de *Anomalinoides helycinus* manquent. Cependant, les représentants du genre *Anomalonoides* sont connus pour prospérer en conditions mésotrophiques dans l'étage bathyal supérieur (Kouwenhoven, 2000). Sa présence est aussi liée à une importante profondeur. Selon Trenkwalder et al. (2008), c'est une espèce bathyale au même titre que *Cibicidoides kullenbergi*, *C. robertsonianus*, *Siphonina reticulata*. Pour d'autres auteurs (Miao et Thunnell, 1993), *Anomalinoides* spp. sont des espèces mésotrophiques tolérant un flux élevé de la matière organique et une productivité importante.

Oridorsalis spp. est liée à une forte teneur en oxygène et à un faible flux de carbone organique (Mackensen et al., 1985; Miao et Thunnell, 1993 in Di Stephano et al., 2010).

En conclusion, cet assemblage semble refléter un taux élevé d'oxygène dissout à l'interface eau-sédiment. Il semble évoluer sous une tranche d'eau profonde influencée par la fraîcheur des eaux de surface et l'apport nutritif moyen.

Le CLUSTER Ib regroupe les espèces définissant le biofaciès II; *Cassidulina laevigata*, *Cibicidoides ungerianus*, *Uvigerina striatissima*, *Lenticulina* spp., *Planulina ariminensis*, *Dentalina* spp., *Bolivina scalpatra miocenica*, *Anomalinoides flinti*, *Melonis* spp. (Fig. 29).

Cet assemblage est composé de deux types de taxons: les oxyphiles (groupe 5) tels que *Planulina ariminensis*, *Uvigerina striatissima* et les suboxiques, tels que *Bolivina scalpatra miocenica*, *Cassidulina laevigata*, *Lenticulina* spp et *Pullenia* spp. (Kaiho, 1994; Sgarrella et al., 1999; Kouwenhoven et Van der Zwaan, 2006).

Cependant, *Planulina ariminensis* tolère l'insuffisance en oxygène, puisqu'elle a été retrouvée dans des milieux dysoxiques actuels (Bernhard et Sen Gupta, 1999). Elle peut s'alimenter de particules provenant de l'advection latérale non liée au taux vertical élevé de flux organique et à la productivité superficielle (Linke et Lutze, 1993). Sgarrella et al. (1999) trouvent même des taux élevés de cette espèce liés aux périodes de conservation de la matière organique du fond marin favorisé par des conditions dysoxiques.

Ceci est provoqué par la stratification de la colonne d'eau et, par conséquent, de la circulation lente des eaux profondes. Finalement cette espèce peut avoir un comportement opportuniste et s'adapter à des conditions du milieu qui ne sont pas celles qu'elle préfère.

Cet ensemble se compose aussi d'espèces de micro-habitat endobenthique peu profond (*Uvigerina striatissima*, *Anomalinoïdes flinti*, *Melonis* ssp.) adaptées à vivre dans des environnements où l'oxygène interstitiel est faible dans des eaux meso à eutrophiques sur la pente continentale (Murray, 1991; Schmiedl et al., 2003).

De manière générale, *Uvigerina* spp. sont des espèces endobenthiques peu profondes particulièrement fréquentes sur les pentes continentales (Murray, 1991) et dans les zones où l'apport en carbone organique est constamment élevé (Fariduddin et Loubère, 1997). Cependant, *Uvigerina striatissima* est considérée comme une espèce tolérant l'insuffisance très modérée de l'oxygène (Borsetti et al., 1986, 2009; Bellanca et al., 2002).

La faible fréquence de cette espèce, dans cet assemblage, suggère son adaptation à un flux organique saisonnier élevé du phyto-detritus marin et une tolérance à la mauvaise qualité de la matière organique d'origine marine ou terrestre (Licari et Mackensen, 2005).

Melonis spp. sont particulièrement abondantes dans les zones à apport trophique élevé (Jorissen et al., 1998 in Gebhardt, 1999). Toutefois, quelques données montrent un modèle de distribution diffus de ce groupe d'espèces. Elles changent de microhabitat entre l'épibenthique et le maximum endobenthique profond (Jannink et al., 1998 in Drinia, 2009), et montrent des distributions verticales variables en fonction des variations saisonnières (Linke et Lutze, 1993). Cela signifie que ces espèces sont très mobiles et changent d'habitat comme réponse à la disponibilité des apports trophiques et des conditions environnementales variables. Cependant, selon Caralp (1989), *Melonis* spp. préfèrent très probablement la matière organique altérée des couches profondes.

Cibicidoides ungerianus est une forme des substrats vaseux, ne tolérant pas le manque d'oxygène ou l'augmentation de la salinité (Van der Zwaan, 1982).

Selon Nees et Struck (1999), les espèces du genre *Cassidulina* ont un comportement opportuniste. *Cassidulina laevigata* et *Dentalina* spp. sont des indicateurs de milieux suboxic et préfèrent des microhabitats endobenthiques peu profonds à intermédiaires (Gebhardt, 1999).

Cet assemblage semble refléter l'influence croissante de l'apport en élément nutritifs et la diminution du taux d'oxygène dissous du fond marins.

Le CLUSTER II regroupe les taxons définissant le biofaciès III; *Pleurostomella alternans*, *Stilostomella* spp., *Uvigerina rutila*, *Cibicoides pachydermus*, *Uvigerina peregrina*, *Bulimina costata* et *Hansenisca soldanii*.

Les taxons dominants ce groupe sont *Cibicoides pachydermus* et *Uvigerina peregrina*. L'importance de la fréquence de *C. pachydermus* est attribuée aux approvisionnements élevés en nutriments par certains auteurs (Caralp, 1988; Meulenkamp et Van der Zwaan, 1990) mais elle a été aussi signalée dans un large éventail de conditions trophiques (Rathburn et Corlis, 1994; Schmiedel et al., 2000; Fontanier et al., 2002). Ainsi (Jorissen et al., 1998 in Gebhardt, 1999) constatent que cette espèce s'épanouit dans un environnement influencé de manière permanente par les upwellings.

Enfin, cette espèce semble aussi traduire une certaine influence littorale, et donc une baisse probable du niveau marin (Kouwenhoven et al., 1999).

Selon Mojtahid et al. (2010), *Uvigerina peregrina* a une préférence pour le flux organique moyen et, comme *Gyroidina soldanii*, elle est considérée comme suboxique (Kouwenhoven et Van der Zwaan, 2006). Mais elle marquerait aussi, les remontées d'upwellings côtiers (Pérez-Asensio et al., 2012).

Van der Zwaan (1982) constate que *Bulimina costata* affectionne les microhabitats vaseux mais montre une légère tolérance aux salinités élevées. Elle est relativement plus abondante au cours des périodes d'insuffisance de l'oxygène et d'abondance d'éléments nutritifs. Selon (Speijer et al., 1996; Speijer et Schmitz, 1998) in Kouwenhoven (2000), *B. costata* indiquerait plus ou moins des environnements soumis à une contrainte écologique (eutrophie, par exemple).

De façon générale, les espèces caractéristiques de cet assemblage évitent probablement les secteurs les plus eutrophiques où elles pourraient être éliminées par des espèces plus opportunistes (Drinia et al., 2008).

Initialement, Weinholz et Lutze (1989) in Bhaumik et al. (2011) ont suggéré que les espèces allongées de *Stilostomella* et *Pleurostomella* étaient sensibles aux facteurs écologiques et ont progressivement adaptées leur répartition géographique de l'océan profond à l'océan peu profond. Cependant, elles ont été considérées comme des indicateurs benthiques endofaunes peu profonds de faible oxygénation (suboxic) témoignant d'entrées organiques élevées vers les fonds marins (Gupta, 1993 in Hayward, 2002).

L'abondance relative croissante de ces groupes d'espèces pendant l'Eocène inférieur à moyen indique probablement qu'elles pouvaient tolérer des climats très chauds et des conditions à faible teneur en oxygène (Hayward, 2010).

Enfin, selon Bhaumik et *al.* (2011), ce groupe a un habitat endofaune peu profond. Ces taxons préfèrent vivre dans des environnements riches en carbone organique et peuvent tolérer des températures très basses. Cependant, ils sont également capables de survivre dans les environnements bien oxygénés.

De ce qui précède, il semble que dans cette coupe, ce groupe d'espèces, en l'occurrence *Stilostomella spp.* (avec un fréquence maximum de 13.33% dans Od50) et *Pleurostomella alternans* (fréquence maximum = 10% dans Od50) témoignerait d'un milieu faiblement oxygéné (suboxic) riche en matière organique induit par une importante productivité de surface sous l'influence d'un climat chaud.

Ainsi, les espèces de ce groupe semblent toutes tolérantes à une certaine contrainte écologique. Leur stratégie de vie peut tolérer de faibles teneurs en oxygène ou un flux organique élevé et continu alimenté par une importante production primaire des eaux de surface certainement chaudes et une certaine influence littorale.

Le Cluster III regroupe les taxons définissant le biofaciès IV : *Brizalina gr. dilatata* (*Brizalina dilatata*, *B. spathulata*, *B. dentellata*, *B. tortuosa*), *Bulimina aculeata*, *B. subulata*, *B. elongata*, *Bolivina arta*, *Rectuvigerina gaudryinoides* et *R. cylindrica*.

Le groupe *Brizalina dilatata* augmente de fréquence de la base au sommet de la coupe où il constitue l'un des taxons dominant de la microfaune benthique. Son pourcentage le plus élevé dans les derniers niveaux de la coupe a une moyenne de 30%.

Ce groupe d'espèces souligne l'effort écologique lié à la faible teneur en oxygène des eaux de fond (Murray, 1991). En particulier, et selon plusieurs auteurs (Van der Zwaan, 1982; Verhallen, 1991; Jorissen et *al.*, 1992; Kaiho, 1994; Loubère, 1996), *Brizalina gr. dilata* tend à augmenter quand le flux de la matière organique terrigène domine l'environnement. Il montre un comportement opportuniste et une tolérance à la dysoxie, mais également à la salinité élevée de l'eau de fond.

Selon certains auteurs, les espèces de *Brizalina gr. dilatata* dominant dans des zones à minimum d'oxygène (MOZ) ou dans des zones d'upwellings (Phleger et Soutar, 1973; Poag, 1984; Mullins et *al.*, 1985 In Drinia et *al.*, 2008).

Leur morphologie allongée et aplatie est considérée comme une adaptation aux conditions de faible teneur en oxygène (Bernhard 1986 *In* Drinia et *al.*, 2008).

Le groupe de *Bulimina aculeata* (*Bulimina aculeata* gr. = *Bulimina aculeata*, *B. subullata*, *B. elongata*, *B. lappa* et *B. echinata*) montre un modèle fluctuant dans toute la coupe, atteignant sa fréquence la plus élevée (25%) dans les derniers niveaux de la coupe.

Bulimina gr. *aculeata* est un groupe d'espèces opportunistes avec un microhabitat endobenthique intermédiaire. Elles ne sont pas particulièrement dépendantes des fréquences élevées de matière organique fraîche et inchangée, mais prospèrent certainement sous un flux organique élevé (Gupta, 1997). En Méditerranée, ce groupe exige des conditions relativement eutrophiques (de Rijk et *al.*, 2000).

Bolivinidae et Buliminidae dominant dans cette partie de la coupe en compagnie de *Rectuvigerina cylindrica* et *R. gaudryinoides*. Ces taxons adoptent une stratégie de vie opportuniste, et peuvent tolérer des réductions périodiques du contenu d'oxygène dissous en modifiant leur microhabitat endobenthique et passer à un mode de vie épibenthique (Jorissen et *al.*, 1992; Kaiho, 1994).

Selon Kouwenhoven et *al.* (1999), *Bulimina subullata* témoignerait d'un environnement marin peu profond.

Sur le plateau continental du golf de Cadiz (Méditerranée occidentale), Mendes et *al.* (2012) observe une fréquence maximum de *Bulimina aculeata* et *Bulimina elongata* dans un intervalle bathymétrique de 30 à 100 mètres (infra à circalittoral) seulement. Quant à la présence sporadique de *Bulimina echinata*, elle serait le résultat d'une augmentation de la salinité (Kouwenhoven et *al.*, 2006).

En outre, Blanc-Vernet (1969) constate qu'en Méditerranée, les Bolivinidae sont plus nombreuses que les Buliminidae en allant vers l'étage circalittoral (à environ 80 mètres de profondeur). Les deux groupes affectionnent, par ailleurs, le substrat vaseux.

Les espèces du genre *Rectuvigerina* sont absentes de la base de la coupe ainsi que de sa partie médiane. Par contre, elles sont un élément structurant principal du biofaciès IV.

Comme rapporté par Thomas (1980), Van der Zwaan (1982), Van der Zwaan et Den Hartog Jager (1983); Jonkers (1984) *in* Drinia et *al.* (2007), *Rectuvigerina* spp. a une intense prolifération dans des conditions d'épuisement de l'oxygène.

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

La présence concomitante de *Rectuvigerina* spp., et *Brizalina* gr. *dilatata* Ainsi que *Bulimina* gr. *aculeata* plaide pour un environnement marin eutrophisant, caractérisé par des eaux de fond dysoxiques influencées par une salinité élevée (Fig. 30).

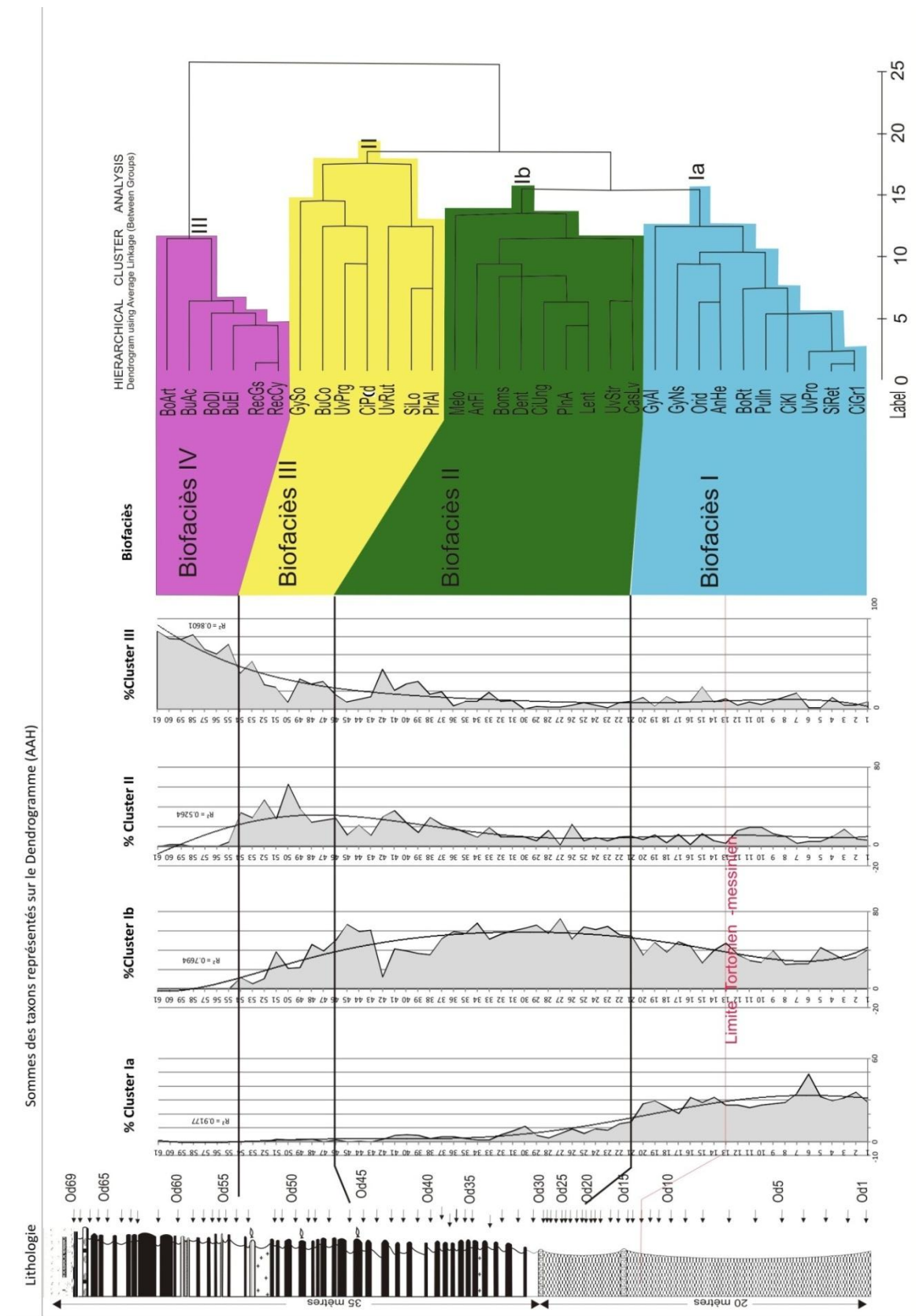


Fig. 30 : Biofaciès définis en fonction de l'AAH dans la coupe de Oued Derdoussa

IV.4 - Implications paléoenvironnementales

De l'analyse statistique, il ressort que de la base au sommet de la coupe de Oued Derdoussa s'opère un changement microfaunistique bien illustré par le relai de différents (paléo-) biofaciès (Fig. 31).

En effet, les espèces regroupées dans le Cluster Ia (biofaciès I) et occupant la base de la coupe disparaissent ou diminuent très fortement à la fin d'un premier intervalle. Le paléoenvironnement semble profond, bien oxygéné et moyennement alimenté en matière organique (oligo à mésotrophique) et jouissant d'une salinité normale.

Ce premier groupe est relayé par les taxons du Cluster Ib (biofaciès II). Ces espèces, déjà bien représentées, à la partie basale de la coupe, dominent pratiquement toute sa partie médiane et dessinent un deuxième intervalle. Elles témoignent d'une diminution, du taux d'oxygène dissout à l'interface eau-sédiment à cause, probablement, d'un fort apport nutritif. Le paléoenvironnement reste relativement stable avec une salinité normale et une importante profondeur.

Le biofaciès III, succédant au précédent, définit par le Cluster II domine dans un intervalle allant de Od46 à Od55. Le paléobiofaciès ainsi caractérisé semble correspondre à un environnement perturbé et assez instable, influencé par une forte fluctuation bathymétrique, un fort apport nutritif et une baisse du taux d'oxygène sous des eaux superficielles chaudes.

Enfin, les espèces du Cluster III, définissent le biofaciès IV. Ce dernier continue en même temps qu'il clôture cette tendance à la dégradation des conditions paléoécologiques du milieu. Ainsi, des conditions extrêmement défavorables à la survie d'un très grand nombre d'espèces s'installent. Le paléoenvironnement est caractérisé par une eutrophisation des eaux de fond, très faiblement oxygénées (dysoxiques) à forte variations de salinité probablement sous une tranche d'eau du ciralittoral.

A la fin de cet épisode toutes les espèces de foraminifères benthiques disparaissent.

Finalement, ce modèle distributionnel suggère une succession de paléoenvironnements évoluant dans le sens de la dégradation des conditions de vie des foraminifères benthiques.

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

Le contenu en oxygène des eaux de fond et la disponibilité des nutriments semblent être les facteurs environnementaux principaux qui contrôlent la distribution des foraminifères benthiques. Cette conclusion est en accord avec les travaux de Jorissen (1987) mais il faut signaler le rôle de la salinité qui se manifeste au sommet de la coupe.

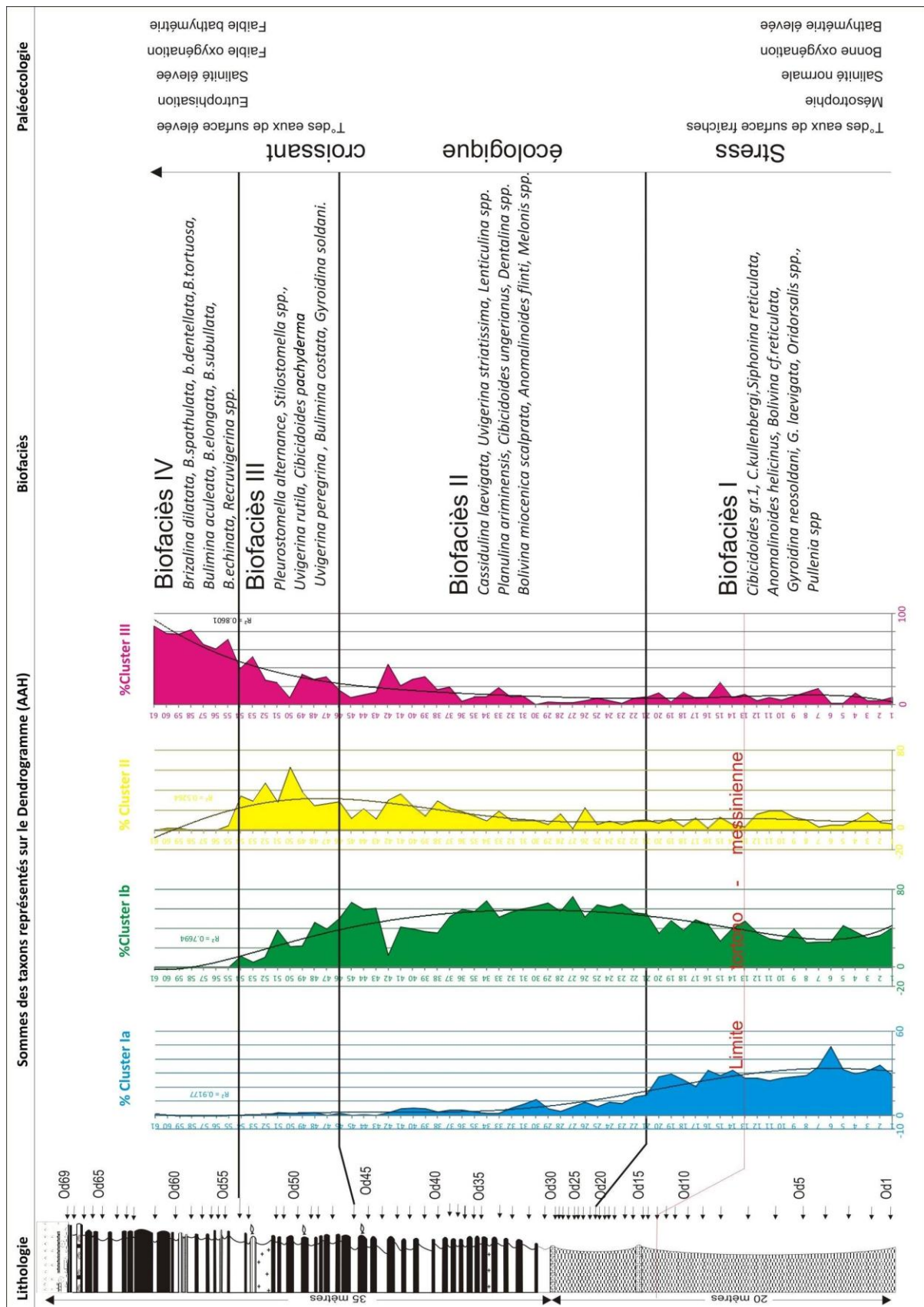


Fig. 31 : Evolution des biofaciès et implications paléoenvironnementales (Oued Derdoussa).

IV.5 - Discussion et conclusion

L'étude du passage tortono-messinien de la coupe de Oued Derdoussa montre un relai microfaunistique caractérisant globalement les unités sédimentaires qui la composent.

Les indices paléoécologiques et les différentes fonctions (fonction de transfert ou fonction de regression) semblent aller dans le même sens que l'analyse statistique.

En effet, l'analyse qualitative et quantitative des foraminifères benthiques contenus dans les 61 échantillons étudiés a permis l'identification de 171 espèces de foraminifères benthiques inégalement réparties de la base au sommet de la coupe.

La formation marneuse au sein de laquelle a été récolté le foraminifère marqueur *Neoglobobulimina dutertrei-humerosa* dès le premier échantillon (Od1) et *Globobulimina mediterranea* (Od13) indiquant respectivement le Tortonien supérieur et le début du Messinien recèle une microfaune calcaire riche et diversifiée. Les indices biocénétiques (*H*, *E*, et le nombre d'espèces de foraminifères benthiques) reflètent bien cette diversité et indiquent des conditions de milieu stables. La fonction de transfert (Kouwenhoven et Van der Zwaan, 2006) appliquée aux différents assemblages montre que les espèces oxyphiles dominaient le milieu de dépôt de cette partie de la coupe qui jouissait d'un taux élevé d'oxygène dans les masses d'eaux profondes. Ceci est conforté par l'évaluation de l'oxygénation résultant de l'équation de Drinia et *al.* (2007).

Dans ce premier intervalle de la coupe, l'évaluation chiffrée de la paléobathymétrie indique une profondeur importante (environ 1200 m).

L'analyse statistique a été un outil efficace dans la définition des espèces discriminantes et des biofacès microfaunistiques. Elle a mis en évidence les rapports et les liens écologiques réunissant les espèces. Elle a ainsi révélé l'existence d'un gradient trophique et/ou oxygénique conditionnant la répartition verticale des foraminifères benthiques.

C'est ainsi que la définition du Biofaciès I et sa localisation stratigraphique permettent de caractériser cet intervalle par un paléoenvironnement profond (autour de 1200 mètres) de l'étage bathyal moyen. Ce biofaciès caractérisé par un grand nombre d'espèces oxyphiles qui disparaissent à quelques mètres seulement de la limite torono-messinienne (à -7.16 Ma par corrélation avec Kouwenhoven et *al.*, 2006) indique une bonne oxygénation des eaux de fond influencées par l'apport nutritif modéré et l'existence de courants sous-marins en activité.

Le biofaciès II s'installe juste au dessus de la limite tortono-messinienne après l'étiollement du biofaciès I. Il étend sa domination durant tout l'intervalle de dépôt de l'unité lithologique inférieur (UEI) de la formation marno-diatomitique. Dans cet intervalle, les indices biocénétiques deviennent tous fluctuants. Ainsi, différents paliers dans la décroissance de la paléobathymétrie et la diminution de l'oxygène dissous sont atteints.

Cette partie de la coupe allant de Od22 jusqu'à la fin de l'UEI (Od47) semble avoir été déposée dans un environnement marin à salinité normale, suboxic, probablement lié à un apport permanent en éléments nutritifs. La bathymétrie, toujours importante (bathyal supérieur à moyen), semble fluctuante avec une tendance générale régressive.

De Od47 à Od55, s'installe le biofaciès III représentant un pas de plus dans la tendance eutrophique du milieu et la dysoxie correspondante. En effet l'indice d'équitabilité (*E*) montre bien le déséquilibre du milieu, tandis que la tendance à la diminution du nombre d'espèces benthiques s'accroît. A la fin de cet intervalle (Od55) le palier de la dysoxie est atteint. La courbe paléobathymétrique indique aussi une décroissance correspondant à l'étage bathyal supérieur (150 et 500 m).

De Od55 à Od61, le biofaciès IV, semble caractériser une phase de diminution drastique du fréquence d'oxygène. Cette diminution serait le résultat de l'eutrophisation extrême combinée à une salinité accrue sous une tranche d'eau en diminution (infra-à circalittorale).

Il s'opère alors une sélection naturelle éliminant la plupart des espèces pour permettre, à celles plus opportunistes, de proliférer sans grande concurrence dans un environnement stressant. Ce constat semble en bon accord avec l'évolution des indicateurs biocénétiques. Ces derniers indiquent une paléobathymétrie en nette décroissance (Depth= 36 à 200m, Fig. 20) et une paléo-oxygénation nettement dans la zone de dysoxie (Fig. 22).

Le nombre d'espèces de foraminifères benthiques ainsi que les indices *H* et *E* atteignent dans cet intervalle leur plus bas niveau (Fig. 23).

IV. 6 - L'analyse factorielle des correspondances (Djebel Meni)

L'AFC de la coupe de Djebel Meni a concerné 21 variables représentant des espèces ou des groupes d'espèces et 78 échantillons. La factorisation en axes principaux a été utilisée comme mode d'extraction.

Les indices KMO et le test du chi² indiquent que les données du tableau de comptage codé sont factorisables. (Tableau 5).

Mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.		,817
Test de sphéricité de Khi-deux approximé		1195,322
Bartlett	Ddl	210
	Signification de Bartlett	,000

Tableau 5 : Indice KMO et test de Bartlett (Djebel Meni)

Le tableau 6 donne la valeur de la variance totale expliquée par les deux axes retenus (variance cumulée = 49,348%).

Facteur	Valeurs propres initiales		
	Total	% de la variance	% cumulés
1	7,917	37,701	37,701
2	2,969	14,139	51,840

Tableau 6 : Variance totale expliquée (Djebel Meni)

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

La qualité de représentation (Tableau 7) des variables, après extraction a permis de relever les espèces (ou descripteurs) les plus discriminantes et ayant une signification paléoécologique. Il s'agit de : *Anomalinoïdes helicus* (AnHe), *Anomalinoïdes flinti* (AnFl), *Bolivina scalprata miocenica* (BoMs), *Bolivina dilatata* gr. (Bodl), *Bulimina aculeata* gr. (BuAc), *Cibicidoides kullenbergi* (CiKl), *Cibicidoides* gr.1 (Cigr.1), *Dentalina* (Dent), *Siphonina reticulata* (SiRet), *Uvigerina proboscidae* (UvPro) et *Uvigerina striatissima* (UvStr), *Martinotiella communis* (Mrtin), *Planulina ariminensis* (Plan), *Rectuvigerina cylindrica* (ReCy) et *R. gaudriinoides* (ReGs).

	Initial	Extraction
AnFl	,556	,366
AnHs	,592	,439
BrDlt	,761	,706
BoMs	,767	,660
BuAc	,752	,646
Cassd	,452	,227
Ckul	,705	,591
Csgr1	,901	,941
CsPsd	,617	,088
CsUng	,494	,268
Dent	,680	,439
Gyro	,585	,215
Lent	,739	,517
Mrtin	,699	,504
Mlns	,458	,231
Plan	,687	,332
ReGs	,938	,692
ReCy	,946	,761

Tableau 7 : Qualité de représentation (Djebel Meni) ; Méthode d'extraction : Factorisation en axes principaux.

Les espèces surlignées en jaune sont celles qui ont une mauvaise qualité de représentation avant et/ou après extraction et n'ont pas été considérées dans l'interprétation.

Sipho	,862	,844
UvPrg	,566	,217
UvStr	,678	,324

Comme pour Oued Derdoussa, l'AFC montre une distribution homogène des points avec une distribution en arc. L'effet Guttman est matérialisé sur le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (Fig. 32), ce qui laisse supposer l'existence d'un gradient environnemental (Hennebert et Lees, 1991 in Saint Martin et al., 2003).

Ainsi, la Fig. 32, montre que les formes opportunistes (*Rectuvigerina cylindrica*, *R. gaudriinoides*, *Bolivina dilatata* gr., et *B. aculeata*) pouvant évoluer dans des conditions écologiques stressantes (manque d'oxygène, apport important en carbone organique) se regroupent à droite de l'arc. Tandis que les formes attestant d'une stabilité du milieu et de sa normalité (bonne oxygénation des eaux de fond et apport nutritif modéré, températures fraîches, salinité normale) se positionnent en opposition aux premières (à gauche de l'arc). Il s'agit de *Siphonina reticulata*, *Cibicoides* gr.1, *Bolivina scalprta miocenica* et *Cibicoides kullenbergi*.

Ce résultat rejoint les observations de la coupe de Oued Derdoussa. Il laisse supposer l'existence d'un gradient environnemental trophique. Ce dernier contrôlant la distribution de la microfaune, allant d'un pôle oligotrophe bien oxygéné à un pôle eutrophe très faiblement oxygéné.

Graphique Factoriel dans l'espace Factoriel après Rotation

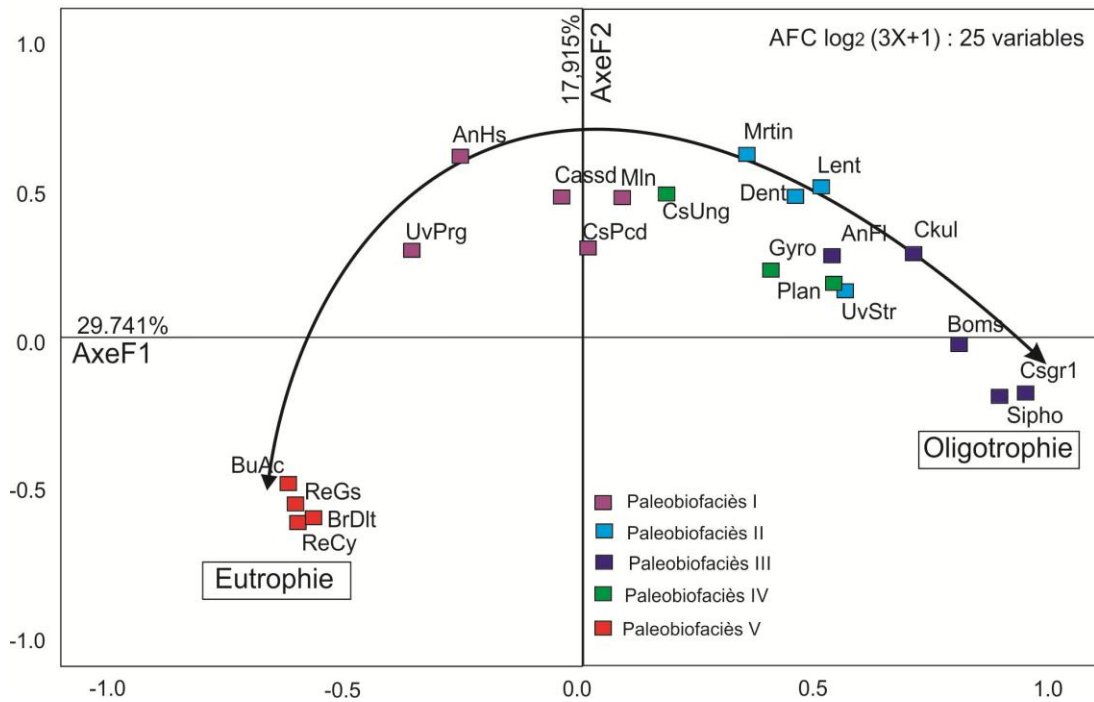


Fig. 32 : Graphique de l'AFC illustrant l'effet Guttman (Djebel Meni)

IV. 7 - Analyse ascendante hiérarchique de la coupe de Djebel Meni

Dans cette coupe, 4 'clusters' désignant des assemblages de foraminifères benthiques ou biofaciès s'individualisent (Fig. 33).

** *Dj.Meni/ HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

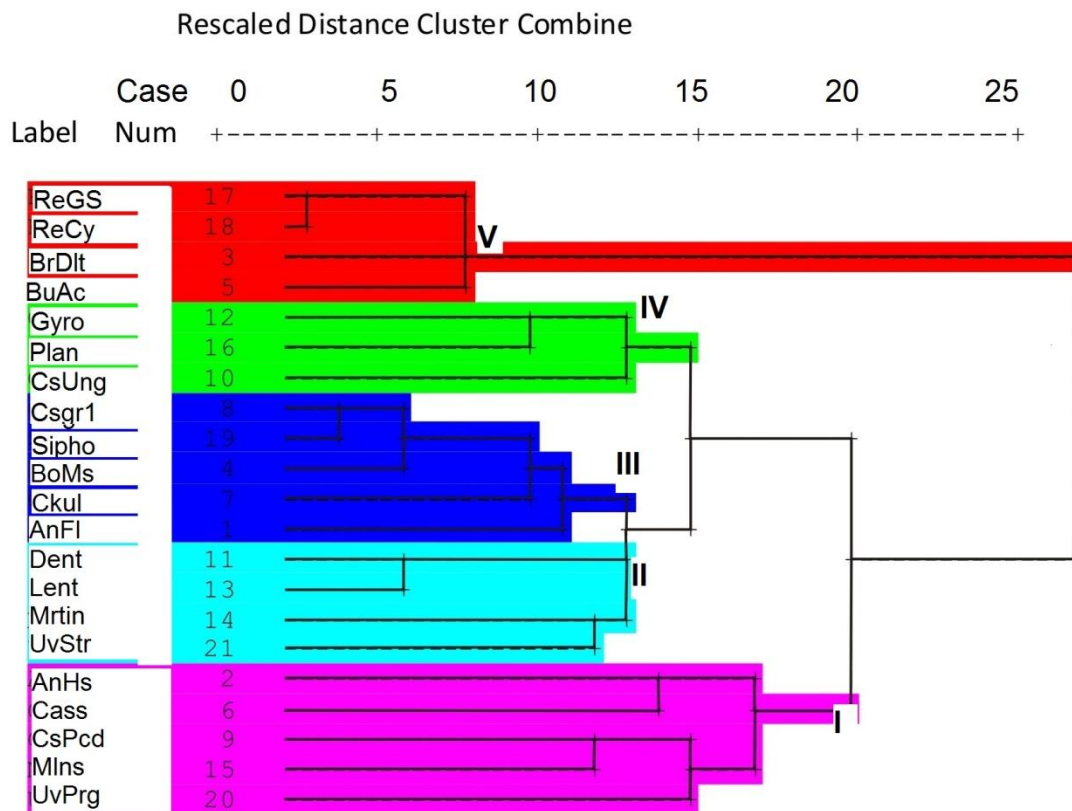


Fig. 33: Dendrogramme résultant de l'analyse ascendante hiérarchique (AAH) effectuée sur le tableau de comptage des foraminifères benthiques de Djebel Meni.

Le CLUSTER I définit le biofaciès 1 (Fig. 33) par le regroupement des taxons suivants: *Anomalinoïdes helicinus* (noté AnHs), *Cassidulina* spp. (Cassd), *Cibicidoides pachydermus* (Cspac), *Melonis* spp. (Mlns), *Uvigerina peregrina* (UvPrg).

Cet assemblage semble indiquer un environnement mésotrophe avec une tendance littorale et donc de probables fluctuations du niveau marin. Cependant la salinité est normale.

Le CLUSTER II définit le biofaciès 2. Il est composé de : *Dentalina* spp. (Dent), *Lenticulina* spp. (Lent), *Martinotiella communis* (Mart).

Cet assemblage réalise sa meilleure fréquence au milieu de la coupe mais décline régulièrement pour disparaître vers le sommet. Il semble être en opposition, au vue de l'allure de la courbe qu'il dessine, avec le cluster IV.

Cet ensemble refléterait des conditions de vie normales avec des apports nutritifs modérés et continus, une oxygénation faible (suboxic) et une salinité normale.

Le CLUSTER III définit le biofaciès 3. Il est composé de : *Cibicidoides gr.1* (*Cibicidoides wuellerstorfi*, *C. Italicus*, *C. robertsonianus*, *C. bradyi*), *Siphonina reticulata* (Sipho), *Bolivina scalprata miocenica* (BoMs), *C. kullenbergi* (CsKul), *Anomalinoïdes flinti* (AnFl), *Uvigerina striatissima* (UvStr).

Ce groupe est composé d'espèces oxyphiles, pour la plupart. Elles sont le mieux représentées à la partie basale de la coupe (marnes bleues du Tortonien supérieur et dans les premiers niveaux de la formation marno-diatomitique). Il décline fortement à partir de la partie médiane de la coupe mais il se maintient aussi dans deux niveaux de la partie supérieure (Dm68 et Dm73) grâce notamment à la réapparition des espèces *Cibicidoides wuellerstorfi*, *C. robertsonianus* et *Siphonina reticulata*. Ce fait inattendu, au vu des travaux récents sur le pourtour méditerranéen soulève quelques questions (voire discussion).

Cet assemblage serait le reflet d'un environnement bien oxygéné, une salinité normale et recevant des apports en substances nutritives modérés (oligo à mésotrophe) sous une tranche d'eau profonde (bathyale) avec des températures des eaux de surface fraîches.

Le CLUSTER IV : définit le biofaciès 4. Il regroupe *Gyroidina/Gyroidina spp.* (*Gyro*), *Planulina ariminensis* et *Cibicidoides ungerianus* (CsUng). Ce groupe d'espèces réalise sa meilleur fréquence juste après la limite tortono-messinienne et juste avant l'installation du biofaciès 5. Il semble refléter un environnement avec des eaux de fond suboxiques, mesotrophes et une salinité normale.

Le CLUSTER V : définit le biofaciès 5. Il est composé des taxons suivants : *Brizalina gr. dilatata* (*Brizalina sptulata*, *B. dilatata*, *B. dentellata*, *B. tortuosa*) noté (Bzdl), le groupe *Bulimina aculeata* (*Bulimina aculeata*, *B. subulata*, *B. elongata*, *B. lappa*) et noté (BuAcu), *Rectuvigerina spp.* (*Rectuvigerina gaudryinoides* et *R. cylindrica*) noté (Rect).

Ce groupe est identique en tous points au biofaciès VI de la coupe de Oued Derdoussa et occupe la même position stratigraphique. Il correspondrait à un environnement où règneraient des conditions de vie drastiques. Elles seraient induites par une température des eaux de surface élevée, et une eutrophisation extrême conduisant à une dysoxie du fond marin, mais aussi une salinité accrue (Kouwenhoven et *al.*, 2003).

Remarque : Certaines espèces écartées de l'analyse statistique, parce qu'elles ne satisfont pas à la condition de fréquence minimum requis (2%), ont une importance particulières car elles n'apparaissent qu'à certaines conditions précises. C'est le cas de *Valvulineria bradyana* et *Hanzawaia boueana*.

La première est totalement absente de la partie basale et médiane de la coupe et apparaît, même si c'est à très faibles pourcentages (>2%), au sommet de la coupe et surtout de manière régulière de Dm74 à Dm78. Pour Mojtahid et *al.* (2010), elle serait liée à un très fort apport nutritif. Son microhabitat, épibenthique, serait restreint aux 3 premiers centimètres du sédiment sous une faible tranche (140 mètres, Circalittoral). Sa présence à ces niveaux de la coupe conforterait l'idée d'une extrême eutrophisation des eaux profondes mais aussi d'une paléobathymétrie en diminution.

La seconde espèce, *Hanzawaia boueana*, est très faiblement représentée dans la plupart des échantillons ne franchissant jamais la barre des 4% à la base et dans la partie médiane de la coupe. Son fréquence augmente, mais fluctue, dans la partie supérieure de la coupe. Pour Iaccarino et Proto-Decima (1990) cette forme serait typique des environnements de plateforme interne. Murray (1991) la signale dans des eaux tempérée à chaudes de l'infralittoral. De plus, elle serait tolérante à l'augmentation de la salinité (Van der Zwaan, 1982).

Enfin, ces deux espèces sont citées parmi les formes dominantes de la plateforme continentale interne entre 10 et 200 mètres de profondeur (Villanueva-Guimerans et Canudo, 2008).

Les fréquences relatives (en %), des taxons regroupés dans les différents 'clusters', ont été additionnés et sont indiquées dans la Fig. 34.

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

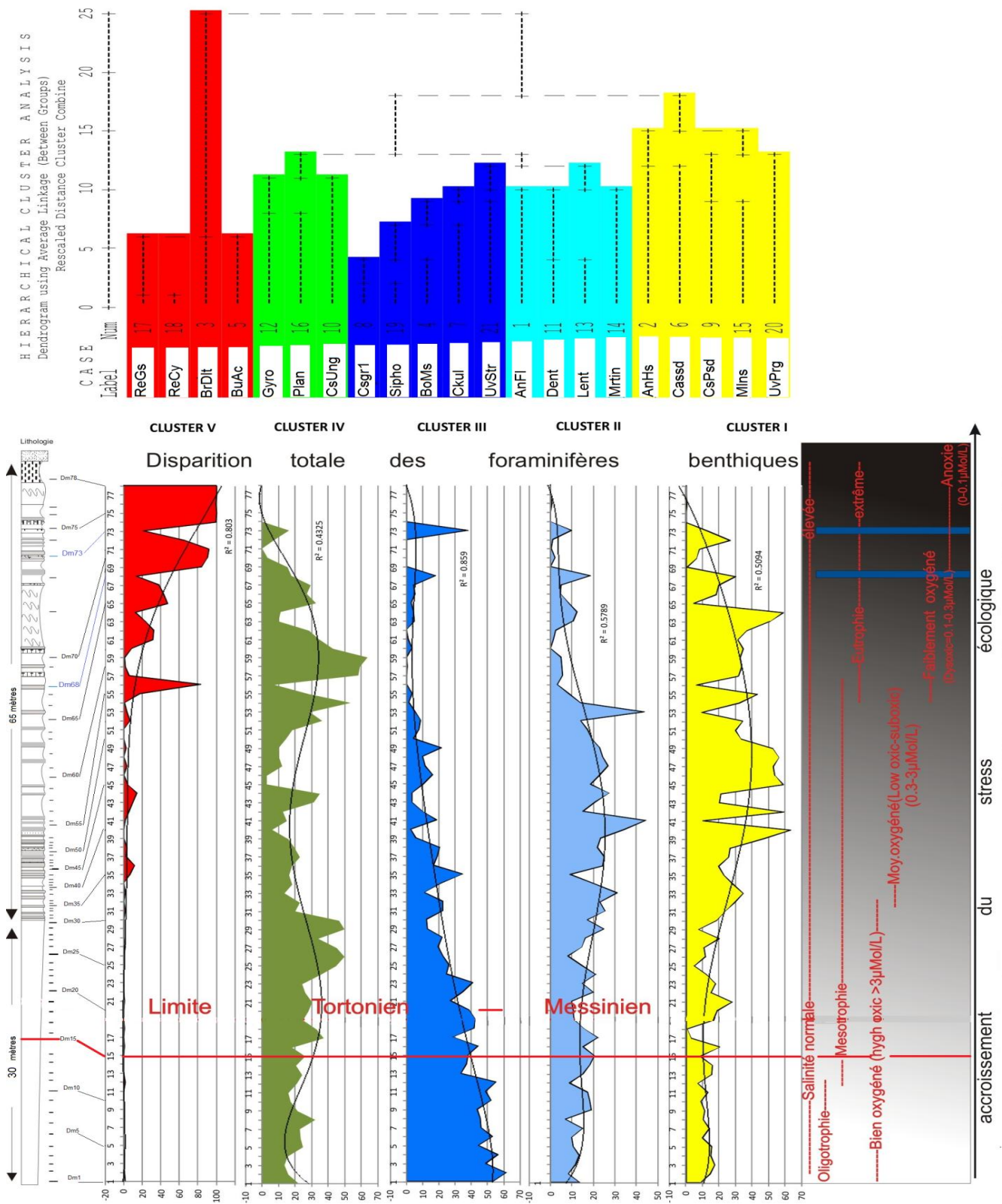


Fig. 34 : Evolution paléoenvironnementale à partir des assemblages définies par l'AHH dans le Djebel Meni.

IV.8 - Implications paléoenvironnementales

Les cinq assemblages de foraminifères benthiques identifiés dans la coupe de Djebel Meni par l'analyse ascendante hiérarchique fournissent des informations utilisées pour comprendre l'impact des variations de la paléo-salinité, de la paleo-oxygénation, du paléo-hydrodynamisme et de la qualité trophique sur l'environnement.

Ainsi, de la base au sommet de la coupe, s'observe un relais (Fig. 34) entre les différents assemblages microfaunistiques qui semblent dessiner un gradient trophique et/ou oxygénique. Une évolution s'opère de conditions oligotrophiques d'un milieu bien aéré, dans un environnement de bas de pente (au Tortonien supérieur), à des conditions eutrophiques extrêmes (couplées à une dysoxie à l'interface eau-sédiment). Ce phénomène est accentué par une augmentation de la salinité, juste avant le dépôt de la formation marno-gypseuses. Seulement, au sommet de la coupe, un retour épisodique aux conditions environnementales, ayant régnées à sa base est observé. Ce fait est particulier à Djebel Meni.

IV.9 - Discussion et conclusion

La coupe de Djebel Meni située à 10 Km au sud de celle de Oued Derdoussa révèle une microfaune tout aussi riche et diversifiée.

L'analyse qualitative et quantitative complétée par une analyse statistique des données s'accordent sur la tendance restrictive des conditions physiques et biologiques du milieu qui ont régné lors de la sédimentation au passage tortono-messinien s.l.

Cependant, un fait nouveau, non signalé dans la littérature scientifique concerne la présence de certaines espèces au sommet de la coupe. Il s'agit de *Cibicoides wuellerstorfi*, *Siphonina reticulata* et *Cibicoides robertsonianus* (niveaux Dm73 et Dm68 pour *Siphonina reticulata* et Dm73 pour *Cibicoides wuellerstorfi* et Dm73 pour *C. robertsonianus*) dont certains auteurs affirment l'absence du bassin méditerranéen de -7.1 Ma jusqu'à la transgression pliocène (Wright, 1980 ; Sprovieri et Hasegawa, 1990 in Kouwenhoven et al. 2006). Pour cette raison, la coupe de Djebel Meni s'avère particulière.

Il faut remarquer qu'à ces niveaux (Dm68 et Dm73), les espèces opportunistes réunies réalisent des fréquences très modestes (*Brizalina gr.dilatata* = 0 et 14.67% et *Bulimina spp.* = 4%).

Pourtant, elles étaient en augmentation constante depuis Dm52. Ajouté à cela le fait que la microfaune planctonique est dominée, à ces niveaux, à 99% par *Globigerina bulloides*. Cette espèce d'eaux froides prolifère dans les mers actuelles sous des latitudes polaires à subpolaires et dans les zones d'upwellings (Mathieu, 1986 in Boukli-Hacene, 2000). Elle ne constitue avant et après (Dm68 et Dm73) qu'un composant mineur des associations de foraminifères planctoniques dominées par *Orbulina spp* et *Globigerinoides spp.* (espèces d'eaux superficielles chaudes). Ce fait qui contredit les affirmations des auteurs soulève un certain nombre de questions.

Ainsi, s'il est admis que l'absence de *C. wuellerstorfi* et *Siphonina reticulata*, depuis leur première disparition à -7.16 Ma, est due à un ralentissement relatif de la circulation des eaux profondes induisant une diminution de l'oxygène à l'interface eau-sédiment (Kouwenhoven et al., 1999; 2003; 2006; Seidenkrantz et al., 2000; Drinia et al., 2004; Russo et al., 2007), il faudra admettre que leur réapparition, qui s'apparente à un effet «Lazar» suggère le processus inverse, c'est-à-dire, une reprise momentanée ou épisodique de la circulation des masses d'eaux profondes en Méditerranée légèrement postérieur à -6.7 Ma. Cela ne se produit dans aucun site du pourtour méditerranéen comme c'est d'ailleurs le cas pour la coupe de Oued Derdoussa située à 10 km seulement.

Le modèle explicatif, en vogue depuis plus d'une décennie, sur les causes et les étapes de la crise de salinité messinienne s'avéreraient insuffisant, à la lumière de cette nouvelle donnée. En effet, plusieurs chercheurs s'accordent à dire que l'interruption des connexions atlantico-méditerranéennes sont à l'origine de ce ralentissement de la circulation des eaux profondes. Ce ralentissement aurait induit à son tour une stratification de la colonne des eaux aboutissant, *in fine*, à une dysoxie des fonds marins.

La réapparition de ces taxons est perceptible au niveau des indicateurs paléoécologiques qui suggèrent un retour à la normale avec un indice de diversité spécifique au dessus de 2, un indice d'équitabilité supérieur à 60% et un nombre d'espèces de foraminifères benthiques en augmentation.

Les indices d'oxygénation et de paléobathymétrie indiquent aussi, un milieu marin plutôt stable. A ces niveaux, la microfaune planctonique est dominée par *Globigerina bulloides* (espèce d'eaux froides).

Même si cet évènement a plus l'aspect d'une parenthèse vue sa ponctualité et son côté localisé (à moins de se reproduire dans d'autres coupes non encore étudiées), il semble suggérer que les connexions Océan-Mer se sont maintenues discrètement pendant cet intervalle du Messinien inférieur, ou tout au moins interrompues puis rétablies de manière épisodique. Mais le rôle décisif du climat est à envisager dans la perturbation des circulations océaniques profondes.

V – DISCUSSION GENERALE

L'application des différentes méthodes d'analyse aux assemblages de foraminifères benthiques et planctoniques (accessoirement) a révélé une tendance lourde à la restriction des conditions de vie de la microfaune calcaire juste avant le dépôt des marnes gypseuses.

Ce processus qui a débuté aux environs de la limite tortono-messinienne, a produit ces premiers effets avec la disparition d'un certain nombre d'espèces (*Cibicidoides* gr.1, et *Siphonina reticulata*, *Uvigerina proboscidae*) à -7.1 Ma et s'est poursuivi graduellement jusqu'à la disparition totale des foraminifères benthiques à -6.3 Ma., au plutard.

Un âge de -5.96+/- 0.02 Ma est généralement admis pour le début du dépôt des évaporites dans plusieurs bassins (Hilgen et *al.*, 1995; Caruso et *al.*, 1997 in Bellanca et *al.* 2001). Néanmoins, un dépôt précoce de gypse s'est produit dans quelques bassins marginaux indiqué par la présence des couches de gypse intercalées dans les niveaux diatomitiques supérieurs pré-évaporitiques en Espagne méridionale ou par les conglomérats remaniés de gypse au dessus de cette formation à Chypre (Rouchy et *al.*, 2003).

La coupe de Oued Derdoussa montre ce genre de dispositif, à son sommet, avec l'intercallation du niveau salin évoquant une séquence de type sebkha (Conesa, communication orale).

Dans la coupe de Djebel Meni nous n'avons pas vu de telles intercallations mais les niveaux marneux supérieurs sont parfois très riches en gypses et comptent parmi ceux qui n'ont pas livré de microfaune.

Certains niveaux étaient constitués à 90% de cristaux de gypse fin. Par ailleurs, plusieurs études ont prouvé que l'augmentation de la salinité a commencé précocement dans la partie supérieure de la formation diatomitique sur tout le pourtour de Méditerranée (McKenzie et *al.*, 1979, 1980; Bellanca et Neri, 1986) *in* Bellanca et *al.* (2001).

Rappelons que l'explication des mécanismes ayant aboutit à cette crise depuis la découverte des masses gypseuses dans les fonds méditerranéen (Hsü et *al.*, 1973a,b) a produit une très nombreuse et riche littérature scientifique et a donné lieu à des débats passionnants et productifs.

Plusieurs modèles ont été proposés et tous tiennent compte de la configuration du bassin, du rôle de la tectonique, de la circulation des masses d'eaux et des variations climatiques et astronomiques. Cependant, le rôle prédominant d'un facteur par rapport à un autre reste encore discuté.

Comme l'un des principaux objectifs de cette étude est de mieux cerner les mécanismes (synchrones ou pas) qui ont permis la transition de conditions marines en milieu ouvert à des systèmes fermés caractérisés par le dépôt d'évaporites, on a tenté de discuter ce dernier point, à savoir, la primauté d'un facteur par rapport à un autre.

Des études récentes (Di Stephano et *al.*, 2010) présentent un modèle, dominant aujourd'hui, qui tente d'expliquer cette crise messinienne par des restrictions plus ou moins graduelles des communications entre la Méditerranée et l'océan Atlantique comme point de départ (Kouwenhoven et *al.*, 2006; Seidenkrantz et *al.*, 2000; Drinia et *al.*, 2007).

Ces auteurs suggèrent que les couloirs, bétique et sud rifain, ayant cessé d'alimenter le bassin méditerranéen en eau de provenance océanique, dès le Tortonien supérieur, aurait provoqué un ralentissement des circulations océaniques profondes. Ce ralentissement aurait induit une stagnation relative des couches d'eau profondes produisant une dysoxie dans les niveaux profonds. Une stratification de la colonne d'eau s'en est suivie et finalement une augmentation de la salinité des eaux de surface soumises à l'évaporation sans pouvoir se renouveler.

La précipitation de saumures aurait été ainsi facilitée dans un bassin à circulation 'anti-estuaire' (Lacombe et Tchernia, 1972, Tchernia, 1980, Vergnaud-Grazzini, 1983, Sonnenfeld, 1984 *in* Kouwenhoven et *al.*, 2006).

Drinia et *al.*, 2007 suspectent pourtant un rôle plus important des variations climatiques et leur implication dans la survenue des conditions de stress environnementales.

Vu les données recueillies dans cette étude, il est difficile de penser que les restrictions des connexions mer-océan soient la cause principale du changement microfaunistique survenu à -7.1 Ma, de manière synchrone aussi bien en Méditerranée occidentale qu'orientale. Si cela avait été le cas, la disparition des espèces de foraminifères benthiques n'aurait pas été synchrone dans un bassin aussi grand que la Méditerranée.

Il semblerait donc, que la disparition synchrone de la microfaune benthique messinienne à différents paliers provient d'un phénomène plus global. Ce phénomène s'exerçant de la même façon, en même temps et, bien sur, en tout point de la Méditerranée.

Or, le seul phénomène naturel connu et capable de recouvrir une telle surface du globe dans le même laps de temps ne peut être qu'une variation climatique.

En effet, à partir du Messinien inférieur, la microfaune planctonique indique une augmentation de la température des eaux dominées par les espèces du genre *Globigerinoides*. Pendant cette période, les secteurs étudiés étaient largement reliés pour former un grand bassin marin dans des conditions hydrologiques plutôt stables.

Ce groupe d'espèces cède devant un autre (*Orbulia* spp.) qui va dominer les parties supérieures des deux coupes étudiées témoignant de conditions de température et de salinité encore plus élevées.

C'est cette dernière étape qui fait la différence dans ce scénario interprétatif qu'on peut proposer en nuancant deux faits.

Premièrement: dans Oued Derdoussa, les foraminifères planctoniques disparaissent au niveau Od60 juste avant la disparition des foraminifères benthiques à Od61. A partir de ce dernier niveau il n'y a plus de trace de microfaune calcaire (y compris, les nannofossiles calcaires). Ce phénomène peut s'expliquer par une réduction bathymétrique couplée à une salinité accrue des eaux de surface telle que même les eaux superficielles se sont retrouvés à l'étroit et ont donc été éliminés.

Cette baisse du niveau marin trouve appui dans le dépôt salin de type sebkha (Gilles Conesa, communication orale) entre les niveaux Od67 et Od68.

Les derniers niveaux de la coupe de Oued Derdoussa semblent se situer dans un environnement plus marginal et moins profond que celle de Djebel Meni préfigurant ainsi, une sorte de sous-bassin qui commençait à s'individualiser vers le Nord-Ouest du Bas Chélif.

Pourtant, un élément oblige à nuancer et s'opposerait même à cette explication!

En effet, avant et après la disparition de la microfaune calcaire et dans les mêmes niveaux marneux, se retrouve une microfaune siliceuse composée principalement de radiolaires.

Bellanca et *al.* (2001) rapportent des phénomènes similaires se produisant au sommet des formations diatomitiques et tentent d'expliquer la présence de la microfaune siliceuse, diatomées y compris, par des incursions épisodiques des eaux du large dans ces bassins marginaux. Ainsi, la présence des radiolaires dans des niveaux sans microfaune calcaire n'est pas particulière à Oued Derdoussa.

Il semblerait, selon certains auteurs que la persistance des assemblages marins de diatomées dans cet intervalle, en l'absence d'autres microorganisme marins, soit un dispositif commun à d'autres bassins messiniens où les diatomites typiquement marines persistent jusqu'au 'Calcaire de Base', en Sicile (considéré comme le vrai début du MSC par Bellanca et *al.*, 2001) et localement dans le gypse massif (Rouchy, 1982). Ceci indique que des entrées d'eau marine continuaient à se produire de manière épisodique dans ces lagunes par advection des parties plus centrales du bassin (Bellanca et *al.* 2001, Saint Martin et *al.*, 2001 et 2003; Mansour, 2004).

Dans l'ensemble, ces données soutiennent l'interprétation d'un dépôt dans les systèmes hydrologiques fermés soumis aux conditions instables sous le contrôle principal de paramètres climatiques et/ou locaux.

Deuxièmement: les derniers niveaux de la coupe de Djebel Meni révèlent un fait inconnu en Méditerranée ne concordant pas avec le modèle imaginé pour Oued Derdoussa (du moins au sommet de la coupe).

En effet, la réapparition du groupe d'espèces profondes plaide clairement pour une différenciation paléonathymétrique entre les deux secteurs aux alentours de -6,8 Ma, mais aussi pour une reprise des circulations océaniques profondes.

Le secteur de Djebel Meni semblant plus profond, cela lui aurait permis de rester ouvert sur le large et d'accueillir une microfaune profonde. Cette microfaune serait revenue de manière épisodique dans un lieu qu'elle avait désertée depuis -7,16 Ma à la faveur du rétablissement des circulations océaniques profondes.

Cela se serait réalisé suite à un rafraîchissement climatique attesté, à ces intermèdes, par la dominance de l'espèce subpolaire *Globigerina bulloides* (Taldenkova et *al.* 2013).

Il se pourrait que les masses d'eaux superficielles s'étant refroidies épisodiquement aient empêché la stagnation de la colonne d'eau pour permettre à la circulation profonde de reprendre.

Enfin, le rôle de la tectonique locale est aussi à mettre en avant pour expliquer la différenciation bathymétrique des deux secteurs étudiés.

VI - CONCLUSION GENERALE ET MODELE INTERPRETATIF

L'étude de la répartition verticale des différentes espèces déterminées (179 pour Oued Derdoussa et 160 dans Djebel Meni) a révélé des coupures micropaléontologiques qu'on peut qualifier de bio-événements à cause de leur très probable synchronisme. Elles sont matérialisées par la disparition d'un certain nombre d'espèces survenues dans un ordre relatif similaire.

Corrélées à l'échelle de la Méditerranée, ces coupures s'avèrent être de bons marqueurs chronologiques du Miocène supérieur dans les bassins marginaux de profondeur intermédiaire.

Au niveau des deux coupes, les changements dans les assemblages de foraminifères benthiques, indiquent un gradient trophique et/ou oxygénique contrôlant la distribution des différentes espèces. S'ajoutent à cela les variations de la salinité qui se manifestent bien dans les derniers niveaux des deux sites étudiés.

Ainsi, une progression se fait sentir dans la dégradation des conditions du milieu où un environnement oligo- à mésotrophique à la limite tortono-messinienne (sensu stricto) est remplacé, au sommet, par un environnement extrêmement eutrophique et confiné.

Ces variations microfaunistiques indiquent une évolution en trois étapes principales précédant la crise de salinité messinienne.

Par corrélation chronostratigraphique à des travaux antérieurs, les transitions les plus importantes se sont produites à -7,16 Ma et -6,8/-6,7 Ma, et sont utilisées pour définir trois phases successives, récapitulées ci-dessous (Fig. 35).

Première phase (au Tortonien supérieur avant -7,16 Ma): Les assemblages de foraminifères benthiques définissant le biofaciès I indiquent un environnement bien aéré, oligo à mésotrophique avec des eaux profondes bien oxygénées grâce à la circulation des courants profonds.

Deuxième phase (-7,16 à -6,8/-6,7 Ma): Le plus important changement dans l'environnement des eaux profondes et de la colonne d'eau se situerait à -7,16 Ma. Ce fait semble concorder avec les travaux réalisés jusqu'ici en Méditerranée. Les assemblages de foraminifères benthiques enregistrent la détérioration progressive des conditions du fond marin. Ainsi, une diminution significative du contenu en oxygène, due au ralentissement des courants d'eau profonde, et à l'approvisionnement élevé en matière organique se fait sentir.

Les foraminifères planctoniques indiquent toujours des salinités normales et un degré trophique élevé des eaux superficielles. Ils suggèrent aussi une augmentation de la température des eaux provoquée probablement par un réchauffement climatique global au Messinien et couvrant toute la zone méditerranéenne. Ce réchauffement serait la principale cause de cette disparition synchrone des espèces oxyphiles.

En effet, avec l'augmentation de la température des eaux superficielles, une stratification de la colonne d'eau se serait produite. L'accentuation d'un tel phénomène aurait pu aboutir à une stagnation des eaux profondes.

Troisième phase (-6,8/-6,7 à -6,33 Ma): La dominance des espèces benthiques tolérant le stress écologique et la présence de niveaux stériles (sans foraminifères benthiques et/ou sans foraminifères planctoniques) témoignent de conditions marines profondes dysoxiques et une température et une salinité élevées des eaux superficielles.

Le grand changement des conditions paleoenvironnementales (appauvrissement en oxygène dû à la stagnation et l'hypersalinité) peut être expliqué par les changements hydrologiques et courantologiques du bassin méditerranéen, qui sont probablement provoqués par les mouvements tectoniques dans le couloir sud-rifain. L'impact climatique et l'effet de la tectonique locale paraissent cependant beaucoup plus importants.

Contrairement, à ce qui est signalé (par exp. coupe de Pissouri, Kouwenhoven et *al.*, 2000; coupe de Metochia, Drinia et *al.*, 2007) nous voyons plusieurs indices de la diminution de la bathymétrie d'un environnement bathyal profond à un environnement néritique à bathymétrie réduite au sommet de la formation marno-diatomitique (en tout cas pour la coupe de Oued Derdoussa).

Les intermèdes à microfaune benthique oxyphile sont particuliers à la coupe de Djebel Meni, certes, mais semble remettre en cause la continuité de l'interruption des connexions Mer-Océan.

Ainsi, l'arrêt des circulations des courants profonds proposés comme moteur principal de la dégradation du paléoenvironnement ne saurait tout expliquer.

Ces intermèdes montrent que des secteurs très proches géographiquement (Oued Derdoussa et Djebel Meni) peuvent avoir évolué distinctement sur le plan paléogéographique.

Il semble donc que les secteurs étudiés ont évolué de concert pendant le Tortonien supérieur et jusqu'à -6,8/-6,7 Ma. Ils étaient en totale connexion avec une bathymétrie relativement similaire. Après cette date, les deux secteurs ont commencé à évoluer séparément sous l'effet de la tectonique locale.

Ceci suggère l'isolement progressif ou l'individualisation d'un secteur par rapport à un autre. Le bassin du Bas Chéelif donne ainsi l'impression de se fractionner en sous-bassins de différentes profondeurs et dimensions. C'est ce qui pourrait expliquer l'existence des intermèdes de retour de *Siphonina reticulata*, *Cibicidoides wuellerstorfi* et *C. robertsonianus* à Djebel Meni. Ce dernier secteur serait resté profond et pouvait donc accueillir les courants océaniques profonds.

Le rafraîchissement des masses d'eaux superficielles attesté par la dominance de l'espèce subpolaire *Globogerina bulloides*, dans ces mêmes intermèdes, conférerait au climat un rôle plus important dans le modèle explicatif proposé.

Enfin, le secteur de Oued Derdoussa a commencé à s'isoler probablement, à partir de -6,8/-6,7 Ma. Il a évolué vers des conditions très restrictives avant le secteur de Djebel Meni.

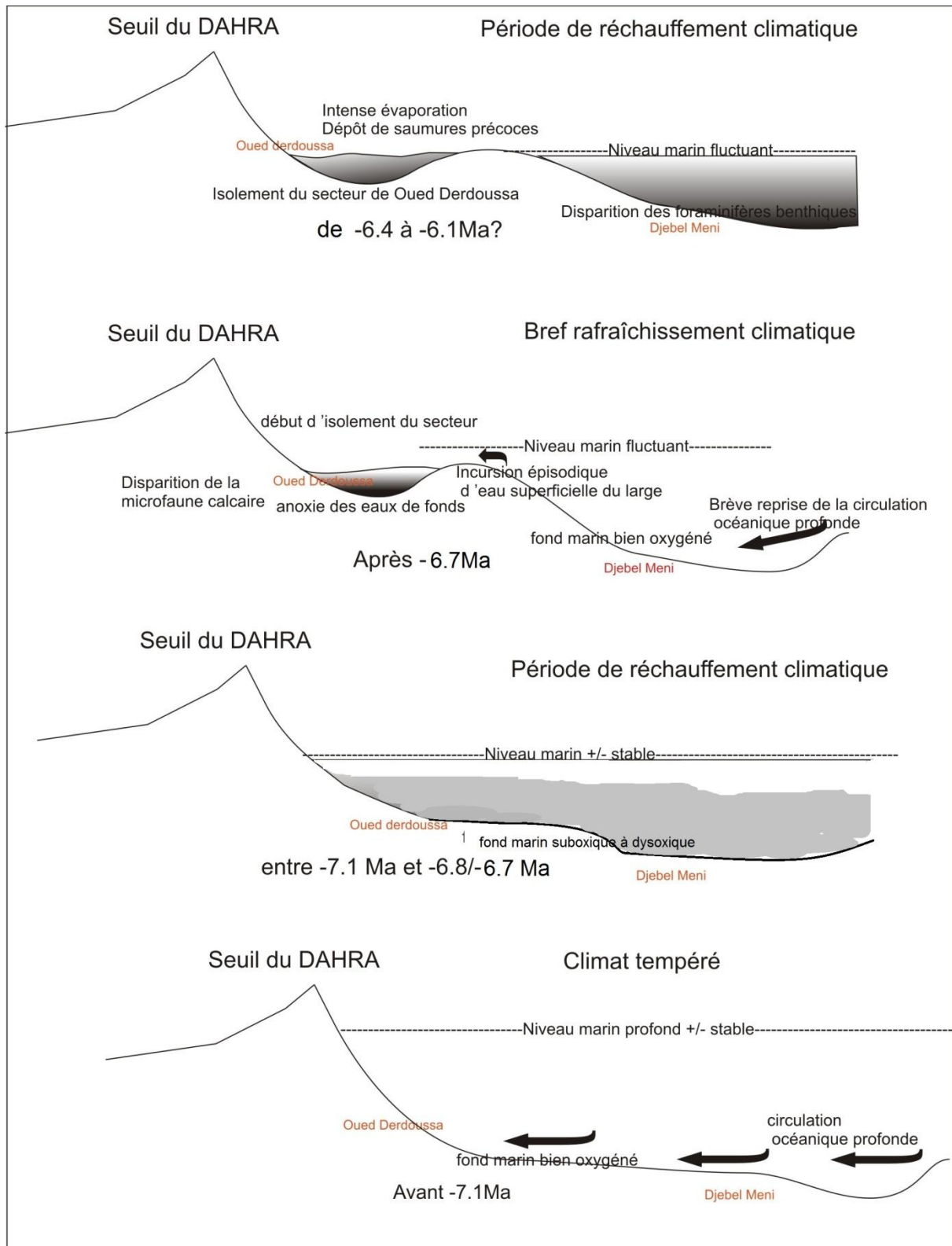


Fig. 35 : Schéma interprétatif de l'évolution du paléoenvironnement au passage tortono-messinien (marge nord du Bas Chélif)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADDADI C., DELTEIL J., FENET B., GUARDIA P., MAGNE J. et POLVECHE J. (1968) - Age de la mise en place des nappes dans le Tell méridional (Algérie). *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 267, Sér. D, pp. 557-560.

AGIP SPA (1982) – Foraminiferi Padani (Terziaroe Quaternario). Atlante iconograficoe distribuzione stratigrafia. *Seconda edit., Publisher, Agip S.p.A*, Milano, 52 tav., Length, 128 p.

AIFA T, FEINBERG H., DERDER M. El M., MERABET N. E. (2003) - Contraintes magnétostratigraphiques concernant la durée de l'interruption des communications marines en Méditerranée occidentale pendant le Messinien supérieur. *Geodiversitas* 25 (4), 617-631.

ALVE E. (2010) - Benthic foraminiferal responses to absence of fresh phytodetritus: A two-year experiment. *Marine Micropal.* 76, pp. 67-75.

AMEUR CHEHBEUR R. (1988) – Biochronologie des formations continentales du Néogène et du Quaternaire de l'Algérie. Contribution des micromammifères. *Thèse Doct., Univ. Oran*, 434 p., 33 pl.

ANDERSON R. V. (1936) - Geology in the costal Atlas of Western Algeria. *Journ. Geol.*, 41,7, pp.673-693.

ARAMBOURG C. (1927) – Les poisons fossiles d'Oran.. *Mat. Carte Géol. Algérie, Paléont.*, 6 : 291 p.

ATIF K. F. T. (2001) – Modalités du passage mio-pliocène dans le bassin du Bas Chélif. *Mém. Mag.*, Oran, 133p.(*inédit*).

BAGGLEY K. A., (2000) - The late Tortonian-early Messinian foraminiferal record of the Abad Member (Turre Formation), Sorbas Basin, Almeria, south-east Spain. *Palaeontology* 43, 1069-1112.

BARBIERI R., PANIERI G. (2004) - How are benthic foraminiferal faunas influenced by cold seeps? Evidence from the Miocene of Italy. *Palaeogeography, Palaeoclim., Palaeoec.*, 204, 257-275.

BELHADJI A. (2006) – La série miocène supérieure-pliocène du versant oriental de Djebel Diss (Dahra occidentale) : attribution biostratigraphique. *Mem. Mag. Univ.* , Oran, Algérie, 49p.

BELKEBIR L. (1986) – Le Néogène de la bordure nord occidentale du massif de Dahra (Algérie). Biostratigraphie, Paléogéographie. *Doct., Univ. Provence*, 289 p., XIX pl., 64 Fig.

BELKEBIR L. et BESSEDIK M. (1991) – Synthèse biostratigraphique du Miocène post-nappe et synchronappe en Oranie (Tafna, Bas Chelif). *Ilème Sém. Géol. Pétrol.*, Boumerdès, pp. 32-34.

BELKEBIR L., BESSEDIK M., AMEUR-CHEHBEUR A. et ANGLADA R. (1996) – le Miocène des bassins nord-occidentaux d'Algérie. Biostratigraphie et Eustatisme. *Bull. Centre Rech. Expl. Prod.* pp. 553-561, 3 Fig.

BELKEBIR L., BESSEDIK M. et MANSOUR B. (2002) - Le Miocène supérieur du bassin du Chélif: attribution biostratigraphique à partir des foraminifères planctoniques. *Mém. des Serv. Géol. d'Algérie*, 11: 187-194.

BELKEBIR L., LABDI A., MANSOUR B., BESSEDIK M. & SAINT MARTIN J.P. (2008) – Biostratigraphie et lithologie des séries serravallo-tortonniennes du massif du Dahra et du bassin du Chélif (Algérie). Implication sur la position de la limite serravallo-tortonienne. *Geodiversitas* 30 (1): 9-19.

BELKERCHA (2011) – Les échinides Mio-Pliocène de l'Oranie. Systématique et intérêt paléocologique. *Mém. de Mag.*, Univ. Oran. pp. 167, pl. 10. (inédit).

BELLANCA A., CARUSO A., FERRUZZA G., NERI R., ROUCHY J.M., SPROVIERI M., BLANCVALLERON M.M. (2001) - Transition from marine to hypersaline conditions in the Messinian Tripoli Formation from the marginal areas of the central Sicilian Basin. *Sedim. Geol.* 140, 87-105.

BELLANCA A., SGARRELLA F., NERI R., RUSSO B., SPROVIERI M., BONADUCE and ROCCA D. (2002) - Evolution of the Mediterranean Basin during the Late Langhian-early Serravallian: an integrated paleoceanographic approach. *Riv. Ital. Pal. Strat.*, 108 (2): 223-239.

BERGGREN W. A., KENT D. V. et VAN COUVERING J. A. (1985) – Neogene geochronology and chronostratigraphy. In SNELLING N. J.(editor) *The Chronology of the Geologic Record, the Neogene. Part 2, Blackwell Sci. Publs.*, pp. 211-259.

BERNHARD J.M. (1996) - Microaerophilic and facultative anaerobic benthic foraminifera: a review of experimental and ultrastructural evidence. *Rev. de Paléob.* 15, 261–275.

BERNHARD J.M. and SEN GUPTA B. K. (1999) - Foraminifera of Oxygen-Depleted Environments. In : Sen Gupta, B.K. (Ed.) *Modern Foraminifera*, Kluwer Academic, pp. 201-216.

BIZON G. (1967) - Contribution à la connaissance des foraminifères planctoniques d'Épire et des Îles Ioniennes (Grèce occidentale). *Publ. Inst. Franc. Pétrole, Edit. Technip*, pp. 1-142.

BIZON G. et BIZON J. J. (1972) – Atlas des principaux foraminifères planctoniques du bassin méditerranéen : Oligocène à Quaternaire. *Techniq. (Edit.)*, Paris, 316 p., 1pl. annexe.

BIZON G. et MULLER C. (1977) – Remarks on some biostratigraphic Problems in the Mediterranean Neogene. *Intern. Symp. Struct. Hist. Med. Bas.*, Split. Ed. *Technip*. Paris, p. 381-390.

BIZON G. (1979) - Planktonic Foraminifera. In : G. Bizon et al., Report of the working group on Micropaleontology. *Ann. Geol. Hellen. 7 th. Internal. Congr. Medit. Neogene*, Athens, pp. 1340-3.

BIZON G. et BIZON J.J. (1984) - Les foraminifères des sédiments profonds. *Pétrole et Technique*, 301: 104-120.

BLANC-VALLERON M.-M., PIERRE C., CAULET J.-P., CARUSO A., ROUCHY J.-M., CESPUGLIO G., SPROVIERI R., PESTREA S., DI STEFANO E. (2002) - Sedimentary, stable isotope and micropaleontological records of paleoceanographic change in the Messinian Tripoli Formation Sicily, Italy. *Palaeog., Palaeoclim., Palaeoec.* 185, 255–286.

BLANC-VERNET L. (1969) – Contribution à l'étude des foraminifères de Méditerranée. Relation entre la microfaune et le sédiment. Biocoenoses actuelles, thanatocoenose pliocène et quaternaire. *Thèse Doct. Etat*, Univ. Marseille, 281 p., 17pl.

BLOW W. H. (1969) - Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. *The Cenezoic Globigerinida*, pt. II, sect. 2, pp. 753 -1413.

BOLLI H. M. (1966) – Planktonic Foraminiferal in well Bodjonegore I of Java, *Ecl. Geol. Helv.*, 59, pp. 449-465.

BORSETTI A.M., IACCARINO S., JORISSEN F.I., POIGNANT A, SZTRAKOS K., VAN DER ZWAAN G.I. et VERHALLEN P.I.I.M. (1986) - The Neogene development of *Uvigerina* in the Mediterranean. *Utrecht Micropal. Bull.*, 35,183-235.

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

BOUKLI-HACENE S. (2000) - Evolution des assemblages de foraminifères à la transition plateforme - bassin : exemple du Messinien de Méditerranée occidentale. *Thèse de Doct.*, Univ. de Provence (Aix-Marseille I). 213 p., 9 pl., 42 Fig., 26 tabl. (inédit).

BOUCHET V. M.P. (2007) - Dynamique et reponse fonctionnelle des foraminiferes et de la macrofaune benthique en zone ostreicole dans les pertuis charentais. *Thèse de Doct.*, Univ. Angers. pp. 395.

BUBENSHCHIKOVA N. V., NÜRNBERG D., GORBARENKO S. A., ET LEMBKE~JENE L. (2010) - Variations Of The Oxygen Minimum Zone Of The Okhotsk Sea. *Marine Geology. ISSN 0001~4370, Oceanology, 2010, Vol. 50, No. 1, pp. 93–106. © Pleiades Publishing, Inc., Original Russian Text © N.V. Bubenshchikova, D.Nürnberg, S.A. Gorbarenko, L. Lembke~Jene, 2010, published in Okeanologiya, 2010, Vol. 50, No. 1, pp. 99–113.*

BUZAS M.A., CULVER S.J., JORISSEN F.J. (1993) - A statistical evaluation of the microhabitats of living (stained) infaunal benthic foraminifera. *Mar. Micropal.* 20, 311–320.

CARUSO A. (1999) - Biostratigrafia, ciclostratigrafia e sedimentologia dei sedimenti tripolacei e terrigeni del Messiniano inferiore afioranti nel Bacino di Caltanissetta (Sicilia) e nel Bacino di Lorca (Spagna). *PhD dissert.* Palermo University, 231 pp.

CHEOH J.M, BASSEY C.E, AGYINGI C.M (2005) – Biostratigraphie des foraminifères et interpretation paleoenvironnementale du puits opolo-i dans le delta du Niger, Nigeria. *Afr. J. of Sci. and Techn. (AJST). Vol. 6, No. 2, pp. 1 - 11*

CORLISS B. H. (1985) - Microhabitats of benthic foraminifera within deep-sea sediments. *Nature* 314: 435-438.

CORLISS B. H. (1991) - Morphology and microhabitat preferences of benthic foraminifera from the northwest Atlantic Ocean. *Mar. Micropal.* 17: 195-236.

CULVER S. J. (1988) - New foraminiferal depth zonation of the northwestern Gulf of Mexico. *Palaios* 3, 69–85.

DALLONI M. (1915) - Recherche sur la période néogène dans l'Algérie occidentale. *Bull. de la Soc. Géol. de France*, (4), 15: 428-457.

DAYJA D., BIGNOT G. (2003) - l'évolution paleoenvironnementale du bassin de Guercif (corridor sud-rifain, maroc septentrional) et son implication dans la crise de salinité messinienne. *Bull. de la Soc. Géol. de France* 174 (2), 177–185.

DAYJA D., JANIN M-Ch., BOUTAKIOUT M. (2005) - Biochronologie et corrélation des bassins néogènes du Couloir sud-rifain (Maroc) fondées sur les évènements de foraminifères planctoniques et de nannofossiles calcaires. *Rev. de micropal.* 48 141–157.

DEBENAY J-P., PAWTOWSKI J. et DECROUEZ D. (1997) - Les foraminifères actuels. *Rev. Masson édit.* Paris. 279 p.

DELFAUD J., MICHAUX J., NEURDIN J. et REVERT J. (1973) - Un modèle paléogéographique de la bordure méditerranéenne : évolution de la région Oranaise (Algérie occidentale) au Miocène supérieur; conséquences stratigraphiques. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, t. 64, fasc. 1-2, pp. 219-241, 5 Fig., 1 tabl.

DELTEIL J. (1974) - Tectonique de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du Tell oriental (Monts de la Mina, Beni Chougrane, Dahra). *Th. Doct. Etat*, Univ. Nice, 249 p., 10 pl., 110 Fig.

DEN DULK M. , REICHART G. J., MEMON G. M., ROELOFS E. M. P., ZACHARIASSE W. J. and VAN DER ZWAAN G.J. (1998) - Benthic foraminiferal response to variations in surface water productivity and oxygenation in the northern Arabian Sea. *Mar. Micropal.* 35, 43–66.

DENNE R.A. and SEN GUPTA B.K. (1991) - Association of bathyal foraminifera with water masses in the northwestern Gulf of Mexico. *Mar. Micropal.* 17, 173–193.

DE RIJK S., JORISSEN F.J., ROHLING E.J., TROELSTRA S.R. (2000) - Organic flux control on bathymetric zonation of Mediterranean benthic foraminifera. *Mar. Micropal.* 40 (3), 151–166.

DE VISSER J.P., EBBING J.H.J., GUDJONSSON L., HILGEN F.J., JORISSEN F.J., VERHALLEN P.J.J.M., ZEVENBOOM D. (1989) - The origin of rhythmic bedding in the Pliocene trubi formation of Sicily, southern Italy. *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoec.* 69, 45–66.

DE STIGTER H. C. (1996) - Recent and fossil foraminifera in the Adriatic Sea: distribution patterns in relation to organic carbon flux and oxygen concentration at the seabed, *Geol. Ultraeic.*, 254 pp.

DINARES T. J., ORTI F., PLAYA E., ROSELL L. (1999) - Paleomagnetic chronology of the evaporitic sedimentation in the Neogene Fortuna Basin (SE Spain): early restriction preceding the 'Messinian Salinity Crisis'. *Palaeog. Palaeoclim. Palaeoec.* 154, 161-178.

DI STEFANO A., VERDUCCI M., LIRER F., FERRARO L., IACCARINO S. M., HÜSING S. K., HILGEN F. J. (2010) – Paleoenvironmental conditions preceding the Messinian Salinity Crisis in the Central Mediterranean : Integrated data from upper Miocene Trave section (Italy). *Palaeog. Palaeoclim. Palaeoec.* 297, 37-53.

DOUMERG F. et FICHEUR E. (1908) - Notice de la carte géologique d'Oran. *Bull. De la Soc. géog et archéol.* t., XXVIII, fasc. CXVI, pp. 1-32.

DRINIA H., ANTONARAKOU A., TSAPARAS N., DERMITZAKIS M. D. and DOUKAS C. (2004) - Foraminiferal sequence eco-biostratigraphy of the middle-early late Miocene Potamos section from Gavdos island, Greece. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 249, 29-43.

DRINIA H., ANTONARAKOU A., TSAPARAS N., and KONTAKIOTTS G. (2007) - Paleoenvironmental conditions preceding the Messinian salinity crisis : A case study from Gavdos Island. *Geobios* (40), 251-265.

DRINIA H., ANTONARAKOU A. and KONTAKIOTTS G. (2008) - On the occurrence of early Pliocene marine deposits in the Ierapetra Basin, Eastern Crete, Greece. *Bull. of Geosci.* 83(1), 63-78 (10 figures, 2 tables). *Czech Geol. Surv.*, Prague. ISSN 1214-1119.

DRINIA H. (2009) - Foraminiferal biofacies and paleoenvironmental implication of the Early Tortonian deposits of Gavdos Island (Eastern Mediterranean). *Rev. De Micropal.* (52), 15-29.

DAYJA D. et BIGNOT G. (2003) - L'évolution paléo-environnementale du bassin de Guercif (corridor sud-rifain, Maroc septentrional) et son implication dans la crise de Salinité messinienne. *Bull. Soc. Géol. FR.*, 2003, t. 174, n° 2, pp. 177-185

EL-HOUARI L. (1989) - Etude des foraminifères benthiques de la marge continentale algéroise (Baie de Bou Ismail) et leur relation avec les sédiments. *Thèse Mag., USTHB, Alger*, 141 p., 8 pl., 38 Fig. (inédit).

ELLIS B. F. and MESSINA A. R. (1940) - Catalogue of Foraminifera. *Am. Mus. Nat. Hist., Spec. Publ.*, New York.

ERBACHER J., HEMLEBEN C., HUBER B., MARKEY M. (1999) - Correlating environmental changes during early Albian oceanic anoxic event 1b using benthic foraminiferal paleoecology. *Mar. Micropal.* 38, 7-28.

ERBACHER J., HUBER B.T., NORRIS R.D., MARKEY M. (2001) - Increased thermohaline stratification as a possible cause for an oceanic anoxic event in the Cretaceous period. *Nature* 409, 325-327.

FARIDUDDIN M. and LOUBÈRE P. (1997) - The surface ocean productivity response of deeper water benthic foraminifera in the Atlantic ocean. *Mar. Micropal.* 32: 289-310.

FENET B. (1975) - Recherches sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du Bouclier africain. *Thèse Doct. Etat*, Univ. Nice. 310 p., 101 Fig., 4 pl.

FONTANIER C., JORISSEN F. J., LICARI L., ALEXANDRE A., ANSCHUTZ P., and CARBONEL P. (2002) - Live benthic foraminiferal faunas from the Bay of Biscay: faunal density, composition, and microhabitats. *Deep-Sea Res.* 49: 751-785.

GAUDANT J., COURME-RAULT M.-D. & SAINT-MARTIN S. (2010) - On the fossil fishes, diatoms, and foraminifera from Zanclean (Lower Pliocene) diatomitic sediments of Aegina Island (Greece): a stratigraphical and palaeoenvironmental study. *Palaeodiversity* 3: 141–149.

GAUTHIER F., GLAUZON G., SUC J.P., CRAVATTE J., VIOLANTI D. (1994) - Age et durée de la crise de salinite messinienne. *C.R. Acad. Sci.Paris* 318, 1103 -1109.

GEBHARDT H. (1999) - Middle to Upper Miocene benthonic foraminiferal palaeoecology of the Tap Marls (Alicante Province, SE Spain) and its palaeoceanographic implications. *Palaeog., Palaeoclim., Palaeoec.* 145, 141–156

GENTIL (1903) - Etude géologique du bassin de la Tafna. In°8, 428 p., 88 fig., 4 pl. h. t., 1 carte géologique au 1/ 200 000 (coupe).

GIBSON Th., G., (1989) - Planktonic /benthonic foraminiferals ratios: Modern patterns and Tertiary applicability. *Mar. Micropal.*, 15, pp. 29-52.

GOINEAU A. (2011) - Ecologie des foraminifères benthiques dans le prodelta du Rhone. Détermination de bioindicateurs environnemenfréquence and reconstitution historique d'une anthropisation récente. *Thèse de Doctorat*. Laboratoire BIAF, Université d'Angers.

GONZÁLEZ-REGALADO M. L., RUIZ F., ABAD M., CIVIS J., DELGADO J. Á. G., MUÑOZ J. M., GARCÍA E. X. M., PENDÓN J. G. and TOSCANO A. (2009) - Impact of storms on Pliocene benthic foraminiferal assemblages of southwestern Spain. *Ameghinian* vol. 46 no.2 Buenos Aires.

GOURINARD Y. (1958) - Recherche sur la géologie du littoral oranais. *Publ. Serv. Carte geol. Algérie, nouv. Ser.*, 6, 111 p.

GRIMSDALE T. F. and VAN MORKHOVEN F. P. (1955) - The relation between pelagic and benthonic Foraminifera as a means of estimating depth of deposition of sedimentary rocks. *Fourth World Symposium Congress, Proc.*, I, Rome, Italy, pp. 473-491.

GRIVEAUD C. (2007) - Influence des conditions écologiques sur la composition isotopique ($\delta^{13}C$, $\delta^{18}O$) du test de foraminifères benthiques actuels. *These De Doctorat*. Laboratoire BIAF, Université d'Angers.

GUARDIA P. (1975) - Géodynamique de la marge alpine du continent africain de l'Oranie Nord-occidentale (Algérie), relation structurale et paléogéographique entre Rif externe et Tell de l'avant pays atlasique. *Thèse Doct. Anat., Sci., Nat.*, Univ., Nice. 289 p., 139 Fig., 5 pl.

GUPTA A. K. and SRINIVASAN M. S. (1992) - *Uvigerina proboscidea* abundances and paleoceanography of the northern Indian Ocean DSDP Site 214 during the Late Neogene. *Mar. Micropal.*, 19, 355 – 367.

GUPTA A. K. (1997) - Paleoclimatic and paleoceanographic history of the Somali Basin during the Pliocene-Pleistocene: Multivariate analyses of benthic foraminifera from DSDP site 241 Leg 5. *J. of Foram. Res.* 27, 196–208.

HAGEMAN J. (1979) - Benthic foraminiferal assemblages from Plio-Pleistocene open bay to lagoonal sediments of the western Peloponnesus (Greece). *Utrecht Micropal. Bull.*, 20, 171 pp.

HAMDANE A. (2004) - Bryozoaires des plates-formes carbonates messiniennes (Miocène supérieur). Exemple pris en Oranie (Algérie Nord occidentale), à Malte et en Crète. *Thèse Doct. Es-Sciences*, Univ. Houari Boumedienne- Alger. 228 p., 7 pl.

HAMMER O., HARPER D. A. T. & RYAN P. D. (2000) - PAST. Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeont. Electron.* 4 (1): 1-9.

HASEGAWA S., SPROVIERI R. and POLUZZI A. (1990) - Quantitative analysis of benthic foraminiferal assemblages from Plio-Pleistocene sequences in the Tyrrhenian Sea, ODP Leg 107. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 107: 461-478.*

HEBIB H. (1995) - Reconstitution paléoenvironnementale de la formation diatomitique messinienne de Chaâba El Beidha (Dahra Sud Ouest). *Mém. Ing. Univ. Oran*: 89 p., inédit.

HEBIB H. (2002) - Evolution des assemblages de foraminifères benthiques du Miocène supérieur. (Exemple de la marge sud du bassin du Bas Chélif). *Mém. Mag., Univ. Es-Senia - Oran*. 167 p., XI pl. (inédit)

HILGEN F.J., KRIJGMAN W., LANGEREIS C.G., LOURENS L.J., SANTERELLI A., ZACHARIASSE W.J. (1995) - Extending the astronomical (polarity) time scale into the Miocene. *Earth Planet. Sci. Lett.* 136, 495–510.

HILGEN F.J., BISSOLI, L., IACCARINO S., KRIJGSMAN W., MEIJER R., NEGRI A., VILLA G., (2000) - Integrated stratigraphy and astrochronology of the Messinian GSSP at Oued Akrech (Atlantic Morocco). *Earth Planet. Sci. Lett.* 182, 237-251.

HSÜ K.J., CITA M.B., RYAN W.B.F. (1973a) - The origin of the Mediterranean evaporites. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, XIII, vol. 13. *US Government Printing Office*, Washington, DC, pp. 1203–1231.

HSÜ K.J., RYAN W.B.F., CITA M.B. (1973b) - Late Miocene desiccation of the Mediterranean. *Nature* 242, 240–244.

HSÜ K.J., MONTADERT, L., BERNOUILLI D., CITA, M.B., ERIKSON, A., GARRISON, R.G., KIDD, R.B., MÉLIÈRES F., MULLER C., WRIGHT R. (1978) - History of the Mediterranean salinity crisis. *Init. Rep. Of the DSDP*, 42A, pp. 1053 -1078.

IACCARINO S. & SALVATORINI G. (1982) - A framework of planktonic foraminiferal biostratigraphy for early Miocene to Late Pliocene Mediterranean area. *Paleontol. Stratigr. Evol.*, v. 2, pp. 115-125, Roma.

IACCARINO S. and PROTO-DECIMA F. (1990) - Distribution patterns of Neogene benthic foraminifers In Sstes 717, 718, and 719 (Leg 116). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, Vol. 116, 213-338.

IACCARINO S., CITA M.B., GABOARDI S. & GRAPPINI G.M. (1999) - High Resolution biostratigraphy at the Miocene/Pliocene boundary in Holes 974B and 975B, Western Mediterranean. In Zahn R., Comas M.C. & Klaus A. (eds.). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 161: 197-221.

JAMBU M. (1972) - Techniques de classification automatique appliquées à des données de Sciences Humaines. *Thèse Coct. 3è cycle*, Univ. Paris VI, 272.

JORISSEN F. J. (1987) - The distribution of benthic foraminifera in the Adriatic Sea. *Mar. Micropal.* 12 (21–48), 902.

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 the organic flux. *Mar. Micropal.* 19, 131–146.

JORISSEN F. J., DE STIGTER H. C. ET WIDMARK J.G.V. (1995) - A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Mar. Micropal.*, 22, 3-15.

KAIHO K. (1991) - Global changes of Paleogene aerobic-anaerobic benthic foraminifera and deep-sea circulation. *Palaeogeog., Palaeoclimat., Palaeoec.* 83, 65–85.

KAIHO K. (1994) - Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. *Geology* 22, 719–722.

KAIHO K. (1999) - Effect of organic carbon flux and dissolved oxygen on the benthic foraminiferal oxygen index (BFOI). *Mar. Micropal.* 28, 247–261.

KITAZATO H. (1988a) - Ecology of benthic Foraminifera in the tidal zone of a rocky shore. "Benthos 86" *Rev. de paléobio.*, Genève, vol. spec. 2, pp. 815-825.

KENNETT J. P. and SRINIVASAN, M. S. (1983) - Neogene planktonic foraminifera. *Stroudsburg: Hutchinson Ross Publishing Company*, 265pp.

KOUWENHOVEN T. J., SEIDENKRANTZ M. -S., WAN DER ZWAAN G.J. (1999) - Deep-Water changes : the near synchronous disappearance of a group of benthic foraminifera from the late Miocene Mediterranean. *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoec.* 152, 259-281.

KOUWENHOVEN T. J. (2000) - Survival under stress: benthic foraminiferal patterns and cenozoic biotic crisis. *Geol. Ultraiectina*, n° 186, 206 p.

KOUWENHOVEN T. J., HILGEN F. J. and WAN DER ZWAAN G. J. (2003) – Late Tortonian-early Messinian stepwise disruption of the Mediterranean-Atlantic connections: constraints from benthic foraminiferal and geochemical data. *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoec.* 198, 303-319.

KOUWENHOVEN T. J., WAN DER ZWAAN G.J. (2006) - A reconstruction of late Miocen Mediterranean circulation patterns using benthic foraminifera. *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoec.* 238, 373-385.

KOUWENHOVEN T. J., MORIGI C., NEGRI A., GIUNTA S., KRIJGSMAN W., and ROUCHY J. -M. (2006) - Paleoenvironmental evolution of the eastern Mediterranean during the Messinian: Constraints from integrated microfossil data of the Pissouri Basin (Cyprus). *Mar. Micropal.* 60, 17-44.

KRIJGSMAN W., HILGEN F.J., NEGRI A., WIJBRANS J.R., ZACHARIASSE W. J. (1997) - The Monte del Casino section (Northern Apennines, Italy): a potential Tortonian/Messinian boundary stratotype? *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoec.* 133, 27-47.

KRIJGSMAN W., LANGEREIS C. G., ZACHARIASSE W. J., BOCALETTI M., MORATTI G., GELATI R., IACCARINO S., and VILLA G. (1999a) - Late Neogene evolution of the Taza-Quercif Basin (Rifian Corridor, Morocco) and implications for the Messinian salinity crisis. *Mar. Geol.* 153, 147–160.

KRIJGSMAN W., HILGEN F. J., RAFFI I., SIERRO F. J., WILSON D. S., (1999b) - Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature* 400, 652–655.

LANGEREIS C. G., ZACHARIASSE W. J., AND ZIJDERVELD, J.D.A. (1984) - Late Miocene magnetobiostratigraphy of Crete. *Mar. Micropal.*, 8: 261-281.

LICARI L. and MACKENSEN A. (2005) - Benthic foraminifera off West Africa (1°N to 32°S) : Do live assemblages from the topmost sediment reliably record environmental variability ? *Mar. Micropal.* 55 (3-4): 205-233.

LOEBLICH A. R. Jr. and TAPPAN H. (1964) - Treatise on invertebrate paleontology and foraminifera chiefly «The cambrians. *Geol. Soc. of America*. Raymond C. Moore (edit.), Protista 2, Vol I- 1, 2.

LOEBLICH A. R. Jr. and TAPPAN H. (1988) - Foraminiferal genera and their classification, *Van Nostrand Reinhold company*, 1, 970 p.; 2, 847 pl.

LOEBLICH A. R. Jr. and TAPPAN H. (1989) - Implication of wall composition and structure in agglutinated foraminifera. *J. Paleont.* 63 (6), pp. 769-777.

LOEBLICH A. R. Jr. and TAPPAN H. (1992) - Present status of foraminiferal classification, p. 93-102. In Takayanagi and T. Saito [eds], Studies in benthic foraminifera: *Proceeding of the Fourth International Symposium on benthic foraminifera*, Sendai, 1990. Tokai University Press, Tokyo.

LOHMANN G.P. (1978) - Abyssal benthonic foraminifera as hydrographic indicators in the western South Atlantic Ocean. *J. Foram. Res.* 8, 6-34.

LOUBÈRE P. (1994) - Quantitative estimation of surface ocean productivity and bottom water oxygen concentration using benthic foraminifera. *Paleoceanography* 9, 723-737.

LOUBÈRE P. (1996) - The surface ocean productivity and bottom water oxygen signals in deep water benthic foraminiferal assemblages. *Mar. Micropal.* 28, 247-261.

LOURENS L.J., ANTONARAKOU A., HILGEN F.J., VAN HOOFF A.A.M., VERGNAUD-GRAZZINI C., ZACHARIASSE W.J. (1996) - Evaluation of the Plio-Pleistocene astronomical time scale. *Paleoceanography* 11 (4), 391-413.

LOZAR F., VIOLANTI D., DE LA PIERRE F., BERNARDI E., CAVAGNA S., CLARI P., IRACE A., MARTINETTO E., TRENKWALDER S. (2010) - Calcareous nannofossils and foraminifera herald the Messinian Salinity Crisis: The Pollenzo section (Alba, Cueno; NW Italy). *Geobios* 43, 21-32.

MAGNE J. et TEMPERE C. (1953) - Micropaléontologie de deux bassins néogènes algériens: le Chélif et le Hodna. Application aux recherches de pétrole. 19^{ème} *congr. Géol. Internat.*, Comptes-rendus section XIV, XVI, pp. 147-176.

MANSOUR B. (1991) - La série diatomitique messinienne de Sig: étude systématique des diatomées et implications paléoécologiques. *Thèse Magister*, Univ. Oran, 148 p., (Inédit).

MANSOUR B. (2004) - Diatomées messiniennes du bassin du bas Chélif (Algérie nord-occidentale). *Thèse de Doctorat d'état*, Univ. Oran, 285p.

MANSOURI M H. (2000) - Les nannofossiles calcaires du Miocène supérieur du bassin du Chélif (ex. : la coupe de Djebel Ben Dourda) : Intérêt biostratigraphique et corrélations. *Thèse Magister*, Univ. Oran, 129 p., (Inédit).

MATTAUER M. (1958) - Etude géologique de l'Ouarsenis oriental (Algérie). *Bul., Serv. Geol. Algér.*[n.s.] 17.

MAZZOLA C. (1971) - Les foraminifères planctoniques du Mio-Pliocène de l'Algérie nord-occidentale. *Proc. II int. Conf. Plankt.*, Roma, 2, p. 787-818, 7 pl., 11 Fig.

MCDUGALL K. (1985) - Miocene to Pleistocene benthic foraminifers and paleoceanography of the Middle America slope. Deep Sea Drilling Project Leg 84, *Initial Reports Deep Sea Drilling Project*, 84, 363-418.

MENDES I., DIAS J. A., SCHÖNFELD J., and FERREIRA Ó. (2012) - Distribution of living benthic foraminifera on the northern gulf of Cadiz continental shelf, *J. Foraminifer. Res.*, 42, 18–38, doi: 10.2113/gsjfr.42.1.18.

MIAO Q. and THUNNELL R.C.(1993) - Recent deep-sea benthic foraminiferal distributions in the

South China and Sulu Seas. *Marine Micropaleontology* 22, 1–32.

MILKER Y and SCHMIEDL G. (2012) - A taxonomic guide to modern benthic shelf foraminifera of the western Mediterranean Sea. *Palaeontologia Electronica*. palaeo-electronica.org.

MOISSETTE P. (1988) - Faunes de Bryozoaires du Messinien d'Algérie occidentale. *Doc. Lab. Géol.* Lyon, 102 : 351 p., 31 pl.

MOJTAHID M. (2007) - les foraminifères benthiques : bioindicateurs d'eutrophisation naturelle et anthropique en milieu marin franc. *Thèse Doct.*, Univ. d'Angers, 390 p.

MOJTAHID M., JORISSEN F. J., LANSARD B., FONTANIER C., BOMBLED B., RABOUILLE C. (2009) - Spatial distribution of live benthic foraminifera in the Rhône prodelta: Faunal response to a continental-marine organic matter gradient. *Marine Micropaleontology* 70, 177–200.

MOJTAHID M., GRIVEAU C., FONTANIER C., ANSCHUTZ P., JORISSEN F.. (2010) - Live benthic foraminiferal faunas along a bathymetrical transect (140 – 4800 m) in the Bay of Biscay (NE Atlantic). *Rev. de Micropal.* 53, 139 – 162.

MURRAY J. W. (1991) - Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera. Longman Scientific and Technical, John Wiley & Sons Inc., 397 pp., New York.

NEURDIN-TRESCARTE J. (1992) - Le remplissage du bassin néogène du Chélif. Modèles de références de bassin intra-montagneux. *Thèse Doct. Etat., Es-Sci.*, université de Pau et Pays de l'Adour, France , 605 p.

OBLAK K. (2007) - Most abundant Middle Miocene rotaliinas (suborder Rotaliina, Foraminifera) of Kozjansko (Eastern Slovenia). *Geologija*, 50/2: 293–322.

PAPP A. and SCHMID M. E. (1985) - Die Fossilen Foraminiferen des Tertiären Beckens von Wien. Revision der Monographie von Alcide D'Orbigny (1846). *Abh. Geol. Bundesanst.*, 37, 311 pp., Wien.

SNREPAL (1952) - Le bassin néogène du Chélif. *Publ. XIXe Congr. Inter. Géol., Alger, Monogra. Région., sér. 1, n° 16*, 56 p., 2 pl. h. t.

PERRODON A. (1957) - Etude géologique des bassins néogènes sub-littoraux de l'Algérie occidentale. *Publ. Serv. Carte géol. Algérie. n. s. Alger, Bull. n° 12*, 382p., 93 Fig., 4 pl. h. t., 8 pl. ph.

POIGNANT A. et MOISSETTE P. (1992) - Foraminifères benthiques des intercalations marneuses d'une série diatomitique du Messinien d'Algérie. Benthic foraminifera from interbedded marls in a diatomaceous series from the Messinian of Algeria. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, h. 11, pp. 657-674.

POLVECHE J. (1960) - Contribution à l'étude géologique de l'Ouarsenis oranais. *Bull. Serv. Carte Geol. Algér. (n.s.)* 24.

POMEL A. (1897) - Les Carnaciens, les Equidés. Monographie des vertébrés fossiles de l'Algérie. Alger, *Publication du Service de la Carte géologique de l'Algérie. ALG. PALEON. CHEV.*

POPESCU G. and CRIHAN I. M. (2000) - Contribution to the Knowledge of the Miocene Foraminifera from Romania superfamily Nodosariacea and Vaginulinidae. *Ac. Paleont. Rom.* V. 4, P. 385-402.

PUJOS-LAMY A. (1984) - Foraminifères benthiques et bathymétrie : le Cénozoïque du Golfe de Gascogne. *Paleogeog., Paleoclim., Palaeoec.*, 48 : 39 – 60.

RACHID A., EL-HAJJAJI Kh. et BEN MOUSSA A. (1997) - Les associations de foraminifères benthiques des séries marno-diatomitiques messiniennes du bassin du Nador-Melila (Maroc nord-oriental). *Géol. Médit.* p. 29-49, 10 Fig., 3 tabl., 1 pl.

RATHBURN A.E. et CORLISS B.H. (1994) - The ecology of living (stained) deep-sea benthic foraminifera from the Sulu Sea. *Paleoceanography*, 9: 87-150.

RATHBURN A. E. et DE DECKKER P. (1997) - Magnesium and strontium compositions of Recent benthic foraminifera from the Coral Sea, Australia and Prydz Bay, Antarctica. *Mar. Micropal.* 32: 231-248.

REZQI H. (1988) - Les foraminifères benthiques du Neogene superieur du sillon Sud-riffain et du Rif nord-oriental (Maroc). Systématique, Paléoécologie, Paléobiogéographie. *Thèse Doct.* Univ. Claude Bernard – Lyon (France). 119 p., VI pl.

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

ROUCHY J.-M., PIERRE C., ET-TOUHAMI M., KERZAZI K., CARUSO A., BLANC-VALLERON M.-M. (2003) - Late Messinian to Early Pliocene paleoenvironmental changes in the Melilla Basin (NE Morocco) and their relation to Mediterranean evolution. *Sedimentary Geology* 163, 1–27.

ROUCHY J.-M., CARUSO A. (2006) - The Messinian salinity crisis in the Mediterranean basin: a re-appraisal of the data and an integrated scenario. *Sedimentary Geology* 188 (189), 35–68.

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: 386-417.

RÖGL F. AND SPEZZAFERRI S. (2003) - Foraminiferal paleoecology and biostratigraphie of the Mülbach section (Gaindorf Formation, Lower Badenian) lower Austria. *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 104 (A), 23-75, Wien.

RUSSO B, SGARRELLA F and GABOARDI S (2002) - Benthic foraminifera as indicators of paleoecological bottom conditions in the Serravallian Tremiti sections (eastern Mediterranean, Italy); *Revis. Ital. Paleont. Stratig.* 108, 275-287.

RUSSO B., CURCIO E. and IACCARINO S. (2007) - Paleoecology and paleoceanography of a Langhian succession (Tremiti Islands, southern Adriatic Sea, Italy) based on benthic foraminifera. *Boll. della Soc. Paleont. Ital.*, 46 (2-3), 107-124.

SABATE P., NEURDIN-TRESCART J. and GONORD H. (1981) - Dynamique miocène de la marge nord du bassin du Chélif (Algérie nord-occidentale). *Bull.de la Soc. d'Histoire Nat. d'Af. du N.* 69 (3-4): 81-94.

SAINT-MARTIN J-P. (1987) - Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc. Aspects paléoécologiques et paléogéographiques. *Thèse de Doct. d'Etat*, Univ. d'Aix-Marseille. 499 p.

SAINT MARTIN J.-P., CORNÉE J.-J., CONESA G., BESSEDIK M., BELKEBIR L., MANSOUR B., MOISSETTE P. & ANGLADA R. (1992) - Un dispositif particulier de plate-forme carbonatée messinienne : la bordure méridionale du bassin du Bas-Chélif, Algérie. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences II*, 315: 1365-1372.

SAINT-MARTIN S., CONESA G., SAINT-MARTIN J-P. (2003) - Signification paléoécologique des assemblages de diatomées du Messinien dans le bassin de Melilla-Nador (Rif Nord-Oriental, Maroc). *Rev. de Micropal.* 46, 161-190.

SAMIR A.M. (2000) - The response of benthic foraminifera and ostracods to various pollution sources. A study from two lagoons in Egypt. *J. of Foram. Res.* 30, 83–98.

SATOUR L. (2004) - Les bivalves tortoniens de Douar Ouled Bettahar et de l'Abreuvoir (Dahra, sud occidental): étude systématique et paléo écologique. *Mém. Magister*. Université d'Oran. 70 p., 18 Fig., 4 pl. 10 tabl, *inédit*.

SATOUR L., LAURIAT RAGE A., BELKEBIR L., SAINT MARTIN J.P., MANSOUR B., et BESSEDIK M. (2011) - Les bivalves ptériomorphes du Tortonien supérieur du Dahra : systématique et paléoécologie. *Bull. O.R.G.M.* n°22, pp. 119-139.

SATOUR L. (2012) - Les bivalves du Néogène de l'Algérie nord-occidentale : systématique et Paléoécologie. *Thèse de Doct.*, Univ. Oran. 312 p. IV pl., 118 fig.

SCHAFFER C.T., COLLINS E.S., SMITH J.N. (1991) - Relationship of foraminifera and thecamoebian distributions sediments contaminated by pulp mill effluent: Saguenay Fjord, Quebec, Canada. *Micropaleontology* 17, 255–283.

SCHMIEDL G., MACKENSEN A., MULLER P.J. (1997) - Recent benthic foraminifera from the eastern South Atlantic Ocean: dependence on food supply and water masses. *Mar. Micropal.* 32, 249–287.

SCHMIEDL G. H., DE BOVÉE F., BUSCAIL R., CHARRIERE B. , HEMLEBEN C., MEDERNACH L., and P. PICON (2000) - Trophic control of benthic foraminiferal abundance and microhabitat in the bathyal Gulf of Lions, western Mediterranean Sea. *Mar. Micropal.* 40 (3): 167-188.

SCHMIEDL G., MITSCHKELE A., BECK S., EMEIS K-CH., HEMLEBEN CH., SCHULZ H., SPERLING M., WELDEAB S. (2003) - Benthic foraminiferal record of ecosystem variability in the eastern Mediterranean Sea during times of sapropel S5 and S6 deposition. *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoec.* (190), 139- 164.

SCHÖNFELD J., ZAHN R. (2000) - Late glacial to Holocene history of Mediterranean Outflow; evidence from benthic foraminiferal assemblages and stable isotopes at the Portuguese margin. *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoec.* 159, 85–111.

SCHWEIZER M. (2006) - Evolution and molecular phylogeny of *Cibicides* and *Uvigerina* (Rotaliida, Foraminifera). *Geologica Ultraiectina* 261.

SCHWEIZER M., PAWLOWSKI J., KOUWENHOVEN T. and VAN DER ZWAAN B. (2009) - Molecular phylogeny of common cibicidids and related rotaliida (foraminifera) based on small subunit RDNA sequences. *J. Foram. Res.*, 39, no. 4, p. 300-315.

SEIDENKRANTZ M.-S., KOUWENHOVEN T.J., JORISSEN F.J., SHACKLETON N.J., VAN DER ZWAAN G.J., (2000) - Benthic foraminifera as indicators of changing Mediterranean–Atlantic water exchange in the late Miocene. *Mar. Geol.* 163, 387–407.

SEN GUPTA B. K. (1989) - Morphology and generic placement of the foraminifera "*Anomalina*" *wuellerstorfi* Schwager. *J. of Paleont.* 63 (5): 706-713.

SEN GUPTA B.K., MACHAIN-CASTILLO M.L. (1993) - Benthic foraminifera in oxygen-poor habitats. *Mar. Micropal.* 20, 183–201.

SGARELLA F. and MONCHARMONT ZEI M. (1993) - Benthic foraminifera of the Gulf of Naples (Italy): systematics and autoecology. *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 32(2), 145–264, Modena.

SGARRELLA F., SPROVIERI R., DI STEFANO E., CARUSO A., SPROVIERI M. and BONADUCE G. (1999) - The Capo Rossello bore - hole (Agrigento, Sicily): cyclostratigraphic and paleoceanographic reconstructions from quantitative analyses of the Zanclean foraminiferal assemblages. *Riv. Ital. di Paleont. e Stratig.*, 105 (2): 303-322.

SIERRO F. J., FLORES J. A., CIVIS J., GONZALES DELGADO J. A., FRANCIS G. (1993) - Late Miocene globorotaliid event-stratigraphy and biogeography in the NE-Atlantic and Mediterranean. *Mar. Micropal.* 21, 143-168.

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chéelif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

SIERRO F. J., FLORES J. A., ZAMARRENO I., VAZQUEZ A., UTRILLA R., FRANCES G., HILGEN F. J., KRIJGSMAN W. (1997) - Astronomical cyclicity and sapropels in the pre-evaporitic Messinian of the Sorbas basin (Western Mediterranean). *Geogaçeta* 21, 199-202.

SIERRO F. J., FLORES J. A., ZAMARRENO I., VAZQUEZ A., UTRILLA R., FRANCES G., HILGEN F. J., KRIJGSMAN W. (1999) - Messinian pre-evaporite sapropels and precession-induced oscillations in western Mediterranean climate. *Mar. Geol.* 153, 137-146.

SIERRO F.J., HILGEN F.J., KRIJGSMAN W., FLORES J.A. (2001) - The Abad composite (SE Spain): a Messinian reference section for the Mediterranean and the APTS. *Palaeogeog. Palaeoclim. Palaeoec.* 168, 141-169.

SIERRO F. J., FLORES J. A., FRANCÉS G., VAZQUEZ A., UTRILLA R., ZAMARRENO I., ERLLENKEUSER H., BARCENA M. A. (2003) - Orbitally controlled oscillations in planktic communities and cyclic changes in western Mediterranean hydrography during the Messinian. *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoec.* 190, 289–316.

SJOERDSMA P.G.; VAN DER ZWAAN G.J. (1992) - Simulating the effect of changing organic flux and oxygen content on distribution of benthic foraminifera. *Mar. Micropal.* 19, 163–180.

S. N. REPAL (1952) - Le Bassin néogène du Chéelif. *Publ. XIX^e Congr. Intern. Géol.*; Alger, Monographies régionales ser.1 n°16, 56 p.

TALDENKOVA E., BAUCH H. A., STEPANOVA A., OVSEPYAN Y., POGODINA I., KLYUVITKINA T., NIKOLAEV S. (2013) - Reprint of: Benthic and planktic community changes at the North Siberian margin in response to Atlantic water mass variability since last deglacial times. *Mar. Micropal.* 99, 29–44.

TEN DAM A. (1947) - Rapports micropaléontologiques inédits, SN REPAL.

THOMAS E. (1980) - The development of *Uvigerina* in the Cretan Mio-Pliocene. *Utrecht Micropaleont. Bull.* 23, 1–168.

THOMAS H. (1985) - Géodynamique d'un bassin intramontagneux. Le bassin du Bas Chélif occidental durant le Mio-Plio-Quaternaire. *Thèse Doct. Etat*, Univ. Pau et Pays de l'Adour, 594., 161 Fig., 32 tabl., 10 pl. (inédit).

TRENKWALDER S., VIOLANTI D., D'ATRI A., LOZAR F., DELA PIERRE F. and IRACE A. (2008) - The Miocene/Pliocene boundary and the Early Pliocene micropalaeontological record: new data from the Tertiary Piedmont Basin (Moncucco quarry, Torino Hill, Northwestern Italy). *Boll. De. Soc. Paleont. Ital.*, 47 (2), 87-103.

VAN DER ZWAAN G. J. (1982) - paleoecology of late Miocene Mediterranean foraminifera. *Utrecht, Micropal. Bull.*, V. 25, pp. 172-201, 15 pl.

VAN DER ZWAAN G.J., DEN HARTOG JAGER D. (1983) - Paleoecology of Late Miocene Sicilian benthic foraminifera. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, Series B 86, 211–223.

VAN DER ZWAAN, G.J., JORISSEN F.J., and DE STIGTER H.C. (1990) - The depth dependency of planktonic/benthic foraminiferal ratios: Constraints and applications, *Mar. Geol.*, 95, 1-16.

VAN DER ZWAAN G.J., JORISSEN F.J. (1991) - Biofacial patterns in river-induced shelf anoxia. In: Tyson, R.V., Pearson, T.H. (Eds.), *Modern and Ancient Continental Shelf Anoxia*. *Geol. Soc. London Spec. Publ.* 58, 65–82.

VAN DER ZWAAN G.J., DUIJNSTEE I.A.P., DEN DULK M., ERNST S.R., JANNINK N.T., and KOUWENHOVEN T.J. (1999) - benthic foraminifera: proxies or problems? A review of paleoecological concepts, *Ear. Sci. Rev.*, 46 (1-4), 213-235.

VAN HINSBERGEN D.J.J., KOUWENHOVEN T.J., VAN DER ZWAAN G.J. (2005) - Paleobathymetry in the backstripping procedure: Correction for oxygenation effects on depth estimates. *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoec.* 221, 245– 265.

VAN MARLE L. J. (1982) - Bathymetric distribution of benthic foraminifera on the Australian-Irian Java continental margin, Eastern Indonesia. *Mar. Micropal.*, 13, pp. 97-152.

VAN MORKHOVEN F. P. C. M., BERGGREN W. A. and EDWARDS A. S. (1986) - Cenozoic cosmopolitan deep-water benthic foraminifera. *Bull. Cent. Rech. Exploration-production, Pau, Elf-Aquitaine.* 421 p.

VERHALLEN P. J. J. M. (1991) - Late Pliocene to early Pleistocene mediterranean mud-dwelling foraminifera influence of a changing environment on community structure and evolution. *Utrecht Micropal. Bull.*, Utrecht, 40, pp.1-219.

VILLANUEVA-GUIMERANS P. (2000) - Boliviniidae y buliminidae (foraminíferos bentónicos) del margen septentrional del golfo de Cadiz (España). *Rev. esp. de micropal.*, 32 (1), pp. 131-141.

VILLANUEVA-GUIMERANS P. and CANUDO I. (2008) - Assemblages of recent benthic foraminifera from the north eastern gulf of Cadiz. Asociaciones de foraminíferos bentónicos recientes en el noreste del golfo de Cádiz. *Geogaceta*, 44 , 139-142. ISSN: 0213683X

VIOLANTI D. (2005) - Pliocene foraminifera of Piedmont (north-western Italy): a synthesis of recent studies. *Annali del l'Università degli Studi di Ferrara. Mus. Sci. e Nat.*. Pp. 75-88. ISSN 1824-2707.

WOLLENBURG J.E. and MACKENSEN A. (1998) - Living benthic foraminifera from the central Arctic Ocean: faunal composition, standing stock and diversity. *Mar. Micropal.* 34, 153–185.

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

WRIGHT R. (1980) - Benthic foraminiferal repopulation of the Mediterranean after the Messinian (late Miocene) event. *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoec.* 29, 189–214.

YACEF F. (2009) - Les gastéropodes marins du Miocène supérieur du bassin de la Tafna : systématique et paléoécologie. *Mém. Mag., Univ. Oran, Algérie.* 72 p., 17 fig., 4 pl. (inédit).

YASSINI I. and JONES B. G. (1995) - Recent Foraminiferida and Ostracoda from estuarine and shelf environments on the southeastern coast of Australia. 484 pp., *The University of Wollongong Press, Wollongong.*

ZACHARIASSE W.J. (1975) - Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Late Neogene of Crete (Greece). *Utrecht Micropal. Bull.*, v. 11, pp. 1,-1,71, Utrecht.

SITES ELECTRONIQUES CONSULTÉS :

- www.marinespecies.org (WoRMS).

- (eol - Encyclopedia of Life, <http://eol.org/pages/2954912/details>).

LISTE ALPHABETIQUE DES FORAMINIFERES BENTHIQUES RENCONTRES DANS LES COMPTAGES DES COUPES ETUDIEES.

Amphicoryna proxima (Silvestri, 1872)
Amphicoryna hirsuta (D'Orbigny, 1826)
Amphicoryna scalaris (Batsch, 1791)
Anomalinoides cicatricosus (Schwager)
 var. *maioricensis* (Colom, 1843)
Anomalinoides flintii (Cushman, 1931)
Anomalinoides helycinus (Costa, 1855)
Astacolus crepidulus (Fichtel et Moll, 1803)
Bigenerina agglutinans D'Orbigny, 1826
Bigenerina nodosaria D'Orbigny, 1826
Bolivina sp. 2 Poignant et Moissette, 1992
Bolivina aff. *B. antiqua* D'Orbigny, 1839
Bolivina aff. *B. apenninica* Barbieri et Mosna, 1964
Bolivina arta Macfadyen, 1930
Bolivina italica Cushman, 1936
Bolivina plicatella Cushman, 1930
Bolivina punctata D'Orbigny, 1839
Bolivina reticulata Hantken, 1875
Bolivina scalprata Schwager var. *miocenica* Macfadyen, 1930
Brizalina alata (Seguenza, 1862)
Brizalina dentellata (Tavani, 1955)
Brizalina dilatata (Reuss, 1850)
Brizalina spathulata (Williamson, 1858)
Buccella aff. *frigida* (Cushman) var. *granulata* (Di Napoli, 1952)

Bulimina aculeata D'Orbigny, 1826
Bulimina costata D'Orbigny, 1852
Bulimina echinata D'Orbigny, 1852
Bulimina elongata D'Orbigny, 1846
Bulimina fusiformis (Williamson) sensu Fornasini, 1901
Bulimina subacuminata Cushman and R.E. Stewart, 1930
Bulimina subulata Cushman and Parker, 1937
Bulimina striata D'Orbigny in Guérin-Meneville, 1843
Bulimina sp.
Burseolina calabra Seguenza, 1880
Cancris auriculus Fichtel et Moll, 1798
Cancris oblongus (Williamson), 1858
Cassidulina aff. *crassa* D'Orbigny, 1839
Cassidulina laevigata D'Orbigny, 1826
Cassidulina oblonga Reuss, 1850
Cassidulinoides bradyi (Norman in Brady, 1881)
Chilostomella oolina Schwager, 1878
Chilostomella ovoidea Reuss, 1850
Chrysalogonium sp.
Cibicidoides bradyi (Trauth, 1918)
Cibicidoides italicus Di Napoli Alliata, 1959
Cibicidoides kullenbergi Parker, 1953
Cibicidoides pachydermus (Rzehak, 1886)
Cibicides aff. *refulgens* De Montfort, 1808
Cibicidoides robertsonianus (Brady, 1881)
Cibicidoides ungerianus (D'Orbigny, 1846)

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

<i>Cibicidoides wuellerstorfi</i> (Schwager, 1866)	<i>Globulina myristiformis</i> Williamson, 1858
<i>Cribrorobulina serpens</i> (Seguenza), emend. Selli, 1941	<i>Guttulina communis</i> (D'Orbigny, 1826)
<i>Chilostomella oolina</i> Schwager, 1878	<i>Gyroidina altiformis</i> (Stewart and Stewart, 1930)
<i>Cylindroclavulina rudis</i> (Costa, 1855)	<i>Gyroidina altispira</i> (Cushman and Stainforth, 1945)
<i>Dentalina aff. aciculata</i> (D'Orbigny, 1826)	<i>Gyroidina laevigatus</i> (D'Orbigny, 1826)
<i>Dentalina acuta</i> (D'Orbigny, 1846)	<i>Gyroidina longispira</i> (Tedeschi et Zenmatti, 1957)
<i>Dentalina advena</i> (Cushman, 1923)	<i>Gyroidina neosoldanii</i> (Brotzen, 1936)
<i>Dentalina communis</i> (D'Orbigny, 1826)	<i>Hansenisca soldanii</i> (D'Orbigny, 1826)
<i>Dentalina elegans</i> d'Orbigny, 1846	<i>Hanzawaia boueana</i> (D'Orbigny, 1846)
<i>Dentalina inflexa</i> (Reuss, 1866)	<i>Heterolepa dutemplei</i> (D'Orbigny, 1846)
<i>Dentalina leguminiformis</i> (Batsch, 1791)	<i>Hoeglundina elegans</i> (D'Orbigny, 1826)
<i>Dentalina mucronata</i> Neugeboren, 1866	<i>Karrieriella bradyi</i> (Cushman, 1911)
<i>Dentalina sp.1.</i>	<i>Lagena striata</i> (D'Orbigny, 1839)
<i>Dentalina sp.2.</i>	<i>Lagena sulcata</i> (Walker et Jacob, 1798)
<i>Dimorphina tuberosa</i> D'Orbigny, emend. Selli, 1947	<i>Lagena vulgaris</i> (Williamson, 1818)
<i>Dorothia brevis</i> Cushman and Stainforth, 1945	<i>Laticarinina pauperata</i> (Parker et Jones, 1855)
<i>Dorothia gibbosa</i> (D'Orbigny, 1826)	<i>Lenticulina ariminensis</i> (D'Orbigny, 1846)
<i>Eggerella bradyi</i> (Cushman, 1911)	<i>Lenticulina calcar</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Fissurina marginata</i> (Montagu, 1803)	<i>Lenticulina convergens</i> (Bornemann, 1855)
<i>Fissurina orbignyana</i> Seguenza, 1862	<i>Lenticulina crassa</i> (D'Orbigny, 1846)
<i>Fursenkoina schreibersiana</i> (Czjzek, 1848)	<i>Lenticulina cultrata</i> (De Montfort, 1808)
<i>Gavelinopsis sp.</i>	<i>Lenticulina curvisepta</i> (Seguenza, 1880)
<i>Glandulina laevigata</i> (D'Orbigny, 1839)	<i>Lenticulina dilecta</i> (Seguenza, 1880)
<i>Globobulimina affinis</i> (D'Orbigny, 1846)	<i>Lenticulina echinata</i> (D'Orbigny, 1846)
<i>Globobulimina ovata</i> (D'Orbigny, 1846)	<i>Lenticulina gibba</i> (D'Orbigny, 1839)
<i>Globobulimina pyrula</i> (D'Orbigny, 1846)	<i>Lenticulina inornata</i> (D'Orbigny, 1846)
<i>Globocassidulina oblonga</i> (Reuss, 1850)	<i>Lenticulina orbicularis</i> (D'Orbigny, 1826)
<i>Globocassidulina subglobosa</i> (Brady, 1881)	<i>Lenticulina peregrina</i> (Schwager, 1866)

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

<i>Lenticulina rotulata</i> (Lamarck, 1804)	<i>Oridorsalis umbonatus</i> (Reuss) var.
<i>Lenticulina simplex</i> (Costa, 1894)	<i>stellatus</i> (Silvestri, 1898).
<i>Lenticulina vortex</i> (Fichtel et Moll, 1798)	<i>Orthomorphina bassanii</i> (Fornasini, 1894)
<i>Lingulina costata</i> D'Orbigny, 1846	<i>Orthomorphina tenuicostata</i> (Costa, 1853)
<i>Lingulina seminuda</i> Hantken, 1875	<i>Pandaglandulina dinapolii</i> Loeblich et
<i>Marginulina costata</i> (Batsch, 1791)	Tappan, 1955
<i>Marginulina filicostata</i> Fornasini, 1891	<i>Planorbulina mediterranensis</i> D'Orbigny,
<i>Marginulina hirusta</i> D'Orbigny, 1826	1826
<i>Marginulina obesa</i> Terquem, 1866	<i>Planularia auris</i> DeFrance, 1824
<i>Marginulina obliqua</i> D'Orbigny,	<i>Planularia cassis</i> (Fichtel & Moll, 1798)
<i>Marginulina subbullata</i> Hantken, 1875	<i>Planulina ariminensis</i> D'Orbigny, 1826
<i>Marginulina tuberculata</i>	<i>Plectofrondicularia</i> sp.
<i>Martinottiella communis</i> (D'Orbigny,	<i>Pleurostomella alternans</i> Schwager, 1866
1826)	<i>Praeglobobulimina pupoides</i> (D'Orbigny,
<i>Martinottiella aff communis</i> (D'Orbigny,	1846)
1826)	<i>Pseudonodosaria aequalis</i> (Reuss, 1863)
<i>Melonis affinis</i> (Reuss, 1851)	<i>Pseudonodosaria</i> sp.
<i>Melonis barleeanus</i> (Williamson, 1858)	<i>Pullenia bulloides</i> (D'Orbigny, 1826)
<i>Melonis pompilioides</i> (Fichtel et Moll,	<i>Pullenia quinqueloba</i> (Reuss, 1851)
1798)	<i>Pullenia compresiuscula</i> Reuss var.
<i>Neoeponides schreibersii</i> (D'Orbigny,	<i>quadriloba</i> Reuss, 1867
1846)	<i>Pyrgo</i> sp.
<i>Nodosaria ovicula</i> D'Orbigny, 1826	<i>Ramulina globulifera</i> Brady, 1879.
<i>Nodosaria pentecostata</i> Costa, 1856	<i>Rectuvigerina cylindrica cylindrica</i>
<i>Nodosaria radricula</i> (Linnaeus, 1758)	(D'Orbigny, 1826)
<i>Nodosaria raphanistrum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Rectuvigerina cylindrica gaudryinoides</i>
<i>Nodosaria raphanus</i> (Linnaeus, 1758)	(Lipparini, 1932)
<i>Nonion commune</i> (D'Orbigny, 1826)	<i>Reussella spinulosa</i> (Reuss, 1850)
<i>Nonion</i> sp.	<i>Saracenaria italica</i> DeFrance, 1824
<i>Oolina faveolata</i> (Seguenza, 1862)	<i>Spirosigmoilina tenuis</i> (Czjzek, 1848)
<i>Oridorsalis umbonatus</i> (Reuss, 1851)	<i>Sigmoilopsis schlumbergeri</i> (Silvestri,
	1904)

<i>Siphonina planoconvexa</i> (Silvestri, 1898)	<i>Trifarina bradyi</i> Cushman, 1923
<i>Siphonina reticulata</i> Czjzek, 1848	<i>Tritaxia</i> sp.
<i>Siphotextularia</i> aff. <i>flintii</i> (Cushman, 1911)	<i>Uvigerina</i> aff. <i>hispidata</i> Schwager, 1866
<i>Sphaeroidina bulloides</i> D'Orbigny, 1826	<i>Uvigerina longistriata</i> Perconig, 1955
<i>Stillostomella adolphina</i> D'Orbigny, 1846	<i>Uvigerina peregrina</i> Cushman, 1923
<i>Stillostomella advena</i> (Cushman et Laiming, 1931)	<i>Uvigerina proboscidea</i> Schwager, 1866
<i>Stillostomella consobrina</i> (D'Orbigny, 1846)	<i>Uvigerina pygmaea</i> D'Orbigny, 1826
<i>Stillostomella</i> aff. <i>fistuca</i> (Schwager, 1866)	<i>Uvigerina rutila</i> Cushman and Todd, 1941
<i>Stillostomella hispidata</i> (D'Orbigny, 1846)	<i>Uvigerina semiornata</i> D'Orbigny, 1846
<i>Stillostomella</i> aff. <i>monilis</i> (D'Orbigny, 1846)	<i>Uvigerina striatissima</i> Perconig, 1955
<i>Stillostomella verneuili</i> (D'Orbigny, 1846)	<i>Uvigerina</i> aff. <i>striatissima</i> Perconig, 1955
<i>Stillostomella</i> sp.	<i>Vaginulina glabra</i> D'Orbigny, 1826
<i>Textularia agglutinans</i> DeFrance, 1824	<i>Vaginulina legumen</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Textularia</i> aff. <i>conica</i> (D'Orbigny, 1839)	<i>Vaginulina striatissima</i> Schrodte, 1891
<i>Textularia gramen</i> (D'Orbigny, 1846)	<i>Vaginulina</i> sp.
<i>Textularia</i> aff. <i>sagittula</i> DeFrance, 1824	<i>Vaginulinopsis hauerina</i> (Fornasini, 1883)
<i>Textularia silvestri</i> (nov. Nom) in Hageman, 1979	<i>Vaginulinopsis carinata</i> Silvestri, 1904
<i>Textularia</i> aff. <i>Soldanii</i> Fornasini, 1883	<i>Vaginulinopsis sulcata</i> (Costa, 1855)
<i>Textularia?</i> sp.	<i>Vaginulinopsis</i> sp.
<i>Trifarina</i> aff. <i>angulosa</i> (Williamson, 1858)	<i>Valvulineria bradyana</i> (Fornasini, 1900)
	<i>Vulvulina pennatula</i> (Batsch, 1791)

LISTE DES FIGURES

Fig. 1 : Paléogéographie de la région méditerranéenne durant le Tortonien supérieur (Orszag Sperber et *al.* 1993, modifié)

Fig. 2 : Situation des principaux bassins post-nappes par rapport aux structures de la chaîne alpine d'Afrique du Nord, *in* Thomas, 1985, simplifiée).

Fig. 3 : Situation du bassin du Bas Chélif et ses limites géomorphologiques.

Fig. 4 : Biozonation du Miocène supérieur dans le bassin du Bas Chélif et de la Tafna (Belkebir et *al.*, 1996).

Fig. 5 : Carte Géologique de la bordure occidentale du Dahra (Perrodon, 1957, avec noms actuels des lieux).

Fig. 6 : Localisation de la coupe de Oued Derdoussa

Fig. 7 : Colonne lithologique de Oued Derdoussa (d1, d2 et d3 = discordance).

Fig. 8 : Coupe de la cluse du Chélif (Djebel Meni) *in* Perrodon, 1957, simplifiée.

Fig. 9 : Coupe de Djebel Meni, bassin du Chélif (Algérie), Corrélations avec les travaux antérieurs (Belkebir et *al.*, 2008).

Fig. 10 : Localisation de la coupe de Djebel Meni

Fig. 11 : Colonne lithologique des formations étudiées sur le flanc Sud-Est de Djebel Meni.

Fig. 12 : Attribution biostratigraphique de la coupe de Oued Derdoussa.

Fig. 13 : Attribution biostratigraphique de la coupe de Djebel Meni.

Fig. 14 : répartition verticale des foraminifères benthiques les mieux représentés à Oued Derdouse

Fig. 15 : répartition verticale des foraminifères benthiques les mieux représentés à Djebel Meni.

Fig. 16 : Bio-événements enregistrés dans les coupes étudiées et cadre chronologique méditerranéen

Fig. 17 : Modèle de microhabitat en fonction de la profondeur de la zone oxic et de l'abondance de la matière organique (Jorissen et *al.*, 1995; De Stigter, 1996)

Fig. 18 : Schéma de la structure d'une colonne sédimentaire. Cavités de bivalves alimentées par les galeries d'un annélide. Les foraminifères colonisent le sédiment oxic dans toute la colonne sédimentaire (Bouchet, 2007).

Fig. 19 : Concept théorique de l'indice d'Oxygénation. La somme des espèces dans chaque groupe successif est multipliée par le nombre de ce groupe (*in* Kouwenhoven et Van der Zwaan, 2006).

Fig. 20 : Courbe d'évolution paléobathymétrique de la coupe de Oued Derdoussa.

Fig. 21 : Evolution des différents groupes de foraminifères benthiques selon leur degré de sensibilité à l'oxygénation des eaux de fond (coupe de Oued Derdoussa).

Fig. 22 : Evaluation de l'oxygénation des eaux de fond dans la coupe de Oued Derdoussa.

Fig. 23 : Evolution de quelques indicateurs paléoécologiques (coupe de Oued Derdoussa).

Fig. 24 : Evolution du %P et de la paléobathymétrie dans la coupe de Djebel Meni.

Fig. 25 : Evolution de l'indice d'oxygénation des eaux de fond dans la coupe de Djebel Meni (méthode de Kouwenhoven et Van der Zwaan, 2006).

Fig. 26 : Evolution des taxons oxyphiles et qualité de l'oxygénation des eaux de fond (selon la terminologie de Kaiho, 1994).

Fig. 27 : Evolution de quelques indices paléoécologiques (coupe de Djebel Meni).

Fig. 28 : Graphique de l'AFC réalisée sur les données de la coupe de Oued Derdoussa

Fig. 29 : Dendrogramme de l'analyse ascendante hiérarchique de Oued Derdoussa.

Fig. 30 : Biofaciès définis en fonction de l'AAH dans la coupe de Oued Derdoussa.

Fig. 31 : Evolution des biofaciès et implications paléoenvironnementales (Oued Derdoussa).

Fig. 32 : Graphique de l'AFC illustrant l'effet Guttman (coupe de Djebel Meni)

Fig. 33 : Dendrogramme résultant de l'analyse ascendante hiérarchique (AAH) effectuée sur le tableau de comptage des foraminifères benthiques de Djebel Meni.

Fig. 34 : Evolution paléoenvironnementale à partir des assemblages définies par l'AAH dans le Djebel Meni.

Fig. 35 : Schéma interprétatif de l'évolution du paléoenvironnement au passage tortono-messinien (marge nord du Bas Chélif).

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Terminologie utilisée dans le découpage du Miocène du Bas Chélif (Thomas, 1985, modifié).

Tableau 2 : Indice KMO et test de Bartlett (Oued Derdoussa).

Tableau 3: Pourcentage de variance expliquée par les facteurs 1 et 2.

Tableau 4 : Qualité de représentation initiale et après extraction des différentes variables (Coupe de Oued Derdoussa).

Tableau 5: Indice KMO et test de Bartlett (Djebel Meni).

Tableau 6 : Variance totale expliquée (Djebel Meni).

Tableau 7 : Qualité de représentation (Djebel Meni), méthode d'extraction : factorisation en axes principaux.

ANNEXE

PLANCHES PHOTOS DU SECTEUR D'ETUDE



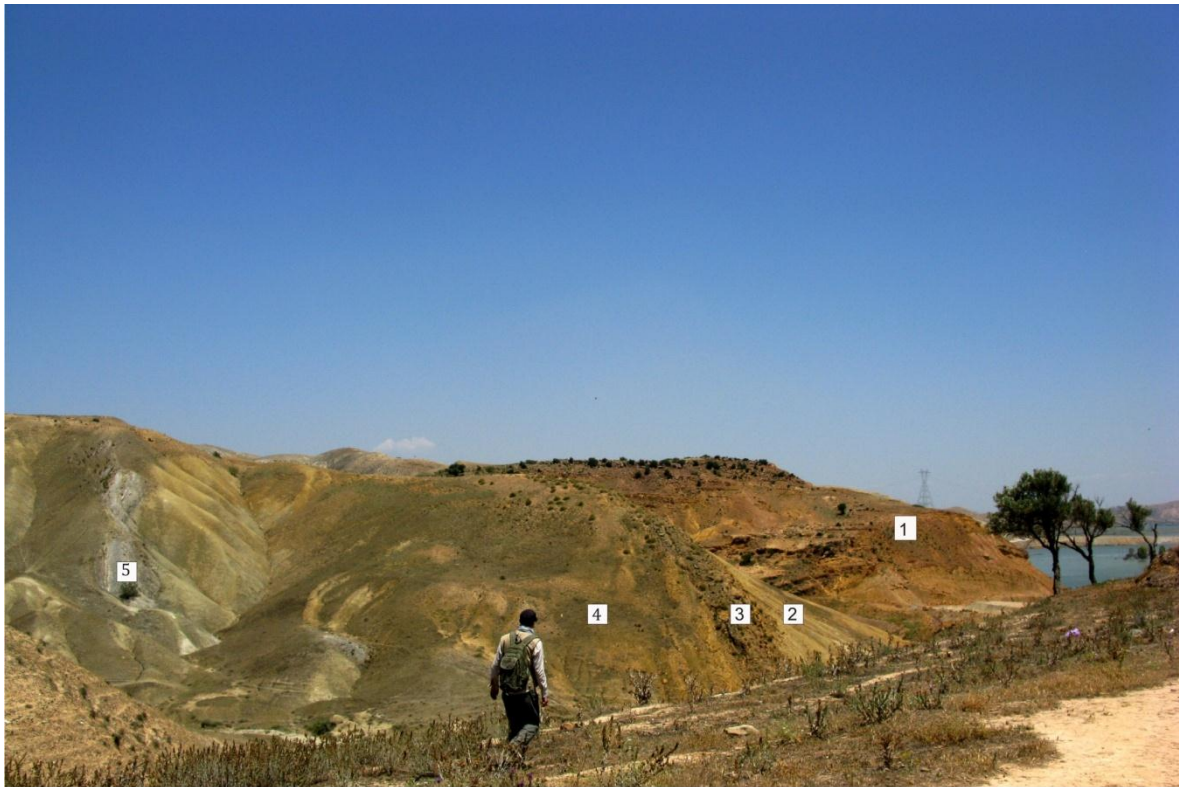
Coupe de Djebel Meni

1 : formation marnogréseuse ; 2 : marnes beiges sableuses; 3 : barre gréseuse; 4 : marnes bleues; 5 : niveau cinéritique; 6 : marnes bleues



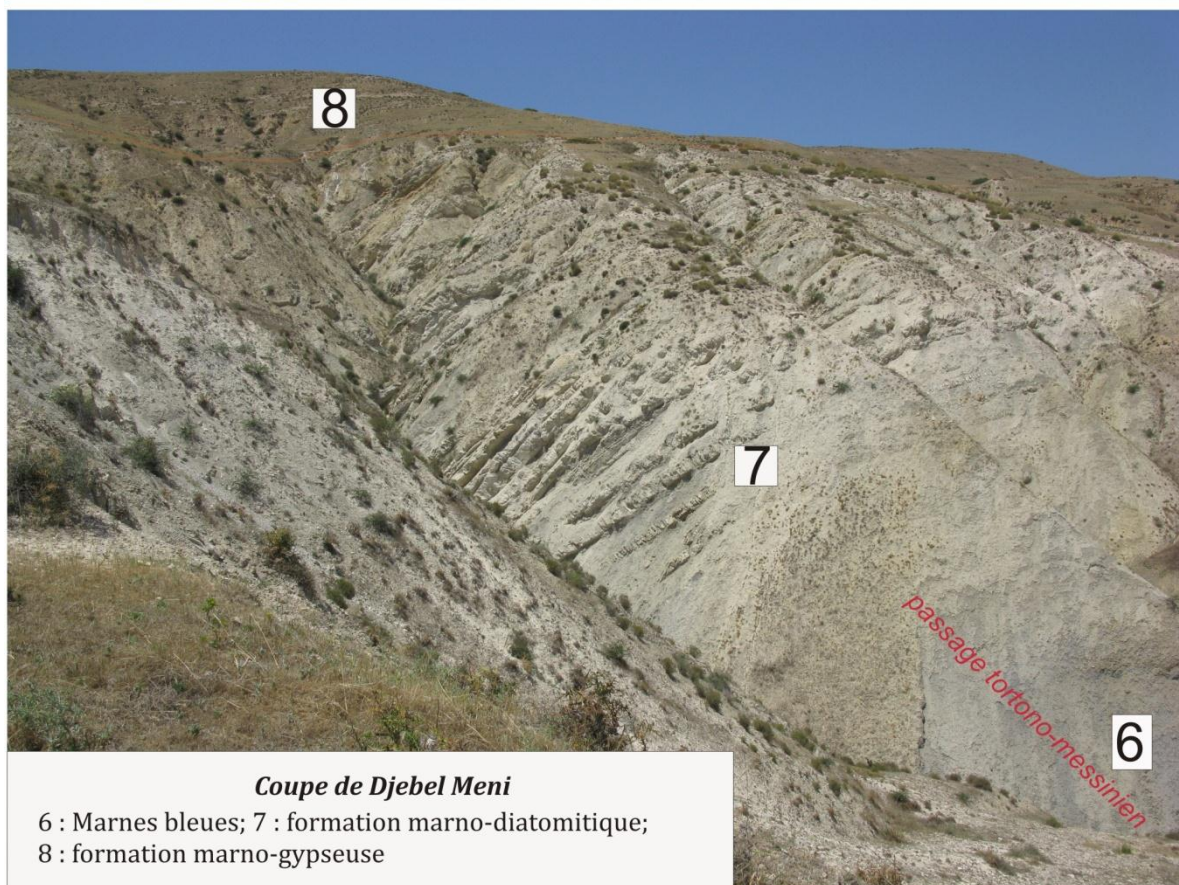
Coupe de Djebel Meni

1 : formation marnogréseuse ; 2 : marnes beiges sableuses; 3 : barre gréseuse; 4 : marnes bleues; 5 : niveau cinéritique; 6 : marnes bleues; 7 : formation marno-diatomitique



Coupe de Djebel Meni

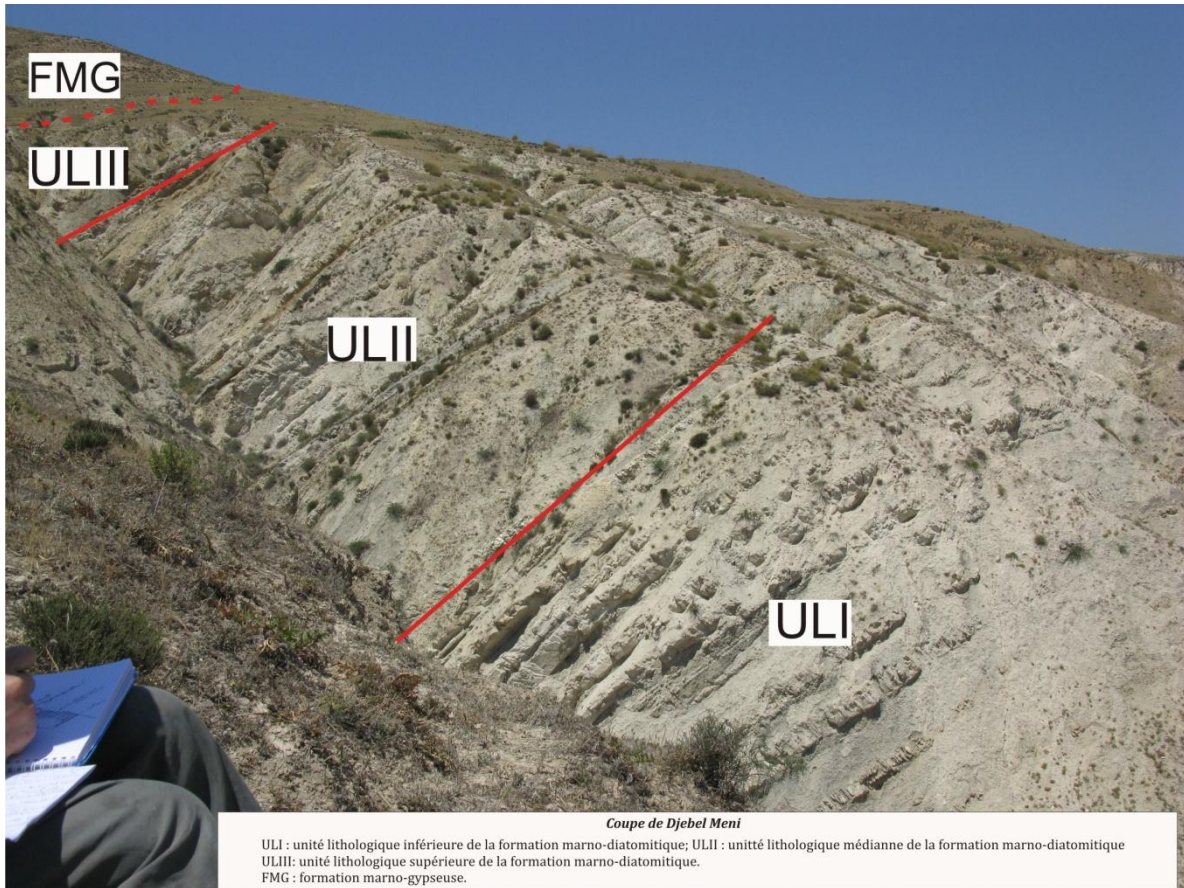
1: formation marno-gréseuse ; 2: marnes sableuses; 3 : barre gréseuse;
4 : marnes bleues ; 5 : niveau cinéritique

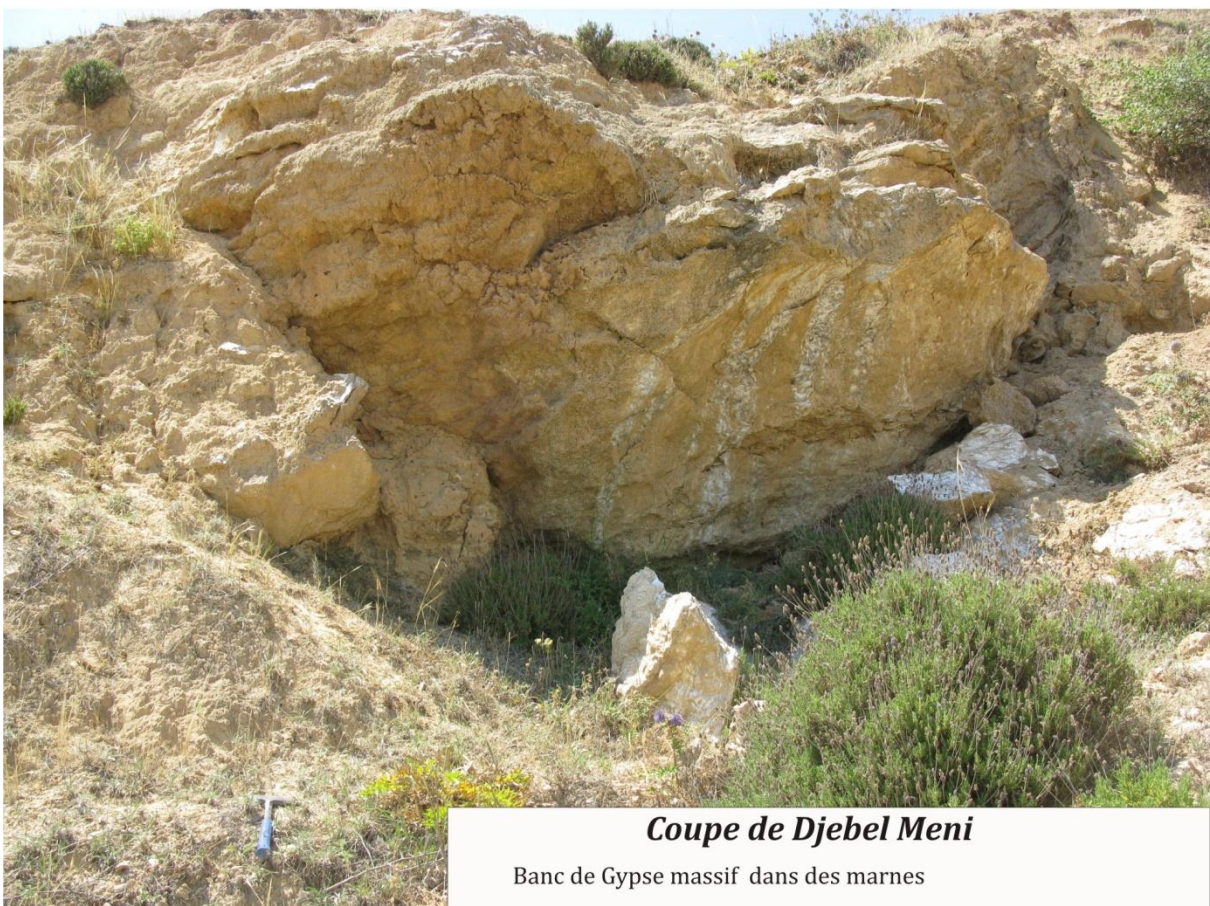


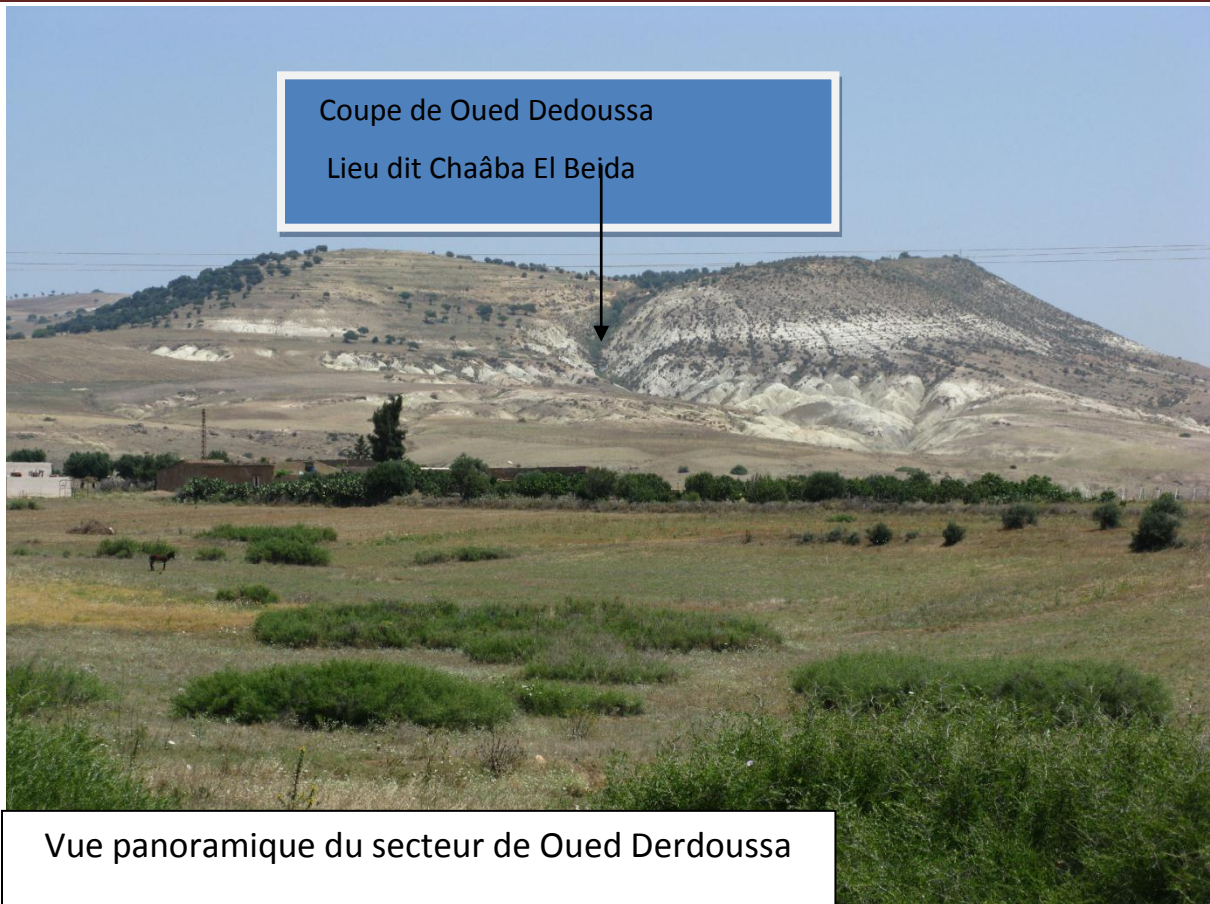
Coupe de Djebel Meni

6 : Marnes bleues; 7 : formation marno-diatomitique;
8 : formation marno-gypseuse

passage tortono-messinien



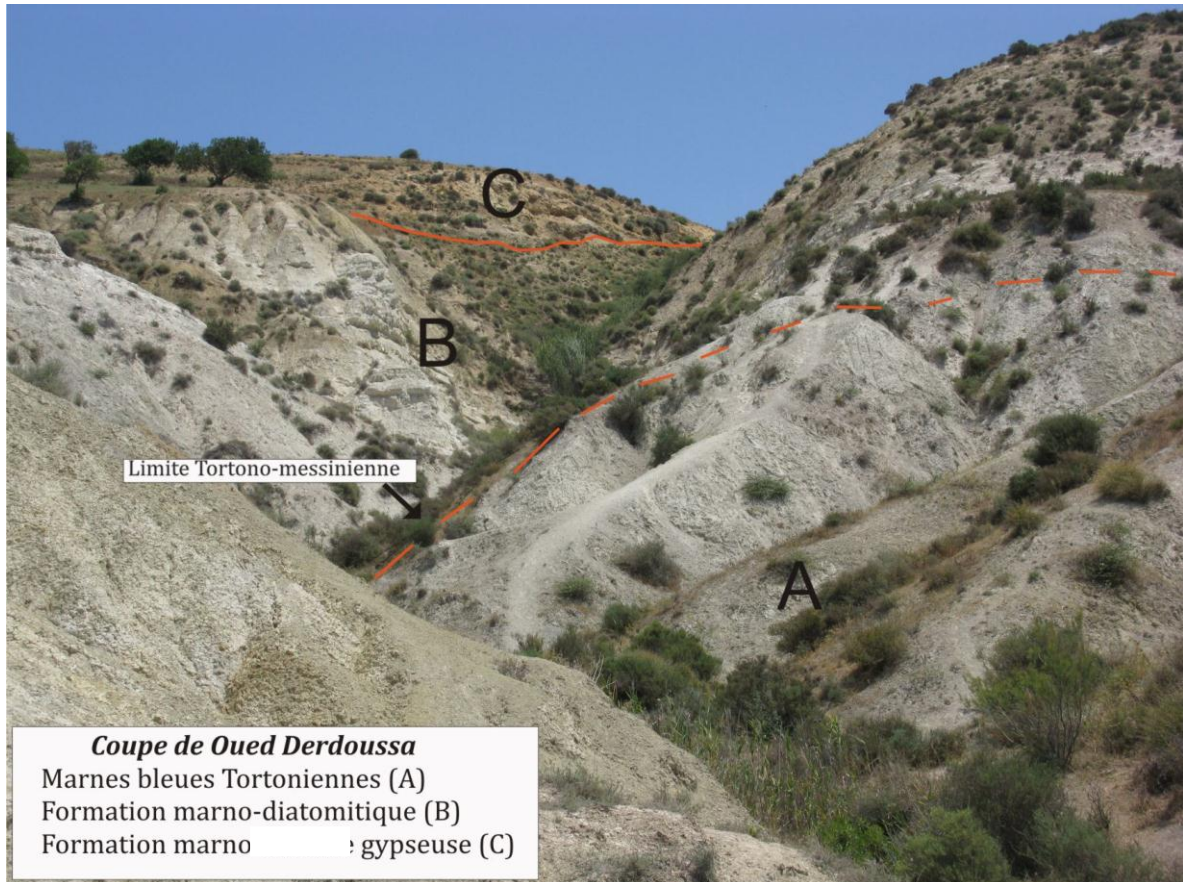






Coupe de Oued Derdousse

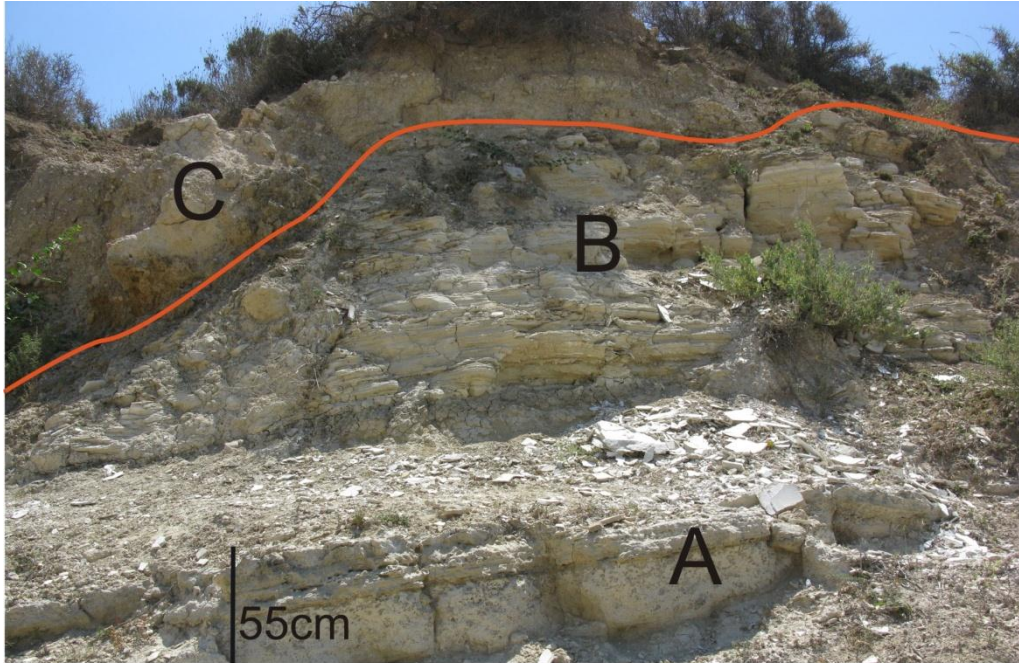
formation des marnes bleues (A); formation marno-diatomitique (B)
formation marno-gypseuse (C); la ligne pleine indique le levé de coupe
La ligne en pointillés indique les limites approximatives des formations





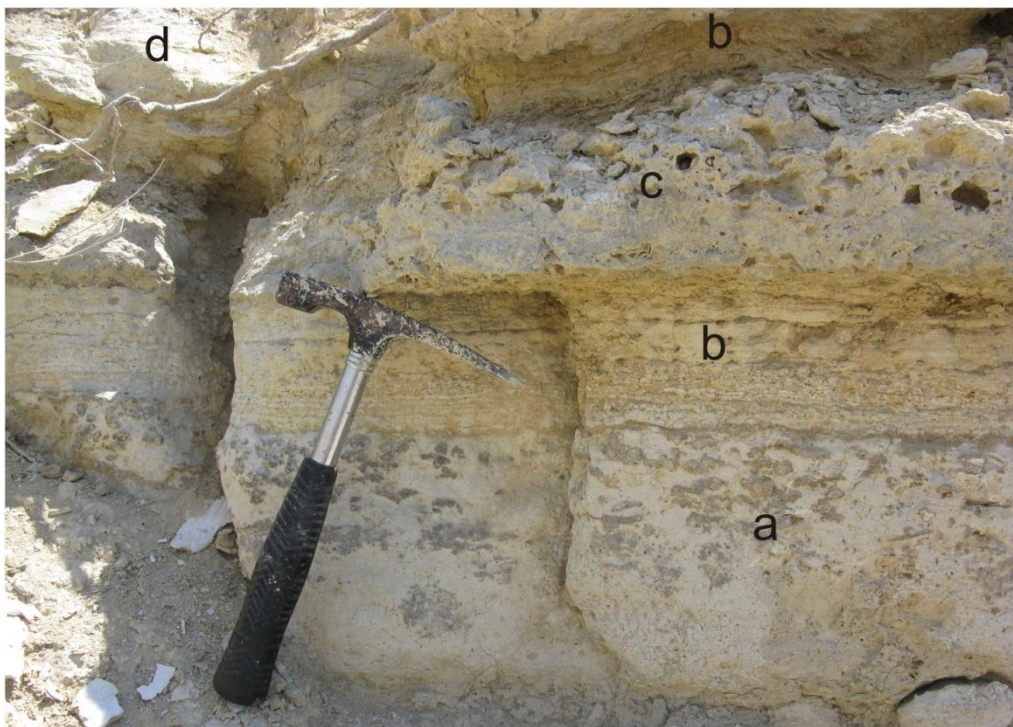
Coupe de Oued Derdousse

ULI : unité lithologique de base (alternance de bancs diatomitiques blanchâtres et de niveaux marneux gris)
ULII : unité lithologique supérieure (alternance de bancs diatomitiques marneux et de niveaux marneux gris, parfois laminés).



Coupe de Oued Derdousse

Niveau marno-calcaire salin (A)
Dernier banc diatomitique (B); et en rouge :
contact diatomites-marnes gypseuses (C)



Coupe de Oued Derdoussa

Détails du banc marno-calcaire salin

Marnes indurées à nodules de gypse ; (b) alternance de lits argilo-gréseux et de lits gypseux ; (c) calcaire dolomitique vacuolaire gris à pseudomorphse de gypse, (d) calcaire gris dolomitisé et fortement salé (halite)



Coupe de Oued Derdoussa
Détail du dernier banc diatomitique



Coupe de Oued Derdoussa
Formation marno-gypseuse : Aspect ondulé des bancs gypseux et blocs de gypse emballés dans les marnes

PLANCHES PHOTOS DE FORAMINIFERES BENTHIQUES

PLANCHE I

- 1 - *Bigenerina agglutinans* d'Orbigny, 1826
- 2 - *Bigenerina nodosaria* d'Orbigny, 1826
- 3 - *Karreriella bradyi* (Cushman, 1911)
- 4 - *Vulvulina pennatula* (Batsch, 1791)
- 5 - *Textularia?* Sp.
- 6 - *Textularia aff. sagittula* DeFrance, 1824
- 7 - *Textularia agglutinans* DeFrance, 1824
- 8 - *Textularia silvestri* (nov. Nom) in Hageman, 1979
- 9 - *Textularia soldanii* fornasini, 1883
- 10, 11, 12, 13 - *Cylindroclavulina rudis* (Costa, 1855)
- 14 - *Eggerella bradyi* (Cushman, 1911)
- 15 - *Martinottiella communis* (d'Orbigny, 1826)
- 16 - *Martinottiella aff. communis* (d'Orbigny, 1826)

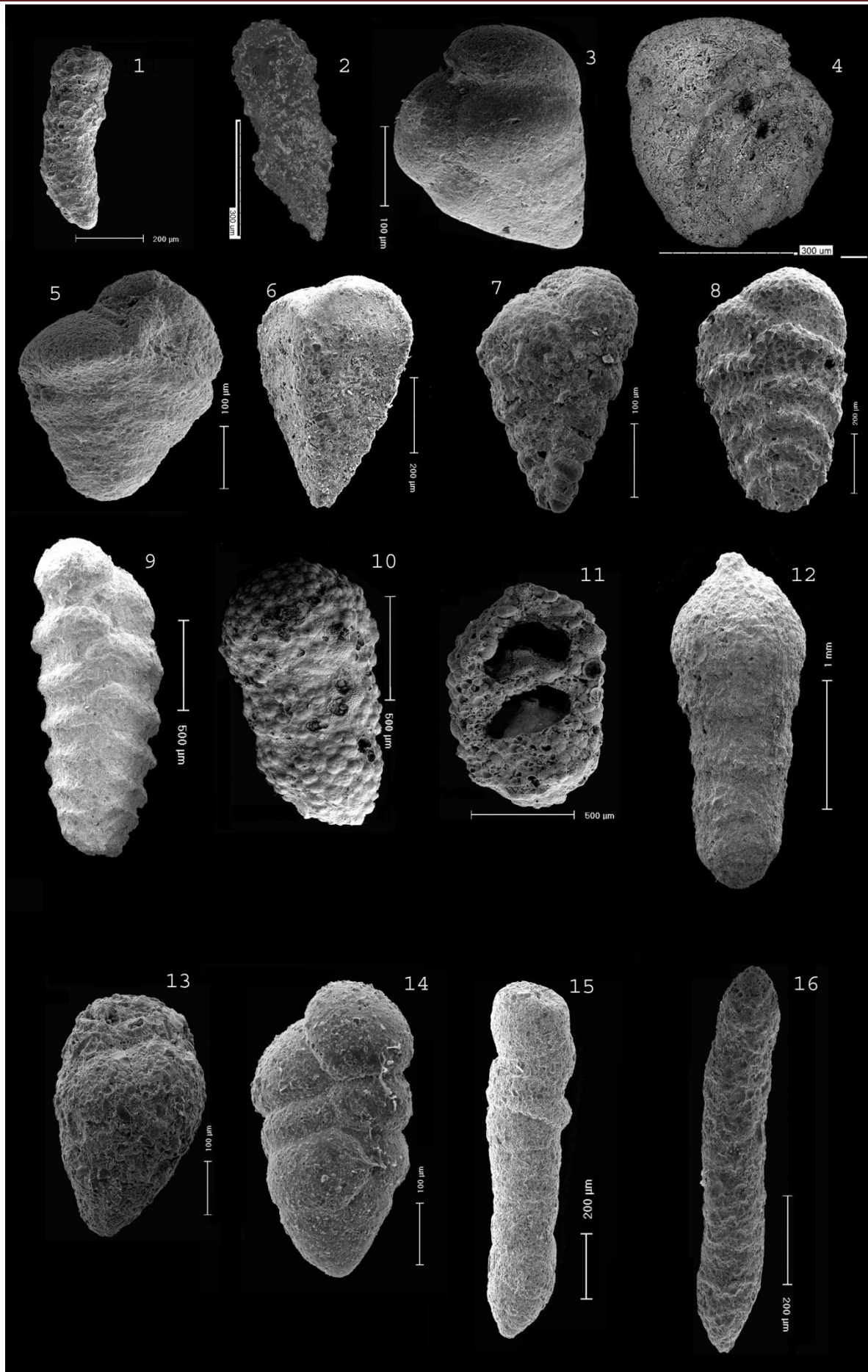


PLANCHE II

1, 2, 3, 4 - *Cibicoides ungerianus* (D'Orbigny, 1846)

5, 6 - *Cibicoides bradyi* (Trauth, 1918)

7, 8 - *Cibicoides robertsonianus* (Brady, 1881)

9, 10 - *Cibicoides wuellerstorfi* (Schwager, 1866)

11, 12 - *Cibicoides italicus* Di Napoli Alliata, 1959

13, 14 - *Cibicoides kullenbergi* Parker, 1953

15, 16 - *Cibicoides pachydermus* (Rzehak, 1886)

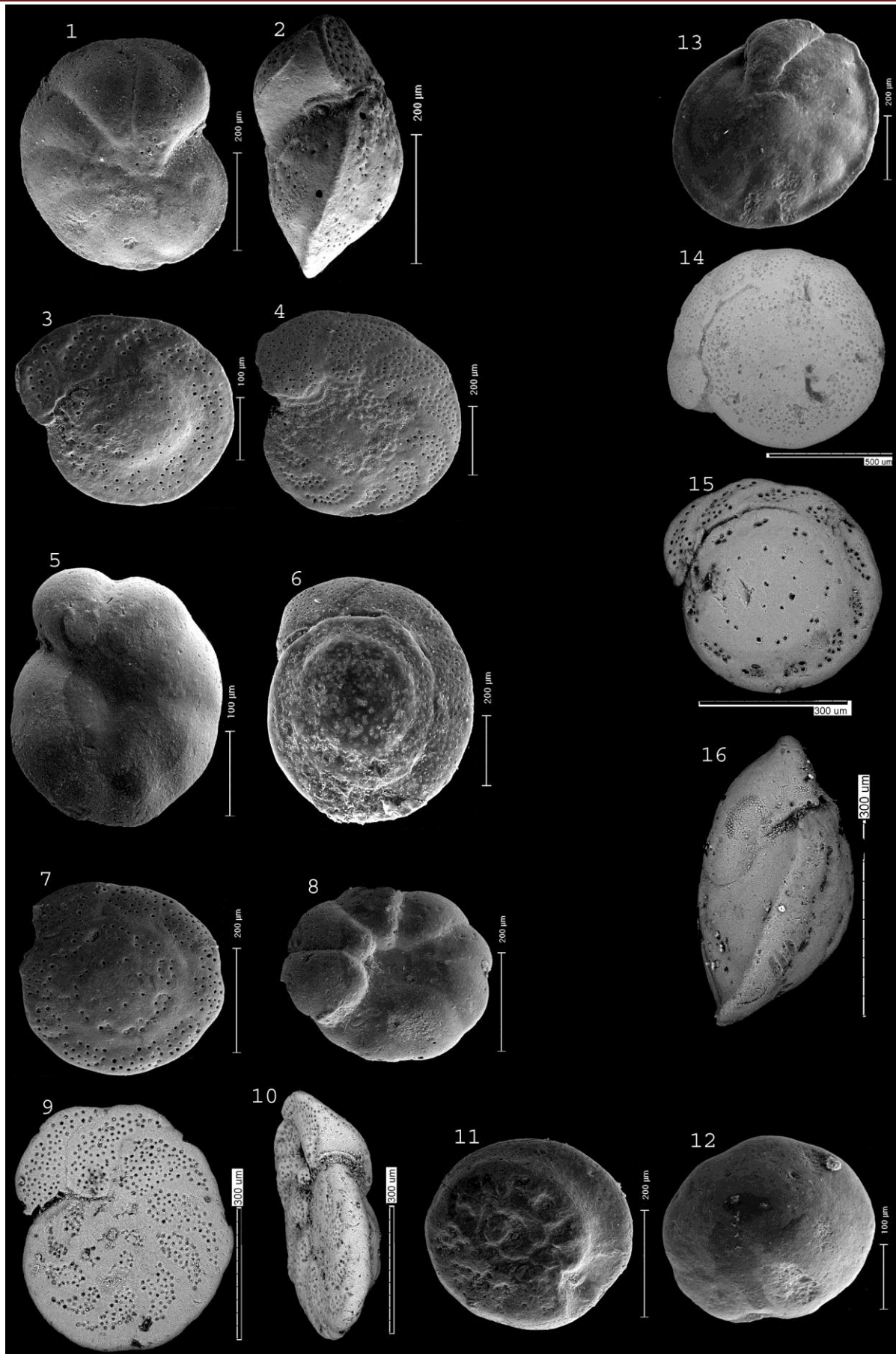


PLANCHE II

PLANCHE III

- 1, 2 - *Globobulimina ovata* (d'Orbigny, 1846)
- 3 - *Globobulimina affinis* (d'Orbigny, 1846)
- 4, 5 - *Bulimina costata* d'Orbigny, 1852
- 6 - *Bulimina aff. gibba*
- 7 - *Bulimina elongata* d'Orbigny, 1846
- 8 - *Bulimina aculeata* d'Orbigny, 1826
- 9, 12 - *Bulimina elegans* d'Orbigny, 1826
- 10 - *Bulimina subulata* Cushman and Parker, 1937
- 11 - *Bulimina echinata* d'Orbigny, 1852
- 13 - *Bulimina fusiformis* (Williamson sensu Fornasini, 1901)
- 14 - *Bulimina aff. subacuminata* Cushman and R.E. Stewart, 1930

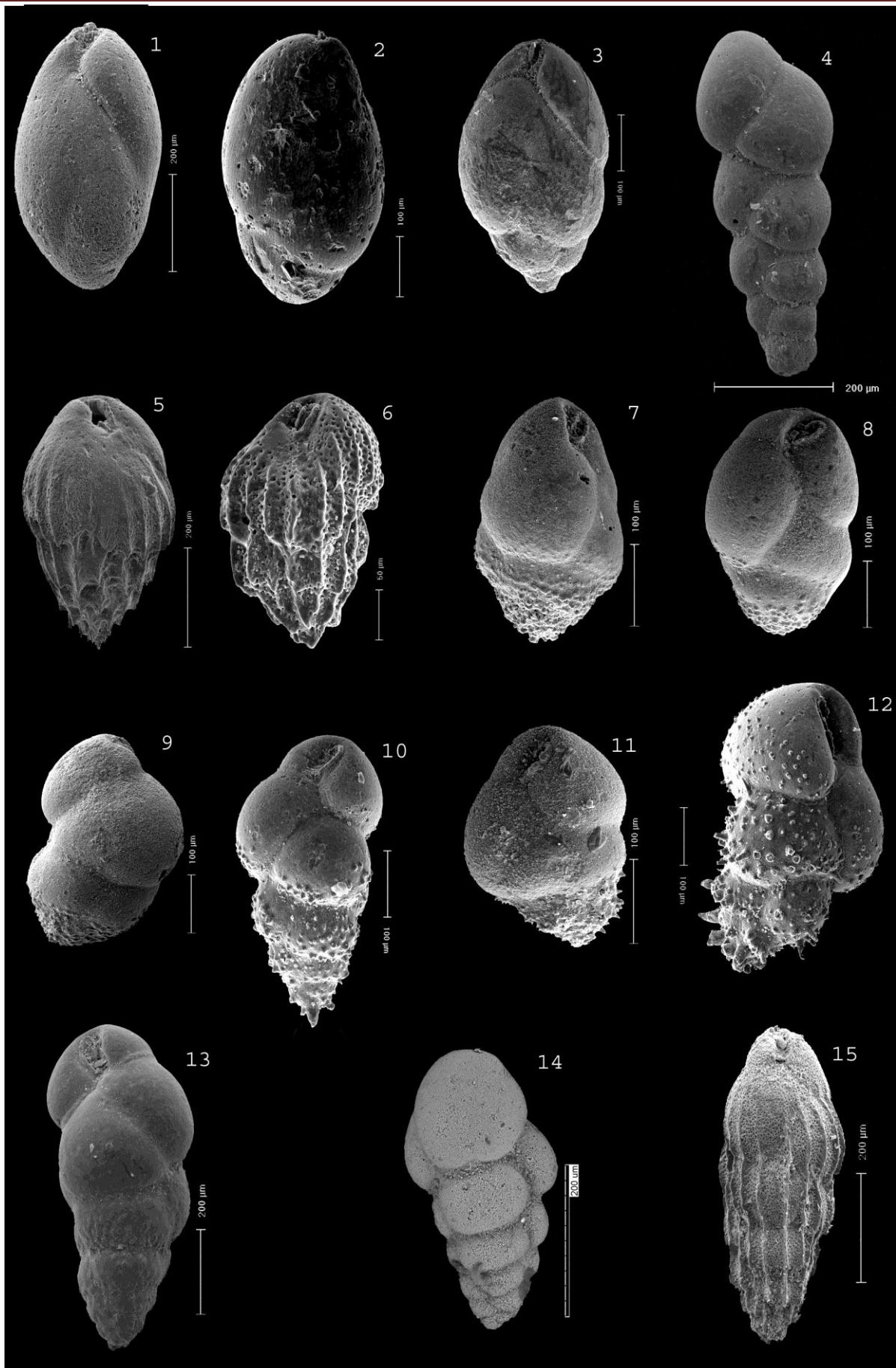


PLANCHE III

PLANCHE IV

- 1 - *Dentalina communis* (d'Orbigny, 1826)
- 2 - *Dentalina aff. mucronata* Neugeboren, 1866
- 3 - *Dentalina mucronata* Neugeboren, 1866
- 4 - *Nodosaria radricula* (Linné, 1758)
- 5 - *Dentalina aff. aciculata* d'Orbigny, 1846
- 6 - *Dentalina leguminiformis* (Batsch, 1791)
- 7 - *Dentalina elegans* d'Orbigny, 1846
- 8 - *Nodosaria sp.*
- 9 - *Dentalina aff. inornata* d'Orbigny, 1846
- 10 - *Nodosaria pentecostata* Costa, 1856
- 11 - *Pseudonodosaria aequalis* (Reuss, 1863)

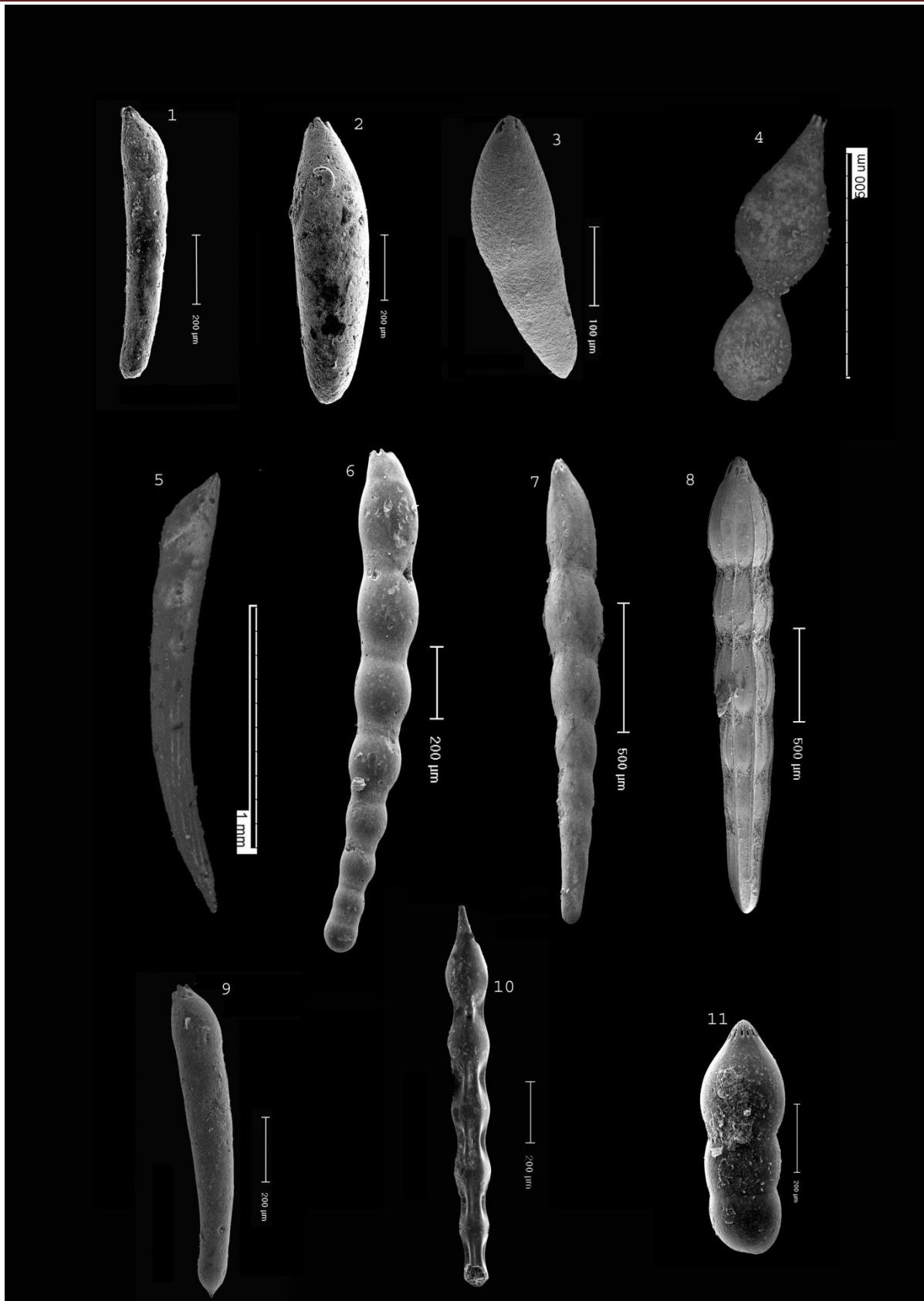


PLANCHE IV

PLANCHE V

1 - *Rectuvigerina cylindrica gaudryinoides* (Lipparini, 1932)

2 - *Rectuvigerina cylindrica cylindrica* (D'Orbigny, 1826)

3 - *Rectuvigerina* sp.

4, 5, 11 - *Uvigerina peregrina* Cushman, 1923

6, 7, 8, 9 - *Uvigerina pygmaea* D'Orbigny, 1826

10 - *Uvigerina aff. hispida* Schwager, 1866

11 - *Uvigerina* sp1.

12 - *Trifarina bradyi* Cushman, 1923

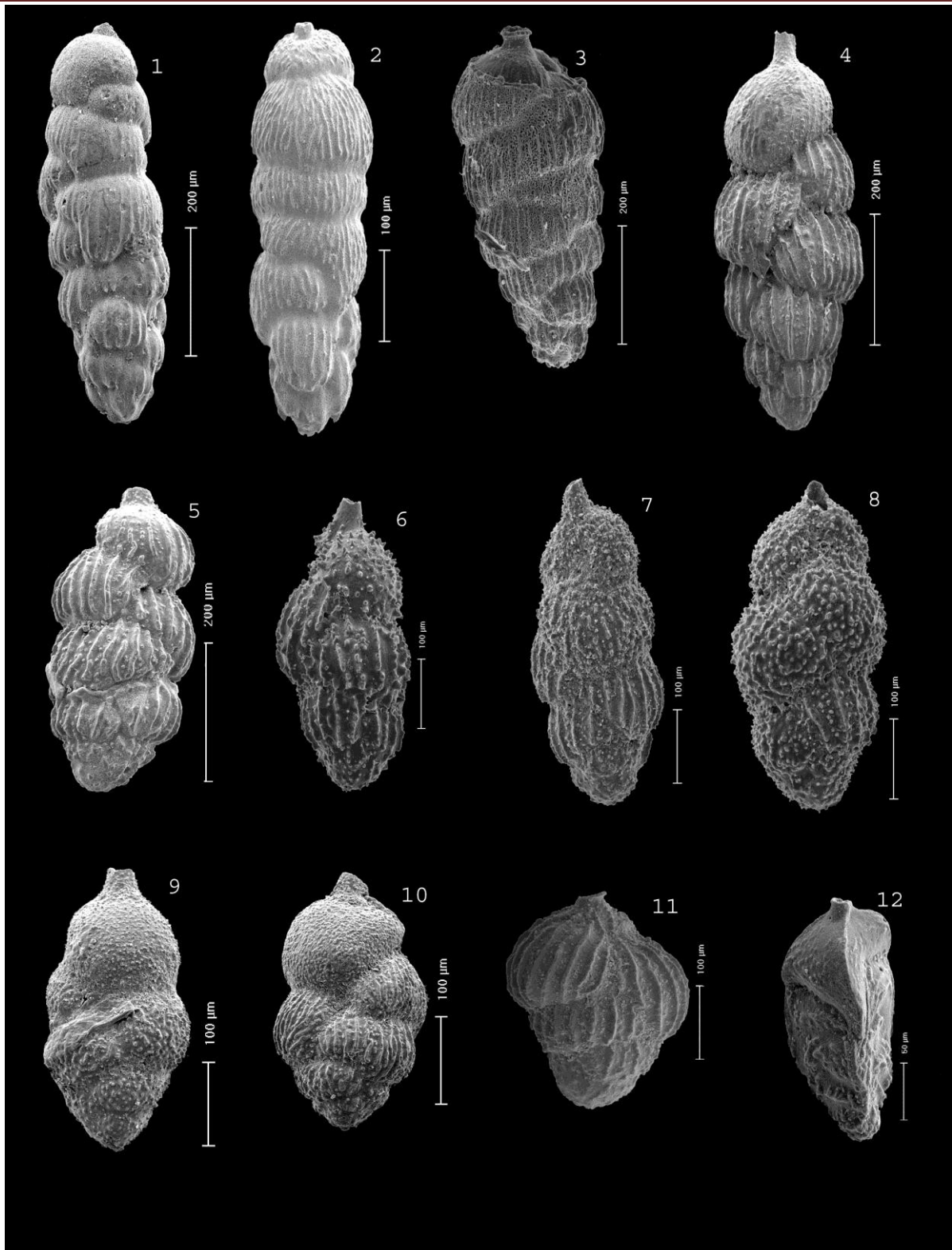


PLANCHE V

PLANCHE VI

- 1, 2 - *Uvigerina striatissima* Perconig, 1955
- 3 - *Uvigerina aff. striatissima* Perconig, 1955
- 4 - *Uvigerina longistriata* Perconig, 1955
- 5 - *Uvigerina sp.2*
- 6, 7, 8 - *Uvigerina semiornata* D'Orbigny, 1826
- 9, 10, 11 - *Uvigerina rutila* Cushman and Todd, 1941
- 12 - *Uvigerina proboscidea* Schwager, 1866

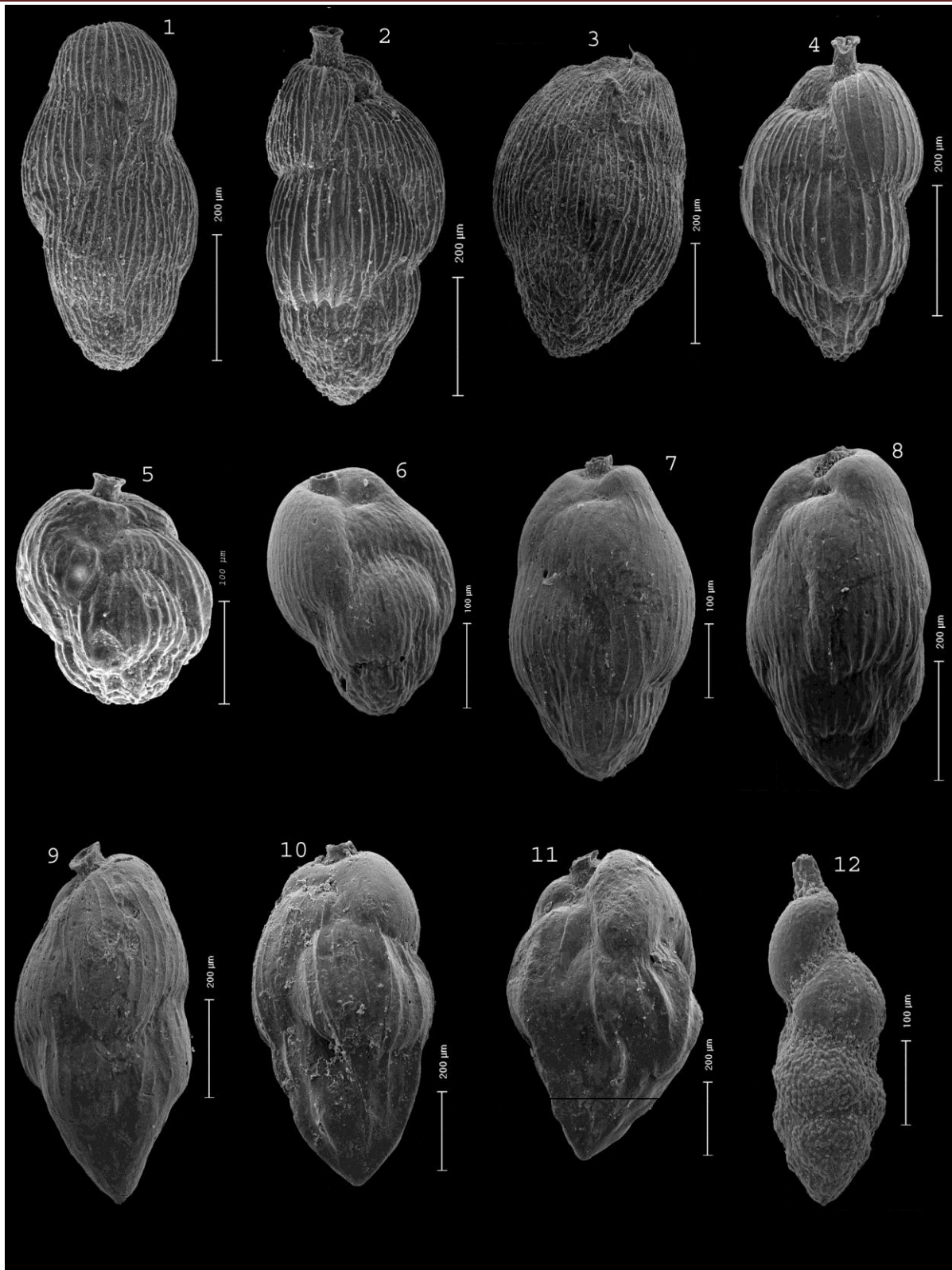


PLANCHE VI

PLANCHE VII

- 1 - *Brizalina spathulata* (Williamson, 1858)
- 2 - *Bolivina punctata* D'Orbigny, 1839
- 3 - *Bolivina scalprata* Schwager var. *miocenica* Macfadyen, 1930
- 4 - *Bolivina reticulata* Hantken, 1875
- 5 - *Brizalina alata* (Seguenza, 1862)
- 6 - *Brizalina* sp. 2 Poignant et Moissette, 1992
- 7 - *Bolivina italica* Cushman, 1936
- 8 - *Bolivina albatrossi* Cushman, 1922
- 9 - *Brizalina dentellata* (Tavani, 1955)
- 10, 11 - *Brizalina dilatata* (Reuss, 1850)
- 12 - *Bolivina plicatella* Cushman, 1930
- 13, 14 - *Valvulineria bradyana* (Fornasini, 1900)

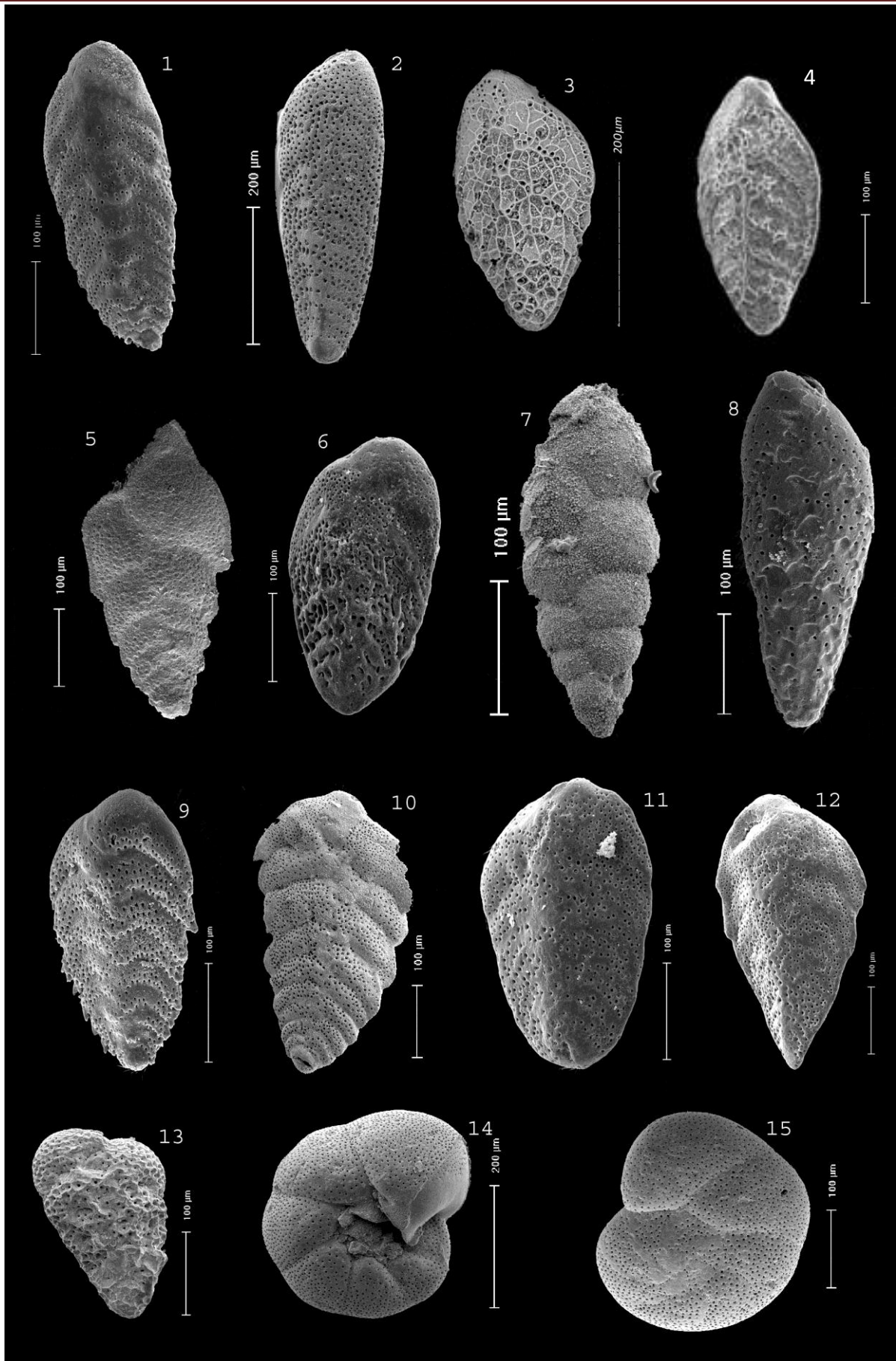


PLANCHE VII

PLANCHE VIII

1, 2, 3 - *Heterolepa dutemplei* (D'Orbigny, 1846)

4, 5 - *Hanzawaia boueana* (D'Orbigny, 1846)

6 - *Glandulina laevigata* (D'Orbigny, 1839)

7, 8 - *Pullenia quinqueloba* (Reuss, 1851)

9 - *Pullenia bulloides* (D'Orbigny, 1826)

10, 12 - *Anomalinoides helycinus* (Costa, 1855)

11 - *Anomalinoides flinti* (Cushman, 1931)

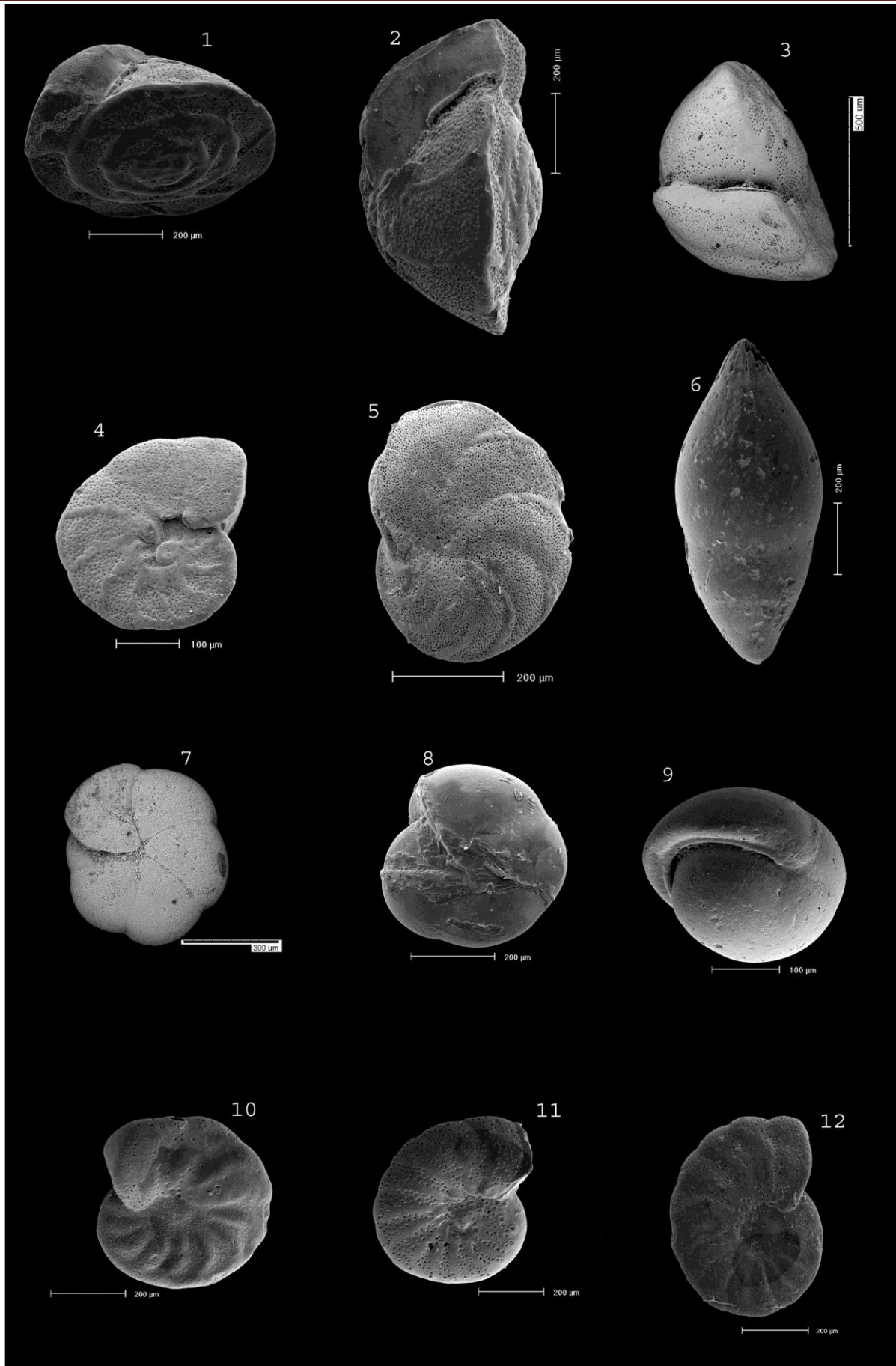


PLANCHE VIII

PLANCHE IX

- 1 - *Pandaglandulina dinapolii* Loeblich et Tappan, 1955
- 2 - *Globulina myristiformis* Williamson, 1858
- 3 - *Pyrgo* sp.
- 4 - *Chilostomella oolina* Schwager, 1878
- 5 - *Cassidulinoides bradyi* (Norman, 1881)
- 6 - *Cassidulinoides aff. bradyi* (Norman, 1881)
- 7, 8, 9 - *Siphonina reticulata* Czjzek, 1848
- 10 - *Planorbulina mediterranensis* D'Orbigny, 1826
- 11 - *Spirosigmoilina tenuis* (Czjzek, 1848)
- 12 - *Sigmoilopsis schlumbergeri* (Silvestri, 1904)

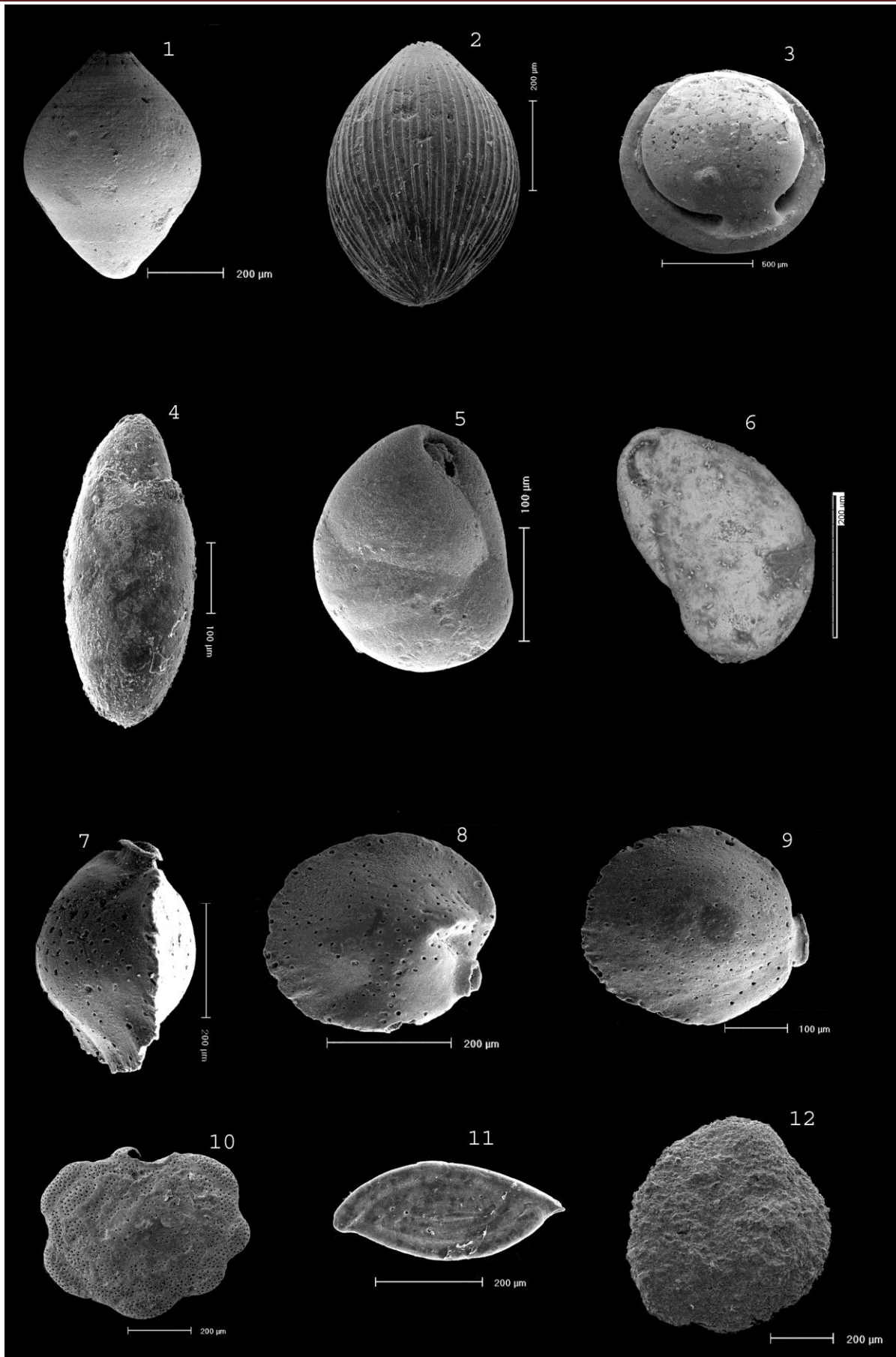


PLANCHE IX

PLANCHE X

1, 2, - *Hansenisca soldanii* (D'Orbigny, 1826)

3 - *Gyroidina altiformis* Stewart & Stewart, 1930

4 - *Gyroidina* sp.

5 - *Gyroidina umbonatus* (Silvestri, 1898)

6, 9 - *Gyroidina laevigatus* (D'Orbigny, 1826)

7, 8 - *Gyroidina neosoldanii* Brotzen, 1936

10, 13 - *Oridorsalis umbonatus* (Reuss, 1851)

11, 14 - *Oridorsalis umbonatus* (Reuss) var. *stellatus* (Silvestri, 1898)

12 - *Planulina ariminensis* D'Orbigny, 1826

15 - *Laticarinina pauperata* (Parker et Jones), 1855

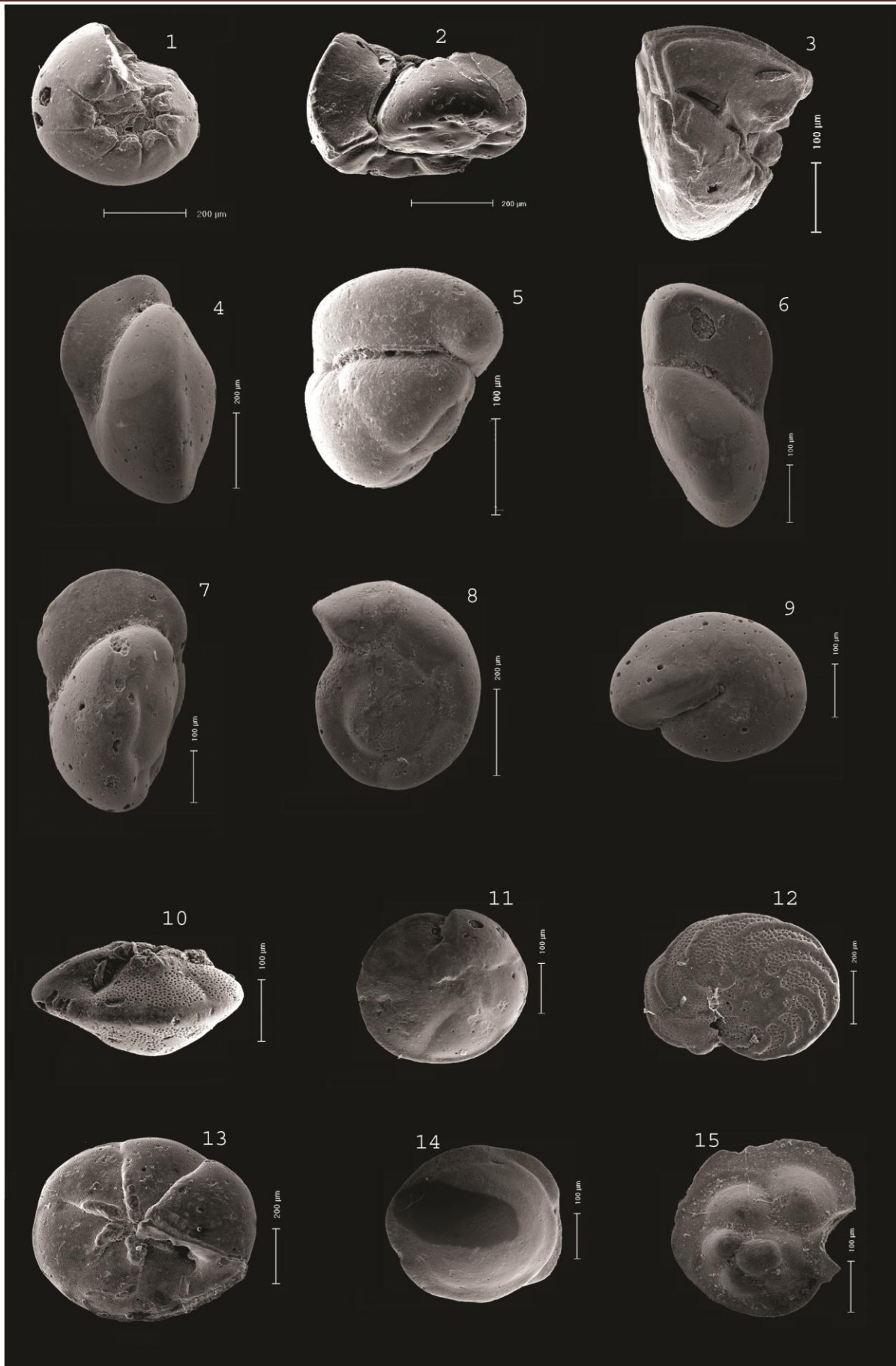


PLANCHE X

PLANCHE XI

- 1 - *Lenticulina peregrina* (Schwager), 1866
- 2, 6, 7 - *Lenticulina echinata* (D'Orbigny), 1846
- 3 - *Lenticulina rotulata* (Lamarck), 1804
- 4 - *Lenticulina sp.1*
- 5 - *Lenticulina calcar* (Linnaeus), 1758
- 8 - *Lenticulina ariminensis* (D'Orbigny), 1846
- 9 - *Lenticulina sp.2*
- 10 - *Lenticulina sp.3*
- 14 - *Lenticulina convergens* (Bornemann), 1855
- Lenticulina crassa* (D'Orbigny), 1846
- 15, 17 - *Lenticulina cultrata* (De Montfort), 1808
- Lenticulina curvisepta* (Seguenza), 1880
- 11 - *Lenticulina dilecta* (Seguenza), 1880
- 12 - *Lenticulina aff. calcar* (Linnaeus), 1758
- 16 - *Lenticulina aff. gibba* (D'Orbigny), 1839
- 13 - *Lenticulina aff. inornata* (D'Orbigny), 1846
- 18 - *Lenticulina aff. echinata* (D'Orbigny), 1846
- 19 - *Lenticulina gibba* (D'Orbigny), 1839

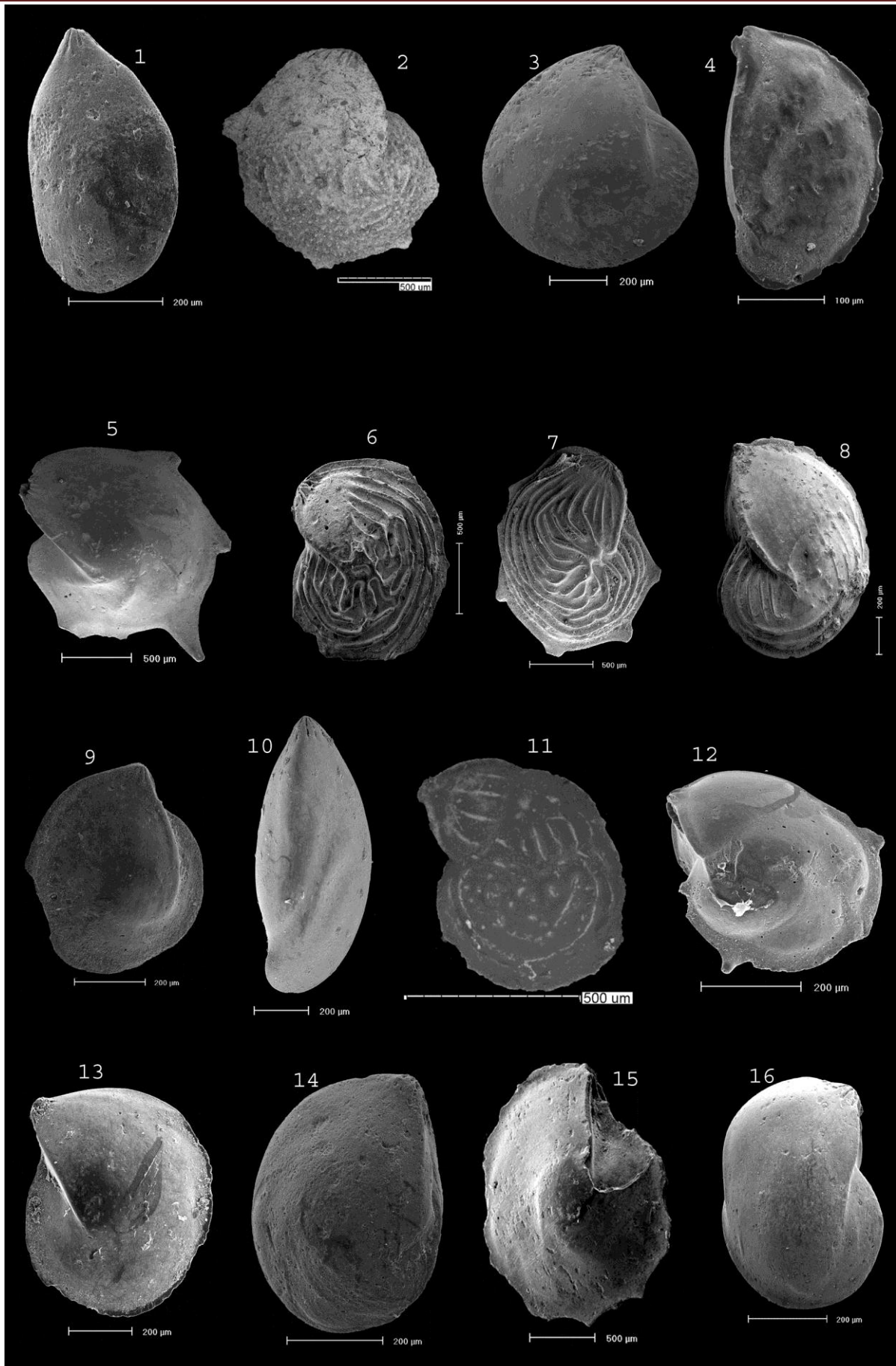


PLANCHE XI

PLANCHE XII

- 1 - *Orthomorphina bassanii* (Fornasini, 1894)
- 2 - *Orthomorphina tenuicostata* (Costa, 1853)
- 3, 4 - *Amphicoryna scalaris* (Batsch, 1791)
- 5, 6 - *Stilostomella hispida* (d'Orbigny, 1846)
- 7 - *Amphicoryna hirsuta* var. *sublineata* (Brady, 1884)
- 8 - *Stilostomella adolphina* D'Orbigny, 1846
- 9 - *Stilostomella* aff. *fistuca* (Schwager, 1866)
- 10 - *Marginulina tuberculata* Cushman et Bermudez, 1826.
- 11 - *Marginulina* aff. *semituberculata* (Karrer, 1867)
- 12 - *Marginulina costata* (Batsch, 1791)
- 13 - *Marginulina hirsuta* d'Orbigny, 1826
- 14 - *Amphicoryna proxima* (Silvestri, 1872)
- 15 - *Vaginulina* sp.
- 16 - *Vaginulina legumen* (Linnaeus, 1758)
- 17 - *Marginulina glabra* Terquem, 1866
- 18 - *Vaginulina elegans* d'Orbigny, 1826

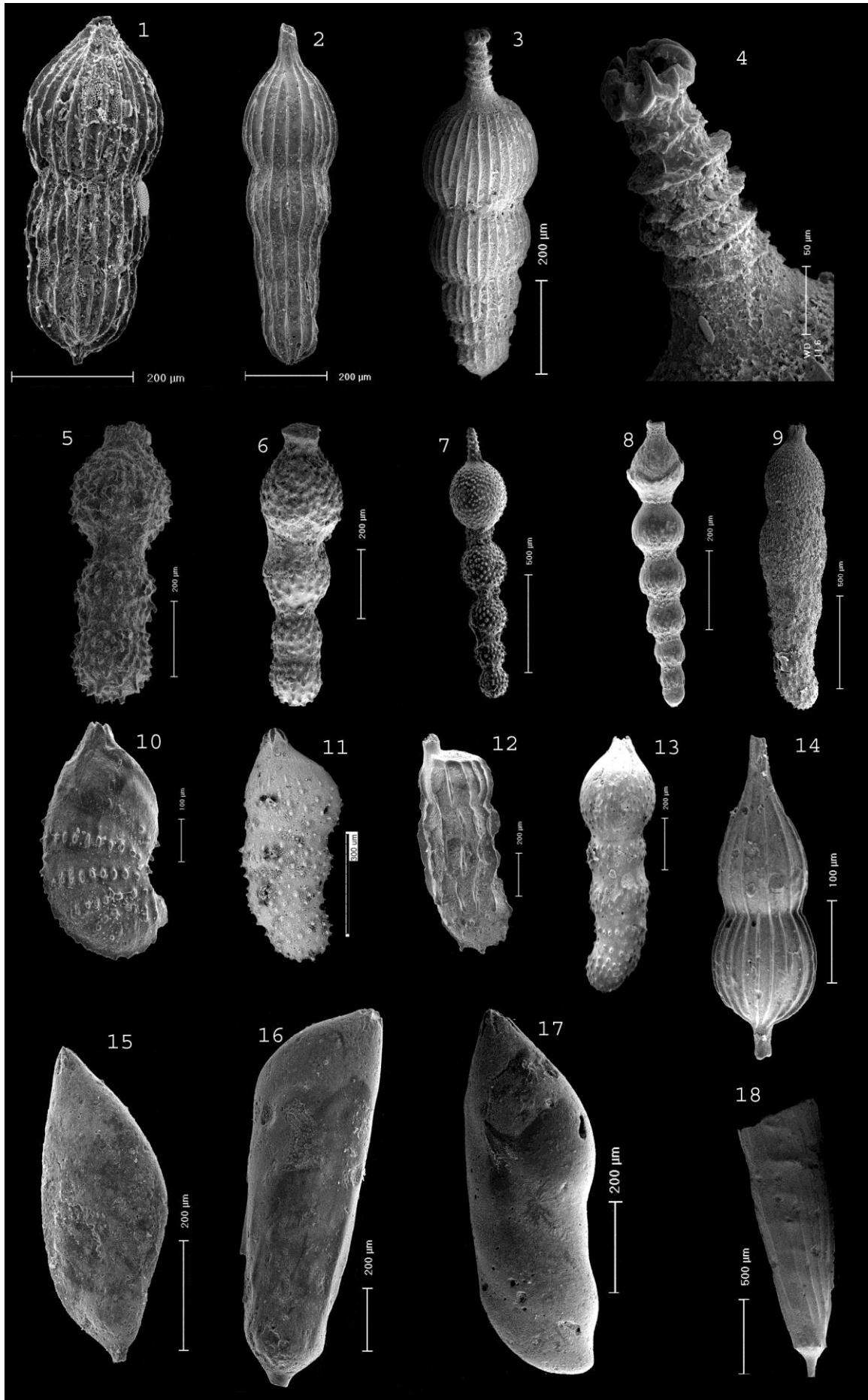


PLANCHE XIII

- 1 - *Nonion* sp.
- 2, 3 - *Nonion commune* (D'Orbigny, 1826)
- 4 - *Astacolus crepidulus* (Fichtel et Moll, 1803)
- 5 - *Cancris auriculus* Fichtel et Moll, 1798
- 6 - *Cancris oblongus* (Williamson, 1858)
- 7, 8 - *Sphaeroidina bulloides* D'Orbigny, 1826
- 9 - *Fissurina orbignyana* Seguenza, 1862
- 10 - *Marginulina subbullata* Hantken, 1875
- 11, 12 - *Burseolina calabra* Seguenza, 1880

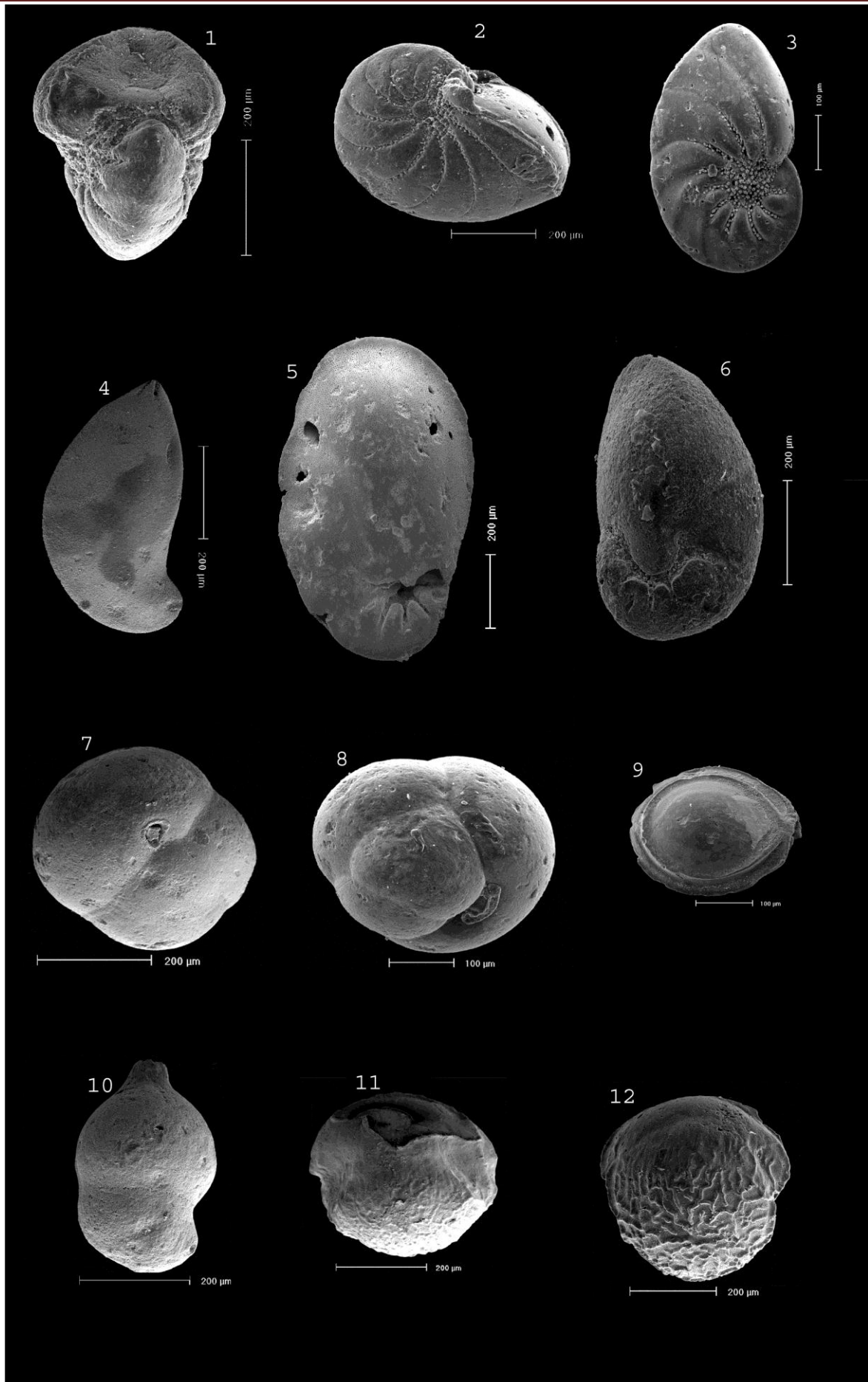


PLANCHE XIV

- 1, 2 - *Melonis barleeanus* (Williamson), 1858
- 3, 4 - *Melonis affinis* (Reuss), 1851
- 5, 6 - *Melonis pompilioides* (Fichtel et Moll, 1798)
- 7 - *Vaginulina elegans* (Linné, 1758)
- 8 - *Marginulna costata* (Batsch, 1791)
- 9, 10 - *Marginulina filicostata* Fornasini, 1891
- 11 - *Vaginulina striatissima* Schrodt, 1891

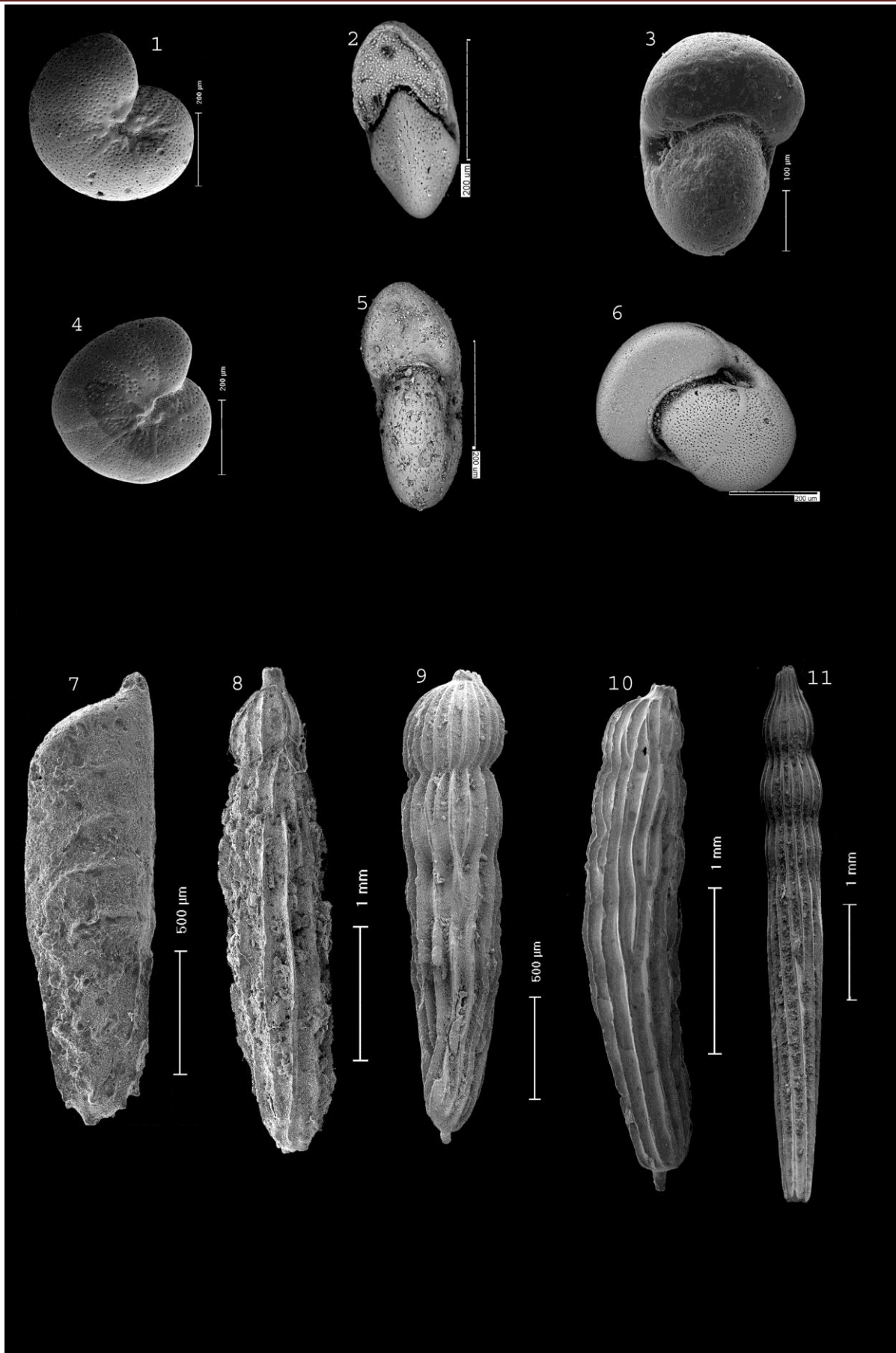


PLANCHE XIV

PLANCHE XV

- 1, 2 – *Cassidulina laevigata* D'Orbigny (vue spirale)
- 2 – *Cassidulina laevigata* D'Orbigny (vue ombilicale)
- 3 – *Cassidulina aff. laevigata* D'Orbigny (vue ombilicale)
- 4, 5 – *Planularia auris* Defrance, 1824
- 6 – *Globocassidulina oblonga* (Reuss), 1850
- 7 – *Globocassidulina subglobosa* (Brady)
- 8 – *Pleurostomella alternans* Schwager, 1866
- 9 – *Fursenkoina schreibersiana* (Czjzek, 1848)
- 10 – *Globogerina bulloides* d'Orbigny, 1826
- 11 – *Orblina universa* d'Orbigny, 1839

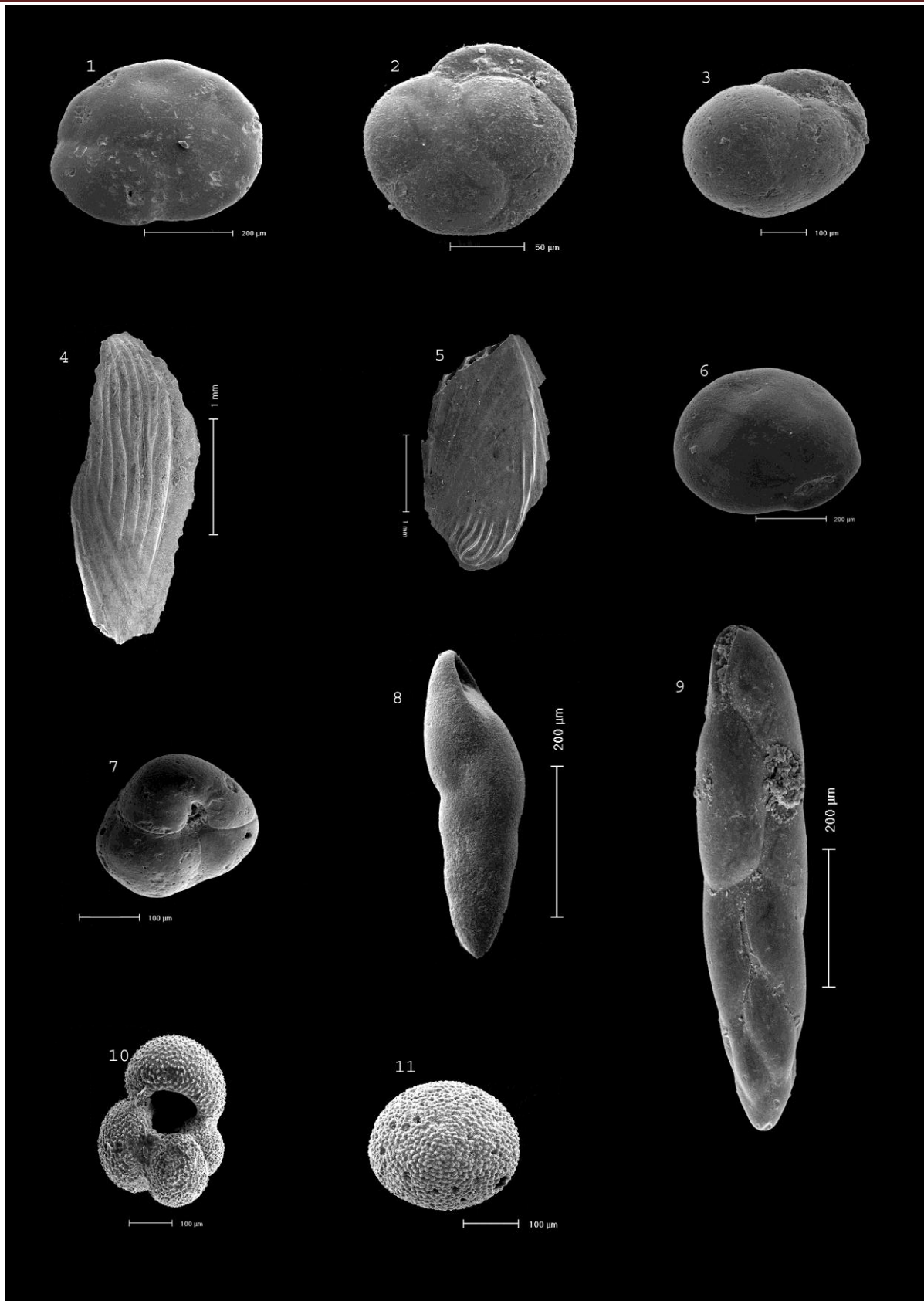


PLANCHE XV

PLANCHE XVI

- 1 - *Vaginulinopsis hauerina* (D'Orbigny, 1826)
- 2 - *Dentalina* sp.1
- 3 - *Chrysalogonium* sp.
- 4 - *Siphotextularia* aff. *flintii* (Cushman, 1911)
- 5 - *Ramulina globulifera* Brady, 1879
- 6 - *Dimorphina tuberosa* d'Orbigny, emend. Selli, 1947
- 7 - *Vaginulinopsis carinata* Silvestri, 1904
- 8 - *Nodosaria raphanistrum* (Linnaeus, 1758)
- 9 - *Nodosaria raphanus* (Linnaeus, 1758)



PLANCHE XVI

TABLEAU DE COMPTAGE DE OUED DERDOUSSA

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques

TABLEAU DE COMPTAGE DE DJEBEL MENI

La Limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du Bas Chélif. Précisions biostatigraphiques et évolution verticale des assemblages de foraminifères benthiques
