

N° d'ordre :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURS ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'ORAN

FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE, DE GEOGRAPHIE ET DE  
L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du  
**Grade de magister**

Option

**Ensembles Sédimentaires-Micropaléontologie**

**Etude statistique des peuplements de foraminifères  
liasiques des Monts des ksour.**

Par

Khaldia ZIOUIT

Soutenu le : .../.../2012 devant les membres du jury :

Mme A. SEBANE, Maître de Conférences, Université d'Oran	Président
Mr. A. SEBANE, Maître de Conférences, Université d'Oran	Rapporteur
Mr. M BENHAMOU, Maître de Conférences, Université d'Oran	Examineur
Mr. B. KHAROUBI, Maître de Conférences, Univ. d'USTO d'Oran	Examineur

Oran, 2012

## SOMMAIRE

Avant-propos	4
Résumé	5
<b>Chapitre I : GENERALITE</b>	
I. INTRODUCTION	7
1. Problématique	7
2. Cadre géographique	7
2.1 Cadre géographique général	7
2.2 Cadre géographique local	8
2.2.1 <i>Le secteur d'Ain Ben Khelil</i>	8
2.2.2 <i>Le secteur de Mékalis</i>	8
2.2.3 <i>Le secteur d'Ain Ouarka</i>	8
3. Cadre géologique	9
3.1 Cadre géologique général	9
3.2 Cadre géologique local	9
3.2.1 <i>Le secteur d'Ain Ben Khelil</i>	11
3.2.2 <i>Le secteur de Mékalis</i>	11
3.2.3 <i>Le secteur d'Ain Ouarka</i>	11
4. Cadre structural et géodynamique	11
4.1 Evolution structurale	11
4.2 Evolution géodynamique et sédimentation	12
II. MATERIEL ET METHODE D'ETUDE	14
1. Méthode d'étude	14
2. Cadre biostratigraphique	14
III. COUPES ETUDIEES	15
1. Description lithostratigraphiques et paléomilieus des coupes	15
1.1 La coupe du Djebel Chemarikh	15
1.1.1 <i>Dolomie du Chemarikh (8m)</i>	15
1.1.2 <i>Les Alternances d'Ain Ouarka (104m)</i>	15
1.1.3 <i>La formation d'Ain Rezala (68m)</i>	15
1.1.4 <i>Formation des brèches de Raknet El Kahla (20m)</i>	15
1.2 La coupe du Djebel Melah	17
1.2.1 <i>Dolomie de Souiga</i>	17
1.2.2 <i>Les alternances d'Aouinet Es-Siah (36m)</i>	17
1.2.3 <i>Les marno-calcaires d'Ain Beïda (75m)</i>	17
1.2.4 <i>La formation de Mélah (plus de 32m)</i>	17
1.3 La coupe du Djebel Réha	19
1.3.1 <i>La formation des alternances de Gaaloul</i>	19
1.3.2 <i>La formation des marno-calcaires du Réha</i>	19
1.3.3 <i>La dolomie de l'Antar</i>	19
2. Aperçu paléontologique	19
2.1 Macrofaune	19
2.2 Microfaune	19
VI. SYNTHESSES BIOSTRATIGRAPHIQUES	
1. Association carixienne (A)	21
2. Association du Domérien- Toarcien inférieur (B)	21

3.	Association du Toarcien (zone Levisoni- Aalensis) (C)	23
4.	Association aalénienne (D)	24
5.	Association bajocienne (E)	24
<b>Chapitre II : EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DES FORAMINIFERES</b>		
I.	INTRODUCTION	26
II.	DEFINITION ET PRESENTATION DES PRINCIPAUX GROUPES DE FORAMINIFERES DANS LES MONTS DES KSOUR	26
III.	DISTRIBUTION QUALITATIVE DES PEUPELEMENTS DE FORAMINIFERES	26
1.	Association de plate-forme interne A	30
2.	Association de plate-forme externe B	30
3.	Association de pente C	30
4.	Association du bassin D	30
	A. L'association de bassin profond D'	30
	B. L'association de bassin confiné (ombilic) D''	30
IV.	DISTRIBUTION QUANTITATIVE DES PEUPELEMENTS DE FORAMINIFERES	30
1.	Evolution spatio-temporelle des foraminifères	32
1.1	Fréquence relative des différentes familles des foraminifères	32
1.1.1	La coupe du Djebel Chemarikh	32
1.1.2	La coupe du Djebel Melah	33
1.1.3	La coupe du Djebel Réha	35
1.2	Fréquence relative des différentes formes de foraminifères	35
1.2.1	La coupe du Djebel Chemarikh	36
1.2.2	La coupe du Djebel Melah	36
1.2.3	La coupe du Djebel Réha	38
1.3	Fréquence relative des foraminifères agglutinants et hyalins	38
1.3.1	La coupe du Djebel Chemarikh	38
1.3.2	La coupe du Djebel Melah	39
1.3.3	La coupe du Djebel Réha	39
2.	Evolution des fréquences relatives moyennes des foraminifères par rapport au gradient proximal- distal	41
2.1	<i>Milieu de plate- forme interne</i>	41
2.2	<i>Milieu de plate forme externe</i>	41
2.4	<i>Milieu de pente</i>	43
2.4	<i>Milieu de bassin</i>	44
	A. <i>milieu de bassin (oxygéné)</i>	44
	B. <i>milieu de bassin confiné (pauvrement oxygéné)</i>	44
V.	CONCLUSION	45

**Chapitre III: ANALYSE STATISTIQUE DES BIOCENOSSES  
DES FORAMINIFERES**

I.	INTRODUCTION	47
II.	RAPPELS METHODOLOGIQUES	47
1.	L'analyse factorielle des correspondances (AFC)	47
2.	Classification hiérarchique (AHA)	47
3.	analyse des correspondances multiples (ACM)	48
III.	PRESENTATION DES DONNEES	48
IV.	APPLICATIONS ET RESULTATS	49
1.	Rapport entre les différentes familles de foraminifères et le milieu de sédimentation.	49
1.1	Traitement séparé des coupes (AFC+AHA)	49
1.1.1	La coupe de Chemarikh	49
1.1.2	La coupe de Mélah	51
1.1.3	La coupe de Réha	53
1.2	Traitement de l'ensemble des coupes	55
1.3	Distribution des groupes de foraminifères le long d'un profil environnemental	57
2.	Le rapport entre les différentes espèces de foraminifères et les niveaux de prélèvements	59
2.1	l'analyse des correspondances multiples ACM	59
2.2	Classification hiérarchique (AHA)	60
3.	Evolution morphologique des foraminifères au cours du temps	62
4.	Comparaison de la composition taxonomique entre les domaines paléobiogéographiques de la Téthys occidentale.	64
V.	CONCLUSION	66

**Chapitre IV : DISTRIBUTION PALEOBIOGEOGRAPHIQUE DES  
FORAMINIFERES**

I.	INTRODUCTION	68
II.	CONSIDERATIONS PALEOBIOGEOGRAPHIQUES SUR LES FORAMINIFERES	69
1.	Distribution paléobiogéographique des foraminifères	69
1.1	Sinémurien - Carixien	69
1.2	Le Domérien	69
1.3	Le Toarcien	69
1.4	L'Aalénien- Bajocien	70
2.	Les voies de migrations des foraminifères benthiques	70
VI.	CONCLUSION	75
	<b>CONCLUSION GENERALE</b>	77
	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	79
	<b>LISTE DES ILLUSTRATIONS</b>	86

## *Avant-propos*

Avant tout, je remercie **le DIEU** le tout puissant qui nous a offert sagesse et santé afin de réaliser ce modeste travail.

Au terme de ces trois années, je souhaite adresser mes sincères remerciements :

A Monsieur A. *SEBANE* qui m'a fait l'honneur d'être mon rapporteur de thèse. Il m'a donné libre accès à sa documentation personnelle et à ses collections de foraminifères. Son expertise dans le domaine micropaléontologique a été déterminante dans les orientations prises dans mon travail. Je tiens à le remercier pour sa grande disponibilité et pour tout le savoir qu'il a pu me transmettre. J'ai pu tirer une partie de son expérience et des nombreuses idées qu'il m'a suggérées, et qui se figurent dans ce mémoire.

A Madame A. *SEBANE* qui m'a fait l'honneur de présider ce jury. Je tiens à lui exprimer ici toute ma gratitude, pour sa disponibilité, sa gentillesse à mon égard, pour ces remarques pertinentes et le temps qu'elle a consacré à examiner mon travail.

A Monsieur M. *BENHAMOU* qui m'a fait l'honneur de bien vouloir juger mon travail. Pour le temps passé à la lecture de mon travail. Ses enseignements à l'Université d'Oran m'ont permis d'élargir mes connaissances géologiques et surtout dans le domaine sédimentologique.

A Monsieur B. *KAROUBI*, qui a accepté de faire partie du jury de cette thèse. Je tiens à le remercier pour le temps passé à la lecture de ma thèse. Je lui exprime toute ma gratitude.

Mes très sincères remerciements vont à Madame *ZAIDI (MABROUK)*, qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail par ses conseils vigilants et éclairés en statistiques, je la remercie vivement.

Je remercie toutes celles et ceux qui de loin ou de près m'a aidé et conseillé.

Enfin, un remerciement particulier à ma famille et mes amis qui m'ont apporté un grand soutien pendant tous ces années.

MERCI A TOUS

## *Résumé*

Le présent travail repose sur l'étude des foraminifères benthiques prélevés dans les niveaux marno-calcaires du Jurassique inférieur et moyen des Monts des Ksour.

L'étude qualitative et quantitative de foraminifères au cours du Lias-Dogger permis de définir cinq associations largement dominés par les Nodosariidés : une au Domérien, trois au Toarcien et une au Bajocien et nous renseigne sur leur répartition spatio-temporelle qui marqué par trois renouvellement importants des taxons se sont produits au Toarcien inférieur (base de la Zone à Levisoni), au Toarcien moyen (dans le passage des zones à Bifrons-Gradata) et au Bajocien inférieur. La microfaune rencontrée dans le Toarcien inférieur est différente de celle habituellement étudiée; ceci est lié à la physiographie particulière en sillon isolé ou ombilic de la région des Monts des Ksour pendant cette époque. Le fond anoxique constitue un environnement défavorable au développement de la vie benthique.

Les études statistiques multivariées des foraminifères, permettant de saisir l'évolution environnementale à l'échelle du bassin des Monts des Ksour et confirme l'existence d'une relation étroite entre la morphologie générale des foraminifères et les variations des milieux paléoécologiques.

La distribution paléobiogéographique des foraminifères est utilisée pour mettre en évidence les diverses voies de communication pouvant exister entre les différents domaines de la Téthys occidentale.

L'association de toutes ces études ont permis la reconstitution à la fois spatiale et temporelle des environnements de dépôts.

**Mots-clés :** Monts des Ksour, foraminifères benthiques, Nodosariidés, Lias-Dogger, Toarcien, sillon isolé, le fond anoxique, les études statistiques multivariées, paléogéographique, Téthys occidentale.

## *Summary*

This work rests on the study of benthic Foraminifera taken in the levels marno-limestones of the Jurassic early and means of the Mounts of Ksour.

The qualitative and quantitative study of Foraminifera during the Lias-Dogger allowed to define five associations largely dominated by Nodosariidés: one with Domérien, three in Toarcien and one in Bajocien and informs us about their space-time distribution which marked by three renewal significant of tax occurred in lower Toarcien (bases zone with Levisoni), in average Toarcien (in the passage of the zones with Bifrons-Gradata) and in lower Bajocien. The microfaune met in lower Toarcien is different from that usually studied ; this is related to the particular physiography in furrow isolated or umbilical point from the area of the Mounts of Ksour during this time. The bottom anoxic constitutes an unfavourable environment with the development of the benthic life.

The multivariate statistical studies of Foraminifera, making it possible to seize the environmental evolution on the scale of the basin of the Mount of Ksour and confirms the existence of a close connection between the general morphology of Foraminifera and the paleoecologic variations of the mediums.

The paleogeographic distribution of Foraminifera is used to highlight the various transportation routes being able to exist between different the fields from Téthys Western.

The association of all these studies allowed the at the same time space and temporal reconstitution environments of deposits.

**Key words :** Mounts of Ksour, Foraminifera benthic, Nodosariidés, Lias-Dogger, Toarcien, insulated furrow, bottom anoxic, multivariate statistical studies, the paleogeographic, Téthys Western.

# **CHAPITRE I : GENERALITE**

## **I- INTRODUCTION**

### **5. Problématique**

Par sa richesse, sa diversité en faune d'ammonites, en microfaune de foraminifères et sa position paléogéographique, la région des Monts des Ksour revêt un intérêt important aux études géologiques (stratigraphie et dynamique du bassin). De plus, les affleurements du Lias-Dogger dans cette région sont facilement accessibles. Cette région a fait l'objet de plusieurs travaux stratigraphique, géodynamique et sédimentologique (Bassoullet, 1973 ; Kazi-Tani, 1986 ; Aït Ouali, 1991 ; Mekahli, 1998 et Sebane 2007). Plus récemment, Sebane (2007) à partir d'une analyse des associations de foraminifères, apporte de nouvelles informations complémentaires aux connaissances antérieures.

Le présent travail est consacré à l'étude de ces associations de foraminifères du Lias-base du Dogger prélevées par Sebane (2007) dans les sédiments calcaires et marneux dans les Monts des Ksour. Les prélèvements étudiés proviennent à partir de trois coupes levées dans les trois secteurs des Monts des Ksour.

Tout d'abord ce travail vise à suivre l'évolution spatio-temporelle des foraminifères dans les Monts des Ksour grâce à une étude qualitative et quantitative. Une analyse des variations des fréquences relatives des foraminifères benthiques est entreprise en vue de définir des assemblages.

Sur la base de données micropaléontologiques et de simulations statistiques, cette étude visera également à mettre en évidence les relations qui existent entre la distribution des biocénoses de foraminifères et les paramètres environnementaux.

Enfin ce travail proposera une reconstitution paléobiogéographique des foraminifères dans les Monts des Ksour et les régions voisines. Ces reconstitutions permettront de mieux connaître l'évolution et la distribution des foraminifères dans le domaine téthysien au cours du Lias et la base du Dogger.

### **6. Cadre géographique (fig. 1)**

#### **2.1 Cadre géographique général**

Les Monts des Ksour occupent la partie la plus méridionale du domaine externe, de l'avant pays de la chaîne tello-rifaine. Ils font partie du domaine atlasique maghrébin qui jouxte la bordure septentrionale de la plate-forme saharienne. La région étudiée, les Monts des Ksour constitue le segment occidental de l'Atlas saharien. Ce dernier, orienté NE-SW, s'étend sur plus de 1000 kilomètres depuis la terminaison orientale du Haut-Atlas marocain jusqu'aux Aurès. Il s'intercale entre deux domaines stables, le domaine des Hautes Plaines oranaises au Nord qui correspond à un ensemble peu ou pas déformé par les événements compressifs du Tertiaire (Frizon de Lamotte *et al.*, 2000) et celui de la plate-forme saharienne au Sud.



## 2.2 Cadre géographique local (fig. 1)

Les secteurs étudiés sont répartis du Nord au Sud comme suit:

1-le secteur d'Ain Ben Khelil : s'allonge sur 70km sur la bordure NW de l'Atlas Saharien depuis le Djebel Antar de Mécheria au Nord-Est jusqu'à la région de Forthassa Rharbia au Sud-Ouest. Ce secteur se situe sur la transition avec les Hautes Plaines oranaises. La coupe est localisée au NW de la région d'Aïn Ouarka et orientée SW-NE. Les coordonnées Lambert sont :  $x=147,1$  ;  $y=279$  à  $x'=184,6$   $y'=241,4$  ; feuille du Djebel El Arar n°12 au 100.000 ème.

2-le secteur de Mékalis : correspond à l'alignement montagneux des Djebels Souiga et Mélah. Il s'étend sur 50 km et comporte des hauts fonds qui s'enfoncent différenciellement à partir du Domérien. Ce secteur est séparé du premier par une vaste étendue couverte de sédiments plio-quadernaires. La coupe étudiée est localisée dans le secteur d'Aïn Beïda, à 8km à vol d'oiseau au NE de la localité du Mcif. Les coordonnées Lambert sont :  $x=232,3$ ,  $y=289,2$  à  $x'=232$ ,  $y'=289$  ; feuille de Mékalis au 100.000 ème.

3-le secteur d'Ain Ouarka : est situé à 60 km au SE de la ville d'Ain Sefra, sur la bordure SW du périmètre. Il est représenté par l'une des structures les plus importantes de Monts des Ksour. Il s'agit de l'anticlinal de Bou-Lerhfad. Cette structure orientée SW-NE est affectée au Nord par une grande faille transversale (E-W). La coupe étudiée est située à 3 km au SW du village d'Aïn Ouarka. Elle a été levée sur le flanc occidental de l'anticlinal du Chemarikh (Bassoulet, 1973 ; Aït Ouali, 1991 ; Mekahli, 1998 et Sebane, 2007). Elle a pour coordonnées Lambert :  $x=231,10$ ,  $y=237$   $x'=230$ ,  $y'=237,8$ .

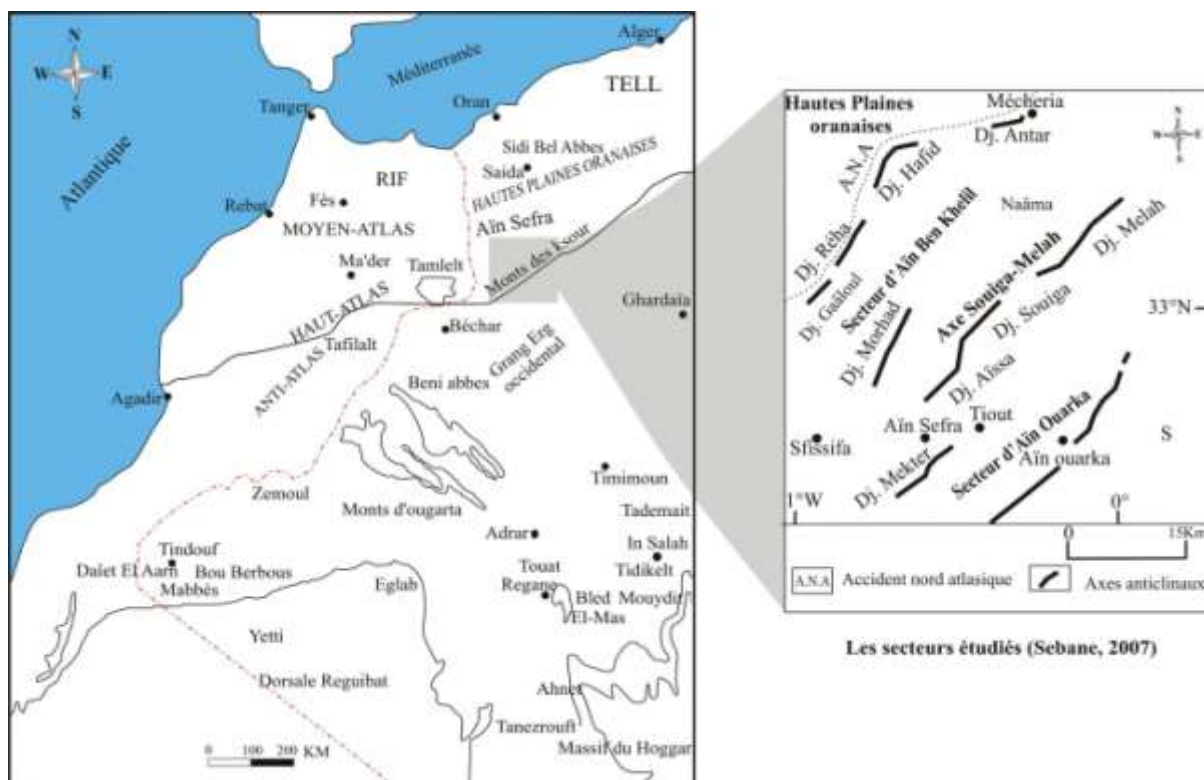


Fig. 1 : Localisation géographique des Monts des Ksour et des secteurs étudiés.

## 7. Cadre géologique

### 3.1 Cadre géologique général (fig. 2)

L'Atlas saharien correspond à une chaîne intracratonique plissée, affectée par une tectonique superposée (Douïhasni, 1976), caractérisée par des plis coiffés de styles « jurassien » qui s'alignent en « chenilles processionnaires » (Flamand, 1911). La structure générale montre trois faisceaux de plis (Ritter, 1902) :

- Monts des Ksour (Atlas saharien occidental, région d'Aïn Séfra).
- Djebel Amour (Atlas saharien central, la région d'El Bayadh).
- Monts des Ouled Naïl (Atlas saharien oriental, région de l'Aghouat).

Les travaux récents, réalisés par Kazi-Tani (1986), introduisent une nouvelle subdivision ; l'une longitudinale NE-SW et l'autre transversale. Dans la première subdivision longitudinale, il distingue deux zones :

- une zone préatlasique formée de chaînons bordiers (Antar-Guettaï, les Monts de Nador de Tiaret et les Monts de Chellala).
- une zone atlasique en position plus méridionale (alignement des Djebels Aïssa-Souïga- Mélah, région d'Aïn Sefra).

Dans la deuxième subdivision transversale, il donne deux compartiments, l'un méridional (SW) où dominent les affleurements jurassiques et l'autre septentrional (NE) à terrains crétacés.

Sur le plan stratigraphique la série des Monts des Ksour peut se résumer comme suit (fig. 3) (Bassoullet, 1973 ; Delfaud, 1973 ; Kazi-Tani, 1986 ; Delfaud *et al.*, 1987 ; Aït Ouali, 1991):

- Le Trias n'affleure qu'à la faveur des diapirs.
- un Lias carbonaté puis marneux de 400m en moyenne à l'affleurement.
- un Jurassique moyen et supérieur dominé par l'installation progressive du complexe deltaïque des Ksour (Delfaud, 1974).
- des épisodes carbonatés, à tendance récifale ou oolithique, situées respectivement au Bajocien supérieur, au passage Oxfordien-Kimméridgien, et au Portlandien supérieur-Berriasien.
- Le Crétacé inférieur correspond à environ 600m de grès grossiers fluviatiles.
- Le Crétacé supérieur est représenté par 300 à 500m de marnes plus au moins gypseuses et calcaires cénomano-turonien.
- Les dépôts post-Turonien (Sénonien à Quaternaire) sont mal datés et représentés par des séries continentales conglomératiques (molasses) localisées sur les flancs des structures et en bordure sud-atlasique où elles peuvent atteindre 500 à 1000m.

### 3-2 Cadre géologique local

Une coupe transversale subméridienne au travers du sillon de l'Atlas saharien occidental permet de reconnaître quatre principaux secteurs dont trois seulement sont étudiés (Sebane, 2007). Ils ont tous subi des changements environnementaux progressifs depuis l'Hettangien jusqu'au Bajocien supérieur.

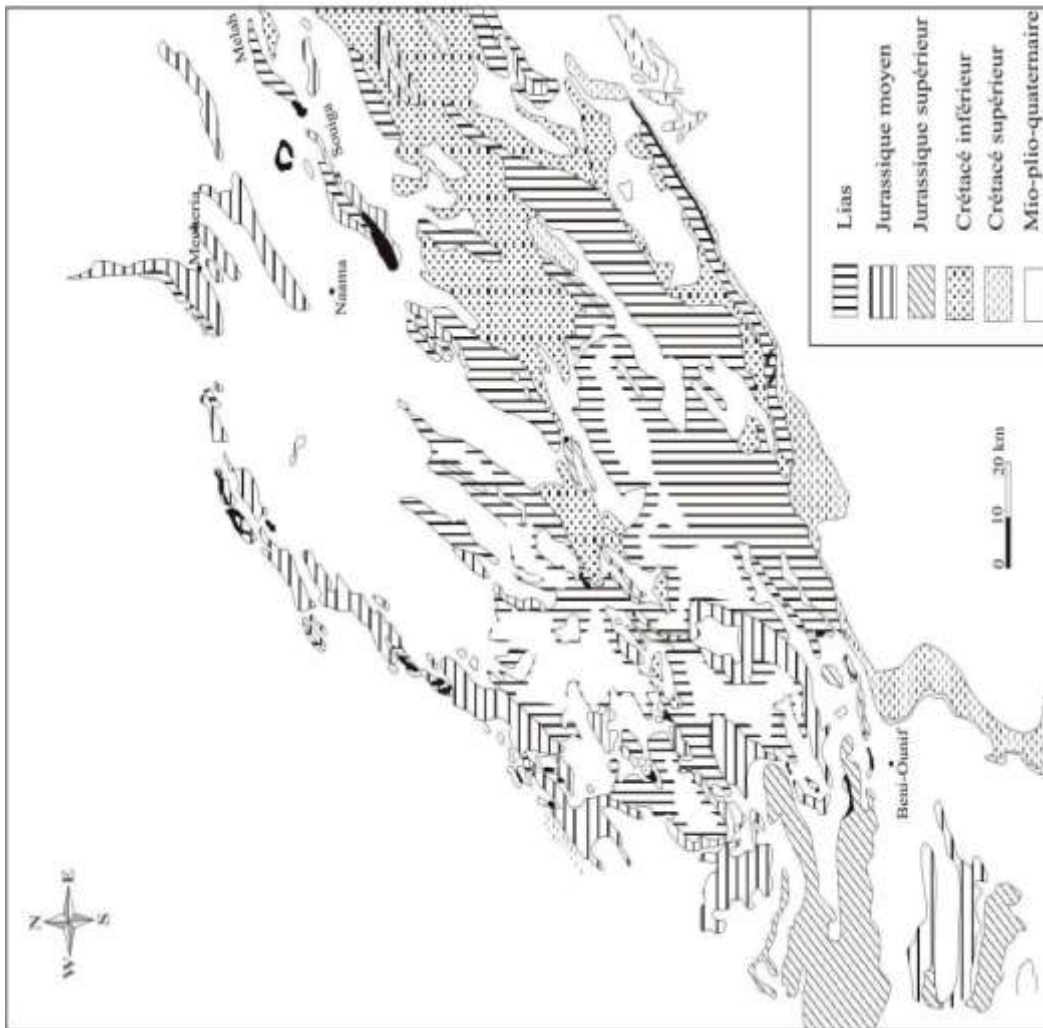


Fig. 2 : Carte géologique de l'Atlas Saharien occidental (Aït Ouali, 1991)

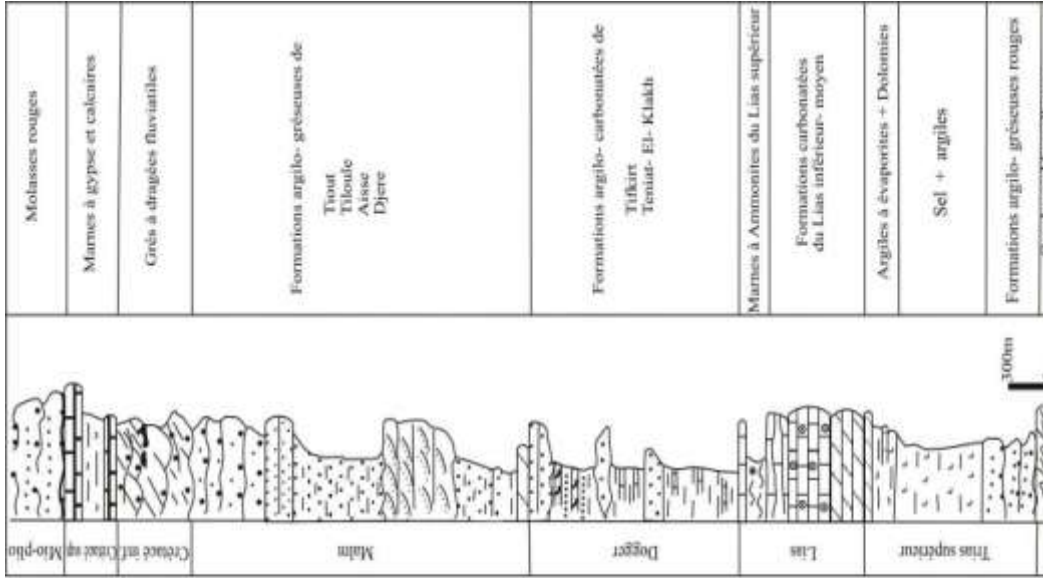


Fig. 3 : La série méso-cénozoïque de l'Atlas Saharien occidental (Aït Ouali, 1991)

1-le secteur d'Aïn Ben Khelil: La série stratigraphique (Lias-Dogger) montre des changements de faciès occasionnés par la mobilité du cadre physiographique. Deux sédimentations distinctes sont observées. La première, inféodée à l'aire septentrionale contiguë aux domaines des Hautes Plaines, est caractérisée par des faciès de sebkhas. La deuxième sédimentation est localisée dans la partie méridionale et son développement est contrôlé par les contraintes imposées par la complexité des événements liasiques.

2-le secteur de Mékalis : correspond à l'alignement montagneux des Djebels Souiga et Mélah. Le Djebel Souiga se présente sous la forme d'un relief étroit, faillé et déversé vers le NW. Le Mélah dessine un pli en éventail avec des flancs déversés. Sa partie centrale est occupée par du Trias argileux, le plus souvent intrusif, en contact anormal avec l'Infralias (Bassoullet, 1973). La succession lithostratigraphique permet de mettre en évidence une évolution allant d'un milieu de plate-forme proximal à un milieu ouvert en transitant par une rupture de pente marquée par des faciès « amminitico-rosso ».

3-le secteur d'Aïn Ouarka : est représenté par l'une des structures les plus importantes de Monts de Ksour. Il s'agit de l'anticlinal de Bou-Lerhfad. Cette structure orientée SW-NE est affectée au Nord par une grande faille transversale (E-W) qui fait remonter les argiles salifères du Trias (diapir d'Aïn Ouarka). Elle est occupée, dans sa partie centrale, par une masse de calcaires dolomitiques formant l'ossature du Djebel Chemarikh. Ce secteur appartient à la zone la plus subsidente des Ksour ; il est caractérisé par des épaisseurs considérables qui dépendent largement de la dynamique en pull apart (Kazi-Tani, 1986 ; Aït Ouali, 1991 ; Elmi, 1996 ; Elmi *et al.*, 1998).

## **8. Cadre structural et géodynamique**

### **4.1 Evolution structurale**

Les études structurales réalisées dans les Monts de Ksour (Douïhasni, 1976 ; Elmi, 1978, 1996 ; Aït Ouali, 1991 ; Aït Ouali *et al.*, 1995 ; piqué *et al.*, 2002 ; Yelles-Chaouche *et al.*, 2001) ont permis de mettre en évidence un stade de rifting qui a été engendré par la conjugaison de mouvements distensifs et trantensifs (Aït Ouali, 1991) pendant la période triasico-liasique. Cette ouverture en pull apart qui est contemporaine de la naissance de l'Atlantique et de la Téthys est contrôlée par des failles normales de direction N75 (Aït Ouali, 1991 ; Frizon de Lamotte *et al.*, 2000) associées à des accidents obliques (N110-N20) qui auraient joué en décrochement (Aït Ouali, 1991).

La région est marquée par l'existence de deux accidents importants d'extension différente (fig. 4) :

- Le plus important est l'accident « Sud-atlasique » ou « Flexure Nord-saharienne » d'orientation générale ENE-WSW qui sépare le domaine alpin du domaine saharien (Laffite, 1939) et qui s'étend depuis Agadir (Maroc) jusqu'à Gabès (Tunisie).
- L'accident « Nord-atlasique » connu également sous le nom de « l'accident Sud-mésétien » (Kazi-Tani, 1986), correspond à une zone accidentée qui présente localement une nette séparation entre le style atlasique et celui du domaine des Hautes Plaines oranaises (zone stable).

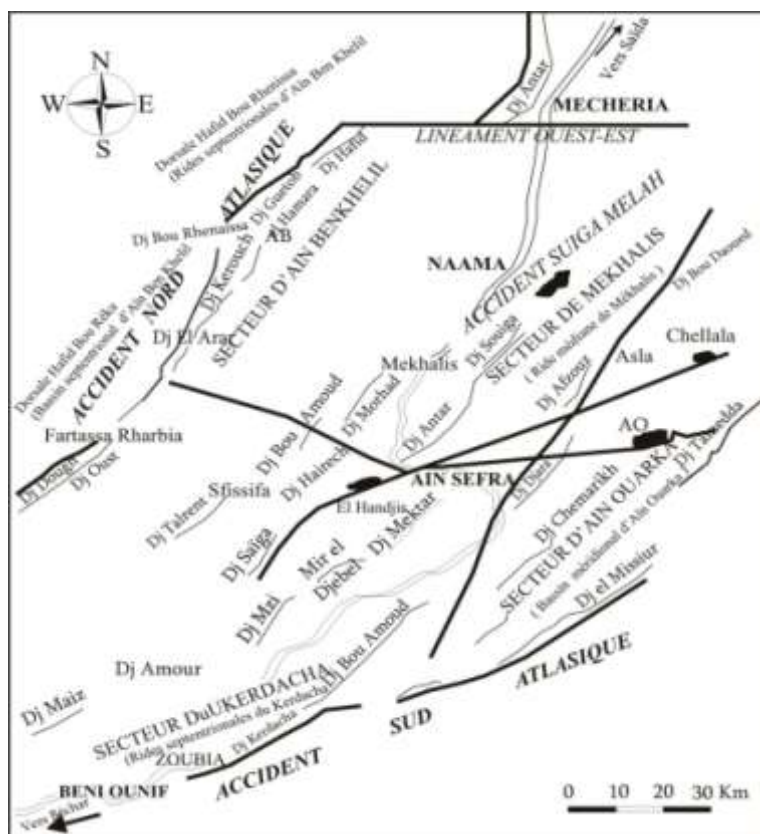


Fig. 4 : Les grandes coupures tectoniques des Monts des Ksour (Mekahli, 1998).  
 AO : Aïn Ouarka et AB : Aïn Ben Khelil. ● : Affleurements triasiques.

#### 4.2 Evolution géodynamique et sédimentation

L'évolution tectono-sédimentaire jurassique (fig.5), dans les Monts des Ksour, s'est déroulée en plusieurs étapes :

La région, nettement différente du calme relatif des périodes antérieures, subit progressivement les effets de la tectonique distensive qui ont eu lieu à la fin du Trias ou au début de l'Hettangien. La subsidence s'amorce en maintenant un retour vers des conditions marginales.

Un réajustement tectonique se manifeste à la limite Hettangien-Sinemurien supérieur. Elle s'exprime par un jeu de blocs basculés qui engendre l'ouverture d'un étroit sillon pélagique dans les axes les plus subsidents de la région des Ksour (secteur de Aïn Ouarka).

Une phase domérienne se poursuit et déclenche une grande distension qui affecte l'ensemble de la plate-forme carbonatée initiale. Il en résulte une dislocation de cette dernière avec une extension du régime marin et l'individualisation de l'axe Souiga-Mélah.

Le Toarcien est caractérisé par l'apparition, de dépôts de bassin perturbés par la résédimentation de dépôts de haute énergie (Djebel er Réha).

Pendant l'Aalénien, les brèches synsédimentaires deviennent plus nombreuses. On a l'arrivée des premiers apports gréseux (secteur de Aïn Ouarka et Mékalis), alors que dans le secteur de Aïn Ben Khelil s'effectue un retour aux conditions initiales de plate-forme.

Un nouveau réajustement tectonique s’amorce au début du Bajocien supérieur et les apports détritiques terrigènes apparaissent dans tous les secteurs avec de temps à l’autre des périodes d’approfondissement. A partir de cette époque, le sillon atlasique commence à se combler, ce qui annonce sa fermeture.

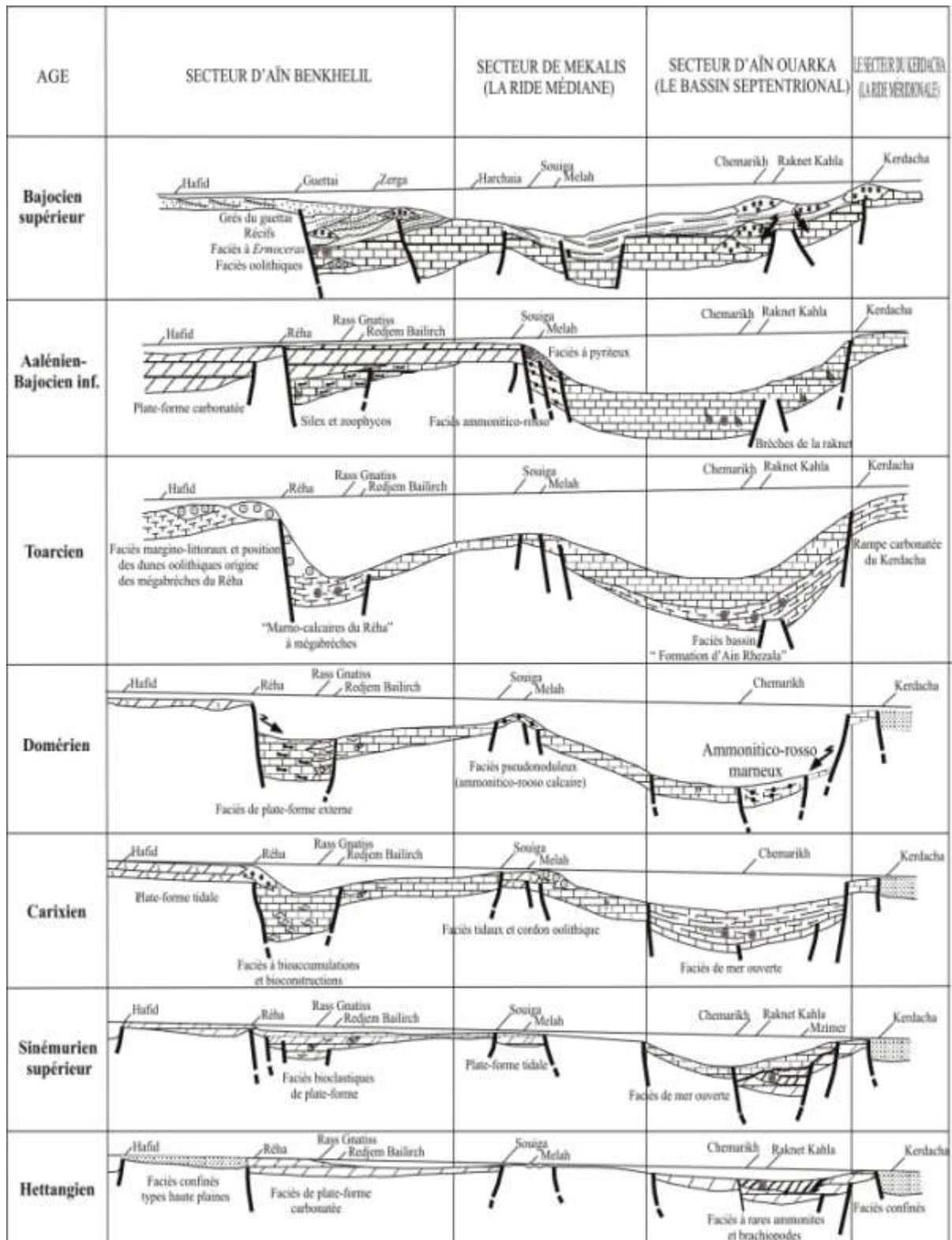


Fig. 5 : Evolution tectono-sédimentaire des Monts des ksour (Mekahli, 1998).

## II- MATERIEL ET METHODE D'ETUDE

### 3. Méthode d'étude

Pour apprécier le cadre paléoenvironnemental des Monts des ksour des méthodes statistiques multivariées ont été adoptées reposant sur l'étude des foraminifères récoltés par Sebane (2007). L'étude réalisée repose sur l'analyse des foraminifères d'un point de vue quantitatif et qualitatif.

L'étude quantitative repose sur un comptage des foraminifères selon des paramètres taxonomiques et morphologiques différents. Ces foraminifères sont classés selon des variables. Trois types d'analyses statistiques ont été effectués sur les données : une étude hiérarchique ascendante (AHA), une analyse factorielle des correspondances (AFC) et une analyse des correspondances multiples.

### 4. Cadre biostratigraphique

L'échelle biostratigraphique (fig. 6) adoptée dans ce travail est celle établie par le Groupe français d'Etude du Jurassique (1994) pour la province méditerranéenne. Les travaux effectués par Elmi *et al.* (1974), Elmi *et al.* (1994).

Etages	Sous-étages	Zones	Sous-zones	
Bajocien	Supérieur	Parkinsoni		
		Garantiana		
		Niortense		
	Inférieur	Humphriesianum	Sauzei	
		Propinquans (sauzei)		
		Laeviuscula		
		Discites		
Aalénien	Supérieur	Concavum	Formosum Concavum	
	Moyen	Bradfordensis		
		Murchisonae	Murchisonae Haugi	
	Inférieur	Opalinum	Opalinum	Opalinum Lugdunensis
				Flamandi Maetra
	Turonien	Supérieur	Aelensis	Reynesi Speciosum Fallaciosum
Meneghini			Mediterraneum	
Speciosum			Alticarinata Gemme	
Bonarellii			Bifrons Sublevisoni Falciferum	
Moyen		Gradata	Levisoni Semiclatum	
		Bifrons	Mirabile	
Inférieur		Levisoni	Elisa Solare	
		Polymorphum		
Domérien		Supérieur	Emaciatum	
		Moyen	Algovianum	
		Inférieur	Celebratum	
Carixien		Supérieur	Davoei	
	Moyen	Ibex (Demonense)		
	Inférieur	Jamesoni		
Sinémurien	Supérieur- lotharingien	Raricostatum		
		Oxynotum		
		Obtusum		
	Inférieur	Turneri		
		Semicostatum		
		Bucklandi		
Hettangien		Angulata		
		Lianicus		
		Planorbis		

Fig. 6 : Cadre biostratigraphique adopté pour les Monts des Ksour (Elmi *et al.*, 1994).

### III- COUPES ETUDIÉES

#### 1- Description lithostratigraphiques et paléomilieus des coupes

Les associations de foraminifères benthiques récoltés par Sebane (2007) et étudiées dans ce travail proviennent de trois coupes situées dans les trois secteurs des Monts des Ksour. Ces coupes sont caractérisées par une alternance marne-calcaire, qui s'étend depuis le Domérien jusqu'au Toarcien supérieur. La composition faunistique et la description biosédimentaire de ces coupes ont été décrites en détail par (Aït Ouali, 1991 ; Mekahli, 1998 et Sebane, 2007).

##### 1.1 la coupe du Djebel Chemarikh (Fig. 7)

La série lithologique montre quatre ensembles successifs définis par Mekahli (1998). De bas en haut, la série comprend:

###### 1.1.1 Dolomie du Chemarikh (8m)

Il s'agit de calcaires dolomitiques en bancs massifs avec notamment une passée de calcaires dolomitiques à nombreuses coquilles de brachiopodes Rhynchonellidés et d'ammonite *Caloceras pirondi* (REYNES) récoltées par Mekahli (1998) qui permettent de reconnaître l'Héttangien inférieur. Cette formation indique un environnement proximal peu profond à édifice construit (Aït Ouali, 1991).

###### 1.1.2 Les Alternances d'Aïn Ouarka (104m)

Elles sont représentées par la succession de sept membres (A à G, définis par Mékahli, 1998). Elles sont composées de calcaires pélagiques à radiolaires, séparés par des niveaux marneux peu épais et parfois mal exposés à l'affleurement. Cette formation à ammonites *Arnioceras*, *Asteroceras sp.*, *Galaticeras (Amphiceras) cf. aegoceroïdes* GEM., *Reynesoceras fallax* (FUC.) et *Reynesoceras simulans* FUC. est datée du Sinémurien inférieur au Domérien. Ces alternances montrent une évolution dans le temps et dans l'espace allant d'une plate-forme externe distal à un bassin.

###### 1.1.3 La formation d'Aïn Rezala (68m)

Cette formation est caractérisée par une alternance de marnes et de calcaires blanchâtres très riches en filament, *Zoophycos* et en ammonites *Hildoceras cf. sublevisoni*, *Hildoceras bifrons*, *Collina sp.* et *Hammatoceras cf. insignis* du Toarcien ; la prédominance des faciès marneux à la base, les alternances de plus en plus rapprochées vers le haut qui s'enrichissent en détritiques terrigènes et en éléments bréchiqes. Toutes ces caractéristiques témoignent de l'installation du sillon atlasiques qui diminue relativement de profondeur vers le haut.

###### 1.1.4 Formation des brèches de Raknet El Kahla (20m)

Correspond à une alternance de marnes et de calcaires micritiques qui est attribuée à l'Aalénien Bajocien inférieur. La sédimentation est perturbée vers le haut par l'arrivée des éléments bréchiqes, des petites lentilles d'oolithes et des figures de glissements qui témoignent d'une exagération des pentes en bordures du sillon atlasique.





Fig. 7 : La coupe du Chemarikh (CKH). Lithostratigraphie, répartition des foraminifères, ammonites et milieux de dépôt (Sebane, 2007).

## 1.2 La coupe du Djebel Melah (Fig. 8)

La succession lithostratigraphique met en évidence une évolution allant d'un milieu de plate-forme proximal à un milieu ouvert en transitant par une rupture de pente marquée par des faciès « ammonitico-rosso ». Elle montre de bas en haut :

### 1.2.1 Dolomie de Souiga

Représentée essentiellement par des bancs massifs de calcaires dolomitiques gris-clair et souvent chenalisés à l'affleurement ; elle supporte à son sommet des niveaux plus calcaires à Rhynchonelles, similaires à ceux de l'ouarsenis qui sont signalés dans les assises sous-jacentes aux niveaux à *Tropidoceras* (Benhamou, 1996). Cette faune de brachiopodes est associée à d'autres formes caractéristiques du Sinémurien (Elmi *et al.*, 1998) : *Zeilleria hierlazica* (Oppel). Par ces caractères, cette unité indique un milieu de plate-forme interne temporairement émergée.

### 1.2.2 Les alternances d'Aouinet Es-Siah (36m)

La formation comporte deux membres : les calcaires rougeâtres pseudonoduleux violacés à foraminifères (*Involutina liasica* et *Nodosariidés*), à débris de lamellibranches, à ammonites *Protogrammoceras* sp. et *Fuciniceras* gr. *Portisi* (FUC.) permettant de reconnaître le Domérien inférieur. La présence des *Protogrammoceras* cf. *meneghinii* et *Aveyroneceras* aff. *italicum* MEN. indique le Domérien moyen. Les niveaux rouges ondulés du Domérien inférieur possèdent un caractère faciologique qui permet de les assimiler aux faciès « ammonitico-rosso ».

Au sommet, se développe une alternance de marnes et de calcaires à silex à faunes pélagiques (ammonites et radiolaires). La variété des faciès témoigne d'une succession de milieux de plus en plus profonds (plate-forme externe distal-bassin).

### 1.2.3 Les marno-calcaires d'Aïn Beïda (75m)

La formation d'Aïn Beïda, datée du Toarcien par les ammonites récoltées par Mekahli et Sebane (2007) : *Dactylioceras* (*Eodactylites*) sp., *Lytoceras* sp., *Hildoceras sublevisoni*, *hildoceras lusitanicum* MEISTER et *Phylloceras* sp., commence généralement par une alternance de marnes et de calcaires à prédominance marneuse surmontée par des calcaires noduleux, riches en filaments témoins d'une importante profondeur en relation avec une nouvelle évolution paléogéographique. Il s'agit de l'installation d'un domaine bassin dont les faciès paraissent souvent assez monotones et formant le sillon atlasique.

### 1.2.4 La formation de Mélah (plus de 32m)

Comporte deux membres lithologiques : Les alternances de marnes et de calcaires noduleux à *Zoophycos* et les argiles vertes. La faune d'ammonites recueillies permet de reconnaître l'Aaléno-bajocien, *Ludwigella murchisonae* (SOW.), *Erycites fallifax* ARKELL et *Emileia* sp. les faciès de cette formation témoignent d'un basculement en pente vers un milieu profond à sédimentation argileux.

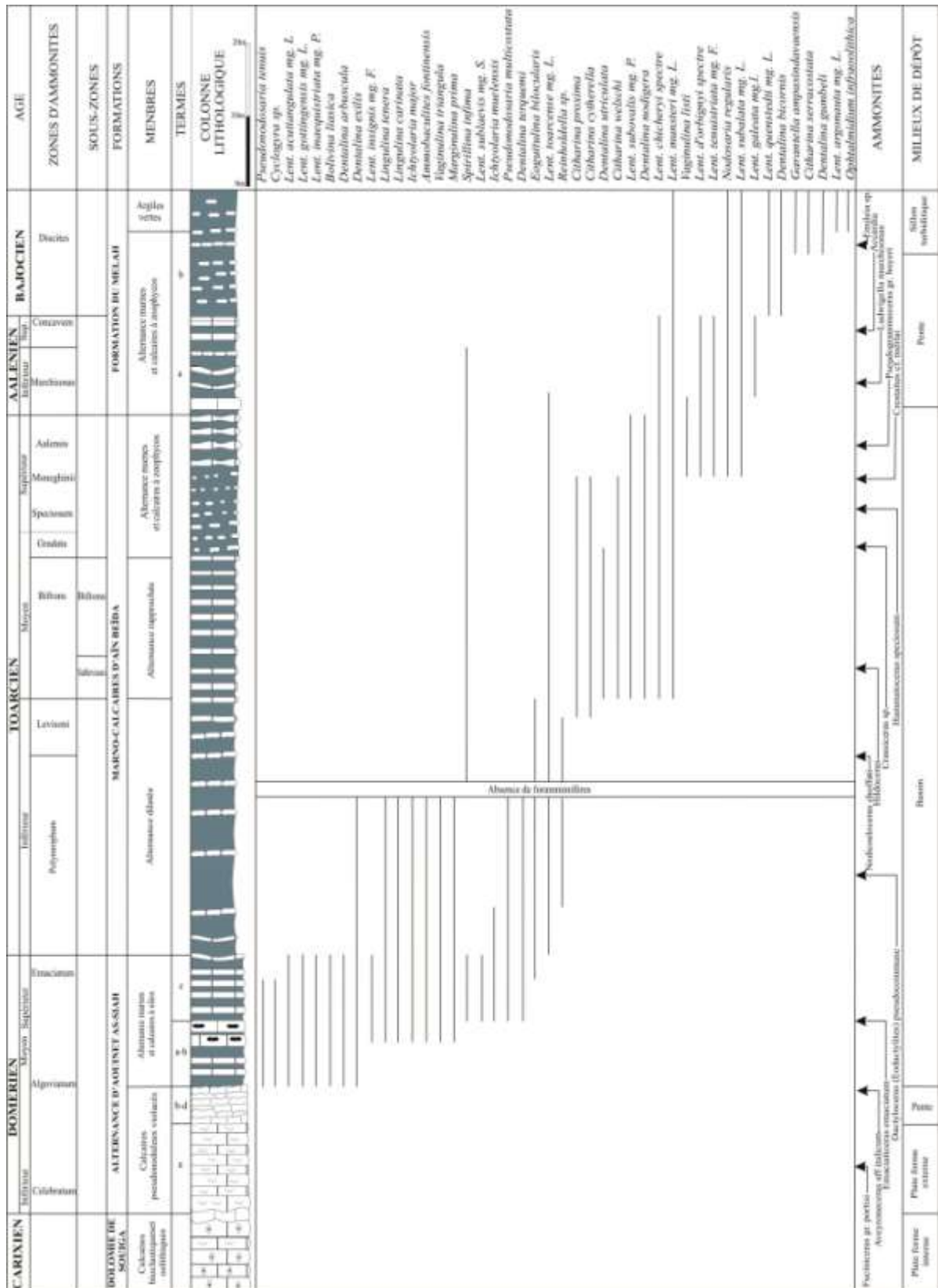


Fig. 8 : La coupe du Djebel Melah. Lithostratigraphie, répartition des foraminifères, ammonites et milieux de dépôt (Sebane, 2007).

### **1.3 La coupe du Djebel Réha (Fig. 9)**

Trois ensembles lithostratigraphiques sont distingués par Mekahli (1998) et Sebane (2007).

#### **1.3.1 La formation des alternances de Gaaloul**

début par une alternance de marnes et de calcaires à silex admettant à la base des sédiments néritiques resédimentés, constitués d'éléments bréchiques discontinus, riches en débris fossilifères silicifiés associés à des madréporaires. Cet ensemble se termine par une alternance plus argileuse à faunes pélagiques (ammonites) et à foraminifères (les *Nodosarriidés*). Des ammonites ont été rencontrées à plusieurs niveaux *Tropidoceras* sp. du carixien moyen, *Prodictyloceras* sp. du Domérien inférieur, *Arietoceras* sp. du Domérien moyen et *Emaciatoceras* sp. du Domérien supérieur. Les caractères faciologiques de cet ensemble indique un milieu de plate-forme externe calme, envahi occasionnellement par l'arrivée de matériaux resédimentés.

#### **1.3.2 La formation des marno-calcaires du Réha**

Attribué au Toarcien, est comporte deux membres : les marnes à mégabrèches et à ammonites pyriteuses à la base et l'alternance de marnes et de calcaires à silex et *Zoophycos* au sommet. Ces sédiments caractérisent un milieu de bassin. Le maximum de profondeur se situe dans les niveaux inférieurs. Au dessus la sédimentation s'effectue toujours dans un milieu bassin mais elle est influencée par la mise en place de brèches. Il s'agit de grande lentilles oolithiques avec, à leur base, des figures de glissement de type slump. A la fin, la formation s'inscrit à nouveau dans une plate-forme externe distale.

#### **1.3.3 La dolomie de l'Antar**

Attribué à l'Aaléno-Bajocien, se caractérise par des bancs épais, parfois chenalés et de dolomies saccharoïdes donnant les grandes falaises qui constituent les reliefs du secteur d'Ain Ben Khelil. Cette formation indique une extension des faciès de plate-forme proximale. Les fantômes d'oolithes observés dans les calcaires dolomitiques et la grande épaisseur de cette formation témoignent de faciès de haute énergie et d'un taux de sédimentation très important (Mekahli, 1998).

## **2- Aperçu paléontologique**

### **2.1 Macrofaune**

Elle est constituée par les bivalves, les céphalopodes, les gastéropodes, les crinoïdes, les holothuries, les ophiures, les brachiopodes, les spongiaires et les poissons. Dans les résidus de lavages, ces organismes sont présentés par des fragments de test et par des nucleus d'ammonites, des rhyncholites, des radioles, des spicules et des dents de poissons (rares).

### **2.2 Microfaune**

Les foraminifères sont très abondants, bien conservés et représentés par des formes benthiques à test agglutiné, hyalin et porcelané.

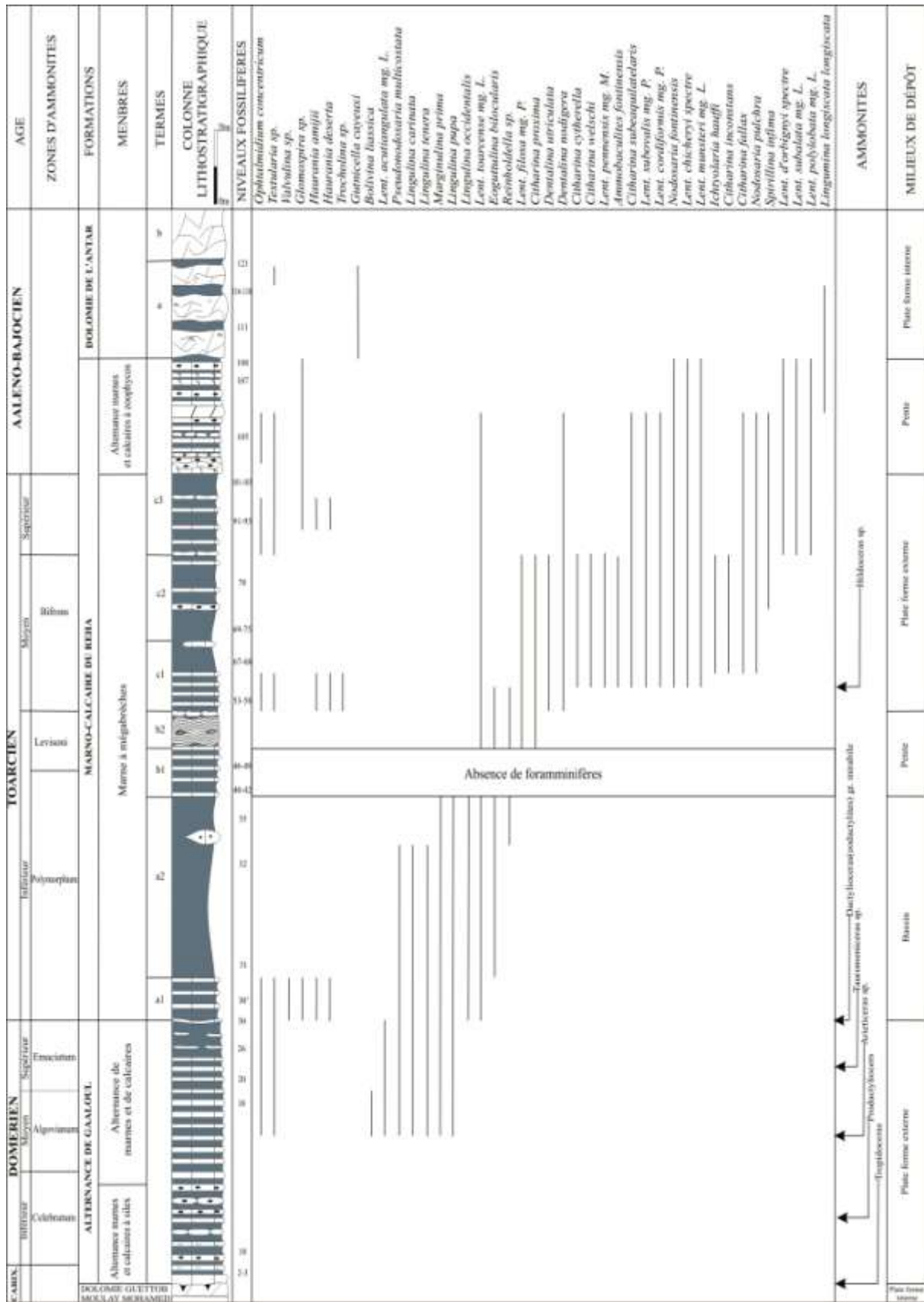


Fig. 9 : La coupe du Réha. Lithostratigraphie, répartition des foraminifères, ammonites et milieux de dépôt (Sebane, 2007).

## VI- SYNTHÈSES BIOSTRATIGRAPHIQUES

Les recherches fondamentales, intéressant un cadre géographique vaste (Algérie occidentale) riche en gisement d'ammonites, ont permis à Elmi (1969, 1986), à Elmi *et al.* (1973, 1974, 1984) et Atrops *et al.*, 1971) d'apporter des précisions importantes, en particulier des mises au point sur la biostratigraphie de l'Oranie et de situer cette région dans le domaine téthysien. Le cadre référentiel élaboré à partir des synthèses biostratigraphiques établies par Elmi *et al.* (1994) et proposé pour l'Oranie demeure un support fondamental pour caler les associations successives de foraminifères rencontrées en Oranie et plus particulièrement dans sa partie la plus méridionale (les Monts des Ksour).

La répartition stratigraphique des principales espèces d'ammonites est donnée sous forme de tableau synthétique (fig. 10). Les espèces y sont énumérées par ordre d'apparition.

Les observations micropaléontologiques réalisées par Sebane (2007) et Bassoullet, (1973) dans les séries liasiques, relèvent l'existence de deux associations de foraminifères.

La première association, représentée par des foraminifères à paroi agglutinée complexe (*Orbitopsella dubari* (HOTTINGER.), *Labyrinthina recoarensis* (CATI), *Pseudocyclammina liassica* (HOT.), *Mayncina termieri* (HOT.), *Verneuillinoidea aff. mauritii* (TERQUEM) et *Nautiloculina aff. oolithica* (MOHLER), *Haurania gr. Amiji et Haurania gr. deserta* (HENSON) est très répandue dans les faciès de plate-forme carbonatée peu profond.

La deuxième association, représentée par des formes dégagées à test essentiellement calcaire hyalin, inféodée à des dépôts marneux installés dans un contexte paléogéographique de la plate-forme externe largement ouverte, souvent subsidente et favorable à leur développement.

L'extension verticale (Fig.7, 8, 9) des principales espèces rencontrées dans les Monts des Ksour permet de distinguer cinq associations qui sont subdivisées à leur tour en assemblages (Sebane, 2007) (Fig. 11).

### 1- Association carixienne (A) :

Présente dans la partie axiale du sillon atlasique (Aïn Ouarka). Cette association qui montre très peu de changements peut cependant être subdivisée en deux assemblages :

**Assemblage 1 :** (zone à Jamesoni) : les foraminifères trouvés dans ces niveaux n'ont pas une valeur chronostratigraphique indéniable qui permettrait de confirmer sa présence. Cependant, ils montrent une grande extension : *Lenticulina ornata* mg. *Planularia*, *Lenticulina gottingensis* mg. *Lenticulina*, *Involutina liassica*, *Lenticulina inaequistrata* mg. *Planularia*, *Lingulina tenera tenera*, *Lingulina tenera pupa* et *Pseudonodosaria multicostata*.

**Assemblage 2 :** (zone à Demonense et Davoei) : il se distingue du premier par l'apparition de deux nouvelles formes : *Marginulina prima* et *Dentalina terquemii*.

### 2- Association du Domérien- Toarcien inférieur (B) :

Les foraminifères considérés comme des formes étroitement liées aux conditions du milieu, réagissent tardivement. Néanmoins, beaucoup de nouvelles formes font leur apparition pendant le Domérien inférieur et moyen. Au Domérien supérieur s'amorce une réduction des taxons (disparition de plusieurs espèces), comme c'est le cas dans le Maroc

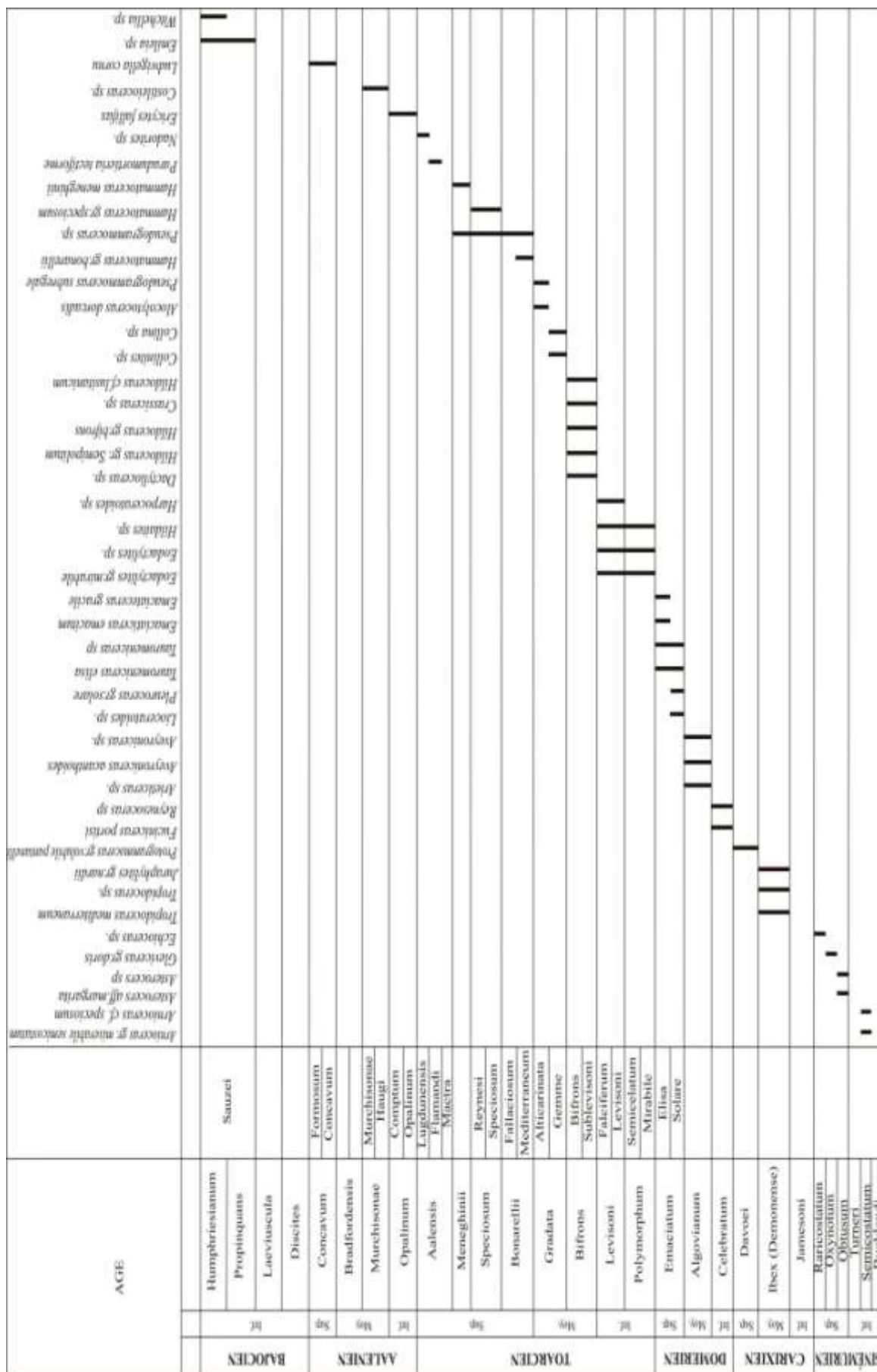


Fig. 10 : Répartition stratigraphique des principales espèces d'ammonites dans les Monts des Ksour

(Boudchiche, 1986 et Boutakiout, 1990), dans l'Europe occidentale (Nicollin, 1983 et Ruget, 1985) et dans le domaine préatlasique (Sebane, 1984).

L'analyse de cette association permet de reconnaître quatre assemblages.

**Assemblage 1 :** (zone à Celebratum). Il est marqué par l'apparition de plusieurs taxons, qui s'ajoutent à ceux connus depuis le Carixien : *Nodosaria novemcostata*, *Lenticulina acutiangulata* mg. *Lenticulina*, *Verneuilliniïdes mauritii*, *Vaginulina triangula*, *Dentalina torta*, *Dentalina obscura*, *Lingulina carinata*, *Ophthalmidium concentricum*, *Ichthyolaria sulcata muelensis*, *Ichthyolaria major*, *Ammobaculites fontinensis*, *Ammobaculites agglutinans* et *Ammodiscus siliseus*.

**Assemblage 2 :** (zone à Algovanium). Il est caractérisé par l'apparition d'autres nouveaux taxons parmi lesquels se trouve une forme caractéristique du Domérien moyen : *Bolivina liassica*. Les autres taxons sont représentés par *Dentalina integra*, *Ichthyolaria sulcata*, *Pseudonodosaria tenuis* et *Lingulina testudinaria* et montent jusqu'à la zone à Polymorphum.

**Assemblage 3 :** (zone à Emaciatum). Il est caractérisé par des taxons qui sont répartis en deux catégories. Nous avons ceux qui sont restreints au Domérien supérieur : *Ichthyolaria bicostata bicostata*, *Lenticulina sublaevis* mg. *Saracenaria*, *Lenticulina insignis* mg. *Falsopalmula* et ceux qui persistent jusqu'au Toarcien inférieur (zone à Polymorphum) : *Lingulina occidentalis*, *Lenticulina speciosa* mg. *Marginulinopsis*, *Glomospira aff. pattoni* et *Eoguttulina bilocularis*.

**Assemblage 4 :** (zone à Polymorphum). Les formes qui constituent cet assemblage sont réparties en deux ensembles. Le premier est formé d'espèces héritées du Domérien représentées essentiellement par des Marginulines ornées et des Lingulines du groupe *tenera*. Elles sont accompagnées de taxons annonciateurs du Toarcien (*Vaginulina triangula*, *Lingulina testudinaria* et *Lingulina occidentalis*) et de formes plus dépendantes du milieu *Eoguttulina bilocularis* et *Reinholdella* sp.). Le deuxième ensemble est caractérisé par l'apparition d'une espèce nouvelle, typique du Toarcien (*Lenticulina toarcense* mg. *Lenticulina*).

### 3- Association du Toarcien (zone Levisoni- Aalensis) (C) :

Elle est représentée par de nouvelles formes essentiellement toarciennes. Elle comprend les assemblages suivants :

**Assemblage 1 :** (zone à Levisoni). Caractérisé par la présence de *Lenticulina obonensis* mg. *Planularia*, espèce présente uniquement dans cette zone, associée avec les premières Citharines (*Citharina cytherella*, *Citharina proxima*) et *Dentalina utriculata*.

**Assemblage 2 :** (zones à Bifrons et à Gradata). Caractérisé par l'apparition du spectre *chicheryi*, et le développement des Citharines (*Citharina inconstans*, *Citharina longuemari* et *Citharina fallax*). Ces taxons sont associés à d'autres formes nouvelles dont l'extension reste limitée au Toarcien moyen : *Ichthyolaria hauffi*, *Citharina welschi* et *Lenticulina pennensis* mg. *Marginulinopsis*.

**Assemblage 3 :** (zones à Bonarellii et à Aalensis). Il est marqué par l'apparition du spectre d'*orbigny*. Il est accompagné par d'autres formes nouvelles telles que : *Lenticulina*



*polylobata* mg. *Lenticulina*, *Nodosaria pulchra*, *Lenticulina subalata* mg. *Lenticulina* et *Lenticulina tenuistriata* mg. *Falsopalmula*.

#### **4- Association aalénienne (D)**

Elle caractérisée par un seul assemblage.

**Assemblage 1 :** (de la zone à Opalinum à la zone à Concavum). Marqué par l'apparition de *Lenticulina galeata* mg. *Lenticulina* et *Lingulina longiscata* associées à quelques taxons apparus au Toarcien supérieur *Lenticulina subalata* mg. *Lenticulina* et *Lenticulina tenuistriata* mg. *Falsopalmula*.

#### **9. Association bajocienne (E)**

Cette association contient des taxons typiquement bajociens mais elle renferme aussi des espèces survivantes du Toarcien-Aalénien. Deux ensembles sont distingués.

**Assemblage 1 :** (de la zone à Discites au début de la zone à Humphriesianum) il est marqué par l'apparition de *Lenticulina quenstedti* mg. *Lenticulina*, *Citharina serracostata*, *Dentalina gumbeli*, *Dentalina bicornis*, *Garantella ampasindavaensis*, *Dentalina bicornis* et *Garantelle ampasindavaensis*, *Globuligerina cf. bathoniana* et *Marginulina batrakiensis*.

**Assemblage 2 :** (zone à Humphriesianum). Il est caractérisé par l'apparition d'une nouvelle espèce (*Lenticulina argonauta* mg. *Lenticulina*) qui vient s'ajouter à celles existantes dans l'assemblage précédent.

AGE	SPECIES										ASSOCIATIONS	ASSEMBLAGES	BIOZONATION				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
BAJOLEN	Hamphreysianum													L. argonata mg. L.	E	1	Globobulimina cf. Brachiolina Cibicides sarawakensis Carreriella impariparadivocensis
	Propinquans																
	Laeviuscula																
VALENIEN	Duclites													L. globosa mg. L. Lingulites longicauda	D	1	
	Concovium																
	Bradfordensis																
TOARCIEN	Marchisoneae													Sprentis chibensis	C	3	L. tenuistriata mg. F. L. subulata mg. L. L. polylobata mg. L.
	Opalinum																
	Aalenis																
	Menghinili																
	Speciosum																
	Bonardili																
	Gradata																
	Hilbona																
	Levisoni																
	Polytaenophium																
DOMERIEN	Ernaclatum													L. Taarvouse mg. L. L. sublaevis mg. S. L. insipida mg. F.	B	4	
	Algovianum																
	Celebratum																
CAIXIEN	Devosii													L. sublaevis mg. S. L. insipida mg. F. M. gr. prima + L. gr. novata + J. chibensis	A	2	Lingulites gr. prima Lingulites gr. novata
	Bea (Densomense)																
	Jamiesoni																

Fig. 11 : répartition biostratigraphique et biozonation des principales espèces de foraminifères dans les Monts des Ksour (Sebane, 2007).

## **CHAPITRE II : EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DES FORAMINIFERES**

### **INTRODUCTION**

La distribution qualitative et quantitative des foraminifères dans l'espace et leur évolution dans le temps sont liées aux conditions de milieu (bathymétrie, physiographie, faciès, oxygénation, nourriture....) et particulièrement les variations bathymétriques (Cubaynes & Ruget, 1986 ; Ruget *et al.*, 1989 ; Cubaynes *et al.*, 1991 ; Rey *et al.*, 1994 ; Murray, 1991 ; Jones et Charnock, 1985 ; Bouhamdi, 2000 et Sebane, 2007).

Les foraminifères étudiés dans les Monts des Ksour par Sebane (2007) sont abondant et en général bien diversifiés. Ils sont donc susceptibles, à priori, de constituer de bons marqueurs de milieux et de caractériser chaque environnement. Pour vérifier ceci, on procédera dans cette étude, à :

- l'établissement des associations ou des assemblages caractérisant chaque environnement.
- la comparaison des compositions qualitatives et quantitatives des foraminifères des trois coupes.

### **II. DEFINITION ET PRESENTATION DES PRINCIPAUX GROUPES DE FORAMINIFERES DANS LES MONTS DES KSOUR**

Les observations micropaléontologiques réalisées par Sebane (2007) dans les séries liasiques des Monts des Ksour, relèvent l'existence de deux associations de foraminifères.

La première association, représentée par des foraminifères à paroi agglutinée complexe, est très répandue dans les faciès de plate-forme carbonatée peu profond. Ce groupe dont la présence est surtout lié à des facteurs écologiques, constitue l'outil essentiel de la biostratigraphie des environnements carbonatés peu profond.

La deuxième association, représentée par des formes dégagées à test essentiellement calcaire hyalin, inféodée à des dépôts marneux installés dans un contexte paléogéographique de la plate-forme externe largement ouverte, souvent subsidente et favorable à leur développement.

Les foraminifères benthiques, étudiés dans ce travail (fig. 12, 13, 14), sont représentés par des Nodosariidés, Polymorphinidés, Cératobuliminidés, Spirillinidés, Bolivinidés, Epistominidés, Involunitidés et Globuligérinidés (première forme pélagique) associés à des Agglutinants.

### **III. DISTRIBUTION QUALITATIVE DES PEUPELEMENTS DE FORAMINIFERES**

L'analyse détaillée de l'enchaînement vertical des foraminifères et l'extension spatiale des différentes espèces recensées dans les trois coupes permettant de reconnaître quatre associations qui renferment des espèces caractéristiques d'environnement précis associées à des formes ubiquiste commune à tous les domaines (Fig. 15).
















Sous-ordre	Famille	Genres	Auteurs	Coquille	Caractéristiques morphologiques			Répartition stratigraphique dans les Monts des Ksour
					Section	Ouverture	Dessin	
<i>Lagenina</i> DELAGE et HEROUARD, 1896 Foraminifères à test hyalin	<i>Nodosariidae</i> EHRENBERG, 1838	<b>Morphogenera</b>						
		<i>Lenticulina</i>	LAMARCK, 1804	Unisériée, planispiralée, involute, spires fermées.	Biconvexe	Terminale simple ou radiée		Depuis le Domérien jusqu'au Bajocien
		<i>Astacolus</i>	MONFORT, 1808	Unisériée, involute, spiralée, sutures fortement inclinées vers la région ombilicale.	Ovale, biconvexe	Terminale radiée		
		<i>Planularia</i>	DEFRANCE in de BLAINVILLE, 1824	Unisériée, spiralée, plus ou moins évolutive, flanc plat	Lenticulaire	Terminale radiée		
		<i>Falsopalma</i>	BARTENSTEN, 1948	Plate, stade initial spiralé (8loges), les loges plus ou moins évolutes, suivi d'un stade déroulé formé des loges en chevron.	Lenticulaire	Terminale radiée		
		<i>Margulinopsis</i>	SILVESTRI, 1904	Unisériée, partie spiralée fait un tour complet, partie déroulée plus ou moins importante.	Triangulaire (partie déroulée)	Terminale radiée		
		<i>Vaginulinopsis</i>	SILVESTRI, 1904	Unisériée, allongée, spire développée avec une portion déroulée importante.	Lenticulaire	Terminale radiée		
		<i>Saracenaria</i>	DEFRANCE in de BLAINVILLE, 1824	Unisériée, allongée, portion initiale spiralée et portion déroulée.	Triangulaire (partie déroulée)	Terminale radiée		
		<i>Dentalina</i>	RISSO, 1826	Unisériée allongée, souvent arquée, sutures plus ou moins obliques	Circulaire	Terminale radiée		
		<i>Nodosaria</i>	LAMARCK, 1812	Unisériée, droite pas de spires, les sutures perpendiculaires à l'axe de symétrie.	Arrondie	Terminale radiée parfois portée par un col		
		<i>Margulinina</i>	D'ORBIGNY, 1826	Allongée, partie spiralée peu développée, portion déroulée importante et rectiligne	Circulaire ou semi-circulaire	Terminale radiée		
		<i>Vaginulina</i>	D'ORBIGNY, 1826	Unisériée, rectiligne ou légèrement arquée, portion initiale spiralée réduite (2-3 loges)	Portion déroulée comprimée, Lenticulaire	Terminale radiée		
		<i>Liogulina</i>	D'ORBIGNY, 1826	Unisériée, comprimée, rectiligne, loges recouvrantes avec des sutures convexes.	Elliptique	Terminale en fente		
	<i>Ichtyolaria</i>	WEDEKIND, 1937	Unisériée, allongée avec des loges en chevrons. Les bords marginaux plus ou moins évasés	Elliptique ou lenticulaire	Terminale radiée parfois portée par un col			
<i>Citharina</i>	D'ORBIGNY 1839	Unisériée et subtriangulaire, aplatie, bord dorsal rectiligne. Loge initiale allongée; les autres loges sont courtes et inclinées vers le bord ventral. Flancs plats ou légèrement bombés	Monocarénée, bicarénée ou tricarénée parfois lenticulaire.	Terminale radiée sur le bord dorsal				
<i>Polymorphinidae</i> (D'ORBIGNY, 1839)							Toarcien inférieur	
		<i>Eoguttulina</i>	(CUSHMAN et OZAWA, 1930)	Allongée, fusiforme ou polygonale. Les loges agencées en spirale, très petites à la base, croissant en hauteur, les loges les plus récentes semblent coiffer les précédentes.		Ronde au sommet de la loge quelques fois radiée.		

Fig. 12 : Définition et présentation des principaux genres de foraminifères à tests hyalins rencontrés dans les Monts des Ksour.

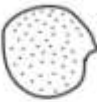






Sous-ordre	Familles	Genres	Caractéristiques morphologiques			Répartition stratigraphique dans les Monts des Ksour	
			Coquille	Ouverture	Dessin		
Foraminifères à paroi calcaire perforée	<i>INVOLUTINA</i> HOENEGGER et PILLER, 1977	<i>Involutinidae</i> BUTSCHLI, 1880	<i>Involutina</i> TERQUEM, 1862	Coquille lenticulaire de grande taille, planispiralée discoïde a surface externe parsemée de pustules correspondants aux epaississements formés par le contact des piliers avec la paroi.	—		Lias inférieur
	<i>SPIRILLININA</i> HOENEGGER et PILLER, 1975	<i>Spirillinidae</i> REUSS&FRITCH, 1861	<i>Spirillina</i> (REUSS&FRITCH, 1861)	Test de petit taille composé d'un minuscule proloculus sphérique, les loges tabulaires de faible diamètre d'enroulement.	Ronde terminale.		Jurassique
Foraminifères à paroi calcaire	<i>ROTALINA</i> DELAGÉ et HEROUARD, 1896	<i>Bolivinidae</i> CLAESSNER, 1937	<i>Bolivina</i> COSTA, 1856	Biserie evasée à flanes de plus en plus bombés, loges nombreuses augmentant régulièrement en taille et séparées par des sutures obliques.	Ouverture en virgule ou en fente.		Domérien moyen (zone à algovianum)
Foraminifères à paroi calcaire porcelanée	<i>MILIOLINA</i> DELAGÉ et HEROUARD, 1896	<i>Nubeculariidae</i> JONES, 1875	<i>Ophalmitidium</i> (TERUEM& BERTHELIN, 1875)	Test aplati latéralement, à contour plus ou moins concentrique, formé d'un proloculus suivie de loges régulièrement agencées deux par deux	Terminale ronde, portée par un col.		Domérien - Toarcien inférieur
Foraminifères à paroi aragonitique radiaire	<i>ROBERTINA</i> LOEBLICH et TAPPAN, 1948	<i>Ceratobulminidae</i> CUSCHMAN, 1927	<i>Reinholdella</i> BROTZEN, 1948	Petit coquille vitreuse trochospirale, plani-convexe à périphérie aigue. Les loges séparés par des sutures arquées au ras du test.	Interiomarginale en fissure.		Toarcien inférieur
	<i>Epistominidae</i> WEDEKING, 1937	<i>Garantella</i> GREGELIS, 1963		Test lisse de grande taille lenticulaire à enroulement trochospiral et à marge munie d'un important bandeau carénal.	Aréales enfoncées.		Bajocien
Foraminifères Planctoniques à paroi calcaire perforée	<i>GLOBIGERINA</i> DELAGÉ & HEROUARD, 1896	<i>Globuligerinidae</i> LOEBLICH & TAPPAN, 1984	<i>Globuligerina</i> BIGNOT & GUYADER, 1971	Forme planctoniques trochospiralée de petit taille a forme générale arrondie. Face ombilicale concave.	Centrale bordée par une lèvre.		Bajocien

Fig. 13 : Présentation des autres familles accompagnatrices rencontrées dans les Monts des Ksour.










Sous-ordre	Familles	Genres	Caractéristiques morphologiques			Répartition stratigraphique dans les Monts des Ksour
			Coquille	Ouverture	Dessin	
<b>Textulariina DELAGE et HEROUARD, 1896</b> Foraminifères à paroi agglutinée	<b>VALVULINIDAE</b> BERTHELIN, 1880	<i>Valvulina</i> d'ORBIGNY, 1826	Subconique formée par l'arrangement trisériel de nombreuses loges croissantes formant une trochospire haute. Paroi microgranulaire avec kériotique .	Basale possédant une structure aperturale ou "dent valvulaire"		Carixien-Domérien
	<b>PFENDERIDAE</b> SMOUT et SUGDAN, 1962	<i>Venerulitoides</i> , LOEBLICH et TAPPAN, 1950	Coquille finement agglutinée en forme de cône moins large et long. Section transverse ovoïde loge nombreuses à arrangement trisériel séparées par des sutures profondes.	En fente.		Domérien.
	<b>HAURANIDAE</b> SEPTFONTAINE, 1988	<i>Haurania</i> HENSON, 1948	Test enroulé planispiralé puis déroulé rectiligne. Paroi composée d'un réseau hypodermique réticulé ( Bassoullet <i>et al.</i> , 1979 ; Septfontaine, 1981).	Multiple.		Domérien-Toarcien.
	<b>LITUOLIDAE</b> de BLAINVILLE, 1827	<i>Ammobaculites</i> (CUSHMAN, 1927)	Formes agglutinées, involutes à spires planispiralées. Les sutures légèrement enfoncées.	Ronde terminale.		Domérien-Toarcien basal.
	<b>AMMODISCIDAE</b> (REUSS, 1862)	<i>Ammodiscus</i> (TERQUEN, 1826)	Planispiralée de grande taille, constituée d'un proloculus suivie d'un loge tubulaire enroulée en 5 à 7 tours.	Terminale située à la fin d'un tube.		Domérien-Toarcien basal.
		<i>Glomospira</i>	Paroi finement agglutinée composée d'un proloculus suivi d'une loge tubulaire.	Terminale simple		Domérien supérieur-Toarcien basal.
	<b>TEXTULARIIDAE</b> EHRENBERG, 1839	<i>Textularia</i> DEFERANCE, 1824	Bisériel, aplati latéralement. Loges nombreuses plus larges que hautes séparées par des sutures déprimées.	Ouverture arquée.		Domérien-Bajocien.
	<b>SACCAMMINIDAE</b> BRADY, 1884	<i>Proconina</i> WILLIAMSON, 1858	Ovoïde à allongée, plus ou moins aplati latéralement. Paroi composée d'un agglutinat de petits grains de quartz.	À l'extrémité d'un col terminal.		Bajocien.
	<b>HORMOSINIDAE</b> HAECKEL, 1894	<i>Reophax</i> MONTFORT, 1808	Coquille unisériel de grande taille, caractérisé par une paroi grossièrement agglutinée .composée de trois à quatre loges sphériques ou allongées séparées par des sutures entaillées.	Terminale au sommet de la dernière loge		Bajocien.

Fig. 14 : Définition et présentation des principaux genres de foraminifères à tests agglutinants rencontrés dans les Monts des Ksour.

## 1- Association de plate-forme interne A

Elle est représentée essentiellement par des agglutinants à structure interne complexe : *Orbitopsella dubari*, *Labyrinthina recoarensis*, *Mayncina termieri*, *Pseudocyclamina liassica*, *Haurania amijii* et *deserta*, *Siphovalvulina* sp., *valvulina* sp., *verneuulinoides* aff. *mauriti*, *Gutnicella cayeuxi* et *Lingulina longiscata longiscata*.

## 2- Association de plate-forme externe B

Elle est caractérisée par la présence des *Marginulina* ornées, les *Lenticulina*, les *Spirillina*. En plus on note la présence de formes agglutinées (*Haurania amijii* et *deserta*, *Textularia* sp., *Trocholina* sp., *Glomospira* sp.) et d'autres formes : *Dentalina nodegira*, *Marginulina prima*, *Lingulina carenata*, *Lingulina pupa*, *Lingulina tenera*, *Spirillina infima*, *Bolivina liassica*, *Icthyolaria hauffi*, *Pseudonodosaria multicostata*, et *Citharina fallax*.

## 3- Association de pente C

Le milieu relativement profond assurant la transition des plates formes aux bassins. Les foraminifères sont constitués de Nodosariidés, Spirillinidés, associés parfois à des formes indicatrices de confinement telles que les Polymorphinidés et les Cératobuliminidés. Les foraminifères sont composés essentiellement d'espèces : *Dentalina bicornis*, *Lingulina occidentalis*, *Ophthalmidium concentrecum*, *Lenticulina polylobata* mg. L, *Pseudonodosaria tenuis*, *Dentalina arbuscula*, *Dentalina exilis*, *Dentalina terquemi*, *Nodosaria regularis*, *Reinholdella dreheri*, *Reinholdella* sp., et *Eoguttulina bilocularis*.

## 4- Association du bassin D

### C. L'association de bassin profond D<sub>1</sub>

Elle se caractérise par une importante diversification des Nodosariidés et par l'apparition des premières formes pélagiques (*Globuligerina bathoniana*) associées à des Epistominidés (*Garantella ampasindavaensis*), des Cératobuliminidés (*Reinholdella dreheri*). D'autres formes agglutinans sont présentes : (*Ammobaculites agglutinans*, *Ammobaculites fontinensis* et *Reophax horridus*).

### D. L'association de bassin confiné (ombilic) D<sub>2</sub>

Elle est beaucoup moins diversifiée que celle qui est inféodée au bassin profond, elle se distingue par la prolifération des Polymorphinidés (*Eoguttulina bilocularis*) et des Cératobuliminidés (*Reinholdella* sp.). D'autres formes sont présentes, elles sont représentées par des taxons de petite taille tels que : *Lenticulina* lisse, *Pseudonodosaria multicostata*, *Marginulina prima* et *Lingulina tenera pupa*.

## IV. DISTRIBUTION QUANTITATIVE DES PEUPELEMENTS DE FORAMINIFERES

Cette étude, qui consiste à analyser les foraminifères le long des différents intervalles de temps étudiés, a pour but de suivre la distribution dans l'espace de la composition des foraminifères de la plate forme vers bassin.

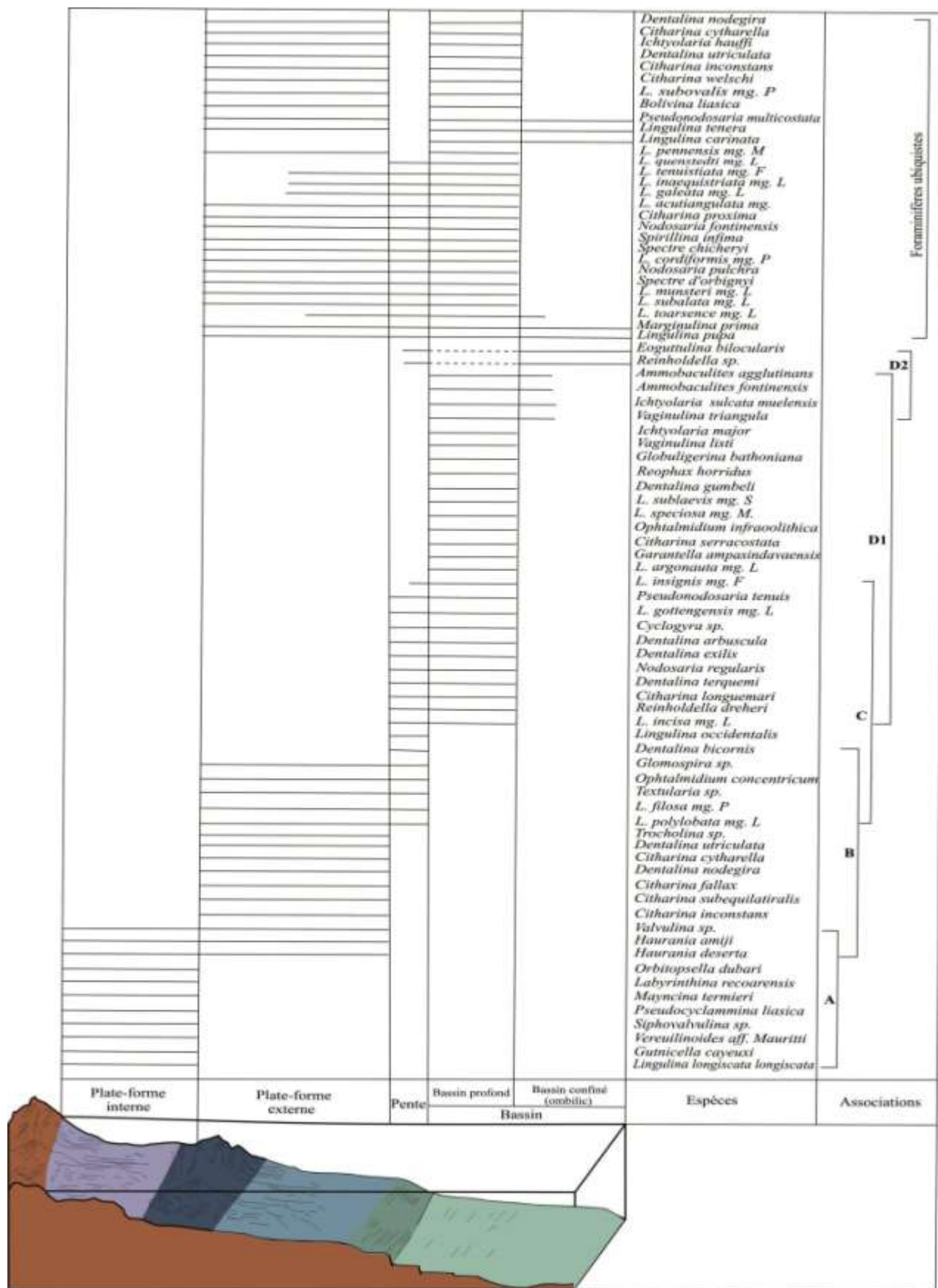


Fig. 15 : Extension spatiale des foraminifères du Carixien au Bajocien inférieur dans les Monts des Ksour.



## 1- Evolution spatio-temporelle des foraminifères (Fig. 16)

### 1.1 Fréquence relative des différentes familles des foraminifères

Les familles de foraminifères présents dans les trois secteurs sont composées de Nodosariidés, Lituolidés, Bolivinitidés, Spirillinidés, Polymorphinidés, Cératobuliminidés, Epistominidés, Fischirinidés, Hormmosinidés et Globuligérinidés.

#### 1.1.1 La coupe du Djebel Chemarikh

- au Domérien inférieur, les alternances violacées de la coupe de Chemarikh semblables aux faciès « ammonitico-rosso » indiquent un milieu de pente oxygéné. Les données quantitatives de la microfaune montrent la prédominance des Nodosariidés avec 71%, les autres familles sont faiblement représentées : Bolivinitidés (16%) et Lituolidés (13%).

- le Domérien moyen-supérieur caractérisé par l'installation d'un régime de bassin ouvert montre des fréquences relatives variables : Au début, nous avons une diminution des Nodosariidés (53%) et une augmentation des Bolivinitidés (25%) et des Lituolidés (12,5%). Ensuite au Domérien supérieur (zone à Emaciatum) on note, une réduction régulière des Nodosariidés (43,5%) accompagnée d'une disparition des Bolivinitidés, la proportion des Lituolidés et des Spirillinidés augmente sensiblement pour atteindre pour les premiers (15,5%) et les second (28,5%).

- au Toarcien inférieur, l'approfondissement et le caractère transgressif provoquent l'individualisation d'un ombilic dans lequel se dépose un dépôt pauvrement oxygéné (zone à Polymorphum). L'évolution des fréquences relative montre : à la base un prédominance des Nodosariidés avec des pourcentages de 65% à 70%, la disparition des Bolivinitidés et des Spirillinidés, la réduction des Lituolidés (15,5%) et l'apparition des Polymorphinidés (12,5%) et des Cératobuliminidés (9,4%). Vers le sommet (zone à Levisoni), les Nodosariidés prédominent (75%), les Lituolidés disparaissent, les Polymorphinidés diminuent au profit des Cératobuliminidés (18%). La limite entre la zone à Polymorphum et la zone à Levisoni est matérialisée par un événement micropaléontologiquement azoïque (un intervalle anoxique riche en pyrite et sans foraminifères).

- au cours du Toarcien moyen-supérieur le secteur d'Aïn Ouarka (coupe de Chemarikh) évolue dans un milieu de bassin où les conditions écologiques deviennent plus favorables (faciès oxygénés). Vers le sommet (zone à Meneghinii) se développe un milieu de pente distal. Les données quantitatives montrent dans la partie basale une prédominance quasi-totale des Nodosariidés et vers la partie sommitale, une réapparition des Spirillinidés (18,5%) et des Cératobuliminidés avec des pourcentages variant entre (10 à 9,5%).

- à partir de l'Aalénien jusqu'au Bajocien inférieur la zone s'approfondit de nouveau. Les foraminifères sont représentés par des nouveaux taxons. Les Nodosariidés montrent des fréquences de l'ordre de 87,5% à 95%, quelques Cératobuliminidés (10%) qui disparaissent vers le haut et sont remplacés par d'autres taxons tels que les Epistominidés (5% à 12,5%), les Hormmosinidés et les Globuligérinidés.

### 1.1.2 La coupe du Djebel Melah

- au Domérien inférieur, la coupe de Melah montre des calcaires pseudonoduleux violacés possédant le Caractère du faciès « ammonitico-rosso » indiquent la partie la plus distale de la pente. L'évolution des fréquences relatives de foraminifères montre une présence assez modeste des Nodosariidés (52,5% à 56%) où le genre *Lenticulina* est faiblement représenté (31% à 34%). Les Bolivinitidés montrent des pourcentages de l'ordre de 25% ; une fréquence constante des Lituolidés (13 à 14.5%) et les Fischinidés sont exprimés par des pourcentages de l'ordre de 9,5%.

- au cours du Domérien moyen- supérieur, la variété des faciès témoigne d'une succession de milieux de plus en plus profonds. Les associations de foraminifères présentes dans ces séries sont caractérisées par une prédominance des Nodosariidés (56% à 60%) par rapport aux autres familles. les Bolivinitidés et les Lituolidés sont exprimées par des fréquences de 20% à 15% pour les premiers, de 16% à 12,5% pour les seconds. Vers le sommet on note, une apparition des Spirillinidés avec des pourcentages de l'ordre de 12.5%.

- au Toarcien inférieur, le milieu s'approfondit progressivement et s'ouvre sur un domaine franchement marin à sédimentation argileuse (Marno-calcaire d'Aïn Beïda) riche en pyrite et en particules ferrugineuses. Durant cet approfondissement, les conditions s'exacerbent et deviennent moins bonnes voire létales au développement de la vie benthique (milieu pauvrement oxygénés). L'évolution des fréquences relatives signale la réduction du nombre d'individus, de la taille de foraminifères et permet de mettre en évidence deux ensembles séparés par un intervalle azoïque micropaléontologiquement : le premier ensemble comprenant des formes généralement de petites tailles, est marqué par la prédominance des Nodosariidés (75% à 69%) et par la présence constante des Lituolidés (17% à 16.5%<sup>o</sup>). Les Polymorphinidés et les Ceratobuliminidés évoluent avec des proportions de l'ordre de 8% à 9% pour les premiers et 6,5% pour les seconds. Le deuxième ensemble se différencie par la disparition des Lituolidés, la prédominance des Nodosariidés (75,5% à 80%), les Polymorphinidés et les Ceratobuliminidés évoluent normalement, avec des proportions allant de 15% à 13% pour les premiers et de 9.5% à 7% pour les seconds.

- le Toarcien moyen-supérieur caractérisé par une homogénéisation des dépôts hémipélagiques à pélagiques. Il s'inscrit dans une phase de comblement où les conditions de milieu deviennent favorables aux développements de la vie benthique. L'évolution des fréquences relatives montre un renouvellement dans la composition des assemblages ; il s'opère par la disparition des Polymorphinidés, des Cératobuliminidés, la prédominance des Nodosariidés (100% à 80%) et enfin par une réapparition des Spirillinidés qui augmentent de fréquence de 12% à 20% vers le sommet.

- l'Aalénien-Bajocien inférieur, les faciès de la formation du Melah témoignent d'un basculement en pente vers un bassin profond à sédimentation argileuse. L'évolution des fréquences relatives des foraminifères montre un renouvellement de la microfaune marqué à la base (Aalénien) par un assemblage dominé largement par les Nodosariidés (84%) et Les Spirillinidés qui diminuent faiblement vers le haut (12,5%). Au sommet (Bajocien), un deuxième assemblage différent du premier par la disparition des Spirillinidés et l'apparition des Epistominidés (10 à 25%). Les Nodosariidés toujours prédominants montrent des fréquences de l'ordre de 90% à 75%.

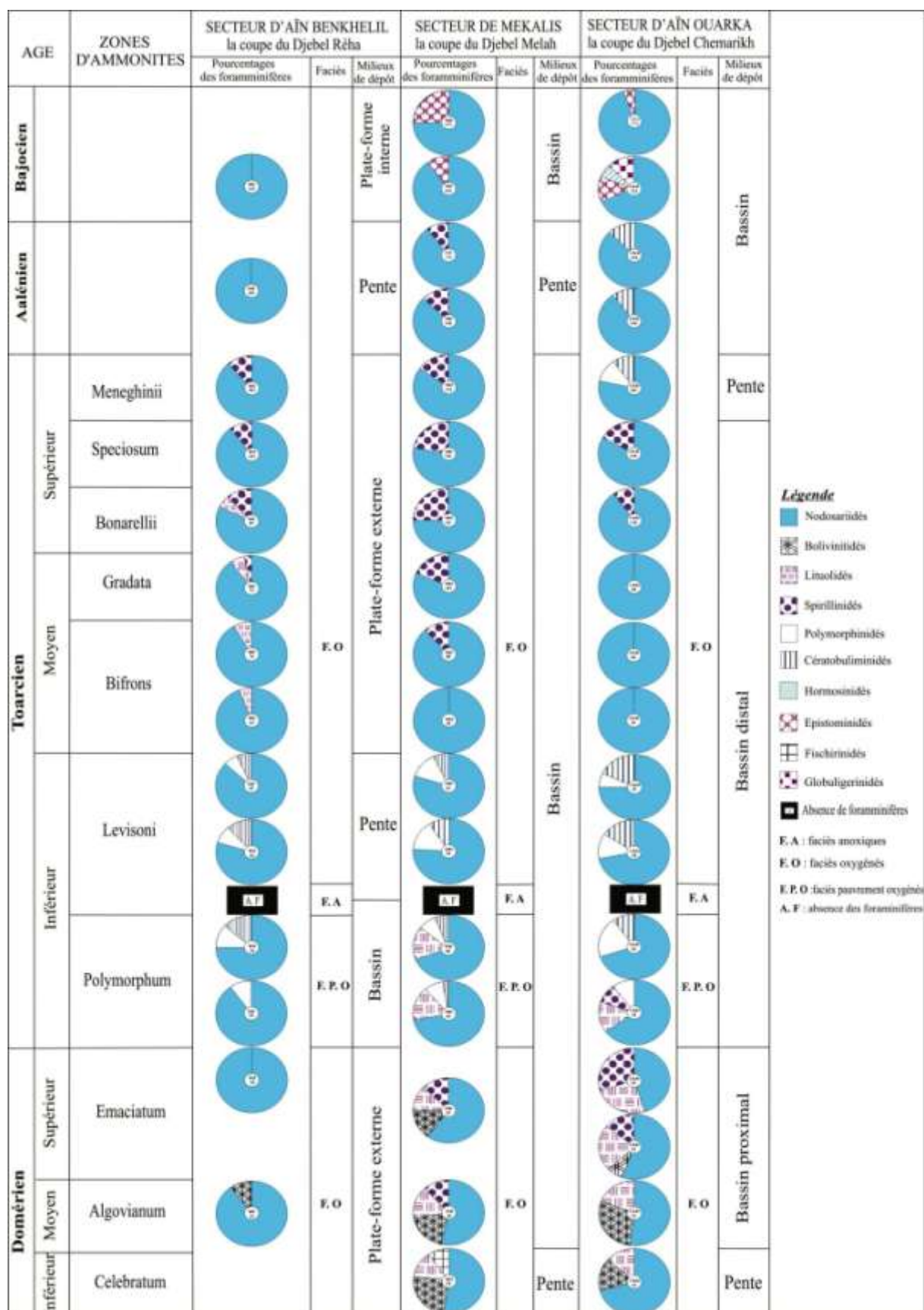


Fig. 16 : Evolution spatio-temporelle des différentes familles de foraminifères benthiques dans les Monts des Ksour.

### 1.1.3 La coupe du Djebel Réha

- au Domérien moyen-supérieur, la coupe de Réha représenté par une alternance de marnes et de calcaires à silex, indique un milieu de plate-forme externe calme bien oxygéné. Dans ce milieu, la succession verticale des foraminifères s'organise selon une séquence d'approfondissement et les données quantitatives montrent une prédominance des Nodosariidés (90%) sur les Bolivinitidés (10%).

- au Toarcien inférieur, l'approfondissement maximal exprimé par l'installation d'une zone de sillon étroit, subsident dans lequel s'accumulent, au sommet des calcaires affectés par des figures de glissement pouvant indiquer l'existence d'une pente. L'évolution verticale des fréquences relatives des foraminifères est interrompue à la limite de la zone à Polymorphum – zone à Levisoni par un intervalle micropaléontologiquement azoïque (faciès anoxique). Cette absence de vie benthique indiquerait un ombilic dont le fond est confiné. Avant l'installation de cette crise se développe un faciès pauvrement oxygéné avec un changement dans la composition des assemblages de foraminifères, matérialisé par la disparition des Bolivinitidés ; une diminution régulière, du bas vers le haut, du pourcentage des Nodosariidés (93% à 75%) ; une apparition modérée à la base, devenant plus significative au sommet des Polymorphinidés (7% à 11.5%) et une apparition des Cératobuliminidés au sommet (13.5%). Après cette crise des formes nouvelles typiquement toarciennes apparaissent où les Nodosariidés présentent 87% et les autres taxons montrent des fréquences réduites de 6,5% pour les Polymorphinidés et de 6,5% pour les Cératobuliminidés.

- au Toarcien moyen – supérieur la sédimentation s'effectue dans un milieu de plate-forme externe où les dépôts généralement sont oxygénés. L'évolution des fréquences relatives montre au Toarcien moyen, un changement qui s'opère avec l'apparition des Spirillinidés (12%) et des Lituolidés (6.5%). Les Nodosariidés prédominent avec (81.5%). En revanche les Polymorphinidés et les Cératobuliminidés disparaissent. Au Toarcien supérieur, on note la disparition des Lituolidés, le développement des Nodosariidés (78%) et la persistance au sommet du genre *spirillina* (12%).

- à l'Aalénien, une sédimentation de pente s'installe. Au Bajocien les conditions de sédimentation changent pour permettre la mise en place d'un milieu peu profond, de type plate forme interne (Sebane, 2007). L'évolution des fréquences relatives montre la prédominance des Nodosariidés (100%).

### 1-2 Fréquence relative des différentes formes de foraminifères (Fig. 17)

Les foraminifères benthiques et notamment les Nodosariidés subissent l'effet de l'approfondissement et développent une stratégie bien différente matérialisée par un changement dans la morphologie des foraminifères. Trois groupes morphologiques sont observés :

- *groupe des formes enroulées* (F.E): formé d'individus enroulés tels que le morphogène *Lenticulina*.
- *groupe des formes en voie de déroulement* (F.V.D) : représenté par des individus composés d'une portion enroulée suivie d'une portion déroulée tels que les morphogènes : *Falsopalmula* et *Planularia* du genre *Lenticulina* (Ruget, 1985).

- *groupe des formes droites ou déroulées* (F.D): représenté par des individus ayant un test droit ou complètement déroulé tels que : *Citharina*, *Dentalina*, *Nodosaria*, *Lingulina* et *Ichtyolaria*

### 1.2.1 La coupe du Djebel Chemarikh

- au Domérien inférieur l'évolution des fréquences relatives montrent des proportions moyennes pour les formes enroulées (52%) et les formes déroulées (45,5%). En revanche pour les formes en voie de déroulement les pourcentages deviennent faibles.

- au cours du Domérien moyen et supérieur, les fréquences relatives des foraminifères montrent la prédominance de formes déroulées (57% à 60%), les formes en voie de déroulement sont présentes avec des proportions de l'ordre de 5% à 7,5% et pour les formes enroulées avec des pourcentages qui varient de 30 à 38%.

- au cours du Toarcien inférieur, on note une diminution de la fréquence des formes enroulées (20 à 30%) par rapport aux formes déroulées qui avoisinent (60 à 70%). Les genres *Dentalina* et *Eoguttulina* montrent des fréquences élevées par rapport à celle des *Lingulina*. Les formes en voie de déroulement sont présentes avec des proportions qui varient de 7,5 à 15%.

- au cours du Toarcien moyen- supérieur, une abondance des formes enroulées (F.E) (*Lenticulina s.str*) (60% à 80%). Des pourcentages de l'ordre de 15% à 30% chez les formes déroulées (*Dentalina*, *Citharina* et *Nodosaria*) et de 5% à 15% chez les formes en voie de déroulement.

- à l'Aalénien- Bajocien inférieur, une prédominance des formes enroulées où la fréquence des *Lenticulina s.str* ne varie pas tellement (90%). Les formes déroulées montrent des proportions relatives qui diminuent régulièrement de bas en haut (20% à 10%).

### 1.2.2 La coupe du Djebel Melah

- au Domérien inférieur, les données quantitatives montrent une prédominance des formes enroulées (70%). les formes déroulées présentent des pourcentages de 25% et les formes en voie de déroulement sont faiblement représentées, leur fréquence est évaluée à 5%.

- au Domérien moyen-supérieur, l'évolution des fréquences relatives montre une prédominance des formes enroulées (*Lenticulina s.str*) avec des proportions de l'ordre 75%, les formes déroulées présentées par les *Dentalina*, et les *Lingulina* sont exprimées par des fréquences de 8% pour les premiers et de 14% pour les seconds. Le pourcentage des formes en voie de déroulement présente des proportions faibles.

- au Toarcien inférieur, une diminution sensible des formes enroulées (*Lenticulina s.str*) (48%). Une augmentation de la fréquence des formes déroulées (*Dentalina* et *Eoguttulina*) pour atteindre (52,5%) avec une faible fréquence (5%) pour les *Nodosaria* et *Citharina*. Une fréquence de 7,5% pour les formes en voie de déroulement (*Falsopalmula*, *Planularia*).

- au cours de cette période on signale un intervalle azoïque entre la zone à Polymorphum et la zone à Levisoni dans les trois secteurs (coupes étudiés).

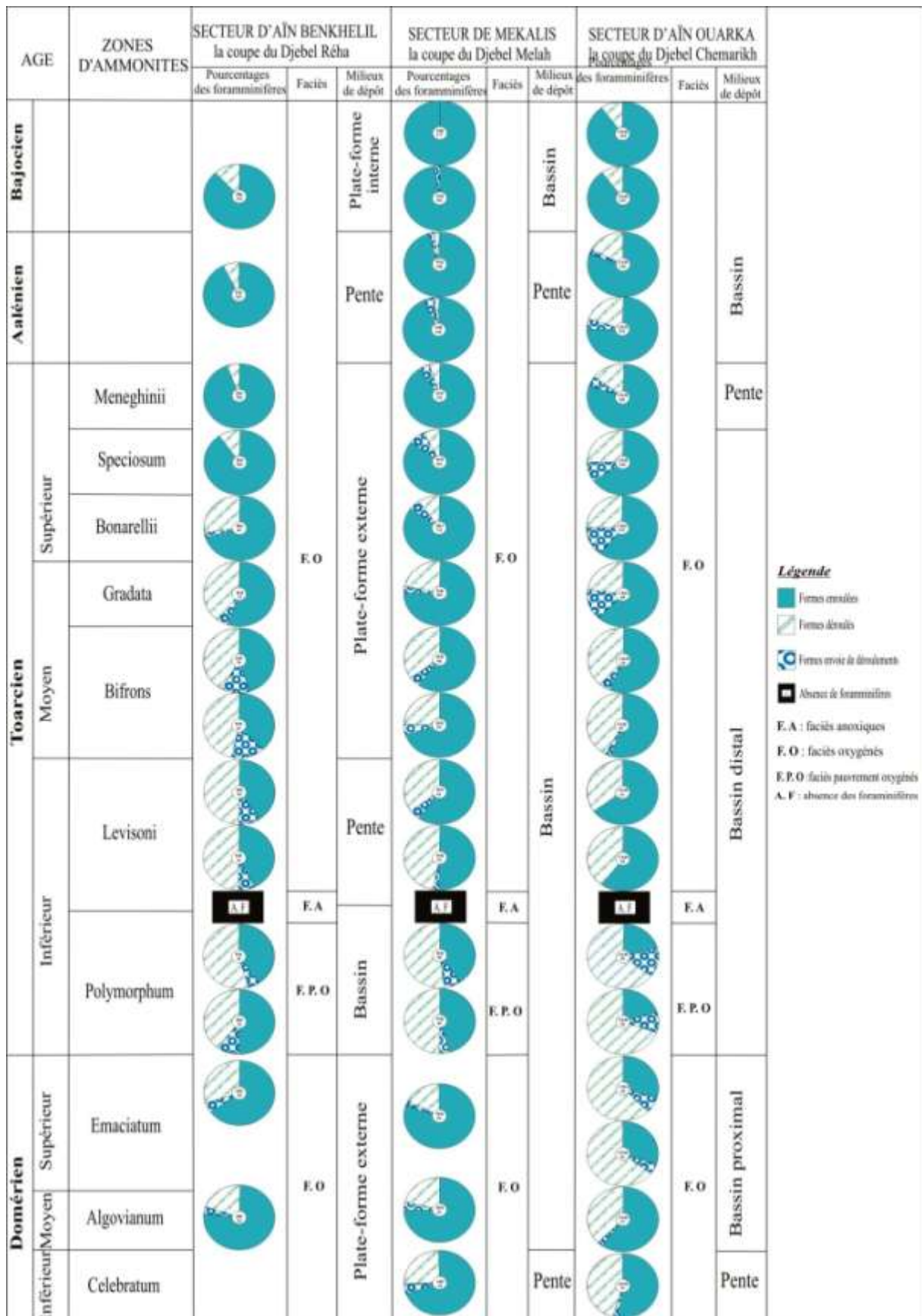


Fig. 17 : Evolution spatio-temporelle des différentes formes de foraminifères benthiques dans les Monts des Ksour.

- au cours du Toarcien moyen et supérieur, les pourcentages des formes enroulées prédominants (70%) et restent similaires dans les niveaux équivalents des coupes (Réha et Chemarikh). Les formes déroulées (F.D) (*Dentalina*, *Nodosaria*, *Lingulina* et *Eoguttulina*) auxquelles s'ajoutent les *Citharines* sont faiblement représentées (20 à 5%). Une variation sensible des pourcentages des formes en voie de déroulement (F.V.D) (*Falsopalmula*, *Planularia*) est observée et avoisine des valeurs de l'ordre de 7%.

- à partir d'Aalénien jusqu'au Bajocien inférieur, l'évolution des fréquences relatives montre une prédominance quasi totale des formes enroulées. Les autres formes déroulées et en voie de déroulement sont représentées par des effectifs faibles de l'ordre de 2,5%.

### 1.2.3 La coupe du Djebel Réha

- au Domérien moyen et supérieur, la microfaune est abondante. Les formes enroulées dominent largement (*Lenticulina s.str*) (76% à 65%). Les formes déroulées présentent des fréquences de l'ordre de 20% à 30% (*Lingulina* 8% et les *Pseudonodosaria* 5%).

- le Toarcien inférieur est marqué par une réduction de la fréquence des formes enroulées (55% à 40%). En revanche, le pourcentage des formes en voie de déroulement augmente sensiblement par rapport au début pour atteindre des valeurs de l'ordre de 10%. Les formes déroulées (*Dentalina* et *Eoguttulina*) deviennent plus abondantes et atteignent des pourcentages de l'ordre de 37,5% à 55%. Les autres formes accompagnatrices telles que *Nodosaria* et *Lingulina* restent faiblement représentées (5%).

- au cours du Toarcien moyen – supérieur, on note une diminution de la fréquence des formes déroulées (*Dentalina*, *Nodosaria*) pour atteindre des valeurs de l'ordre de (10%). A la fin de la zone à Meneghinii, les formes en voie de déroulement (*Falsopalmula* et *Planularia*) subissent une légère augmentation des pourcentages (12,5%) puis vers le sommet on signale une diminution de ces valeurs pour atteindre 2,5%. Les formes enroulées (*Lenticulina s.str*) ont des pourcentages de 70%, auxquelles s'ajoute un autre taxon (*Spirillina*) avec des fréquences significatives.

- au cours de l'Aalénien –Bajocien inférieur, nous avons une prédominance des formes enroulées 88% à 92,5% par rapport aux formes déroulées 7,5% à 12%.

## 1.3 Rapport des fréquences relatives entre les agglutinants et les formes hyalins (Fig. 18).

Les foraminifères dans les trois secteurs sont représentés par : les agglutinants et les foraminifères hyalins de formes lisses ou ornées.

### 1.3.1 La coupe du Djebel Chemarikh

- au Domérien inférieur, les foraminifères représentent les mêmes proportions dans les deux secteurs (Mékalis et Aïn ouarka). Le groupe des agglutinés représente environ 13% de l'ensemble de la microfaune. Les hyalins qui constituent le groupe le plus abondant (78%) est dominé essentiellement par les formes lisses 73,5%, les formes ornées sont exprimées par des fréquences de 13,5%.

- au Domérien moyen et supérieur, les agglutinés montrent des pourcentages de l'ordre de 15% à 25%. Les hyalins restent le groupe le mieux représenté et le plus diversifié (52 à 64,5%) et dans lequel le pourcentage des formes ornées (*Lingulina*, *Nodosaria* et *Icthyolaria*) augmente sensiblement par rapport au début pour atteindre des valeurs de l'ordre de 22,5%.
- au cours du Toarcien inférieur, on note une diminution de la fréquence des agglutinés (15 à 0%) par apport aux hyalins qui avoisinent (100%). Les formes lisses (*Dentalina* et *Eoguttulina*) montrent des fréquences élevées par rapport à celles des formes ornées.
- au Toarcien moyen et supérieur, l'évolution des fréquences relatives relève la prédominance des foraminifères à test hyalins où les formes lisses sont représentées par des proportions de l'ordre de (92,5%) et une fréquence constante des formes ornées (10% à 15,5%).
- à partir de l'Aalénien, une diversification de la microfaune qui est marquée essentiellement par la prédominance de foraminifères hyalins avec des pourcentages de 81% pour les formes lisses et 9% pour les formes ornées. Une réapparition au sommet, des agglutinés (10%) qui sont représentés par de nouvelles familles.

### 1.3.2 La coupe du Djebel Melah

- au Domérien inférieur, le groupe des agglutinés représente environ 13% de l'ensemble de la microfaune. Les hyalins qui constituent le groupe le plus abondant (78%) sont dominés essentiellement par les formes lisses 73,5% et les formes ornées qui sont exprimés par des fréquences de 13,5%.
- le Domérien moyen-supérieur est marqué par la présence constante des agglutinés 16,5 à 17%. Les hyalins évoluent avec des proportions allant de 66,5 à 75,5% pour les formes lisses et de 8,5 à 22% pour les formes ornées.
- au cours du Toarcien inférieur, une réduction du groupe des agglutinés (17 à 0%). En revanche, les hyalins deviennent plus abondants avec une faible présence des formes ornées ; les formes lisses (*Dentalina* et *Eoguttulina*) augmente pour atteindre des valeurs de l'ordre de 92,5%.
- le Toarcien moyen et supérieur est caractérisé par un assemblage composé seulement de foraminifères à test hyalins, dans lequel les formes lisses prédominent avec des pourcentages de 90 à 97,5%. Les formes ornées deviennent plus significative au sommet.
- de l'Aalénien au Bajocien inférieur, Les données quantitatives montrent une prédominance des hyalins (100%). Les formes lisses (89,5 à 94,5%) dominent largement.

### 1.3.3 La coupe du Djebel Réha

- au cours du Domérien moyen -supérieur, l'évolution des fréquences relatives montre un assemblage composé seulement de foraminifères hyalins, dans lequel les formes lisses atteignent des valeurs de l'ordre de 80 à 85%. Les formes ornées évoluent avec des proportions de l'ordre de 20 à 15%.



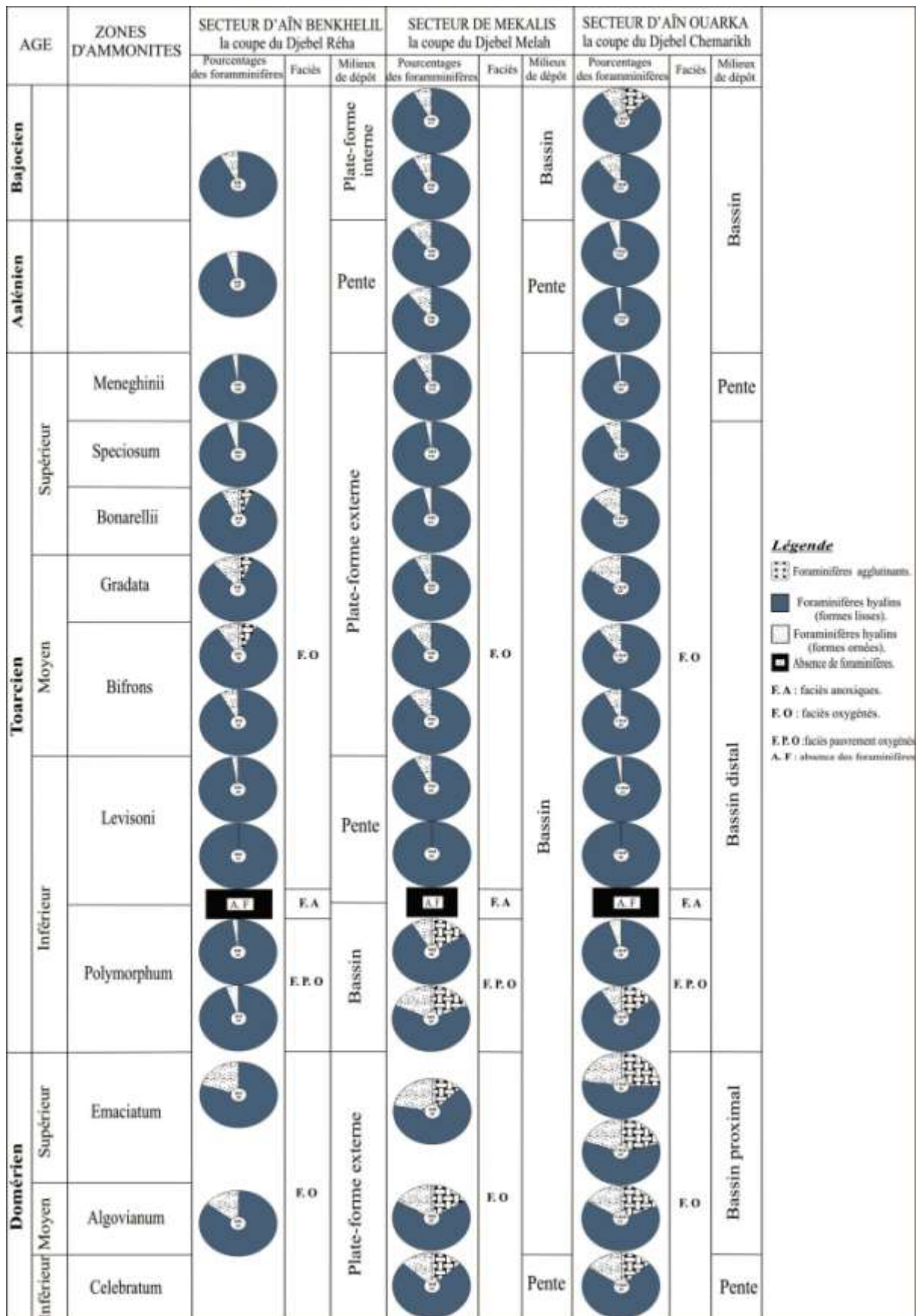


Fig. 18 : Evolution spatio-temporelle des foraminifères agglutinants et hyalins dans les Monts des Ksour.

- au cours du Toarcien inférieur, les hyalins qui correspondent au groupe dominant, sont représentés essentiellement par les formes lisses, les formes ornées diminuent légèrement ; leur pourcentage passe de 8,5% à 0%.

- au Toarcien moyen – supérieur, on observe une apparition des agglutinés 6,5% à 7,5%. Les formes hyalins sont prédominantes où les formes lisses varient très peu et restent similaires aux niveaux sous-jacents. Les formes ornées (*Nodosaria*, et *Lingulina*) auxquelles s'ajoutent les premières *Citharina* sont faiblement représentées (10 à 2,5%).

- l'Aalénien – Bajocien inférieur, montre des pourcentages similaires aux niveaux sous-jacents. Les hyalins prédominent avec les formes lisses qui représentent le groupe le plus abondant, montrent des proportions qui oscillent entre 95,5% à 92,5%.

## **2- Evolution des fréquences relatives moyennes des foraminifères par rapport au gradient proximal- distal**

L'évolution des proportions relatives moyennes des foraminifères par rapport au gradient proximal- distal (fig. 19) montre :

### **2.1 Milieu de plate- forme interne**

La coupe étudiée est celle d'Aïn Ben Bhelil. En raison de la présence des foraminifères récoltés. Leur analyse révèle la prédominance des tests hyalins avec 88% de formes enroulées et 12% de formes déroulées.

### **2.2 Milieu de plate forme externe**

Cet environnement est soumis à une sédimentation marno-calcaire riche en faune benthique et nectobenthique. Les sédiments calcaires correspondent à des micrites (mudstones) à radiolaires déposés dans les zones calmes et les plus distales. Il est confirmé la vie benthique où on note une prolifération des foraminifères.

L'analyse quantitative de foraminifères prélevés dans les alternances de Gaaloul (Domérien) et marno-calcaire de Réha (Toarcien moyen et supérieur) montre une fréquence moyenne élevée des foraminifères hyalins ; ils sont représentés en moyenne 96,5% avec une proportion moyenne de 10% pour les formes ornées. Les agglutinants sont peu abondants et représentent une moyenne de 3,5%.

Les Nodosariidés présentent la famille la plus dominante avec des proportions moyennes de (88%), les autres taxons présentent des proportions moyennes de l'ordre de 3% pour les Bolivinitidés, 4% pour les Lituolidés et 5% pour les Spirillinidés.

Les formes enroulées *Lenticulina s.str* constituent le groupe le plus largement représenté (68%). Les formes déroulées (*Nodosaria*, *Ichthyolaria*, *Citharina* et *Dentalina*) et en voie de déroulement (*Falsopalmula*, *Planularia*) évoluent normalement, avec des proportions moyennes de 26% pour les premiers et de 6% pour les seconds.

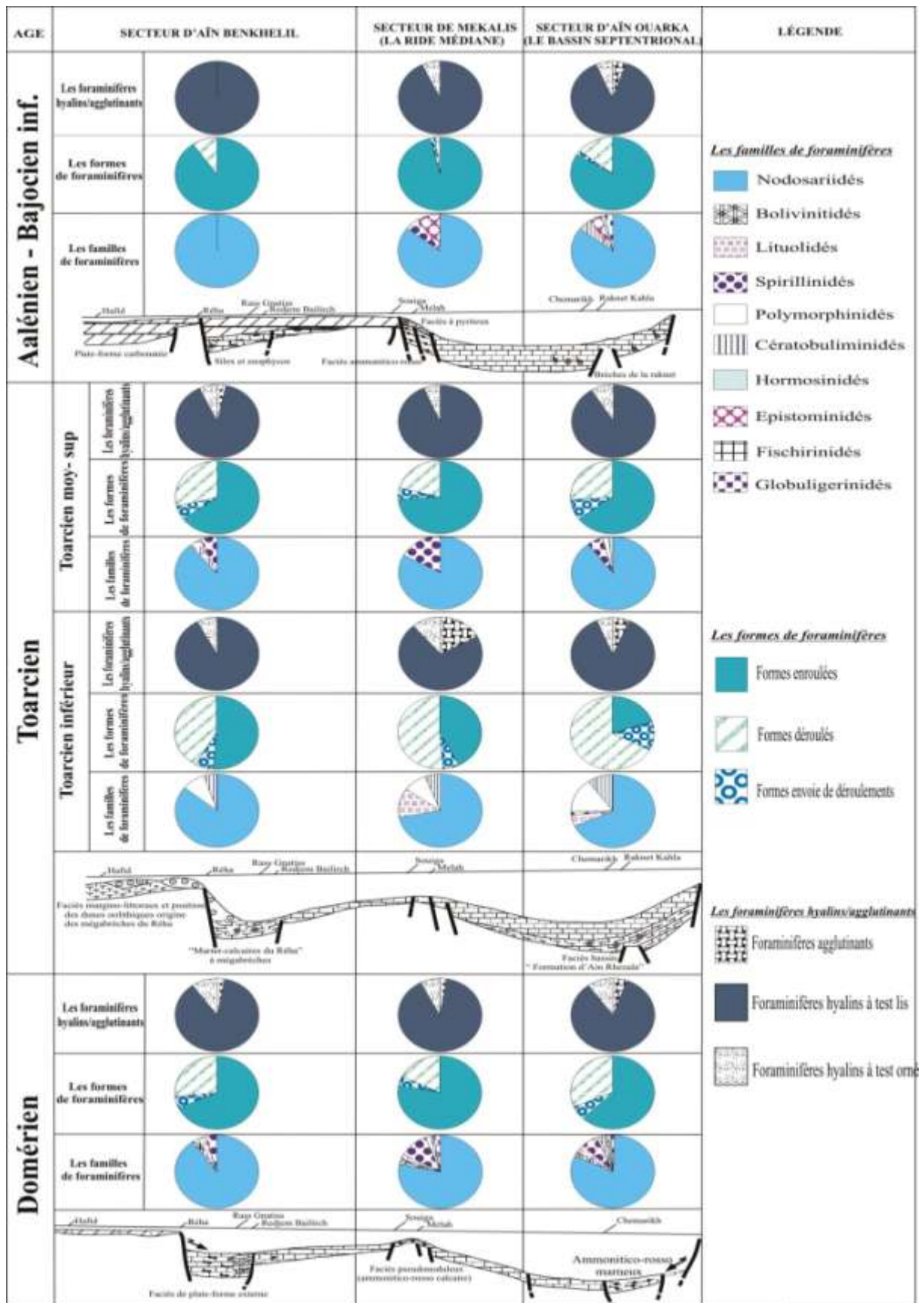


Fig. 19 : Evolution tecteno-sédimentaire (Mékahli, 1998) et les fréquences relatives moyennes des foraminifères par rapport à l'environnement.

### 2.3 *Milieu de pente*

Il correspond à un milieu relativement profond assurant la transition des plates-formes aux bassins le passage aux zones relativement profondes est souligné par la présence des traces de *zoophycos*. Ce milieu se présente dans les trois secteurs par des fréquences relatives variables des foraminifères.

- dans le secteur d'Aïn Ben Khelil, ce milieu est indiqué par des niveaux très slumpés visibles dans les marnes à mégabrèches du Toarcien inférieur (zone à Levisoni). L'évolution des fréquences relatives moyennes montre une prédominance quasi-totale de foraminifères hyalins (100%). Les formes lisses sont largement développées (99%).

Les Nodosariidés sont les plus abondants et les autres familles sont représentées par des formes indicatrices d'un certain degré de confinement les Polymorphinidés (5%) et les Cératobuliminidés (9%).

Une prédominance de formes enroulées (60%). Les formes déroulées (*Lingulina*, *Dentalina*, *Ichthyolaria* et *Eoguttulina*) montrent une proportion moyenne de (35%). Les formes en voie de déroulement (*Falsopalmula*, *Planularia*) restent faiblement représentées (5%).

- dans le secteur de Mékalis, il est matérialisé par le sommet des calcaires pseudonoduleux de la formation des alternances d'Aouinet Es Siah (Domérien inférieur) et par les alternances marno-calcaires à *Zoophycos* (Aaléno-bajocien). Il est caractérisé par la prédominance du groupe hyalin (95,5%) où les formes lisses présentent en moyenne 83,5% ; les formes ornées montrent une proportion moyenne de 11,5% et le groupe agglutinants est peu abondants et représente une moyenne de 4,5%.

Les Nodosariidés représentent en moyenne 76% de foraminifères. Les autres familles présentes proportions relatives moyennes de 8% pour les Bolivinitidés, 5,5% pour les Lituolidés, 7,5% pour les Spirillinidés et 3% pour les Fischinidés.

Les formes enroulées montrent une proportion moyenne de (85%). En revanche, les formes déroulées sont faiblement représentées et leur fréquence moyenne est évaluée à 15%.

- dans le secteur d'Aïn Ouarka, il représenté par les alternances violacées (Domérien inférieur) et les alternances de marnes et de calcaires à *Zoophycos*. La répartition de la microfaune au cours du Toarcien inférieur et le Toarcien supérieur montre une prédominance des Nodosariidés (75%) par rapport aux Bolivinitidés (5%), Lituolidés (5,5%), Polymorphinidés (8%) et Cératobuliminidés (6,5%).

Les formes enroulées restent majoritairement les plus abondantes (73%), les autres genres déroulés représentés par des formes ornées (*Lingulina*, *Nodosaria* et *Ichthyolaria*) et des formes lisses *Dentalina* évoluent avec une proportion moyenne de l'ordre de 23,5%. Les formes en voie de déroulement sont représentées par des proportions de l'ordre de 4%.

## 2.4 Milieu de bassin

Les conditions d'oxygénation sont inhérentes à la physiographie du fond marin dans le bassin des Ksour. Ainsi, divers degrés de confinement biologique sont définis par Sebane (2007) et sont comparables à ceux décrits par Boutakiout (1990).

### A- milieu de bassin (oxygéné)

Ils correspondent à tous les dépôts du Domérien, Toarcien (Toarcien moyen et supérieur) et l'Aaléno-Bajocien. Ils sont caractérisés par une alternance marno-calcaire riche en faunes benthiques et nectobenthiques. L'évolution des fréquences relatives des foraminifères montre :

- dans le secteur de Mékalis une association de foraminifères dominée par les hyalins avec une proportion moyenne de 89% pour les formes lisses et une valeur moyenne de 7,5% pour les formes ornées. Une fréquence constante des agglutinants (3,5%).

Les Nodosariidés (78%) restent le mieux représentés et le plus diversifiés et les autres taxons montrent des fréquences moyennes de 12% pour les Spirillinidés, (2,5%) pour les Bolivinitidés, (2,5%) pour les Epistominidés et (5%) pour les Lituolidés.

les formes enroulées sont prédominées avec une proportion moyenne de 78%. Ils sont accompagnés par des formes déroulées avec des valeurs qui augmentent sensiblement pour atteindre une valeur moyenne de l'ordre de (17%). Une variation sensible des pourcentages des formes en voie de déroulement (*Falsopalmula*, *Planularia*) est observée et avoisine des valeurs de l'ordre de 5%.

- dans le secteur d'Aïn Ouarka les foraminifères sont abondants et très variés en espèces. Les hyalins restent le groupe le mieux représenté et le plus diversifié avec une proportion moyenne de 89% pour les formes lisses, une valeur moyenne de 7,5% pour les formes ornées et une fréquence constante de 3,5% pour les agglutinants.

Les Nodosariidés sont largement dominants (82%), les Spirillinidés atteignent un pourcentage moyen de (6,5%) et les autres familles sont modestes [(Lituolidés 4%, Bolivinitidés 1,5%, Epistominidés (1,5%), Hormmosinidés (1%), Polymorphinidés (2%), Cératobuliminidés (1,5%) et globuligérinidés (1%)].

Les formes enroulées restent majoritairement les plus abondantes (73%), les autres genres déroulés représentés par *Lingulina*, *Nodosaria*, *Ichthyolaria* et *Dentalina* évoluent avec une proportion moyenne de l'ordre de 23,5%. Les formes en voie de déroulement de l'ordre de 4%.

### B- milieu de bassin confiné (pauvrement oxygéné)

Il est représenté par des zones très profondes créées pendant le Toarcien inférieur, lors de la différenciation induite par la tectonique liasique de blocs. L'analyse quantitative des foraminifères dans les trois secteurs des Monts de Ksour montre :

- dans le secteur d'Aïn Ben Khelil, les foraminifères sont peu abondants et moins diversifiés. Ils sont caractérisés par la prédominance des hyalins avec les formes lisses comme groupe dominant (94,5%). Les foraminifères sont caractérisés par une réduction de la fréquence des formes enroulées (50%). En revanche, les formes déroulées (*Dentalina* et *Eoguttulina*) deviennent plus abondantes et atteignent une proportion de l'ordre de (42%). Les autres formes accompagnatrices telles que *Nodosaria* et *Lingulina* restent faiblement représentées. Le pourcentage des formes en voie de déroulement augmente sensiblement pour atteindre une valeur moyenne de l'ordre de 7%.

Les autres taxons montrent des proportions variables où les Polymorphinidés et les Cératobuliminidés augmentent continuellement de fréquence; ils atteignent en moyenne des valeurs de l'ordre de 11,5% pour les premiers, de 13,5% pour les seconds et sont donc très adaptés à ces milieux d'ombilics confinés.

- le secteur de Mékalis, une réduction du nombre d'individus avec une prédominance des foraminifères hyalins (85%) où les formes lisses sont les plus abondants 79% ; les agglutinants ne sont pas affectés par le changement de biotope et représente une proportion moyenne de l'ordre de 6%. le développement des Polymorphinidés (10%), des Cératobuliminidés (8,5%), associées aux Lituolidés (6%) et Nodosariidés (75,5%). On note aussi une diminution de la fréquence des formes enroulées (42,5%) par rapport aux formes déroulées qui avoisinent (51,25%). Les formes en voie de déroulement (*Falsopalmula* et *Planularia*) subissent une légère augmentation des pourcentages (6,5%). Tous ces caractères traduisent un milieu profond et isolé ainsi qu'un changement des conditions qui deviennent contraignantes pour le développement de la vie benthique.

- dans le secteur Aïn Ouarka, comme les deux premiers secteurs les foraminifères sont généralement peu abondants et sont caractérisés par une prédominance des foraminifères hyalins. Les formes lisses sont largement développées (85,5%). La constance des pourcentages du groupe des agglutinants avec une valeur moyenne proche de 7%. Les Polymorphinidés évoluent avec des proportions de 13,5% et les Cératobuliminidés avec 7,5%. La réduction des Spirillinidés est de 3,5%. Pour les formes enroulées (*Lenticulina s.str*) prédominant avec des pourcentages de (20%), les formes déroulées (*Dentalina* et *Eoguttulina*) augmentent sensiblement pour atteindre une moyenne de 67,5%. les formes en voie de déroulement (*Falsopalmula*, *Planularia*) montrent un pourcentage de 12,5%.

Dans les trois secteurs des Monts des Ksour le degré maximal du confinement qui empêche tout développement de la vie benthique (la limite entre la zone à Polymorphum et Levisoni).

## V. CONCLUSION

L'analyse des foraminifères benthiques du Lias des Monts des Ksour a permis de mettre en évidence plusieurs assemblages, largement dominés par les Nodosariidés. Ces assemblages peuvent être proposés comme marqueurs qualitatifs et quantitatifs des paléoenvironnements.

Qualitativement, les foraminifères définissent 4 associations taxinomiques en fonction de la profondeur.

Quantitativement, l'évolution des foraminifères et leurs distributions dans le temps par rapport au gradient proximal- distal dans les Monts des Ksour montrent cinq environnements différents du Domérien jusqu'au début du Bajocien.

- du Domérien au Toarcien inférieur (base de la zone à Polymorphum), une diversification de la microfaune marquée par l'abondance des Nodosariidés, les autres taxons sont modestes (les Bolivinitidés les Lituolidés les Spirillinidés) dans les sédiments hémi-pélagiques de plate-forme externe à bassin.

- au cours de la zone à Polymorphum, la taille et la fréquence de la microfaune diminuent. Les Nodosariidés prédominent avec une augmentation des formes déroulées lisses et en voie de déroulement, l'apparition des Polymorphinidés et des Cératobuliminidés (*Eoguttulina* et *Reinholdella*), dans les sillons isolés et confinés résultants de la fragmentation tectonique en blocs basculés de la plate- forme carbonatée.

- au sommet de la zone à Polymorphum et au cours de la zone à Levisoni, un renouvellement microfaunique marqué par la prédominance des Nodosariidés à formes enroulés, l'apparition de nouvelles formes déroulées ornées typiquement toarciennes (les premières Citharines) et la disparition des Polymorphinidés et Cératobuliminidés.

- au Toarcien moyen et supérieur, marqué par l'apparition de plusieurs nouveaux taxons appartenant essentiellement à la famille des Nodosariidés, dans laquelle les formes enroulées prédominent sur les autres formes déroulées et en voie de déroulement. Cette période s'inscrit dans une tendance générale de comblement.

- de l'Aalénien au Bajocien inférieur un autre renouvellement marqué par de nouveaux taxons appartenant aux formes enroulées (Nodosariidés). L'apparition de nouvelles familles à tests agglutinants et les premières formes planctoniques (*Globuligerina*) s'épanouissent dans un bassin subsident.

# **CHAPITRE III : ANALYSE STATISTIQUE DES BIOCENOSSES DES FORAMINIFERES**

## **INTRODUCTION**

Des analyses statistiques multivariées, menées sur les données micropaléontologiques, ont pour objectif de rechercher les relations entre les biocénoses de foraminifères benthiques et le milieu de dépôt et aussi de faciliter l'identification des principaux paramètres écologiques qui régissent la distribution de ces foraminifères dans les Monts des ksour. Ce type d'analyses, a été beaucoup utilisé ces dernières années en paléoécologie (Rosset Moulinier et Roux, 1977 ; Piotelat, 1984 ; Bonnet *et al.*, (1991, 1994) ; Rey *et al.*, 1994 ; Qajoun, 1994 ; Cubaynes *et al.*, 1995 ; Bouhamdi *et al.*, 1998 et Bouhamdi, 2000).

## **II. RAPPELS METHODOLOGIQUES**

Nous avons fait appel à plusieurs méthodes d'analyse statistique multidimensionnelle.

### **1- L'analyse factorielle des correspondances (AFC)**

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) est une méthode d'analyse multidimensionnelle qui permet de voir comment se structurent les données issues d'une enquête. Elle cherche à décrire dans un espace euclidien de faible dimension la forme du nuage de points en déterminant ses principaux axes d'allongement (Jambu, 1989). Chaque axe porte un certain pourcentage d'information, ou inertie, sur les liens entre les variables. Malgré la perte d'information, cette méthode reste intéressante car elle traite simultanément les corrélations au sein et entre les différentes variables (Conesa *et al.*, 2005).

Les données résultantes sont projetées dans un espace 2D, donc comprenant deux axes. Les variables et les échantillons peuvent être alors visualisés dans le même plan ; cela permet d'attribuer une signification environnementale à chaque axe, et donc les facteurs à l'origine de la distribution des variables et leurs influences (Hennebert & Lees, 1991).

La projection simultanée des variables et des individus sur les plans des axes, permet de mettre en correspondance les variables et les individus de la manière suivante :

\* Plus les variables s'éloignent de l'origine, plus elles sont caractéristiques des individus se trouvant dans la même direction du plan.

\* Les variables proches les unes des autres sont corrélées entre elles.

### **2- Classification hiérarchique (AHA)**

La classification hiérarchique est une technique de classification automatique qui permet de regrouper les éléments analysés (individus, variables) à partir de leur similarité faunique (leur distance deux à deux) en classes de moins en moins fines. Il existe différents types d'AHA. Pour ce travail la méthode de Ward a été retenue car elle est la plus cohérente avec le fonctionnement d'analyse factorielle des correspondances. La méthode de Ward ou la méthode ascendante sur le moment d'ordre 2 est une méthode qui à chaque pas de l'analyse remplace chaque classe par son centre de gravité (Saporta, 1990). Les relations entre les échantillons sont représentées sous la forme d'un arbre hiérarchique ou dendrogramme.



### 3- analyse des correspondances multiples (ACM)

C'est une extension de l'analyse factorielle des correspondances et une technique de description de données qualitatives. Elle utilise des tableaux de données disjonctifs après codage binaire. Dans notre cas, ce sont les tableaux de répartition des espèces de foraminifères (après codage) qui ont servi de tableaux d'enquêtes pour l'analyse. On précise aussi que dans cette analyse d'ACM, les pourcentages d'inertie des axes factoriels n'ont qu'un intérêt restreint.

### III. PRESENTATION DES DONNEES

Les données sont arrangées sous forme de matrice, les lignes y représentent les niveaux de prélèvements (sites d'échantillonnages) et les colonnes les variables à étudier.

Trois sortes de données sont exposées : les premières sont représentées par les variables et les individus suivants :

\* Les variables : elles sont définies par le pourcentage des familles de foraminifères. Nous avons défini les familles suivantes : *Nodosariidae*, *Bolivinitidae*, *Lituolidae*, *fischirinidae*, *Spirillinidae*, *Polymorphinidae*, *Ceratobuliminidae*, *Epistominidae*, *Hormosinidae* et *Globuligerinidae*. Les Nodosariidés sont représentées par trois formes différentes, formes enroulées (F.E), formes droites ou déroulées (F.D) et formes en voie de déroulement (F.V.D)

\* Les individus : correspondent aux niveaux de prélèvement (sites d'échantillonnage)

Pour les deuxièmes données, nous avons utilisé l'analyse des correspondances multiples (ACM) et la classification hiérarchique à partir des tableaux de présence - absence des espèces de foraminifères. Cette analyse requiert un codage binaire disjonctif et complet de ces tableaux. Ainsi ont été codées 1 une présence et 0 une absence.

Les troisièmes données sont représentées par les variables et les individus suivant :

\*Les individus : correspondent aux niveaux de prélèvement de chaque coupe (secteur).

\* Les variables : elles sont représentées par les trois variations morphologiques des foraminifères : formes enroulées (F.E), formes droites ou déroulées (F.D) et formes en voie de déroulement (F.V.D).

## IV. APPLICATIONS ET RESULTATS

### 1- Rapport entre les différentes familles de foraminifères et le milieu de sédimentation.

Dans la présente étude, l'analyse statistique est utilisée dans un premier temps pour visualiser la structuration des données issues de chaque coupe des Monts des Ksour (coupe de Chemarikh, coupe de Melah et coupe de Réha) prise séparément. Dans un deuxième temps, elle est utilisée pour visualiser la structure des données issues de l'ensemble des 3 coupes.

#### 1.1 Traitement séparé des coupes (AFC+AHA)

Pour l'ensemble des trois coupes, 10 variables ont été prises en compte pour les analyses statistiques. Elles sont relatives à la morphologie des foraminifères. Les variables ont été comptabilisées de façon quantitative. Ces études statistiques (L'analyse factorielle des correspondances et La classification hiérarchique permettront de mieux comprendre la relation entre la distribution des foraminifères et les variations environnementales.

##### 1.1.1 Coupe de Chemarikh

L'analyse factorielle des correspondances permet de projeter simultanément sur les plans factoriels déterminés par les axes (F1 et F2) les variables et les individus. Elle nous laisse la possibilité de comparer les échantillons entre eux et de rechercher une éventuelle relation entre les différentes familles de foraminifères et leur milieu de vie.

Dans la première coupe, les deux premiers axes ont été retenus ; ils expliquent 57,28% de la variance totale. Dans le tableau 1, sont représentées l'inertie de chaque axe ainsi que l'information apportée par chaque famille.

Inertie des axes	Informations apportées par les familles significatives		Total de l'information apportée par les familles significatives	
Axe F1 : 32,58%	Nodosariidés (F.E) : 11,39% Bolivinidés : 21.60% Lituolidés : 33.04%		66,03% de l'axe 1 expliqué	
Axe F2 : 24,70%	Epistominidés : 20,60% Hormosinidés : 14,52% Globuligérinidés : 13.21%	S'opposent à	Polymorphinidés : 10,52% Cératobuliminidés : 12,07%	70,92% de l'axe 2 expliqué

Tab. 1 : Ensembles des variables significatives et leur inertie par rapport aux axes retenus dans la coupe de Chemarikh.

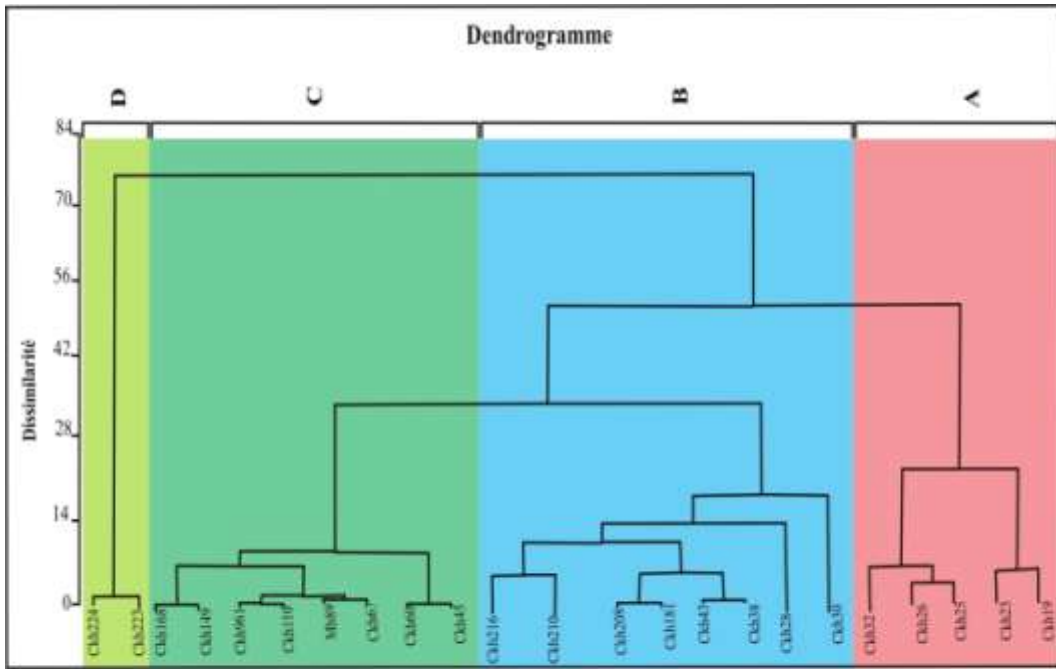


Fig. 21 : Classification hiérarchique appliquées sur les données de la coupe du Chemarikh

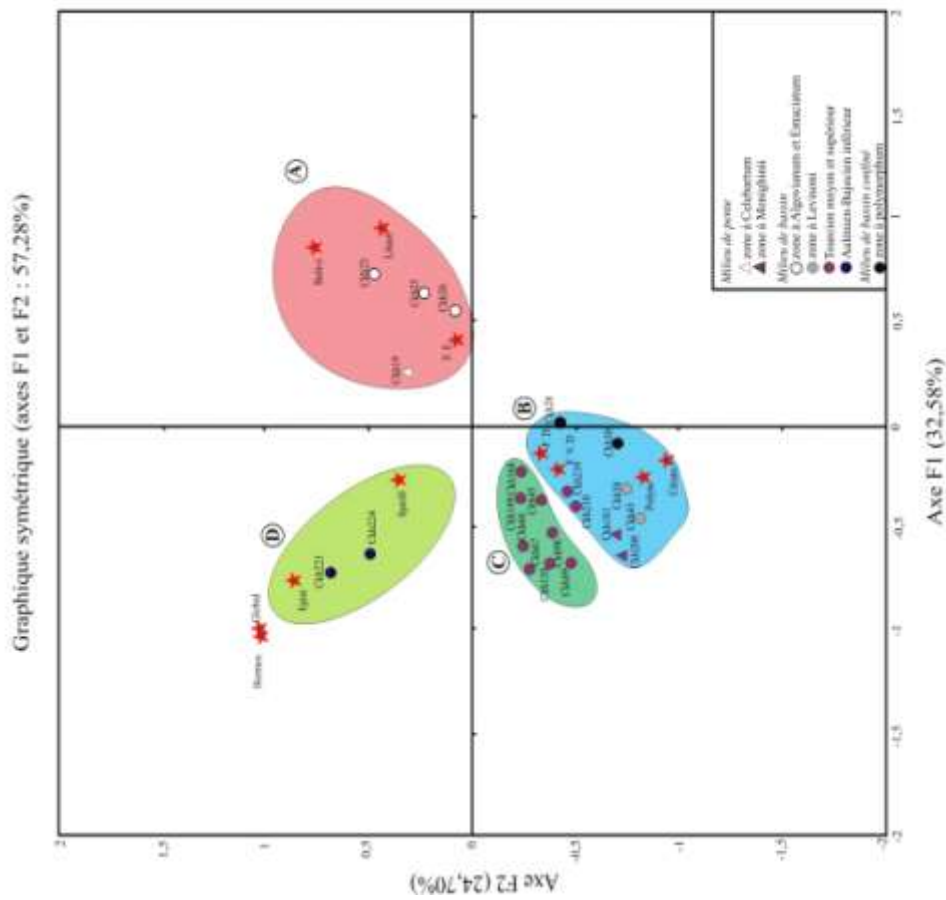


Fig. 20 : AFC des 23 individus (niveau de prélèvement) x 11 variables (Coupe de Chemarikh).

L'axe F1 (tab. 1) ne met pas les variables en opposition mais le nuage de points (fig. 19) est influencé dans le même sens par les Nodosariidés (F.E), les Bolivinidés et les Lituolidés. L'axe F2 met en opposition les variables Epistominidés, Hormosinidés et Globuligérinidés aux variables Polymorphinidés et Cératobuliminidés.

Dans les plans factoriels F1 et F2 de l'AFC (fig. 20), la présentation des individus montre que sur l'axe F1 s'opposent, en général, les gisements de la partie inférieure (Domérien –Toarcien basal) la coupe à ceux de la partie supérieure (Toarcien supérieur-Aalénien). Le facteur F2 oppose les gisements du milieu relativement moins profond bien oxygéné (pente à bassin) à ceux du milieu profond confiné pauvrement oxygéné.

L'interprétation de ces axes factoriels traduisant des variations de niveau marin (F1) et variation de la bathymétrie (F2).

L'examen de la représentation graphique de l'analyse factorielle des correspondances et la classification hiérarchique (fig. 20, 21) permet de différencier quatre groupes :

Groupe A : regroupant les niveaux qui sont positivement corrélés avec les deux axes factoriels F1 et F2. Ces niveaux sont caractérisés par l'abondance des Bolivinidés, Lituolidés et les formes enroulées (F.E) (Nodosariidés).

Groupe B : montre une corrélation négative aux deux axes factoriels F1 et F2 caractérisé par les niveaux riches en Polymorphinidés, Cératobuliminidés et les Nodosariidées (forme déroulées (F.D) et forme en voie de déroulement (F.V.D)).

Groupe D : présente les niveaux Ckh223 et Ckh 224 correspondant au sommet de la coupe dans lesquels sont répandues les Spirillinidés avec des formes nouvelles de foraminifères telles que les Epistominidés, Hormosinidés et Globuligérinidés.

### 1.1.2 La coupe de Mélah

Dans le tableau 2 l'axe F1 met en opposition les variables des formes déroulées (F.D) et Lituolidés à celle des Epistominidés. L'axe F2 met en opposition les variables des Bolivinidés aux variables Polymorphinidés et Cératobuliminidés.

Inertie des axes	Informations apportées par les familles significatives		Total de l'information apportée par les familles significatives
Axe F1 : 35,51%	Nodosariidés (F.D) : 15,22% Lituolidés : 19,14%	S'opposent à	Epistominidés : 13,89%
Axe F2 : 28,82%	Bolivinidés : 39,68 %		Polymorphinidés : 17,75% Cératobuliminidés : 10,60%
			48,25% de l'axe 1 expliqué
			68.03% de l'axe 2 expliqué

Tab. 2 : Ensembles des variables significatives et leur inertie par rapport aux axes retenus dans la coupe du Djebel Mélah.

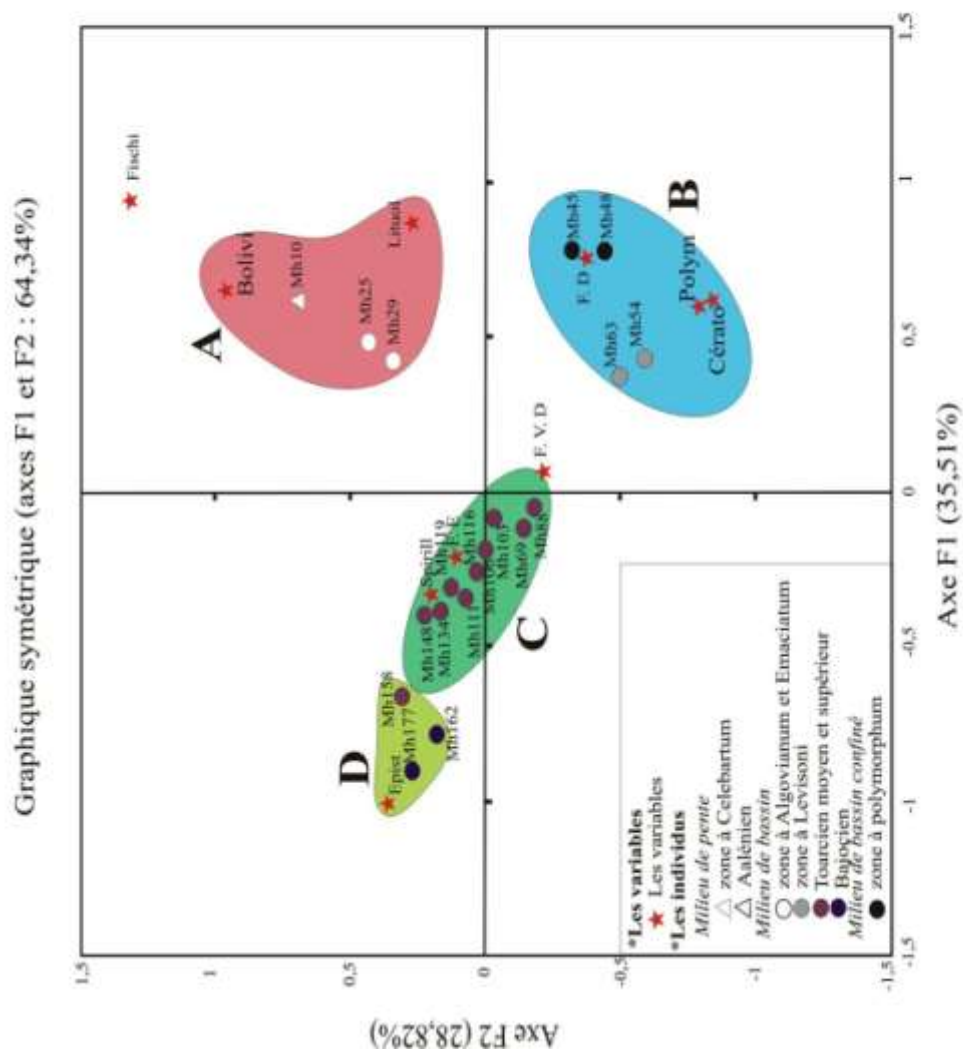


Fig. 22 : AFC des 20 individus (niveau de prélèvement) x 10 variables (Coupe de Djebel Mélah).

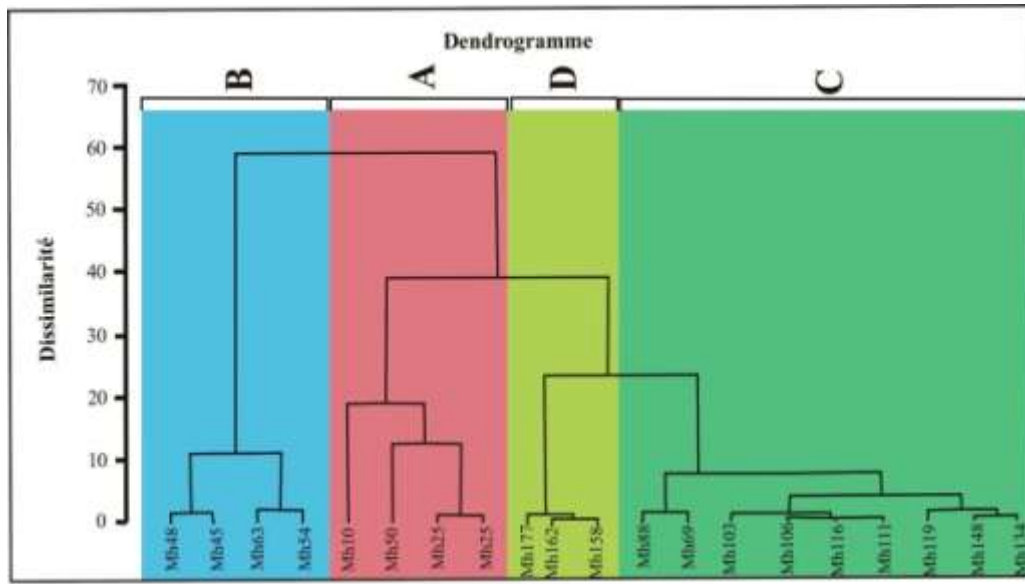


Fig. 23 : Classification hiérarchique appliquées sur les données de la coupe du Djebel Mélah

Dans les plans factoriels F1 et F2 de l'AFC (fig. 22), les deux axes factoriels totalisant 64,34% de l'inertie cumulée. La présentation des individus montre que le facteur

F1 traduit essentiellement l'influence d'un gradient hydrodynamique (variation de niveau marin) et le facteur F2 met en évidence un gradient de bathymétrie, caractérisé par une opposition entre les niveaux du milieu relativement moins profond bien oxygéné (pente à bassin) à ceux du milieu profond confiné pauvrement oxygéné.

L'AFC suivie d'une classification hiérarchique du moment d'ordre 2 laisse apparaître 4 groupes (fig. 22, 23):

Groupe A : montre une corrélation positive aux deux axes factoriels F1 et F2. Il est formé par les niveaux (Mh10, Mh25, Mh29) qui sont caractérisé par la présence des Bolivinidés et Lituolidés.

Groupe B : montre une corrélation positive avec le facteur F1 et une corrélation négative avec le facteur F2. Les foraminifères les plus répandus sont les formes qui s'adaptent à un milieu confiné (Polymorphinidés, Cératobuliminidés et Nodosariidés formes déroulés (F.D)

Groupe C : constitué de plusieurs niveaux dont la présentation graphique montre un nuage de point situé au voisinage de l'origine. La corrélation est peu significative (corrélation négative faible avec F1 et positive faible avec F2). Les Nodosariidés (F.E) et les Spirillinidés sont les foraminifères les plus abondants.

Groupe D : comprend les niveaux riches en Epistominidés. Il exprime une corrélation positive avec le facteur F2 et une corrélation négative très forte avec F2.

### 1.1.3 La coupe de Réha

Inertie des axes	Informations apportées par les familles significatives		Total de l'information apportée par les familles significatives
Axe F1 : 44,91%	Nodosariidés (F.D) : 21,18% Polymorphinidés : 16,63% Cératobuliminidés : 20,87%		58,68% de l'axe 1 expliqué
Axe F2 : 21,03%	Bolivinidés : 49,45%	S'opposent à Lituolidés : 19,35% Spirillinidés : 20,69%	89,49% de l'axe 2 expliqué

Tab. 3 : Ensembles des variables significatives et leur inertie par rapport aux axes retenus dans la coupe de Réha.

Graphique symétrique (axes F1 et F2 : 65,93%)

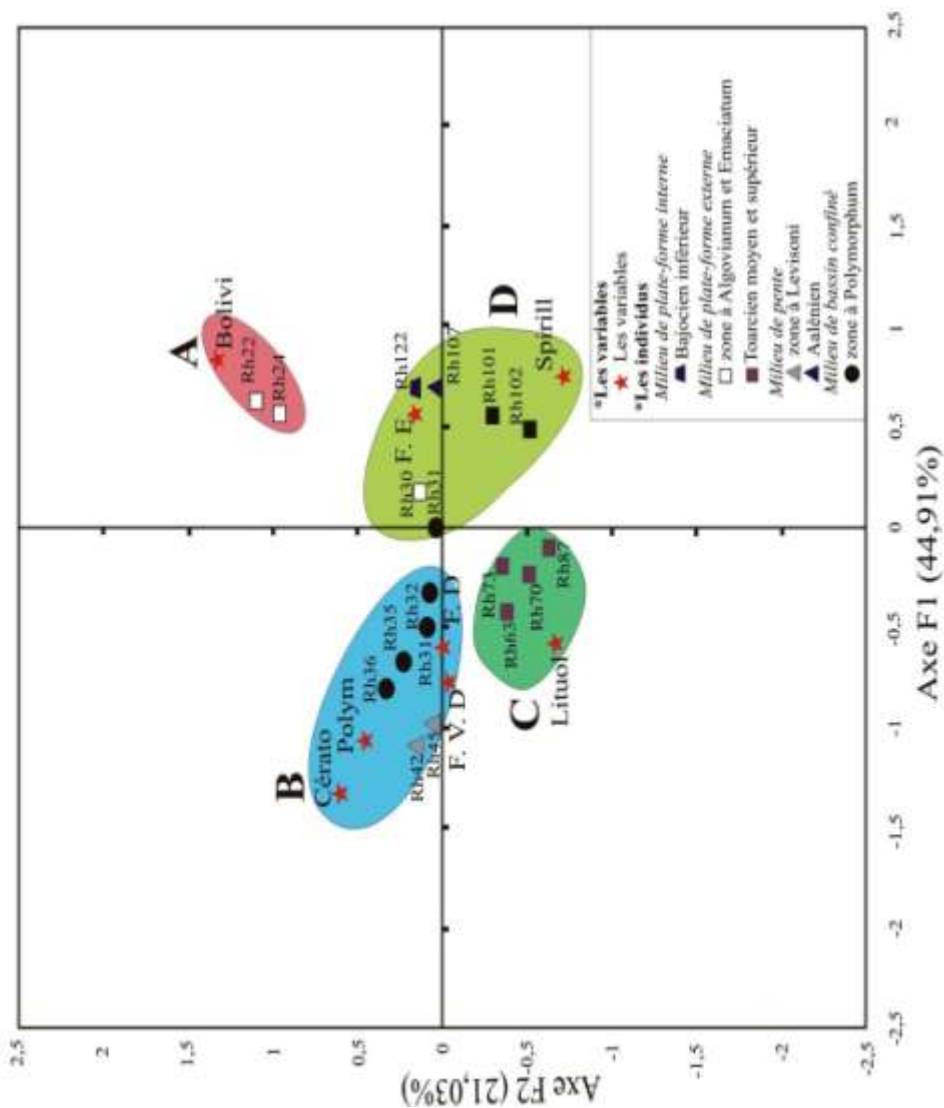


Fig. 24 : AFC des 18 individus (niveau de prélèvement) x 8 variables (Coupe de Réha).

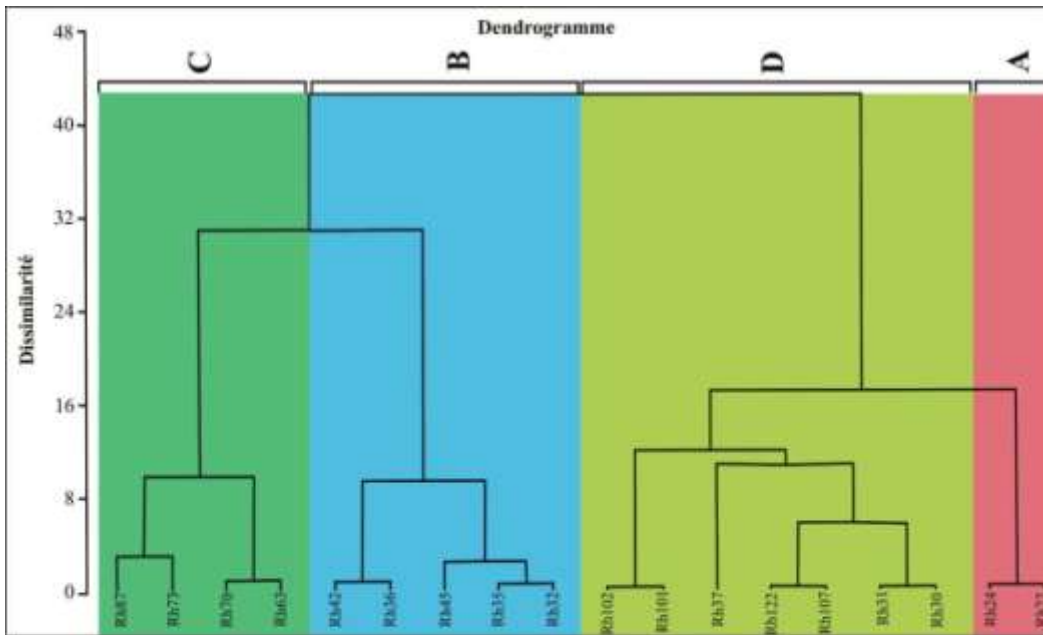


Fig. 25 : Classification hiérarchique appliquées sur les données de la coupe de Réha

Deux axes factoriels sont pris en considération. L'axe F1 (tab. 3) ne met pas les variables en opposition mais le nuage de points (fig. 24) est influencé dans le même sens par les Nodosariidés (F.D), les Polymorphinidés et les Cératobuliminidés. L'axe F2 met en opposition la variable des Bolivinidés aux variables des Lituolidés et des Spirillinidés.

Les deux axes totalisent une inertie égale à 65,93%. Le premier axe exprime les variations bathymétriques et l'axe F2 est lié aux variations du niveau marin au cours du Lias moyen.

La dispersion des niveaux sur les deux axes de l'AFC et la classification hiérarchique montre la présence de quatre groupes (fig. 24, 25) :

Le groupe A : comprend les niveaux Rh22 et Rh24 qui sont riches en Bolivinidés. Leur corrélation avec les facteurs F1 et F2 est très bonne.

Groupe B : est formé essentiellement par les niveaux qui sont riche en Polymorphinidés, Cératobuliminidé et Nodosariidés (F.D). Par opposition au premier groupe, ce groupe montre une grande affinité avec le milieu confiné.

Groupe C : les niveaux montrent une corrélation négative avec les deux axes factoriels F1 et F2. Il est formé par les niveaux de plate forme externe du Réha (Toarcien) riche en Lituolidés et Nodosariidés surtout les formes en voie de déroulement.

Groupe D : caractérisé par les niveaux du milieu moins profond dans lesquels sont répondues essentiellement les nodosariidés (F.E) et les spirillinidés. Ces niveaux montrent une corrélation faible à moyenne avec les deux facteurs.

## 1.2 Traitement de l'ensemble des coupes

Inertie des axes	Informations apportées par les familles significatives		Total de l'information apportée par les familles significatives
Axe F1 : 24,61%	Epistominidés : 21,60% Hormosinidés : 11,82%	S'opposent à	Lituolidés : 20,28%
Axe F2 : 21,86%	Bolivinidés : 26,20 %		Polymorphinidés : 14,37% Cératobuliminidés: 12,77% Nodosariidés (F.D) :9,75%
			53,7% de l'axe 1 expliqué
			63,07% de l'axe 1 expliqué

Tab. 4 : Ensembles des variables significatives et leur inertie par rapport aux axes retenus (L'ensembles des coupes).



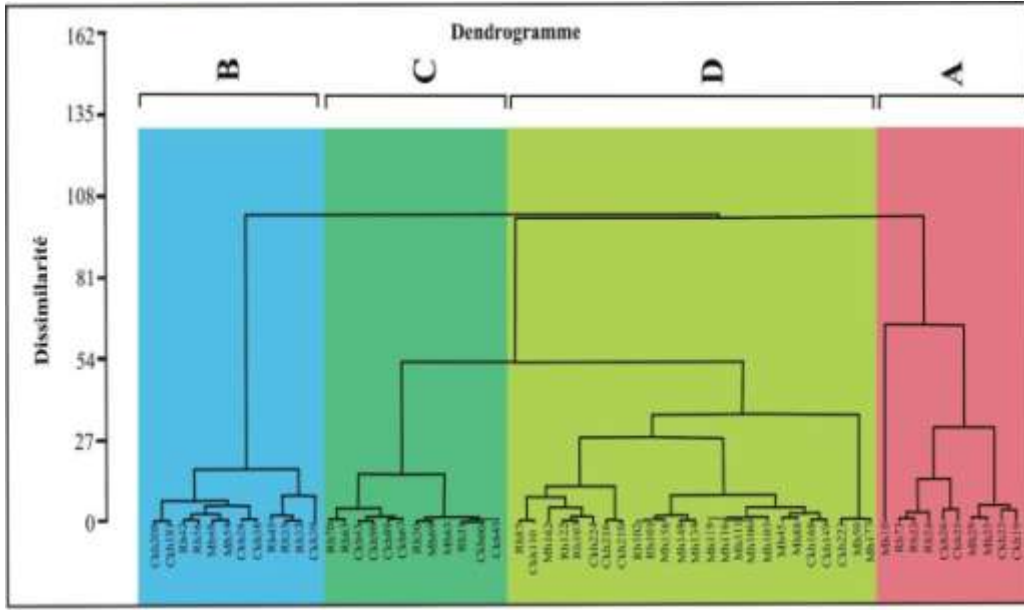


Fig. 27 : Classification hiérarchique appliquées sur les données des trois couées

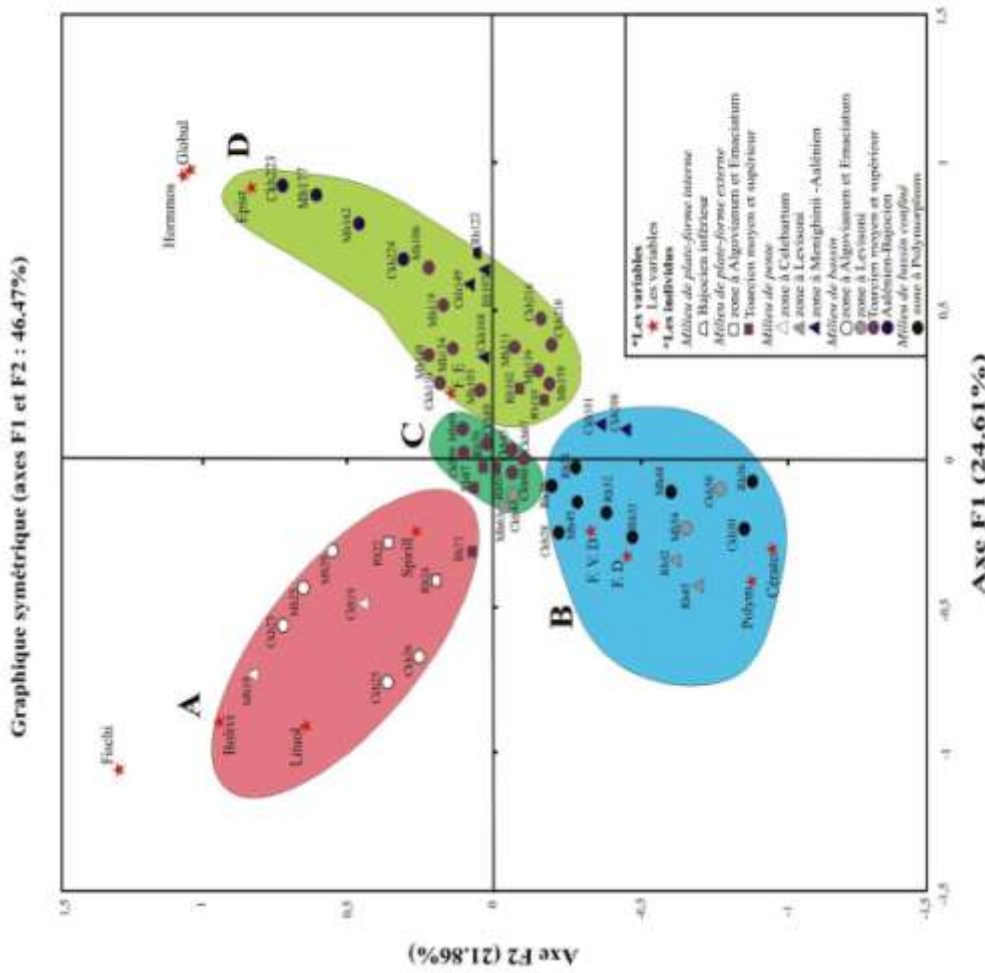


Fig. 26 : AFC des 18 individus (niveau de prélèvement) x 8 variables (1, ensemble des couées)

Dans le tableau 4 l'axe F1 met en opposition les variables Epistominidés, Hormosinidés à la variable Lituolidés. L'axe F2 met en opposition le variable Bolivinidés aux variables Polymorphinidés, Cératobuliminidés et Nodosariidés (F.D).

La distribution des individus (niveaux) dans le plan des deux facteurs de l'AFC (fig. 26) montre que l'axe F1 oppose, en principe, les niveaux des parties inférieures des trois coupes (Ckhemarikh, Mélah et Réha) riches en Bolivinidés et Lituolidés à ceux des parties supérieures riches en Epistominidés et Hormosinidés. Il met en évidence les variations du niveau marin relatif avec un renouvellement de foraminifères. Le facteur F2 oppose les gisements du milieu relativement moins profond riche en foraminifères à ceux du milieu profond confiné. Le facteur F2 met donc un gradient de bathymétrie.

L'examen de la présentation graphique de l'AFC et la hiérarchisation permet de différencier quatre groupements (fig. 26, 27):

Groupe A : est exprimé par les niveaux inférieurs (Domérien-Toarcien basal) des trois coupes qui renferment les Bolivinidés, les Lituolidés et les Spirillinidés. Il s'accorde à un milieu ouvert bien oxygéné.

Groupe B : montre une corrélation négative avec les deux axes factoriels (sauf les niveaux Ckh181, Ckh208 qui montrent une corrélation positive faible avec F1). Il est composé par les niveaux du milieu confiné dans lesquels sont répandues essentiellement des Polymorphinidés, Cératobuliminidés et Nodosariidés (F.D et F.V.D).

Groupe C : est formé par le nuage de points situé au voisinage de l'origine, en position intermédiaire entre les groupes. La corrélation est très faible.

Groupe D : est constitué de plusieurs niveaux dont la représentation graphique montre une bonne corrélation avec F1. Il correspond à un milieu profond bien oxygéné riche en foraminifères dans lesquels sont répandues des Nodosariidés (F.E) et des Epistominidés.

### **1.3 Distribution des groupes de foraminifères le long d'un profil environnemental**

La distribution des différentes familles de foraminifères et la succession des groupes au sein de l'AFC et la classification hiérarchique permettent de proposer une distribution le long d'un profil environnemental (fig. 28).

Quatre groupes sont mis en évidence :

Le groupe (A) : est installé au Domérien moyen et supérieur. Ce groupe composé par les Bolivinidés et les Lituolidés associés à des Nodosariidés évolue dans un milieu ouvert favorable au développement des foraminifères.

Le groupe (B) : installé au début du Toarcien inférieur (zone à Polymorphum), l'abondance des Polymorphinidés, des Cératobuliminidés et des Nodosariidés (formes déroulées et en voie de déroulement). Il indique un milieu isolé et confiné.

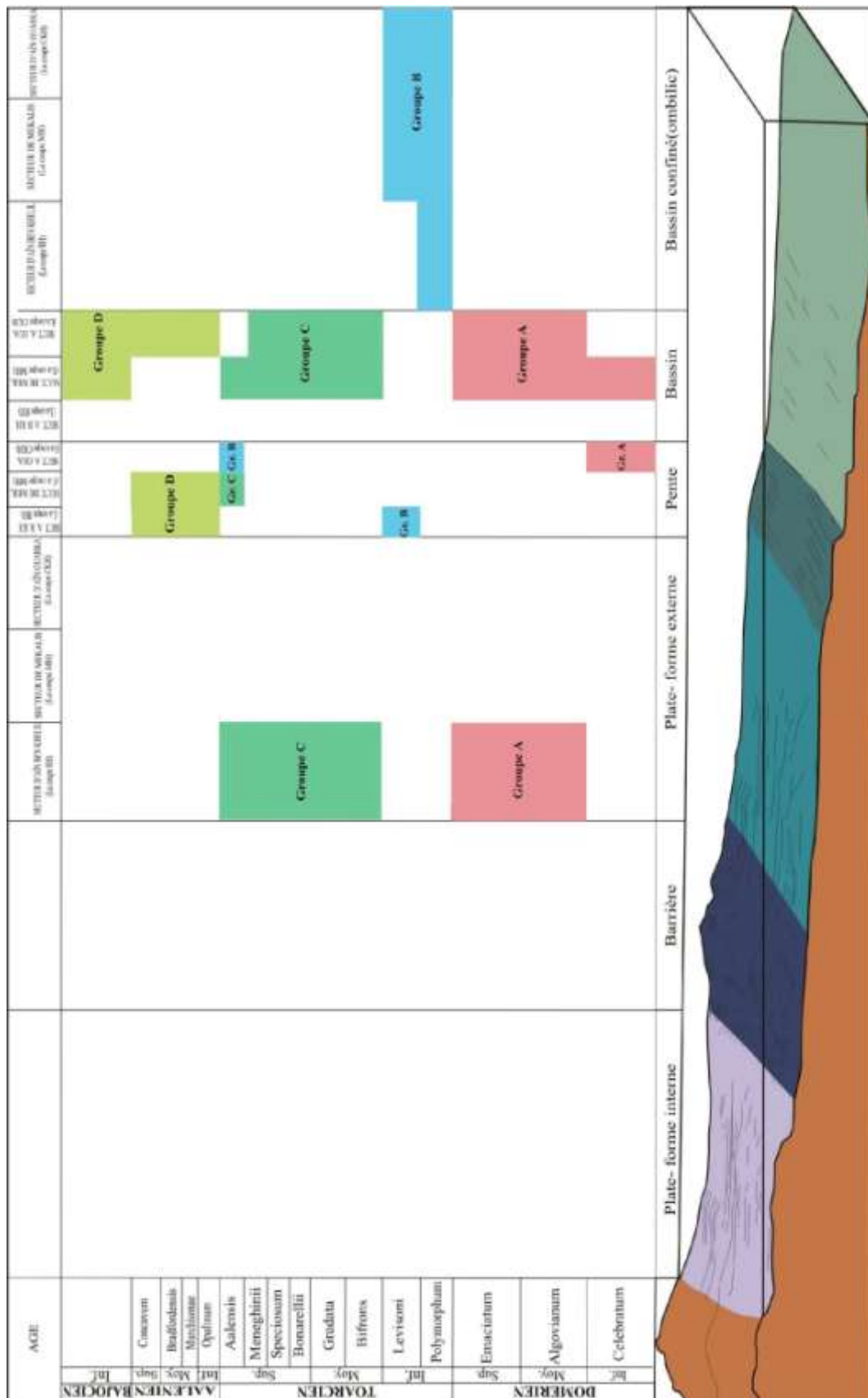


Fig. 28 : Distribution des groupes de foraminifères le long d'un profil environnemental

Le groupe (C) : est caractérisé par une diversité de la microfaune où les Nodosariidés sont les plus dominants dans un milieu ouvert (plate-forme externe au bassin) bien oxygéné.

Le groupe (D) : est marqué par une apparition de plusieurs nouveaux taxons au cours de l'Aalénien qui appartiennent essentiellement à la famille des Nodosariidés. Ces taxons sont adaptés à un milieu profond et bien oxygéné.

## 2- Le rapport entre les différentes espèces de foraminifères et les niveaux de prélèvements

### 2.1 l'analyse des correspondances multiples ACM (fig. 29)

La distribution des points-gisements dans l'espace factoriel des deux premiers axes (F1-F2) significatifs de l'ACM décrit une allure générale en parabole. Cette structure, caractéristique de l'effet Guttman, traduit une liaison mathématique quadratique entre les axes F1 et F2, en principe linéairement indépendants (axes orthogonaux).

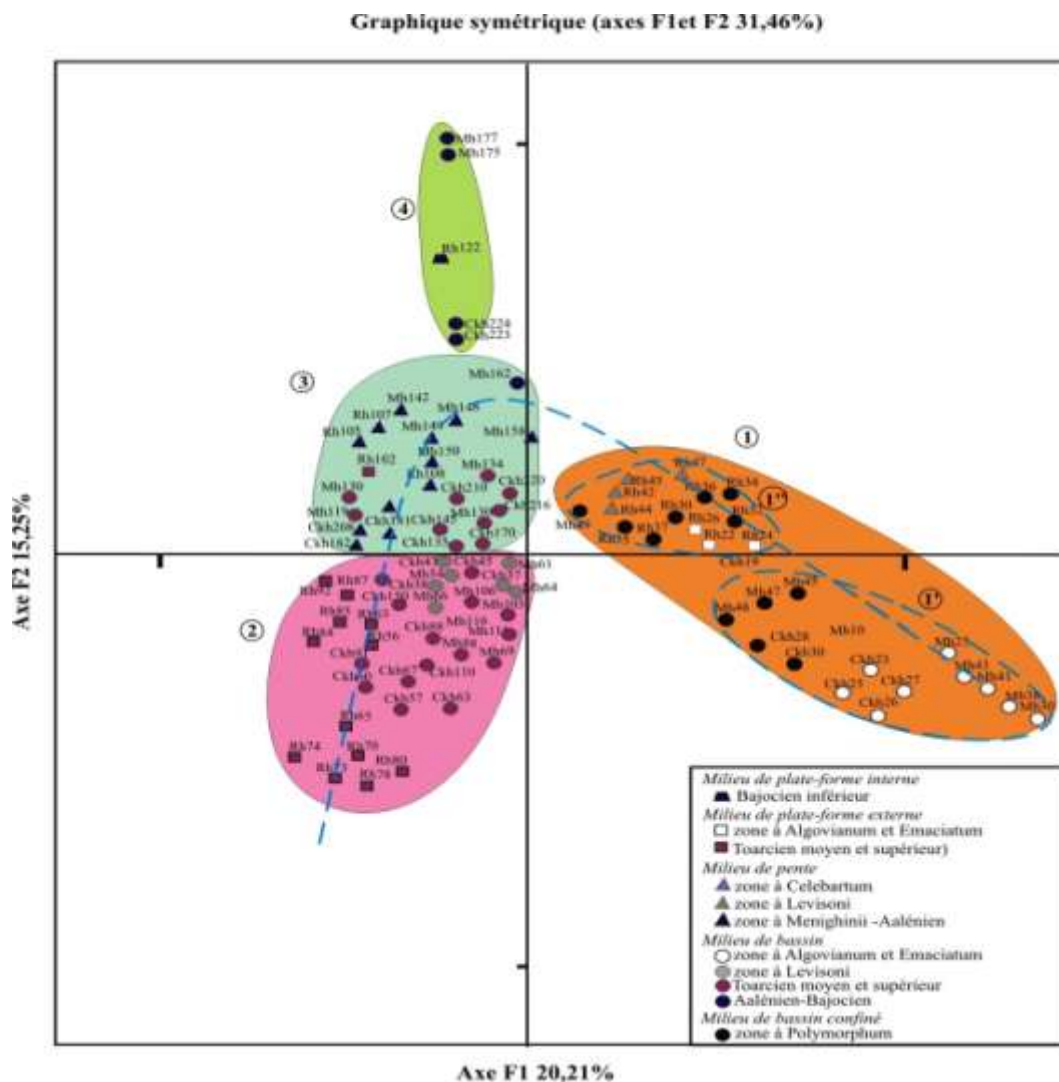


Fig. 29 : ACM des individus (niveaux de prélèvements) dans le plan factoriel F1-F2

(fig. 28) corrélés à deux facteurs principaux (F1 et F2). ces facteurs traduisent une relation avec la physiographie du bassin et l'hydrodynamisme.

Groupe 1 : comprend les niveaux inférieurs (Domérien-Toarcien inférieur) des trois coupes. Ce groupe peut être subdivisé en deux sous-groupes :

-Sous-groupes 1' : montre une bonne corrélation avec F1. Composé par les niveaux inférieurs des coupes Chemarikh et Mélah. Ces niveaux sont attribués au Domérien et au Toarcien inférieur (bas de la zone à Polymorphum).

-Sous-groupes 1'' : est présenté par les niveaux inférieurs de coupe Réha. Ces niveaux montrent une corrélation positive moyenne avec les deux facteurs.

Groupe 2 : les niveaux sont négativement corrélés avec les deux axes factoriels. Il regroupe les niveaux d'âge Toarcien inférieur (zone à Polymorphum et zone à Levisoni) et Toarcien moyen.

Groupe 3 : la distribution des niveaux montrent une corrélation positive avec le facteur F2 et une corrélation négative avec F1. Il est formé par des niveaux attribués au Toarcien supérieur et Aalénien.

Groupe 4 : il exprime une bonne corrélation avec F2. Il regroupe les niveaux bajociens.

## 2.2 Classification hiérarchique (AHA) (Fig. 30)

La classification hiérarchique des variables (espèces de foraminifères) et individus (niveau de prélèvement) permet de différencier 4 groupes :

Groupe 1 : Ce groupe est composé par les niveaux attribués au Domérien et Toarcien inférieur (la base de la zone à Polymorphum). Ces niveaux sont caractérisés par les espèces suivantes : *Lenticulina acutiangulata* mg. *Lenticulina*, *Vaginulina triangula*, *Dentalina torta*, *Dentalina obscura*, *Lingulina carinata*, *Ichthyolaria sulcata muelensis*, *Ichthyolaria major*, *Ammobaculites fontinensis*, *Ammobaculites agglutinans*, *Dentalina integra*, *Ichthyolaria sulcata*, *Pseudonodosaria tenuis* *Lenticulina sublaevis* mg. *Saracenaria*, *Lenticulina insignis* mg. *Falsopalmula*, *Lingulina occidentalis*, *Lenticulina speciosa* mg. *Marginulinopsis*.

Groupe 2 : est exprimé par les niveaux du Toarcien inférieur et Toarcien moyen dans lesquels sont répandues les espèces suivantes : *Lenticulina obonensis* mg. *Planularia*, *Eoguttulina bilocularis*, *Reinholdella* sp., *Citharina cytherella*, *Citharina proxima*, *Dentalina utriculata*, spectre *chicheryi*, *Citharina inconstans*, *Citharina longuemari*, *Ichthyolaria hauffi*, *Citharina welschi*, *Lenticulina pennensis* mg. *Marginulinopsis*, *Nodosaria pulchra*, *Lenticulina toarcense* mg. *Lenticulina*. ces espèces représentent l'association (C) de (Sebane, 2007).

Groupe 3 : il regroupe les niveaux d'âge Toarcien supérieur et Aalénien. Les espèces les plus répandues sont : spectre d'*orbigny*, *Lenticulina subalata* mg. *Lenticulina*, *Lenticulina tenuistriata* mg. *Falsopalmula*, *Lenticulina galeata* mg. *Lenticulina*, *Nodosaria regularis*, *vaginulina listi* et *Lenticulina munsteri* mg. *Lenticulina*.

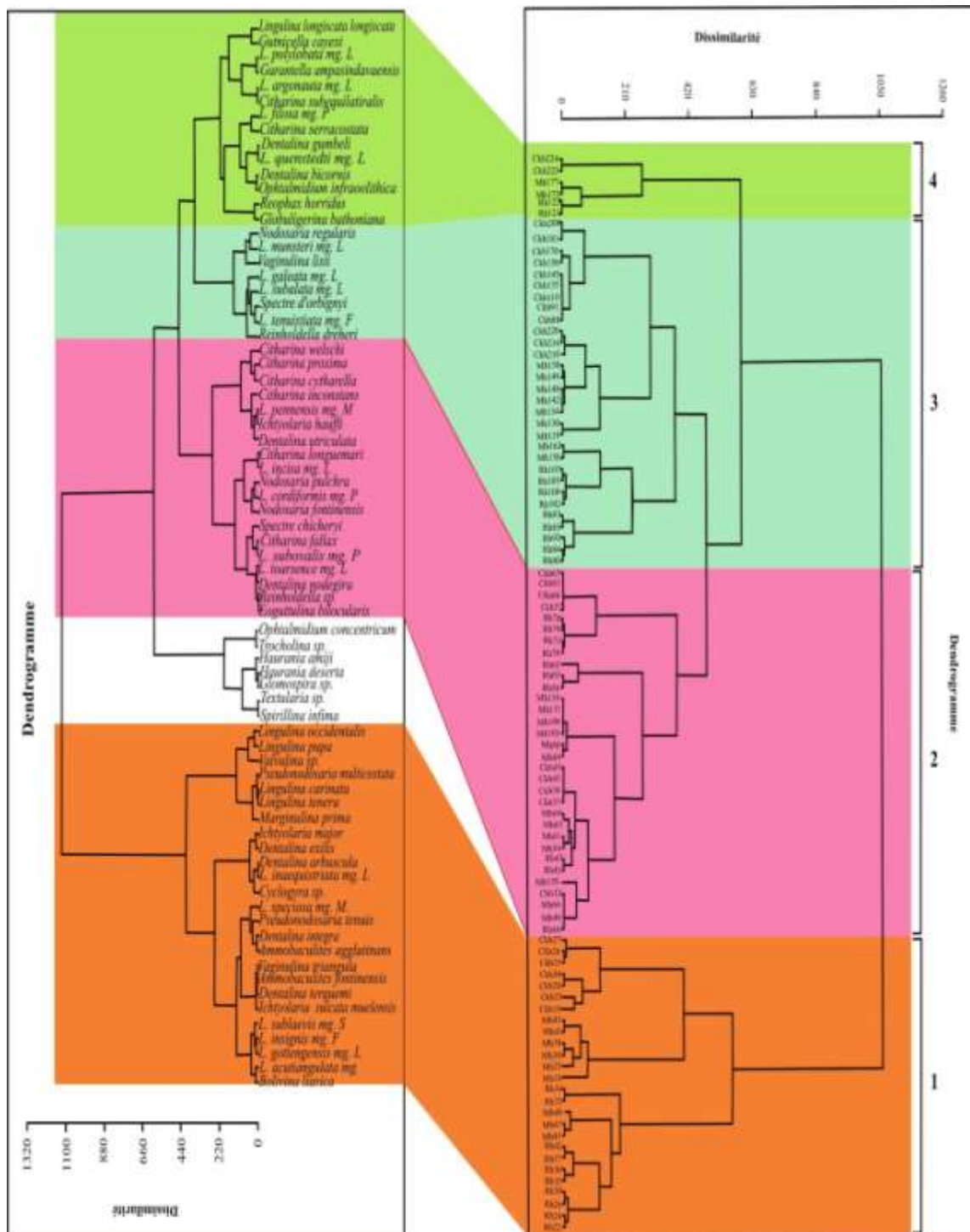


Fig. 30 : La classification hiérarchique des variables (espèces de foraminifères) et individus (niveau de prélèvement)

Groupe 4 : caractérisé par les niveaux bajociens riches en espèces suivantes : *Lenticulina quenstedti* mg. *Lenticulina*, *Citharina serracostata*, *Dentalina gumbeli*, *Dentalina bicornis*, *Garantella ampasindavaensis*, *Citharina fallax*, *Globuligerina cf. bathoniana*, *Lenticulina argonauta* mg. *Lenticulina* et *Lingulina longiscata longiscata*.

**Remarque :** Ces groupes sont corrélables avec les associations de foraminifères (A, B, C, D) défini dans les Monts des Ksour par Sebane (2007).

### 3- Evolution morphologique des foraminifères au cours du temps

Les tableaux des données (les variations des pourcentages des trois variables morphologiques des foraminifères par rapport aux niveaux des prélèvements) sont traités par une analyse factorielle des correspondances. Cette méthode statistique permet de proposer un support graphique (plan factoriel) facilement interprétable et où une bonne partie de l'information initiale est retranscrite.

Dans notre cas, nous limiterons l'interprétation aux deux premiers axes factoriels (F1 et F2). L'axe F1 traduit essentiellement les variations morphologiques des foraminifères (opposition entre les formes enroulés F.E et les formes en voie de déroulement F.V.D + formes déroulées F.D). La signification de l'axe F2 est plus complexe, car il n'y a pas d'opposition significative sur cet axe.

Les représentations graphiques (fig. 30) dans les trois secteurs montrent clairement des changements au cours des temps géologiques ainsi que dans l'espace.

La plus anciennes (Domérien supérieur) montre dans les deux secteurs des Monts de Ksour (Ain Ben Khelil et Melah) une dispersion des points gisements qui sont centrés autour de deux pôles (F1 et F2). Les formes les plus répandues dans ces deux secteurs sont les formes enroulées (F.E). Dans le secteur d'Ain Ouarka la présentation graphique montre une bonne corrélation avec F1. Les formes déroulées sont les plus abondantes.

L'évolution de ces variations morphologiques au cours du Toarcien inférieur dans les trois secteurs est marquée par l'augmentation de la dispersion autour de variable forme déroulée (F.D) qui est négativement corrélée avec les deux axes factoriels (F1 et F2), cette augmentation des formes déroulées contrainte par des phénomènes physico-chimiques (*e.g.* bathymétrie, variation du niveau marin) qui agiraient probablement sur la forme générale des foraminifères.

Au Toarcien moyen et supérieur la présentation graphique montre une dispersion aléatoire des gisements dans le secteur d'Ain Ben Khelil et un nuage de points gisements situé au voisinage de l'origine dans les deux autres secteurs, dans lesquels sont répandues les trois formes. Dans le secteur d'Ain Ouarka nous signalons une forte biodiversité de foraminifères.

Le passage Lias – Dogger (Aalénien), les points gisements dans les trois secteurs montrent généralement une corrélation négative avec l'axe F1 et une faible corrélation avec l'axe F2. Ces gisements sont riches en formes enroulées (F.E). Cette richesse soit contrainte par le développement des nouveaux taxons appartenant essentiellement aux Nodosariidés formes enroulées.

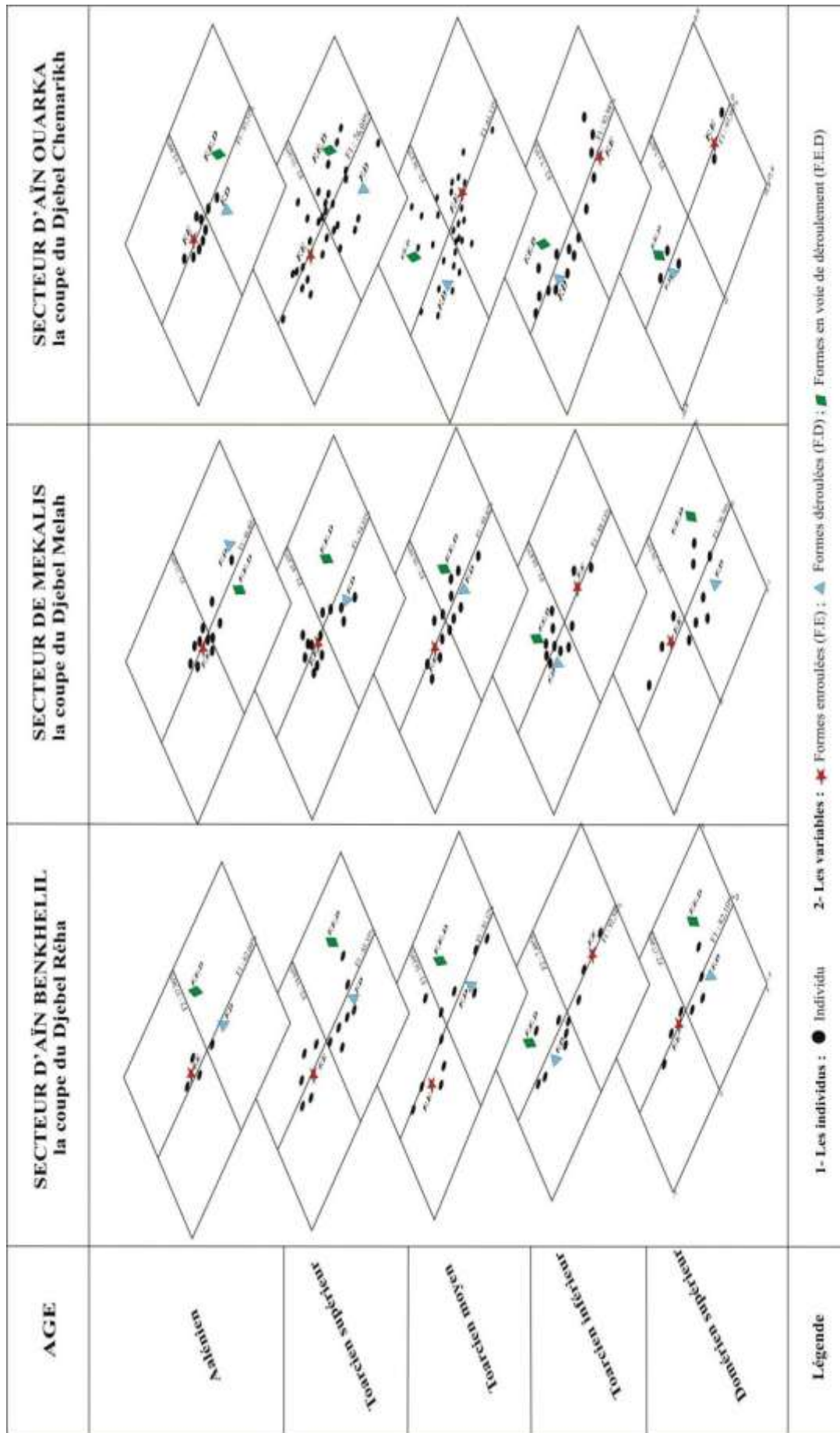


Fig. 31 : Evolution morphologique des foraminifères au cours du temps dans les Monts des Ksour



A la vue de ces résultats, la crise biologique anoxique située au Toarcien inférieur entre la zone à *Polymorphum* et *Levisoni*, ce qui expliquerait les changements morphologiques de foraminifères (augmentation des formes déroulées et en voie de déroulement) dans les trois secteurs des Monts des ksour. Il est clair que ces changements morphologiques de foraminifères dans les deux secteurs (Ain Ben Khelil et Melah) sont différents par rapport au secteur d'Ain Ouarka et sont initiés depuis le Domérien supérieur dans le secteur d'Ain Ouarka, ce qui expliquerait la naissance d'un étroit sillon dont l'ouverture est hétérochrone d'une région à l'autre et un approfondissement maximum du sillon signalé dans le secteur d'Ain Ouarka.

#### 4- Comparaison de la composition taxonomique entre les domaines paléobiogéographiques de la Téthys occidentale.

Pendant l'intégralité de l'intervalle géologique concernant cette étude, les principales espèces des foraminifères dans chaque domaine paléobiogéographique est codé par des numéros. Ce codage est réalisé à partir d'une analyse bibliographique des tableaux de biozonation des foraminifères dans l'Algérie occidentale (Sebane 1984, 1996, 1997, 2000 et 2007) et les autres domaines téthysiens : le Maroc (Boutakiout, 1990 ; Boudchiche, 1994 ; et Amhoud, 1999) et l'Europe occidental (Ruguet et Nicollin , 1997).

La matrice obtenue est traitée en utilisant la méthode d'une classification hiérarchique. Cette classification a été appliquée dans un premier temps pour classer les domaines de l'Algérie occidentale puis appliqué sur tout le domaine téthysien.

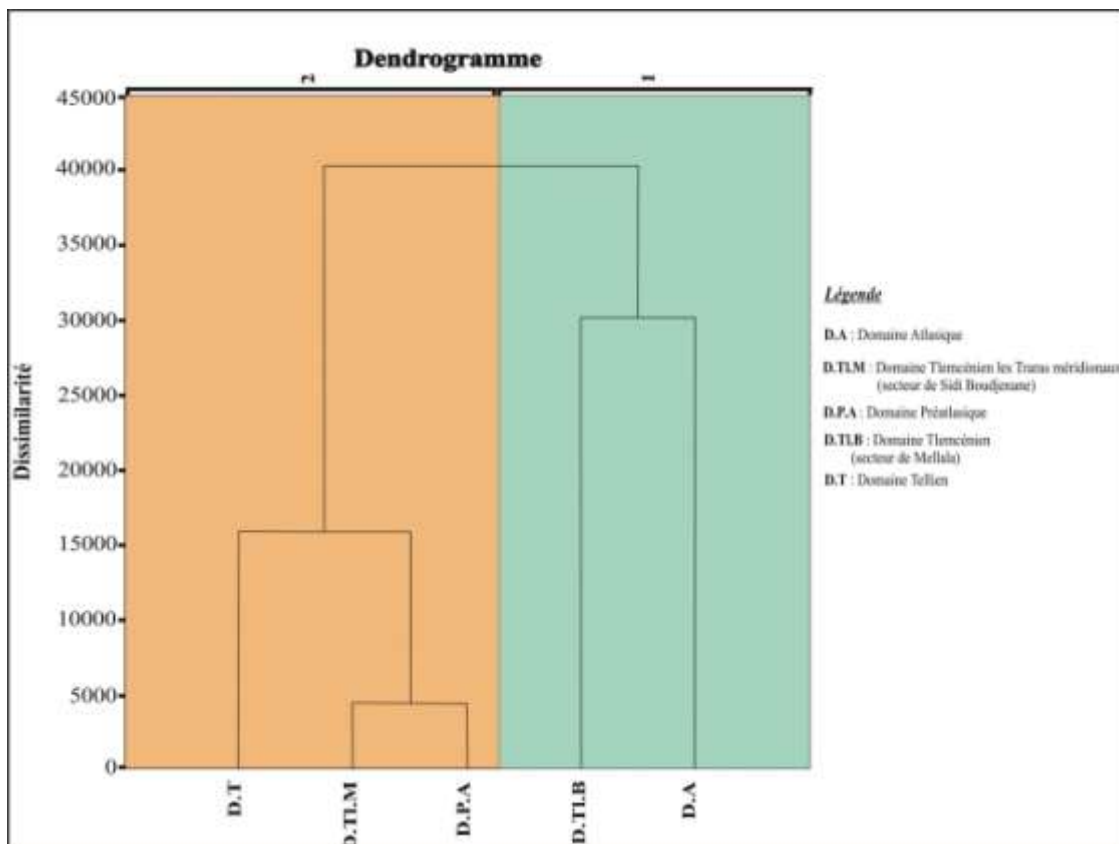


Fig. 32 : Classification hiérarchique des domaines paléobiogéographiques de l'Algérie occidentale par les foraminifères.

Le résultat obtenu se présente sous forme d'un arbre dont la longueur des branches est proportionnelle à la distance entre la composition taxonomique des différents domaines.

Dans l'Algérie occidentale (fig. 32), deux groupes principaux ressortent de l'analyse ; d'une part les trois domaines [domaine tellien, domaine préatlasique et les Traras septentrionaux (secteur de Mellala)] correspondant à la bordure septentrionale du bassin de l'Algérie occidentale, d'autre part le domaine tlemcénien (les Traras méridionaux, secteur de Sidi Boudjenane) et le domaine atlasique qui forment la bordure méridionale du bassin algérien. La longueur des branches nous permet de constater que pour chaque groupe, la composition taxonomique et la répartition biostratigraphique en foraminifères est relativement proche.

Pour tous les domaines paléogéographiques de la Téthys, la classification ascendante hiérarchique montre trois groupes (fig. 33).

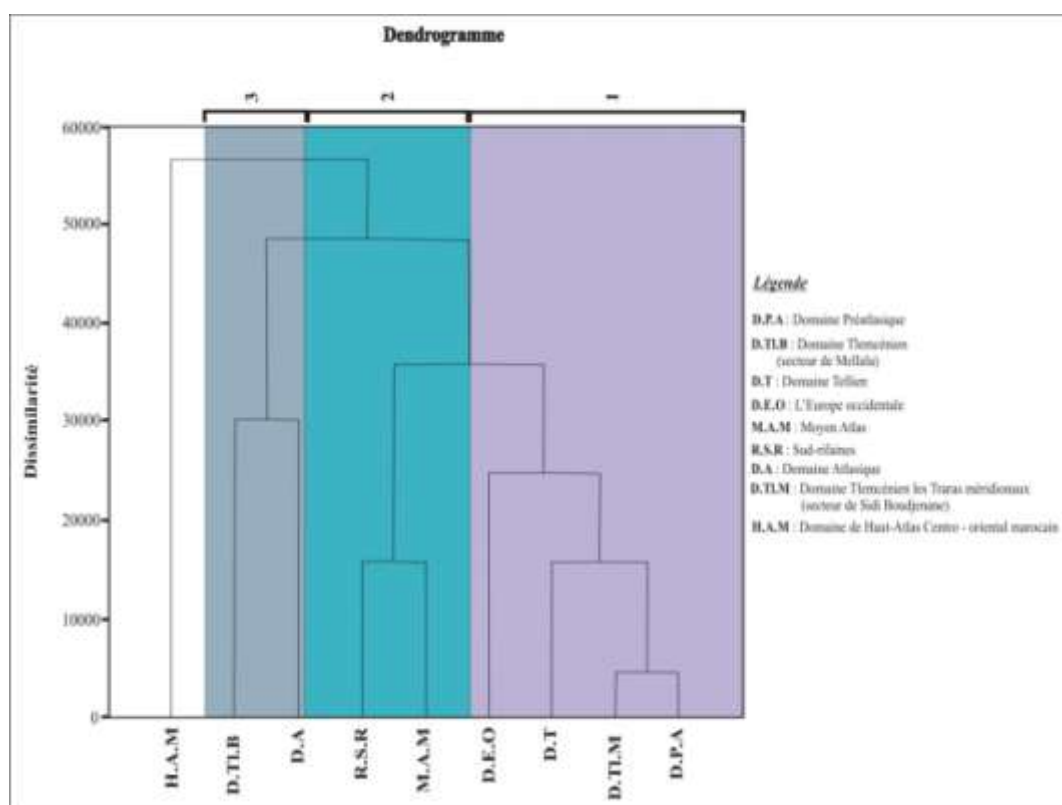


Fig. 33 : Classification hiérarchique des domaines paléobiogéographiques de la Téthys occidentale par les foraminifères.

*Groupe 1* : comprend les trois domaines du bassin septentrionale de l'Algérie occidentale et l'Europe occidentale (France, Espagne et Portugal). Cette classification nous permet de constater que l'évolution micropaléontologique est plus semblable entre la marge Nord téthysienne (domaine de l'Europe occidentale) et la marge Sud –Ouest téthysienne (le bassin septentrionale de l'Algérie occidentale). Ceci indique des mélanges de microfaunes plus au moins important entre la marges Nord et Sud de la Téthys, comme cela a déjà été démontré (Enay, 1980 et Cariou *et al.*, 1985) pour les ammonites.

*Groupe 2* : comprend les trois domaines marocains ; le domaine Nord-oriental (Boudchiche, 1986), le domaine Sud-rifaines et le Moyen Atlas (Boutakiout, 1990). Ils ont donc une évolution microfaunique très proche.

*Groupe 3* : comprend le domaine tlemcénien (les Traras méridionaux, secteur de Sidi Boudjenane) et le domaine atlasique qui forment la bordure méridionale du bassin algérien. Ces deux domaines ont également une biozonation plus semblable.

Le domaine de Haut-Atlas Centro-oriental marocain (Amhoud, 1999) reste plus au mois isolé sur la classification ascendante hiérarchique.

#### **IV. CONCLUSION**

Les analyses multivariées effectuées sur les foraminifères montrent que la distribution de cette microfaune, à l'échelle du bassin des Monts des Ksour est régie par la physiographie générale du bassin et les variations bathymétriques.

L'analyse factorielle des correspondances et la classification hiérarchique ont permis de distinguer quatre groupes qui sont corrélables aux stades définis par Sebane (2007) et Sebane *et al.*, (2007).

- groupe (A) corrélable au stade normal de Sebane (2007) (installé au Domérien moyen et supérieur) est caractérisé par une diversité de la microfaune où les Bolivinidés et les Lituolidés sont les plus dominants. Ce groupe évolue dans un milieu favorable au développement de la vie benthique.

- groupe (B) corrélable, au stade de survie de Sebane (2007) qui s'est produit au début du Toarcien inférieur (zone à Polymorphum), montre une abondance des formes liées au confinement telles que les Polymorphinidés, les Cératobuliminidés et les Nodosariidés formes déroulés et en voie de déroulement. L'ensemble évolue dans un milieu isolé et confiné.

-groupe (C) et (D), corrélables au stade de repopulation de Sebane (2007) qui survient après la crise faunique du Toarcien inférieur sont caractérisés par un renouvellement qualitatif de la microfaune. Ce renouvellement marqué par l'apparition de plusieurs nouveaux taxons appartenant essentiellement à la famille des Nodosariidés. Ces deux groupes s'inscrivent dans une phase de remplissage partiel des zones profondes (ombilics).

L'ACM associé à la AHA permet de distinguer les principales associations des foraminifères définis par Sebane (2007).

Une analyse factorielle des correspondances visant à étudier les variations morphologiques de foraminifères au cours du Lias –Dogger, montre des modifications morphologiques des foraminifères au cours du Lias- Dogger. Il est clair que ces modifications sont initiées depuis le Toarcien inférieur (zone à Polymorphum) et sont induites par les changements tectono-sédimentaire et eustatiques qui affectent la région. Cette période constitue une étape importante dans le renouvellement des organismes benthiques. La crise toarcienne donc située entre la zone à Polymorphum et Levisoni, serait une des causes responsables aux variations morphologiques des foraminifères et l'augmentation des formes déroulées.

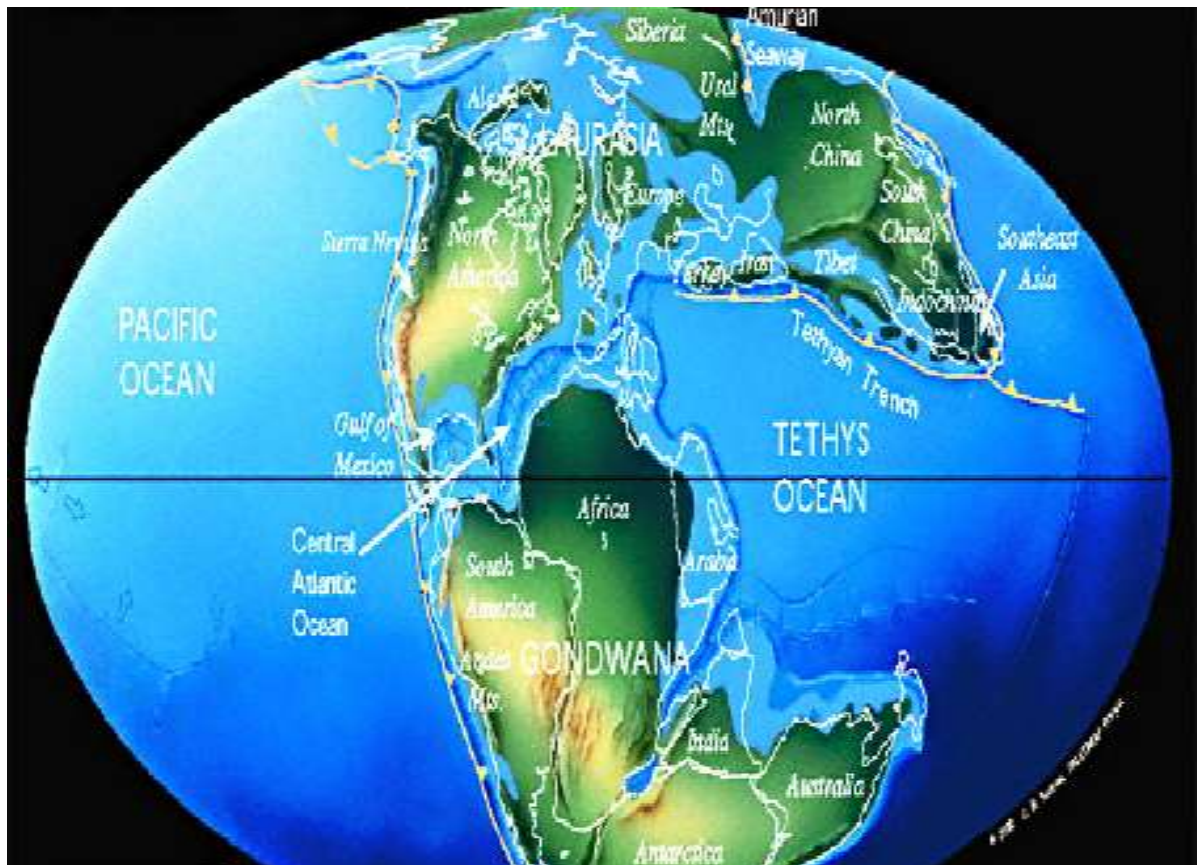
La comparaison de la composition taxonomique entre les domaines paléobiogéographiques de la Téthys occidentale a apporté de nouveaux résultats concernant la distribution paléogéographique des foraminifères benthiques du Domérien-Toarcien. D'une part, des domaines peuvent être regroupés en fonction de leurs affinités biologiques et de leur biodiversité et d'autre part, des arguments sont développés en faveur de l'existence de voies de communications permettant des échanges de microfaunes entre les domaines de la Téthys occidentale.

## **CHAPITRE IV : DISTRIBUTION PALEOBIOGEOGRAPHIQUE DES FORAMINIFERES**

### **I- INTRODUCTION**

Au cours du Jurassique (fig. 34), l'éclatement de la Pangée a pour résultat des modifications paléogéographiques importantes qui se traduisent notamment par l'individualisation de deux grandes masses continentales (le Gondwana au Sud et la Laurasia au Nord) et par l'ouverture de couloirs marins (la « voie atlantique » (Enay, 1980) ou « corridor hispanique » (Smith, 1983). La géométrie générale de la Téthys à cette période correspondait à un vaste océan en accrétion, largement ouvert vers l'Est. A l'Ouest, un domaine marin, rétréci et épicontinental, forme un coin à la jonction de l'Afrique au sud, de l'Amérique du nord à l'Ouest et de l'Europe occidentale au Nord. Ce dernier domaine correspond à une zone paléogéographique soumise à des influences, à la fois du domaine téthysien *sensu stricto*, du domaine boréal nord-ouest européen mais aussi du futur océan atlantique en ouverture.

Pendant le Toarcien, dans les Monts des Ksour, l'environnement se répartissait en zones subsidentes relativement profondes, séparées par des axes résistants, émergés ou non qui sont différenciés au cours des distensions liasiques avec un paroxysme à la limite Pliensbachien-Toarcien (Sebane, 2007). Le renouvellement des organismes marins au début du Toarcien (Hallam, 1986 ; Sepkoxi, 1987) est donc largement influencé par le cadre structural local.



## II- CONSIDERATIONS PALEOBIOGEOGRAPHIQUES SUR LES FORAMINIFERES

### 1- Distribution paléobiogéographique des foraminifères

La distribution paléobiogéographique et l'extension verticale des espèces de foraminifères au cours du Lias- Dogger dans la Téthys occidentale montre l'apparition successive de deux grand groupes biogéographiques (Gordan, 1970 et Sebane, 2007). Le premier, représenté par des foraminifères à paroi agglutinée complexe, est très répandue dans les faciès de plate-forme carbonatée peu profonde du Sinémurien et du Lias moyen et le deuxième groupe, représenté par des petits foraminifères à test essentiellement calcaire hyalin inféodée à des domaines marins correspondant aux plates-formes distales-bassin, aussi bien sur les marges nord et sud-téthysiennes.

#### 1-1 Sinémurien - Carixien

Les foraminifères de grande taille à paroi et à structure interne complexes (*Orbitopsella praecursor*, *Mayncina termieri*, *Lituosepta compressa*, *Haurania sp...*) ont colonisé à partir du Sinémurien et surtout du Lias moyen un grand nombre de plates-formes carbonatées peu profondes limitées précisément sur la marge sud-téthysienne (Bassoullet, 1973 ; Boutakiouit, 1990 et Sebane, 2007). Seule *Haurania gr. amiji-deserta* est connue sur la marge Nord-téthysienne.

#### 1-2 Le Domérien

La répartition géographique des foraminifères dominants coïncide avec les phases d'effondrement du bassin atlasique. L'évolution géodynamique, les migrations et colonisations fauniques régionales sont étroitement liées (Elmi *et al.*, 1982).

L'arrivée tardive et synchrone des *Amaltheus et Bolivina liasiaca* est frappante. La majorité des autres espèces (*Marginulina prima*, *Lingulina tenera...*) est citée depuis le Lias inférieur-moyen dans les régions Ouest européennes et même plus à l'Ouest, en Alaska et au Canada. Nous pouvons donc suggérer, au Domérien, une migration microfaunique boréale N-S des provinces septentrionales vers celles du Sud- Ouest européen et Nord - Ouest africain.

#### 1-3 Le Toarcien

Le Toarcien est marqué par une importante transgression et le niveau marin atteint son maximum au Toarcien moyen. Les régressions sont rares et sont en relation avec la tectonique locale. Les communications entre les bassins sont aisées (Bassoullet *et al.*, 1994).

Les variations eustatiques du niveau marin et la tectonique constituent les principaux facteurs contrôlant les phases d'expansion ou d'isolement faunique en faisant varier l'extension des plateformes externes ouvertes et modifient les possibilités de communication et d'échanges entre les faunes. La vaste aire de répartition d'un grand nombre d'espèce

(*Lenticulina obonensis* mg. *Planularia*, *Lenticulina chicheryi*, *Lenticulina d'orbignyi*, *Lenticulina munsteri* mg. *L.*, etc...) aux divers domaines s'inscrit dans la large expansion de la faune téthysienne.

#### 1-4 L'Aalénien- Bajocien

Les foraminifères de cette époque dans les bassins algériens montrent une certaine homogénéité avec ceux des régions voisines. Les espèces sont généralement identiques à l'échelle des bassins nord-africain, ibérique et alpin. Les taxons sont généralement homogènes, cosmopolites et semblables dans les bassins ouest- téthysiennes. Un renouvellement microfaunique au Bajocien avec l'apparition des premières formes planctoniques (Protoglobogirinidés) associés à des *Lenticulina quenstedti* mg. *Lenticulina* puis *Lenticulina argonauta* mg. *Lenticulina*, et agglutinants à paroi simple (*Proteonina difflugiformis*, *Textularia agglutinans*, etc...), s'opère de la même manière dans les autres bassins téthysiens.

L'homogénéité microfaunique ainsi que celle des ammonites permettent d'indiquer les mêmes voies de communications entre les bassins jurassiques appartenant à un vaste contexte paléogéographique.

#### 2- Les voies de migrations des foraminifères benthiques

Dés la dislocation des plates-formes carbonatées externes (Domérien supérieur), plusieurs associations de foraminifères ont colonisé les fonds océaniques. Leur apparition et leur absence ont permis la mise en évidence de voies de migrations fauniques entre les Monts des Ksour (Algérie occidentale), les pays ouest-téthysiens (Maroc, Portugal, Espagne, France, Italie, Sicile), ainsi que les pays européens de l'Atlantique Nord. Toutes ces voies sont facilitées par la présence de passages entre les différentes terres émergées. A l'est, entre les terres de Bohême. Au Nord-Ouest, entre la terre armoricaine et la meseta ibérique, au Sud-Ouest entre la Meseta ibérique, la terre de l'Ebre et la marge sud-téthysienne.

Les apparitions des espèces sont généralement précoces dans les pays nord téthysiens et tardives dans les pays sud téthysiens.

Au Domérien (Fig. 35), nous citons l'exemple de *Bolivina liasica* figure dans la presque totalité des travaux concernant le Pliensbachien (Ruget & Nicollin, 1997) de l'Europe occidentale. Ailleurs, notamment en Allemagne (Bartenstein et Brand, 1937) et en Suède (Norling, 1972), elle se poursuit jusqu'à la zone à *Algovianum*. En revanche au Maroc et en Algérie, elle arrive plus tardivement. Elle est surtout caractéristique du Domérien moyen (zone à *Algovianum*).

*Lenticulina sublaevis* mg. *Saracenaria* s'étend sur tout le Lias moyen en Europe occidentale. Elle n'est rencontrée avec *Lenticulina insignis* mg. *Falsopalmula* au Maroc et en Algérie occidentale que dans le Domérien supérieur.

Le Toarcién (Fig. 36), considéré comme une période charnière, dite des changements affectant les assemblages de foraminifères (Nicollin *et al.*, 1995), est marqué à sa base par un renouvellement des foraminifères domériano-toarciens. Ce renouvellement signalé en plusieurs régions (Ruget, 1982, 1985 ; Copestake & Johnson, 1984 ; Copestake, 1985 ; Exton & Gradstein , 1984 ; Riegraff, 1985 ; Sebane, 1984 et 2007 ; Boudchiche, 1986 et El Kamar *et*

al., 1997) constitue un événement biostratigraphique marqué par des grands changements paléoenvironnementaux et paléocéanographiques et l'enregistrement d'une crise anoxique à l'échelle du sud-ouest européen et du nord-ouest africain (Sebane, 2007 et Hermoso, 2007).

Répartition géographique Espèces	Algérie				Maroc			France	Espagne	Portugal	Allemagne	Angleterre	Suède	Canada
	D. telien	D. Tharcien	D. Pretharcien	A. Saborien	Rides sud-rifaines et Noya-Atlas	Maroc nord-oriental	Haut-Atlas (nord-oriental)							
	Oued-Fodda	Mellala S. Boudjenane	Dj. Nador	Les Monts des Ksour										
<i>Lenticulina speciosa</i> mg. M	●	●	●	●	●		●							
<i>Lenticulina sublaevis</i> mg. S				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Lenticulina insignis</i> mg. F	●			●	●									
<i>Ichtyolaria sulcata</i>			●	●	●									
<i>Ichtyolaria muelensis</i>			●	●										
<i>Dentalina obscura</i>				●	●		●							
<i>Amodiscus siliceus</i>				●	●	●								
<i>Dentalina terquemi</i>		●	●	●			●							
<i>Vaginulina triangula</i>		●	●	●	●		●							
<i>Lenticulina gotttingensis</i> mg. L				●	●	●	●							
<i>Lenticulina acutiangulata</i> mg. L			●	●		●								
<i>Involutina liassica</i>				●	●				●	●		●		●
<i>Lingulina tenera pupa</i>	●	●	●	●	●									
<i>Lingulina tenera</i>	●	●	●	●	●	●	●							
<i>Marginulina prima</i>	●	●	●	●	●	●	●					●		
<i>Bolivina liassica</i>				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Bolivina rhumbleri</i>											●			

Fig. 35 : Répartition paléobiogéographique des foraminifères au Domérien dans les bassins sud téthysiens.

Des taxons nouveaux de courte durée apparaissent, tel *Lenticulina obonensis* mg. *Planularia*. Ils sont relayés par d'autres formes typiques du Toarcien (citharines), auxquelles sont joints les spectres de *chicheryi* et d'*orbigny*.

L'espèce *Lenticulina obonensis* mg. *Planularia* a été décrite dans la zone à Polymorphum de l'Europe occidentale (Ruget et Nicollin, 1997) et du Djebel Nador de Tiaret (Sebane, 1984). En revanche, dans les Traras septentrionaux (coupe de Mellala), dans les Monts des ksour (Sebane, 2007) ainsi que dans les rides sud-rifaines (Boutakiout, 1999 et



El Youssfi, 2000), elle apparaît tardivement dans la zone à Levisoni. Dans la coupe de l'Oued Fodda (tell algérien) et le Haut Atlas (Maroc), elle n'a pas été reconnue.

La microfaune du Toarcien inférieur (zone à Polymorphum) observée dans les domaines méridionaux de l'Algérie occidentale, est caractérisée par l'apparition d'une forme nouvelle, endémique au domaine tlemcénien (Sebane, 2007), très semblable à celle décrite dans les Beni Snassen (Boudchiche, 1986) et au Portugal (Rugé, 1985). Cette espèce connue sous le nom de *Lenticulina preobonensis* mg. *Planularia*, aux caractères intermédiaires entre *Lenticulina inaequistriata* mg. *Planularia* et *Lenticulina obonensis* mg. *Planularia*.

AGE	Répartition géographique Espèces	Algérie					Maroc			France	Espagne	Portugal	Allemagne	Angleterre	Suède	Canada
		D. tellien	D. Tlemcénien	D. Prétasarien	A. Saharien	Haut Atlas et Moyen-Atlas	Maroc nord-oriental	Haut-Atlas centro-oriental								
		Oued-Fodda	Metkala	S. Bouiferrane	Dj. Nador				Les Morts des Kaur							
Toarcien supérieur	<i>Lenticulina subalata</i> mg. F	●	●		●	●		●								
	<i>Lenticulina tenuistriata</i> mg. F	●	●		●			●	●	●	●	●				
	<i>Nodosaria regularis</i>				●				●	●	●		●			
	<i>Spectre orbighyi</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	<i>Ichtyolaria lignaria</i>							●								
	<i>Lingulina dentaliniformis</i>					●		●								
	<i>Citharina clathrata</i>				●	●								●	●	
	<i>Citharina colleizi</i>				●	●	●	●								
	<i>Citharina fallax</i>				●	●		●	●	●	●					
	<i>Nodosaria pulchra</i>				●	●	●									
Toarcien moyen	<i>Citharina iberica</i>					●	●		●	●	●					
	<i>Citharina welchi</i>		●	●	●											
	<i>Dentalina utriculata</i>				●	●			●	●	●					
	<i>Ichtyolaria hauffi</i>	●			●	●	●									
	<i>Spectre chicheryi</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
	<i>Lenticulina pennensis</i> mg. M		●	●	●		●		●	●	●					
	<i>Citharina longuemari</i>		●	●	●	●										
	<i>Lenticulina subovalis</i> mg. P	●			●	●										
Toarcien inférieur	<i>Lenticulina aragonensis</i> mg. P.								●	●	●					
	<i>Lenticulina nov.sp.</i> mg. F.							●								
	<i>Lenticulina obonensis</i> mg. P.		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●			
	<i>Lenticulina toarsence</i> mg. L				●	●	●	●								
	<i>Lenticulina preobonensis</i> mg. P.		●					●			●					
	<i>Lenticulina obliqua</i> mg. F.				●											
	<i>Citharina proxima</i>	●			●	●	●	●								
	<i>Lenticulina bochardi</i> mg. L.							●						●		

Fig. 36 : Répartition paléobiogéographique des foraminifères au Toarcien dans les bassins sud téthysiens.

Le Toarcien moyen est bien individualisé dans l'Algérie occidentale par l'apparition des citharines et de *Lenticulina chicheryi* avec ses divers morphogènes. L'apparition de ces espèces est semblable dans les autres régions où elles sont souvent citées à partir du Toarcien inférieur-moyen.

Le Toarcien supérieur est bien individualisé en Algérie occidentale par la présence du spectre *d'orbigny*, son apparition est diachrone avec une certaine polarité ; en effet, elle est citée depuis la base du Toarcien inférieur en Allemagne (Bartenstein & Brand, 1937) puis au sommet du Toarcien inférieur en Angleterre (Copestake & Johnson, 1984) et en France-Espagne (Rugé, 1985) et enfin à la limite Toarcien moyen-supérieur au Portugal (Exton & Gradstein, 1984), au Maroc (Boutakiout, 1999) et en Algérie occidentale (Sebane, 2007).

*Lenticulina tenuistriata* mg. *Falsopalmula* constitue aussi une espèce limitée au Toarcien supérieur et à l'Aalénien de l'Europe occidentale (Copestake et Johnson, 1984 ; Rugé, 1985) ; du Maroc, notamment dans les Beni Snassen (Boudchiche, 1986) et le Haut Atlas (Amhoud, 1999) et de l'Algérie occidentale (Sebane, 2007).

Ceci nous permet de proposer pendant la période Domérien –Toarcien (fig. 37, 38) des voies de passage depuis les provinces boréales, jusqu'aux bassins nord-ouest et sud-ouest téthysiens et vice versa.

Ainsi, l'extension paléobiogéographique de ces foraminifères au passage Domérien-Toarcien, met en évidence la présence des différentes voies paléobiogéographique permettant la communication directe ou indirecte entre l'Algérie occidentale et les différentes provinces atlantiques et téthysiennes :

- Une voie faunique directe existe entre le domaine du bassin septentrional de l'Algérie occidentale [domaine tellien, domaine préatlasique et les Traras septentrionaux (secteur de Mellala)] et les pays européens de l'atlantique Nord, passant par la bordure ouest de la meseta ibérique ;
- Deux voies paléobiogéographiques sont établies entre les Monts des Ksour et les pays nord-ouest téthysiens (Sicile et cordillère ibérique), les communications sont facilitées par le passage le long de la bordure sud de la meseta ibérique ;
- Une voie directe existe entre les domaines du bassin septentrional de l'Algérie occidentale et les pays sud-ouest téthysiens (Maroc) et entre les Monts des Ksour et le Haut –Atlas marocain.

Ces communications s'avèrent limitées avec les régions françaises, notamment avec les bassins de Paris et d'Aquitaine. Toutefois, des relations fauniques sont assurées par la présence d'une voie paléobiogéographique entre le bassin de Paris et Aquitaine. Cette voie s'étend ensuite vers le sud (Sicile) et vers l'ouest (cordillère ibérique) pour atteindre les bassins de l'Algérie occidentale. Cette relation étroite expliquerait l'absence et/ou l'apparition hétérochrone des espèces entre l'Algérie occidentale et les régions françaises.

Sur la marge nord-ouest téthysienne, des voies paléobiogéographiques directes sont établies avec les pays européens nord-atlantiques et ouest téthysiens. Elles assurent des voies de passage entre la France, Allemagne, le Danemark et la Norvège ; entre la France, l'Angleterre et Irlande. Ces communications se prolongent au Nord, vers les pays nord-téthysiens (Himalaya). A l'Ouest, vers la cordillère ibérique, le Portugal et le Maroc, jusqu'en

Argentine. Au Sud, elles s'étendent jusqu'en Australie et Timor sur l'extrême marge sud-téthysienne.

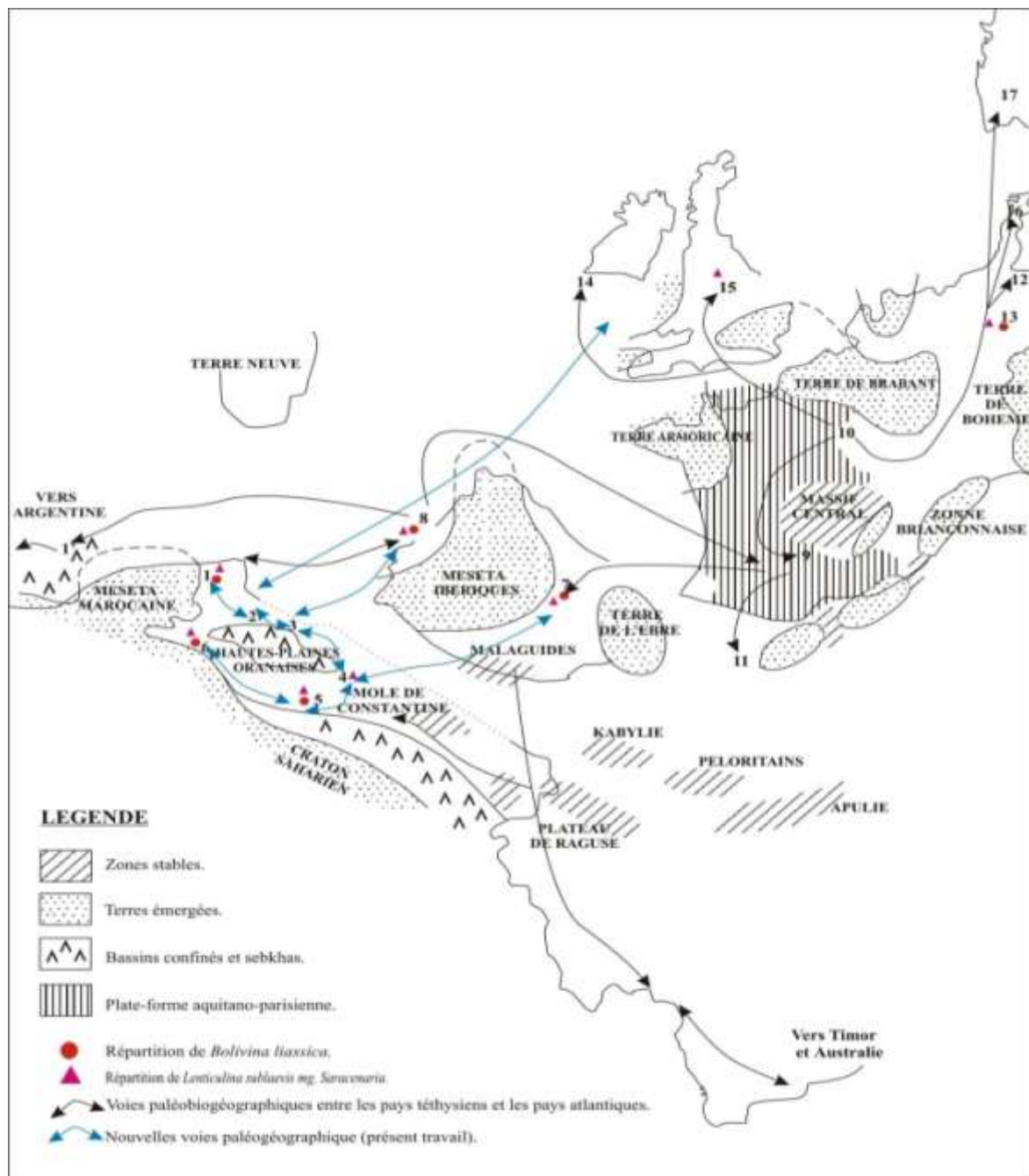


Fig. 37 : Relations paléobiogéographiques entre les Monts des Ksour (Algérie occidentale), les pays téthysiens et les pays atlantiques au Domérien (Dercourt *et al.*, 1985 et Elmi et Rulleau, 1988).

-Pays ouest-téthysiens : 1 Maroc ; 1' site 547(large du Maroc) ; 2 Beni Snassen ; 3 Monts de Rhar Roubane ; 4 Nador de Tiaret ; 5 les Monts des Ksour ; 6 Haut Atlas marocain 7 Espagne ; 8 Portugal ; 9 Quercy (bassin Aquitaine) ; 10 France (autres régions, principalement bassin de Paris) ; 11 Sicile.

-Pays nord-téthysiens : 12 Himalaya.

-Pays européens de l'Atlantique Nord : 13 Allemagne ; 14 Irlande ; 15 Angleterre ; 16 Danemark ; 17 Secteur norvégien.

-Pays européens de l'Atlantique Nord : 13 Allemagne ; 14 Irlande ; 15 Angleterre ; 16 Danemark ; 17 Secteur norvégien ; 18 Ecosse ; 19 Terre Neuve.

La dislocation de la plate-forme domérienne, favorise les migrations fauniques qui s'élargissent au Toarcien inférieur (fig.38). Des communications marines franches et directes s'établissent entre les Monts des Ksour et les bassins téthysien et Atlantique. Elles s'étendent au NW jusqu'en Terre Neuve.

Les échanges microfauniques, se réalisent selon une polarité N-S depuis les provinces boréales vers celles du Sud- Ouest européen et Nord - Ouest africain. Ainsi, une voie paléobiogéographique existe entre les pays européens de l'atlantique Nord (Danemark, Allemagne, Irlande et Angleterre) et les régions françaises (bassins de Paris et l'Aquitaine). Cette voie s'élargie à l'ouest pour contourner la Meseta ibérique, soit le long de sa bordure Nord (vers le Portugal, jusqu'à les Monts des Ksour), soit le long de sa bordure sud (vers la cordillère ibérique, jusqu'à les Monts des Ksour). Elle s'étend ensuite au NW du Maroc jusqu'en terre neuve.

## **VI- CONCLUSION**

Dans ce chapitre, nous analysons la distribution globale des différentes espèces de foraminifères du Lias-Dogger dans les bassins algériens et téthysiens pour essayer de bien comprendre leur potentiel et leurs limites pour l'utilisation dans les reconstitutions paléobiogéographiques.

Ces foraminifères ont colonisé les fonds océaniques dès la dislocation des plates-formes carbonatées internes. Les voies d'échange marines sont facilitées par le passage libre entre les différentes terres émergées. L'extension paléobiogéographique de ces foraminifères au passage Domérien supérieur-Toarcien, met en évidence la présence de voies permettant la communication directe ou indirecte entre les Monts des Ksour et les pays nord-ouest téthysiens (France, Espagne, Portugal et Italie) et avec les pays sud-ouest téthysiens (Maroc).

Les migrations fauniques s'effectuent au Domérien comme au Toarcien depuis les provinces boréales vers les bassins nord-ouest téthysiens et sud-ouest téthysiens.

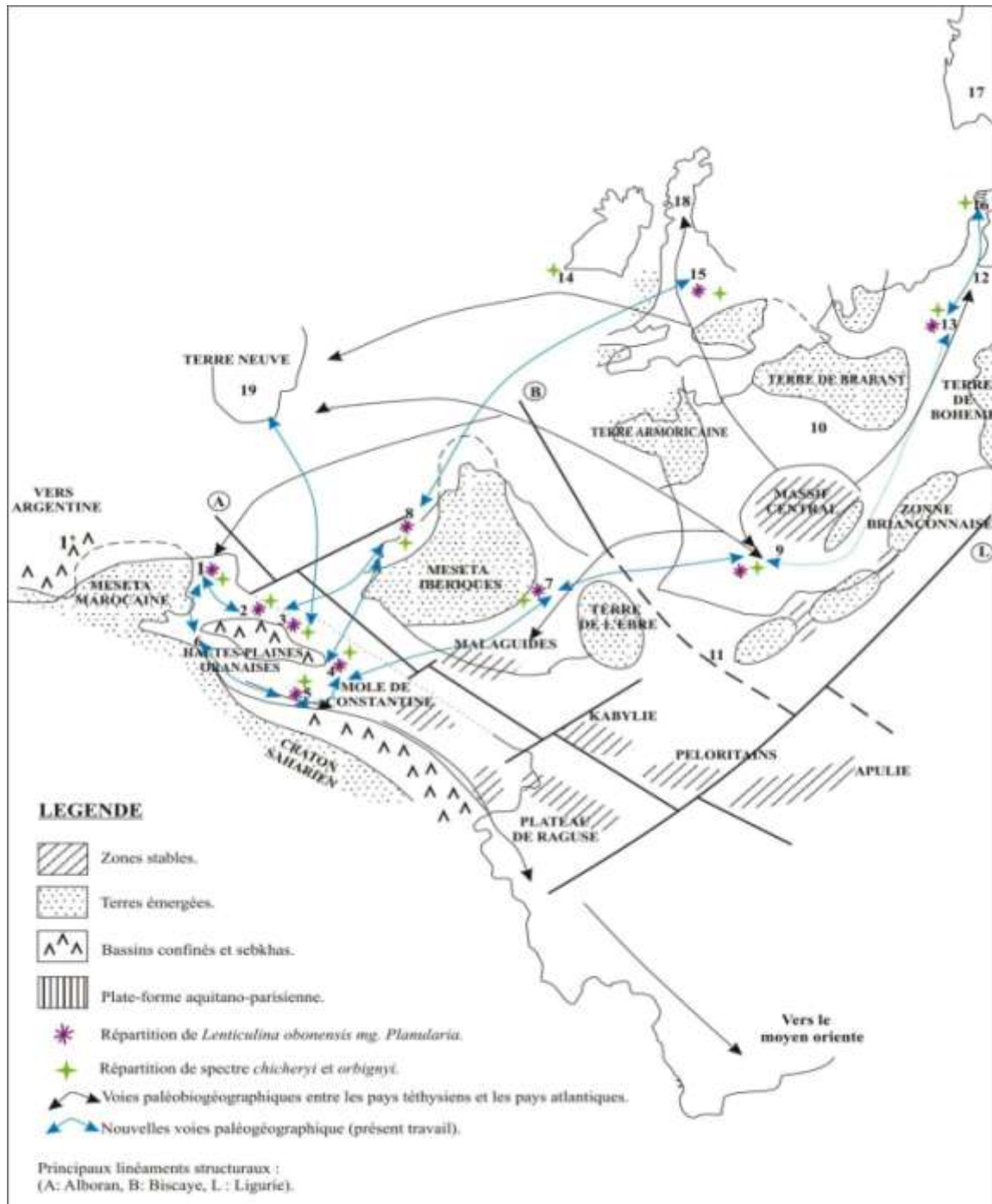


Fig. 38 : Relations paléobiogéographiques entre les Monts des Ksour (Algérie occidentale), les pays téthysiens et les pays atlantiques au Toarcien (Dercourt *et al.*, 1985 et Elmi et Rulleau, 1988).

-Pays ouest-téthysiens : 1 Maroc ; 1' site 547 (large du Maroc) ; 2 Beni Snassen ; 3 Monts de Rhar Roubane ; 4 Nador de Tiaret ; 5 les Monts des Ksour ; 6 Haut Atlas marocain 7 Espagne ; 8 Portugal ; 9 Quercy (bassin Aquitaine) ; 10 France (autres régions, principalement bassin de Paris) ; 11 Sicile.

-Pays nord-téthysiens : 12 Himalaya.

# CONCLUSION GENERALE

## Conclusion générale

Plusieurs recherches en biostratigraphie et en sédimentologie ont été réalisées dans le but de bien connaître la dynamique tectono-sédimentaire et paléoenvironnementales des Monts des Ksour (Bassoullet, 1973 ; Kazi-Tani, 1986 ; Aït Ouali, 1990 ; Mekahli, 1998 et Sebane, 2007). Dans la continuité de ces travaux l'objectif de la présente étude est de préciser les relations qui existent entre la distribution des biocoenoses de foraminifères et les paramètres de l'environnement et les résultats obtenus grâce aux analyses statistiques montrent l'existence d'une relation étroite entre la morphologie générale des foraminifères et les variations des biocénoses de foraminifères benthiques.

L'exploitation de toutes les données micropaléontologiques d'ordre biostratigraphiques, morphologiques aussi bien qualitatives que quantitatives a permis de mettre en évidence 5 associations taxonomiques en fonction de la profondeur. Ces associations caractérisent les divers paléoenvironnements des Monts des Ksour au cours du Lias-Dogger.

Chez ces associations de foraminifères, quatre renouvellements taxonomiques sont marqués depuis la fin du Toarcien inférieur (dans la base de la zone à Levisoni) jusqu'au début du Bajocien. Les plus importants sont ceux produit au cours du Toarcien moyen et au début du Bajocien. Ils correspondent à des intervalles marqués par des apparitions et une augmentation de la diversité.

Les traitements statistiques effectués sur les foraminifères montrent que la distribution de cette microfaune, à l'échelle du bassin des Monts des Ksour est régie par les paramètres de l'environnement.

Les résultats statistiques mettent en évidence quatre groupes de foraminifères, composés principalement de Nodosariidés. Ces groupes apportent de nouvelles précisions sur les conditions environnementales :

\* Groupe (A) : installé au Domérien moyen et supérieur, se poursuit au début de la zone à Polymorphum et se caractérise par une diversité de la microfaune où les Bolivinidés et les Lituolidés sont les plus dominants. Il s'organise selon une écoséquence qui enregistre la remontée générale du niveau de la mer et où les conditions sont toujours favorables au développement de la vie benthique. Ce groupe est corrélable au stade normal de Sebane (2007).

\* Groupe (B) : corrélable au stade de survie de Sebane (2007) ; est installé au début du Toarcien inférieur (zone à Polymorphum) et pendant lequel les conditions d'isolement favorisent le développement de formes déroulées et en voie de déroulements. Ainsi on observe une réduction de la fréquence des individus et l'apparition de formes liées au confinement (Polymorphinidés et Cératobuliminidés). Ces observations traduisent un milieu profond et isolé, ainsi qu'un changement des conditions qui deviennent contraignantes pour le développement de la vie benthique.

\* Les deux groupes (C) et (D) correspondent au renouvellement qui survient après la crise du Toarcien inférieur (Nicollin *et al.*, 1995....). Ils sont corrélables au stade de repopulation de Sebane (2007) et montrent un renouvellement qualitatif de la microfaune marqué par l'apparition de plusieurs nouveaux taxons appartenant essentiellement à la famille des Nodosariidés, avec des individus ornementés. Ces faits indiquent une phase de remplissage partiel des zones profondes (ombilics).

Les observations effectuées sur les foraminifères montrent que la microfaune de l'Algérie occidentale est similaire à celle connue au Maroc et en Europe occidentale. Le renouvellement observé se réalise de façon identique et synchrone avec celui connu dans les autres régions (Europe occidentale, rides sud rifaines, Moyen Atlas, Beni Snassen et en Algérie occidentale). L'homogénéité microfaunique montre que le bassin de l'Algérie occidentale se trouvait en communication directe avec les bassins jurassiques voisins et s'intégrait dans un vaste contexte paléogéographique ouest-téthysien en expansion.

La distribution paléobiogéographique des foraminifères met en évidence les diverses voies de communication et la migration microfaunique boréale N-S des provinces septentrionales vers celles du Sud- Ouest européen et Nord - Ouest africain.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### *Références bibliographiques*

- AÏT OUALI R. 1991 – Le rifting des Monts des Ksour au Lias. Organisation du bassin, diagenèse des assises carbonatées, place dans les ouvertures mésozoïques au Maghreb, *thèse d'Etat*, Alger, 298 p. 147 fig., 16 tabl., 6 pl.
- AÏT OUALI R. & DELFAUD J. 1995 – Les modalités d'ouverture du bassin des Ksour au Lias dans le cadre du « rifting jurassiques » au Maghreb *C. R. Acad. Sc., Paris*, 320, IIa : 773-778, 4 fig.
- AMHOUD H. (1999) - Sinémurien – Bajocien du Haut -Atlas Centro-Oriental de Boudahar et de Kerrando (Maroc), *Thèse d'état*, 262 p., 78 fig., 25 pl.
- ATROPS F. & ELMIS S. (1971) – Les divisions biostratigraphiques du Toarcien de l'Oranie occidentale (Algérie) et leur corrélation. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 273, sér. II ? PP. 2422-2425.
- BARTENSTEIN H. & BRANDT E, 1937 – Mikro-paläontologische Untersuchungen zur stratigraphie der nord west deutschen Lias und Dogger. *Abh. Senckenb. Natur. Ges.*, frankfurt, vol. 439, 224 p., 20 fig., 20 pl.
- BASSOULLET, J.P. & FOUGARDE F. 1969 – Essai de synthèse de répartition de foraminifères benthiques du Jurassique carbonatée mésogéen. *C.R. Somm. Soc. Géol. France*, 2, p. 69-71.
- BASSOULLET J.P. 1973 – Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'Atlas saharien occidental (Algérie). *Thèse Sci. Nat. Univ. Paris VI*, 497 p., 32 pl.
- BASSOULLET, J.P. & BAUDIN, F. 1994 – Le Toarcien inférieur : une période de crise dans les bassins et les plates-formes carbonatées de l'Europe du nord-ouest de la Téthys. *3d Intern. Symp. Jur. Strati.*, Poitiers, in *Geobios*, Lyon.
- BENHAMOU M. 1996 – Evolution tectono-eustatique d'un bassin de la Téthys maghrébine : l'Ouarsenis (Algérie) pendant le Jurassique inférieur et moyen. *Thèse doct. Etat*, Oran (Algérie), 337 p., 139 fig., 27 pl.
- BONNET L., CUBAYNES R., QAJOUN A., REY J. & RUGET C. (1991) - Analyse statistique des biocénoses de foraminifères dans les cortèges sédimentaires du Toarcien du Quercy. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 313, p.1587-1593.
- BONNET L., CUBAYNES R., QAJOUN A., REY J. & RUGET C. 1994 – Indices biocoenotiques, cortèges sédimentaires et séquences de dépôts. *Geobios*, 27, 1, p.23-38.
- BOUDCHICHE L. (1986) - Etude micropaléontologique du Domérien, Toarcien et Bajocien du Massif des Beni Snassen orientaux. *Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. Univ. Claude - Bernard*, Lyon, 1990 p., 37 fig. 9 tab, 11 pl. (inédate).



- BOUDCHICHE L. 1994 – Le Lias –Dogger des Beni Snassen (Maroc Nord-Oriental). Successions stratigraphiques, évolution tectono-sédimentaire et micropaléontologie, *Thèse Univ. Méd. 1er, Oujda*, 253 p.
- BOUHAMDY A., RUGET C., GAILLARD C., BONNET L., & NICOLLIN J.P. 1998 – Diversité et contrôle de la répartition des foraminifères benthiques de l'Oxfordien moyen. Etude comparée des associations de deux coupes synchrones du bassin des Terres Noires (sud-est de la France), *RST 98*, Brest, p. 79, résumé.
- BOUHAMDY A. 2000 – Composition, distribution et évolution des peuplements de foraminifères benthiques de la plate-forme au bassin. Oxfordien moyen du Sud-est de la France. *Documents des Laboratoires de Géologie Lyon*, 1 : 213 p., 68 fig., 13 tabl., 20 pl.
- BOUTAKIOUT M. (1990) - Les foraminifères du Jurassique des Rides sud-rifaines et des régions voisines (Maroc). *Docum. Labo. Géol. Lyon*, n° 112, 247 p., 50 fig. 15 pl.
- CARIOU E., CONTINI D., DOMMERGUES J.-L., ENAY R., GEYSSANT J.R., MANGOLD C. & THIERRY J. 1985 – Biogéographie des ammonites et évolution structurale de la Téthys au cours du Jurassique. – *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (8), I, 5, 679-697.
- CONESA, G., FAVRE, E., MÜNCH, P., DALMASSO, H., & CHAIX, C., 2005b. - Biosedimentary and paleoenvironmental evolution of the Southern Marion Platform from the Middle to the Late Miocene (Northeast Australia, ODP Leg 194, Sites 1196 and 1199). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results 194*, 1-38 p.
- COPESTAKE P. & JOHNSON B. 1984 – Lower Jurassic (Hettangian-Toarcien) Foraminifera from the Mochras Borehole, North Wales (UK) and their application to a worldwide biozonation. *2<sup>e</sup> symposium international sur les foraminifères benthiques*, Pau, p. 183-184, 1 fig.
- COPESTAKE P. 1985 – Foraminiferal biostratigraphy in the Lower Jurassic. In O. Michelson and A. Zeiss, (eds), *Proceed. Internat. Symposium on Jurassic Stratigraphy*, Erlangen, 1984: Geological Survey of Denmark, v. 1, pp. 192-206.
- CUBAYNES R., RUGET C. 1986 – Relation séquence d'ouverture-déroulement du genre *Lenticulina* (foraminifère). Un exemple dans le Domérien du sud-Quercy. *Cah. Inst. Cathol. Lyon* (1), p. 113-122.
- CUBAYNES R., RUGET C., & NICOLLIN J.P. 1991 – La population, marqueur de l'environnement et signal des variations eustatiques. *Cahiers de l'Inst. Catho de Lyon* (4) p ; 161-170.
- CUBAYNES R., RUGET C., REY J., BONNET L., & BRUNEL F. 1995 – Communautés de foraminifères benthiques et variations du niveau dans le Lias moyen du bassin d'Aquitaine. *Geobios*, M. S. 18, p. 101-111.
- DELFAUD J. 1973 – Typologie des faciès dolomitiques du Jurassique sud-aquitain. *Bull. Soc. Lin. Bordeaux*, t. III, n°10, p. 219-223.

- DELFAUD J. 1974 – La sédimentation deltaïque ancienne, exemples Nord-sahariens. Coll. AGSO, sédimentation silico-clastique. Pau, décembre 1973. *Bull. centr. Rech. SNPA*, 8, 1, p. 241-262, 13 fig.
- DELFAUD J., KAZI-TANI N., ABED S., AIT OUALI R., HERKAT M., MEDJADJ F. & NEDJARI A., 1987 – *Livret-guide d'excursion 8<sup>ème</sup> congrès régional de sédimentologie*, Tunis 1987.
- DERCOURT, J., ZONENSHAIN L.P., RICOU L.E., KAZMIN V.G., LE PICHON X., KNIPPER A.L., GRANDJACQUET C., SBORSHCHIKOV I.MBOULIN., J.-P., SOROKHTIN O., GEYSSANT J., LEPVRIER C., BIJU-DUVAL B., SIBUET J.C., SAVOSTIN L.A., WESTPHAL M. & LAUER J.P. 1985 – Présentation de 9 cartes paléogéographiques au 1/20 000 000 s'étendant de l'Atlantique au Pamir pour la période du Lias à l'Actuel. *Bull. Soc. Géol. Fr., Paris*, 8, t. 1, No 5, p. 637-652.
- DOUIHASNI M. 1976 – Etude géologique de la région d'Aïn Ouarka-Boussemghoun (partie orientale des Ksour). Analyse structurale. *Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ., Oran*, 272 p., 52 fig., 4 tab.
- ELMI S. (1969) – Les influences mésogéennes dans le Jurassique moyen du SE de la France. Comparaison avec l'Ouest algérien. *Ann. Inst. Geol. Publ. Hungarici*, Bdapest, vol. LIV, fasc. 2, p. 471-481, 3 fig., 3pl.
- ELMI S., ATROPS F. & MANGOLD C. 1973 – Le Toarcien du Djebel Nador (Tiaret, Algérie) ; succession des faunes d'ammonites. *C. R. Acad. Sc., Paris*, t. 276, sér. D, p. 1143-1145.
- ELMI S, ATROPS F., MANGOLD C. (1974) - Les zones d'ammonites du Domérien-Callovien de l'Algérie occidentale. – première partie : Domérien-Toarcien. *Docum. Lab. Géol. Sci. Lyon*, 61, p.1-84 17 fig. 4 pl.
- ELMI S. (1978) - Bioturbation et tri mécanique, facteurs déterminants dans la genèse des calcaires « noduleux » et des « Ammonitico-Rosso ». *6<sup>ème</sup> réun.ann.sci.terre Orsay, Soc.Géol. France Paris*, p.179.
- ELMI S., ALMERAS Y., AMEUR M., ATROPS F., BENHAMOU M. & MOULIN G MANGOLD C. (1982) - La dislocation des plates-formes carbonatées liasiques en Méditerranée occidentale et ses implications sur les échanges fauniques. *Bull. Soc .géol. France*, Paris, t. XXIV, n°5-6, p.1007-1016.
- ELMI S., & CALOO-FORTIER B. (1985) - Eléments essentiels des peuplements d'ammonites du Toarcien terminale-Aalénien en Oranie (Algérie occidentale). *Cahiers Inst. Catholique Lyon*, n° 14, p.43-56, 2 pl.
- ELMI S. (1986) – Corrélations biostratigraphiques et mégaséquentielles dans le Jurassique inférieur et moyen d'Oranie. Comparaisons avec les régions voisines. *Ve conf. Sci. Int. Marrakech, P.I.C.G.* 183.

- ELMI S. & RULLEAU L. 1988 – Le genre *Pseudolillia* (Ammonitina, Graphoceratinae) dans le Toarcien supérieur (France, Espagne, Portugal, Maroc). *2e Conv. Intern. "Fossili, Evoluzione, Ambienti-", Pergola*, 22 p., 5 fig., 7 pl.
- ELMI S., GABILLY J., MOUTERDE R., RULLEAU R. & ROCHA R. (1994) - L'étage Toarcien de l'Europe et de la Téthys ; divisions et corrélations. *Geobios*, Lyon, M.S. 17 : pp.149-159.
- ELMI S. 1996 – Stratigraphic correlations of the main Jurassic Events in the Western Mediterranean Téthys (western Algeria and Eastern Morocco). *Georesearch Forum vols. 1-2, Switzerland*, pp. 343-358, 8 fig.
- ELMI S., ALMERAS Y., AMEUR M., BASSOULLET J.P., BOUTAKIOUT M., BENHAMOU M., MAROK A., MEKAHLI L., MEKKAOUI A. & MOUTERDE R. 1998 – Stratigraphic and palaeogeographic survey of Lower and Middle Jurassic along a north-south transect in western Algeria. In : S. CRASQUIN-SOLLEAU & E. BARRIERE Eds, peri-Tethys Memoir 4 : Epicratonic basins of Peri-Tethyan platforms. – *Mém. Mus. nat.*, paris, 179, 145-211.
- EL KAMAR A, BOUTAKIOUT M, ELMI S, SADKI D & RUGET Ch. 1997 – Foraminifères et ostracodes du Lias supérieur et du Bajocien de la Ride de Talghemt (Haut-Atlas central, Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, n° 21, pp. 31-41.
- EL YOUSSEFI H., 2000 – Le Toarcien du bassin des Rides sud-rifaines. Micropaléontologie, paléoenvironnements et stratigraphie séquentielle. *Thèse doct, Univ. Mohamed V*, Rabat n°1799. 233 p., 128 fig., 11pl.
- ENAY R. (1980). – Paléobiogéographie et ammonites jurassiques : « rythmes fauniques » et variations du niveau marin ; voies d'échanges, migrations et domaines biogéographiques. – *Mém. H. S. Soc. géol. France*, 10, 261-281 p.
- EXTON J. & GRADSTEIN F. M. 1984 – Early jurassic stratigraphy and micropaleontology of the grand Banks and Portugal. In *Jurassic-Cretaceous Biochronology and Paleogeography of north America*, G.E.G. *Westermann Edit.*, p. 13-50, 5 fig., 2 pl.
- FLAMAND G.B.M. 1911 – Recherches géologiques et géographiques sur le Haut Pays de l'Oranie et sur le Sahara (Algérie et territoires du Sud). *Thèse Science*, Lyon, n°47, Rey édit., 1001 p., 157 fig., 22 cartes, 16 pl.
- FRIZON DE LAMOTTE D., SAINT BEZAR B., BRACENE R. & MERCIER E. 2000 – The two main steps of the Atlas building and geodynamics of the west Mediterranean. *Tectonics*, 19, 4, 740-761.
- GORDAN W. A. 1970 – Biogeography of Jurassic foraminifera, *Geological society of America Bulletin*, New York, 81, pp. 1689-1704.
- HALLAM A. 1986 – The Pliensbachian and Tithonian extinction events. *Nature*, 319, 6056, 765-768.

- HENNEBERT M. & LEES, A. 1991. Environmental gradients in carbonate sediments and rocks detected by correspondence analysis : examples from the Recent of Norway and the Dinantian of southwest England. *Sedimentology* **38**, 623-642 p.
- HERMOSO, M. 2007 – Les perturbations environnementales au cours du Toarcien inférieur. Apport de l'étude sédimentologique et géochimique de séries boréales et Ouest-Téthysiennes. *Thèse de doctorat. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris 6*. 327p.
- JAMBU M. 1989 – Exploitation informatique et statistique des données, *Dunod*.
- JONES R. W. & CHARNOCK M. A. 1985 – « Morphogroups » of agglutinating foraminifera. Their life positions and feeding habits and potential applicability in (Paleo)ecological studies, *Revue de Paléobiologie*, Genève, 4, pp. 311-320.
- KAZI-TANI N. 1986 – Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine intraplaque nord-algérien. Approche mégaséquentielle. *Thèse ès-sciences*, Univ. Pau, 2 tomes, 871 p., 347 fig.
- LAFFITE R. 1939 – Etude géologique de l'Aurès. *Thèse Sciences, Paris. Bull. serv. Carte géol. Algérie*, 1<sup>ère</sup> série, n° 15, 484 p., 26 fig., 35 carte 1/200 000° h.t.
- MURRAY J. 1991 – Ecology and paleoecology of benthic foraminifera. John Wiley & Sons. New York : 297 p.
- NICOLLIN J.P. 1983 – Foraminifères du Lias moyen et supérieur du Bugey (Jura méridional). *Thèse 3<sup>e</sup> cycle* Univ. Cl. Bernard Lyon I, inédite, 147 p., 28 fig., 12 text-fig., 5 tabl.
- NICOLLIN J.P., FAURE P. & RUGET C. 1995 – le Toarcien inférieur, période charnière dans l'évolution des Nodosariidés (foraminifères) : l'exemple des Pyrénées méridionales du Haut-Aragon. *Geobios*, M.S. 18, p. 347-356, 3 fig.
- NORLING E. 1972 – Jurassic Stratigraphy and foraminifera of Western Scania, Southern Sweden. *Sver. Geol. Unders.*, Stockholm, ser. Ca, n°47, 120 p., 54 fig., 2 pl.
- PIOTELAT H. (1984) - Etude systématique et statistique des peuplements de foraminifères et d'ostracodes du Callovo -Oxfordien dans la région de Besançon. *Thèse, doc. 3<sup>ème</sup> cycle. Univ. Claude Bernard, Lyon*. p154, 64 fig., 20 tabl., 7pl.
- PIQUE A., TRICART P., GUIRAUD R., LAVILLE E., BOUAZIZ S., AMRHAR M. & AÏT OUALI R. 2002 – The Mesozoic-Cenozoic Atlas belt (North Africa) : an overview. *Geodinamica Acta*, p. 185-208, 11 fig.
- REY J., BONNET L., CUBAYNES R., QUAJOUN A. & RUGET C. 1994 – Sequence stratigraphy and biological signals : statistical studies of benthic foraminifera from Liassic series. *Palaeog., palaeoclim., palaeoecolo.*, 111, p. 149-171.
- RITTER E. 1902 – Le Djebel Amour et les Monts des Oulad Naïl. *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 2<sup>o</sup> série, n°3, 100 p., 4 pl. h.t.

- RIEGRAF W. 1985 – Mikrofauna, Biostratigraphie und Fazies im unteren Toarcium süd west Deutschlands und Vergleiche mit Benachbarten Gebieten. *Tübinger mikropal. Mitteilungen*, 3 : 232 p., 33 fig., 12 pl.
- ROSSET – MOULINER M & ROUX P. (1977) - Application de quelques méthodes d'analyse des données aux biocénoses de foraminifères de la baie de Saint-Brieuc (Côtes du Nord, France). *Revue micropaléontologie*.vol.20, n°2, pp.100-113.
- RUGET Ch. 1982 – Foraminifères du Lias moyen et supérieur d'Obon (chaines ibériques, province de Teruel, Espagne). *Geobios*, n°15, Fasc. 1, p.53-91, 2 fig., 1 tab., 6 pl.
- RUGET C. (1985) - Les foraminifères (Nodosariidés) du Lias de l'Europe occidentale. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n°94 ,272 p.48 fig., 9 tab. 48 pl.
- RUGET, Ch.; CUBAYNES, R.; NICOLLIN, J.P. & ROQUET, E.M. (1989). Une méthode de traitement pour l'analyse paléoécologique appliquée aux Nodosariidés du Toarcien des coupes de Penne et de Cyalus (Quercy, France). *Rev. Micropal.*, 32, 1, pp. 45-52.
- RUGET C. & NICOLLIN J.P. 1997 – Les petits foraminifères benthiques dégagés. Colloque sur la biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen. *Groupe français d'étude du Jurassique*, p. 281-291, 3 tab., 2 pl.
- SAPORTA G. 1990 – Probabilités, analyse des données et statistique, *Technip*.
- SEBANE A. (1984) - Etude systématique et paléoécologique de la microfaune du Lias moyen et supérieur du Djebel Nador (Tiaret -Algérie). *Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Claude Bernard*, Lyon, inédite, 136p. 23 fig. 4 pl. (inédite).
- SEBANE A. & BENHAMOU M 1996 – Répartition des foraminifères benthiques dans les marno-calcaires toarciens de l'Oued-Fodda (Algérie occidentale). *Coll. Nat. Sc. de la Terre*, Boumerdès, p. 157.
- SEBANE A. 1997 – Foraminifères benthiques du Lias et du Bajocien de la région de Sidi-Boudjenane (Traras méridionaux, Algérie occidentale). *Cahiers de l'inst. Catho de Lyon*, n°10, p. 65-73, 3 fig.
- SEBANE A., BENHAMOU M. & ELMIS S. 2000 – Le Toarcien et l'Aalénien de l'Oued Fodda (Ouarsenis, Algérie occidentale) : divisions stratigraphiques et événements sédimentaires. *Strata*, Toulouse, sér. 1, vol. 10, p. 93-95, 1 fig.
- SEBANE A. (2007) - les foraminifères du Jurassique des Monts des Ksour. Etude biostratigraphique et paléoécologique. *Doctorat d'Etat. Univ. Oran*, 211 p., 45 fig., 25 pl.
- SEBANE A., MAROK A. & ELMIS S. (2007) - Evolution des peuplements de foraminifères pendant la crise toarcienne à l'exemple des données des Monts des Ksour (Atlas saharien occidental, Algérie). *C.R. Palevol.*, vol.6, n°3, p.189-196.

- SEPTFONTAINE M.1981 – Les foraminifères imperforés des milieux de plate-forme au Mésozoïque : détermination pratique, interprétation phylogénétique et utilisation biostratigraphique. *Rev.Micropal.*, Paris, vol. 23, n° 3-4, p. 169-203, 10 fig., 3 pl.
- SEPKOKSI J.J. 1987 – Periodicity in marine extinction events. In : ELLIOT D.K. (ed.) *Dynamics of extinction*. John Wiley, Chichester, p. 3-36.
- SMITH P.L. (1983). – The Pliensbachian ammonite *Dayiceras dayiceroides* and early Jurassic paleogeography. – *Can. J. Earth Sci.*, 20, 86-91 p.
- QAJOUN A. 1994 – le Toarcien du Quercy Septentrional : stratigraphie et micropaléontologie, *Strata*, Toulouse, 22, 236 p.
- YELLES-CHAOUCHE A.K., AIT-OUALI R., BRACENE R., DERDER M.EM. & DJELLIT H.2001 – Chronologie de l'ouverture du bassin des ksour (Atlas saharien, Algérie) au début du mésozoïque. *Bull. soc. Géol. France*. t. 172, n°3, pp. 285-293, 5 fig.

## ***LISTE DES ILLUSTRATIONS***

### ***LISTE DES ILLUSTRATIONS***

#### **Figures**

	Pages
Fig. 1 : Localisation géographique des Monts des Ksour et des secteurs étudiés.	8
Fig. 2 : Carte géologique de l'Atlas Saharien occidental (Aït Ouali, 1990).	10
Fig. 3 : La sérié méso-cénozoïque de l'Atlas Saharien occidental (Aït Ouali), 1990).	10
Fig. 4 : Les grandes coupures tectoniques des Monts des Ksour ( <i>Mekahli</i> , 1998).	12
Fig. 5 : Evolution tectono-sédimentaire des Monts des Ksour ( <i>Mekahli</i> , 1998).	13
Fig. 6 : Cadre biostratigraphique adopté pour les Monts des Ksour.	14
Fig. 7 : La coupe du Chemarikh (CKH). Lithostratigraphie, répartition des foraminifères, ammonites et milieux de dépôt ( <i>Sebane</i> , 2007).	16
Fig. 8 : La coupe du du Djebel Melah. Lithostratigraphie, répartition des foraminifères, ammonites et milieux de dépôt ( <i>Sebane</i> , 2007).	18
Fig. 9 : La coupe du du Réha. Lithostratigraphie, répartition des foraminifères, ammonites et milieux de dépôt ( <i>Sebane</i> , 2007).	20
Fig. 10 : Répartition stratigraphique des principales espèces d'ammonites dans les Monts des Ksour	22
Fig. 11 : Répartition biostratigraphique et biozonation des principales espèces de foraminifères dans les Monts des Ksour.	25
Fig. 12 : Définition et présentation des principaux genres de foraminifères à tests hyalins rencontrés dans les Monts des Ksour.	27
Fig. 13 : Présentation des autres familles accompagnatrices rencontrées dans les Monts des Ksour.	28
Fig. 14 : Définition et présentation des principaux genres de foraminifères à tests agglutinants rencontrés dans les Monts des Ksour.	29
Fig. 15 : Extension spatiale des foraminifères de Carixien au Bajocien inférieur dans les Monts des Ksour.	31
Fig. 16 : Evolution spatio-temporelle des différentes familles de foraminifères benthiques dans les Monts des Ksour.	34
Fig. 17 : Evolution spatio-temporelle des différentes formes de foraminifères benthiques dans les Monts des Ksour.	37

Fig. 18 : Evolution spatio-temporelle des foraminifères agglutinants et hyalins dans les Monts des Ksour.	40
Fig. 19 : Evolution tectono-sédimentaire (Mékahli, 1998) et les fréquences relatives moyennes des foraminifères par rapport à l'environnement.	42
Fig. 20 : AFC des 23 individus (niveau de prélèvement) x 11 variables (Coupe de Chemarikh).	50
Fig. 21 : Classification hiérarchique appliquées sur les données de la coupe du Chemarikh.	50
Fig. 22 : AFC des 20 individus (niveau de prélèvement) x 10 variables (Coupe de Djebel Mélah).	52
Fig. 23 : Classification hiérarchique appliquées sur les données de la coupe du Djebel Mélah.	52
Fig. 24 : AFC des 18 individus (niveau de prélèvement) x 8 variables (Coupe de Réha).	54
Fig. 25 : Classification hiérarchique appliquées sur les données de la coupe de Réha.	54
Fig. 26 : AFC des 18 individus (niveau de prélèvement) x 8 variables (L'ensemble des coupes).	56
Fig. 27 : Classification hiérarchique appliquées sur les données des trois des coupes.	56
Fig. 28 : Distribution des groupes de foraminifères le long d'un profil environnemental.	58
Fig. 29 : ACM des individus (niveaux de prélèvements) dans le plan factoriel F1-F2.	59
Fig. 30 : La classification hiérarchique des variables (espèces de foraminifères) et individus (niveau de prélèvement)	61
Fig. 31 : Evolution morphologique des foraminifères au cours du temps dans les Monts des Ksour.	63
Fig. 32 : Classification hiérarchique des domaines paléobiogéographiques de l'Algérie occidentale par les foraminifères.	64
Fig. 33 : Classification hiérarchique des domaines paléobiogéographiques de la Téthys occidentale par les foraminifères.	65
Fig. 34 : Paléogéographie de la terre et de la Téthys au cours du Jurassique <a href="http://www.scotese.com/earth.htm">http://www.scotese.com/earth.htm</a>	68
Fig. 35 : Répartition paléobiogéographique des foraminifères au Domérien dans les bassins sud téthysiens.	71



Fig. 36 : Répartition paléobiogéographique des foraminifères au Toarcien dans les bassins sud téthysiens.	72
Fig. 37 : Relations paléobiogéographiques entre les Monts des Ksour (Algérie occidentale), les pays téthysiens et les pays atlantiques au Domérien (Dercourt <i>et al.</i> , 1985 et Elmi et Rulleau, 1988).	74
Fig. 38 : Relations paléobiogéographiques entre les Monts des Ksour (Algérie occidentale), les pays téthysiens et les pays atlantiques au Toarcien (Dercourt <i>et al.</i> , 1985 et Elmi et Rulleau, 1988).	76

### **Tableaux**

Tab. 1 : Ensembles des variables significatives et leur inertie par rapport aux axes retenus dans la coupe de Chemarikh.	49
Tab. 2 : Ensembles des variables significatives et leur inertie par rapport aux axes retenus dans la coupe du Djebel Mélah.	51
Tab. 3 : Ensembles des variables significatives et leur inertie par rapport aux axes retenus dans la coupe de Réha.	53
Tab. 4 : Ensembles des variables significatives et leur inertie par rapport aux axes retenus (L'ensembles des coupes).	55