Biostratigraphie des foraminifères du Toarcien du Moyen Atlas Central, Maroc Biostratigraphy of the Toarcian foraminifera of the Central Middle Atlas, Morocco

Zohra Bejjaji, Mohammed Boutakiout, Saïd Chakiri

▶ **To cite this version:**

Zohra Bejjaji, Mohammed Boutakiout, Saïd Chakiri. Biostratigraphie des foraminifères du Toarcien du Moyen Atlas Central, Maroc Biostratigraphy of the Toarcian foraminifera of the Central Middle Atlas, Morocco. Pangea infos, 2000, 33/34, pp.5-15. insu-00947798

HAL Id: insu-00947798

https://insu.hal.science/insu-00947798

Submitted on 17 Feb 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Biostratigraphie des foraminifères du Toarcien du Moyen Atlas Central, Maroc

Biostratigraphy of the Toarcian foraminifera of the Central Middle Atlas, Morocco

Zohra BEJJAJI *, Mohamed BOUTAKIOUT ** et Saïd CHAKIRI *

* Faculté des Sciences, Laboratoire de Géologie Dynamique et Appliquée, B.P 133, Kénitra, Maroc.
e-mail : sdchakiri@hotmail.com
** Faculté des Sciences, Département de Géologie, B.P. 1014, Agdal, Rabat, Maroc

RÉSUMÉ

Les dépôts toarciens du Moyen Atlas central, généralement de type hémipélagiques, indiquent des conditions de plate-forme et de bassin ; ils sont marneux et confinés dans les dépocentres, calcaro-marneux et condensés dans les dépoaxes.

L'étude micropaléontologique des foraminifères benthiques a permis de suivre l'extension biostratigraphique des différentes espèces rencontrées. Quatre biozones sont établies (biozone à *Lingulina* gr. *tenera* et *Marginulina* gr. *Prima* ; biozone à *Lenticulina obonensis* mg *P. ;* biozone à *Lenticulina pennensis* mg. *M., Ichtyolaria hauffi, Dentalina utriculata, Citharina longuemari* et spectre *Lenticulina chicheryi* ; biozone à *Lenticulina d'orbignyi* mg *L.* et *Nodosaria pulchra*).

Les associations ou les espèces indicatrices de paléoenvironnements particuliers sont soulignées. Pour répondre aux conditions des milieux de vie, ces espèces adoptent généralement des stratégies exprimées par des tendances morphologiques particulières concernant, entre autres, la taille du test, son aplatissement et son déroulement.

Mots-clés : foraminifères, biozonation, Lias, Toarcien, paléoécologie, Moyen Atlas, Maroc.

ABSTRACT

The Toarcian sediments of the Central Middle Atlas show hemipelagic facies deposited in platform to basinal environments. They are represented by marly thick sections which accumulated in troughs under restricted conditions and by condensed sections of marly limestones encountered rather on high ridges.

The micropalaeontological study of benthic foraminifera allowed us to establish the biostratigraphic extension of the different encountered species. Four biozones were thus established (biozone with Lingulina *gr*. tenera *and* Marginulina *gr*. Prima*; biozone with* Lenticulina obonensis *mg* P.; *biozone with* Lenticulina pennensis *mg.* M., Ichtyolaria hauffi, Dentalina utriculata, Citharina longuemari *and spectre* Lenticulina chicheryi*; biozone with* Lenticulina d'orbignyi *mg* L. *and* Nodosaria pulchra*).*

Both typical associations and paleoenvironmental marker species are described. In response to environmental change, significant morphological variations have evolved in these species (e.g. size, flattening and uncoiling of the test).

Key-words: *Foraminifera, biozonation, Lias, Toarcian, paleoecology, Middle Atlas, Morocco.*

1. INTRODUCTION

La présente étude expose les résultats d'un travail consacré aux foraminifères du Toarcien du Moyen Atlas Central (fig. 1a).

La région étudiée est située au Sud-Ouest du Moyen Atlas plissé, domaine structuré en quatre rides anticlinales orientées NE-SW et séparées par trois zones synclinales de même direction (fig. 1b).

Les dépôts du Toarcien (fig. 1c) reposent générale-

1. INTRODUCTION

In this study, we present results obtained from foraminifera of Toarcian age from the central Middle Atlas, Morocco (fig. 1a). The study area is located in the folded strata of the southwest Middle Atlas. The structure of this region is dominated by four NE-SW trending anticlines which delineate three synclinal troughs of similar orientation (fig. 1b).

Toarcian deposits (fig. 1c) generally lie on bedded

ment sur des calcaires lités ou des marno-calcaires d'âge domérien. Au sommet, ils sont surmontés par des marnes et des marno-calcaires à zoophycos de l'Aalénien et du Bajocien inférieur. Les subdivisions du Toarcien sont bien calées par les ammonites (Benshili, 1989). Le Toarcien inférieur est composé essentiellement de marnes et d'alternances marno-calcaires. Le Toarcien moyen, représenté par divers faciès, est constitué de marno-calcaires, de calcaires et de marnes noduleuses. Vers le sommet, il se charge en carbonates. Le Toarcien supérieur est formé par des marno-calcaires et des calcaires ferruginisés. Les dépôts toarciens, marneux à la base et plus carbonatés au sommet, s'organisent en une mégaséquence de comblement de type klupfélien (Bejjaji, 1994).

limestones or calcareous marls of Domerian age. At the top of the sequence, these deposits are overlain by Aalenian-Lower Bajocian marls and calcareous marls rich in Zoophycos. Toarcian subdivisions can be inferred from ammonites (Benshili, 1990). The Lower Toarcian is mainly composed of alternating marls and calcareous marls. The Middle Toarcian, represented by various facies, is composed of calcareous marls, limestones and nodular marls, with carbonate units becoming more frequent towards the top. Calcareous marls and ferruginous limestones form the Upper Toarcian sequence. The Toarcian section, with overall increasing carbonate content from the base to the top, forms part of a Klupfelian-type megasequence (Bejjaji, 1994).

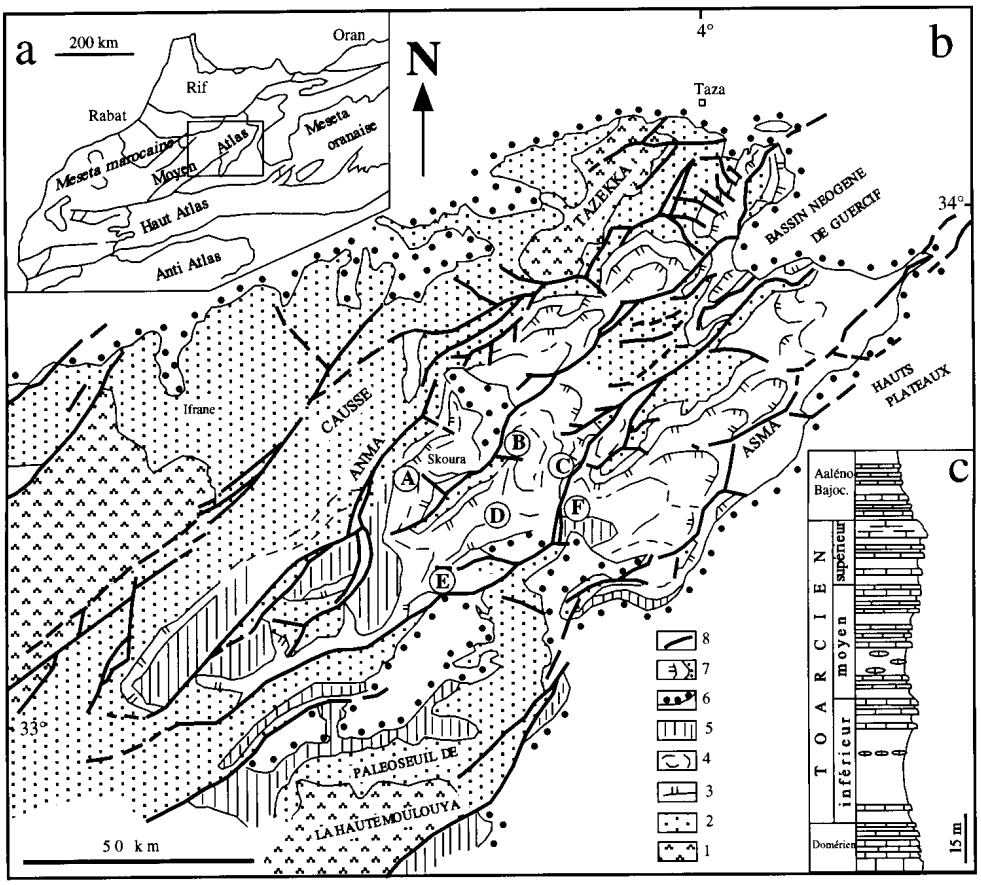

Fig. 1 – Carte de situation

a : situation du Moyen Atlas ; **b** : carte géologique simplifiée du Moyen atlas. 1 : substratum paléozoïque ; 2 : Trias et Lias ; 3 : Toarcien et Bajocien ; 4 : Bathonien et Jurassique supérieur ; 5 : Crétacé et Paléogène ; 6 : molasse néogène ; 7 : dépocentres ; 8 : rides principales. A : Aït Albaqal ; B : Tizi Issoulitène ; C : Issouka ; D : Tagnamas ; E : Anjil Ikhatarn ; F : Saïd Arrahim ; **c** : colonne lithostratigraphique synthétique des dépôts toarciens.

Fig. 1 – Location map

***a**: Location of the Middle Atlas; **b**: Simplified geological map of the Middle Atlas. 1: Paleozoic basement; 2: Trias and Lias; 3: Toarcian and Bajocian; 4: Bathonian and Upper Jurassic; 5: Cretaceous and Paleogene; 6: Neogene chaotic deposits; 7: Depocenters; 8: Principal ridges. A: Aït Albaqal; B: Tizi Issoulitene; C: Issouka; D: Tagnamas; E: Anjil Ikhatarn; F: Saïd Arrahim; **c**: Synthetic lithostratigraphic column of Toarcian deposits.*

2. BIOSTRATIGRAPHIE

2. BIOSTRATIGRAPHY

21. Associations de foraminifères

Les foraminifères benthiques sont abondants et diversifiés. Les corrélations biostratigraphiques entre les différentes coupes étudiées ont permis de dégager les principales espèces caractéristiques de zones précises du Toarcien (fig. 2).

22. Biozones

L'extension verticale des foraminifères permet de mettre en exergue les espèces d'importance chronostratigraphique. Dans la présente note, une biostratigraphie du Toarcien du Moyen Atlas central est établie à base d'espèces marqueurs largement citées en Europe occidentale et au Maroc. Ainsi, la sélection de ces espèces marqueurs a permis d'établir une biozonation locale constituée de quatre biozones (fig. 3).

Biozone à *Lingulina* gr. *tenera* et *Marginulina* gr. *Prima*

Elle est caractérisée par la présence de ces deux espèces indices et couvre le Domérien-Toarcien basal (zone à Polymorphum).

Cette biozone se subdivise en quatre sous-biozones (Boutakiout, 1990) : sous-biozone à *Marginulina prima prima* (Domérien inférieur), sous-biozone à *Bolivina liassica* (Domérien moyen), sous-biozone à *Lenticulina sublaevis* mg *S.* et *Lenticulina insignis* mg *F.* (Domérien supérieur) et enfin sous-biozone à *Lenticulina bochardi* mg *L.* et *Lenticulina toarcense* mg *L.* (Toarcien inférieur, zone à Polymorphum). Aux espèces-indices de cette dernière sous-biozone nous ajoutons *Nodosaria obscura*.

Biozone à *Lenticulina obonensis* mg *P.*

Elle correspond à la durée de vie de cette espèce et coïncide avec la zone à Serpentinus.

Biozone à *Lenticulina pennensis* mg *M., Ichtyolaria hauffi, Dentalina utriculata, Citharina longuemari* et spectre *Lenticulina chicheryi*

Elle est marquée par la disparition de *Lenticulina obonensis* mg *P.* et l'arrivée des espèces citées (Toarcien moyen). *Lenticulina pennensis* mg *M.* et *Ichtyolaria hauffi* constituent les seuls taxons constants et limités au Toarcien moyen.

21. Foraminifera associations

In Toarcian deposits, benthic foraminifera are abundant and diverse. Biostratigraphic correlations between the different studied sections allow to identify the main characteristic species of any given Toarcian zone (fig. 2).

22. Biozones

The vertical distribution of the foraminifera can be used to identify which species are suitable for chronostratigraphic purposes.

We use marker species that have been widely described from western Europe and Morocco. The selected marker species allow us to establish a local biozonation comprising four biozones (fig. 3).

Biozone with Lingulina *gr.* tenera *and* Marginulina *gr.* Prima

The biozone characterised by the presence of these two marker species is found in the basal Domerian-Toarcian (Polymorphum zone). This biozone can be divided into four sub-biozones (Boutakiout, 1990): sub-biozone with Marginulina prima prima *(Lower Domerian), sub-biozone with* Bolivina liassica *(Middle Domerian), sub-biozone with* Lenticulina sublaevis *mg* S. *and* Lenticulina insignis *mg* F. *(Upper Domerian) and, finally, sub-biozone with* Lenticulina bochardi *mg* L. *and* Lenticulina toarcense *mg* L. *(Lower Toarcian, Polymorphum zone). We note that another species,* Nodosaria obscura, *is also representative of the latter sub-biozone.*

Biozone with Lenticulina obonensis *mg* P.

This biozone is defined by the distribution of this species and coincides with the Serpentinus zone.

Biozone with Lenticulina pennensis *mg* M., Ichtyolaria hauffi, Dentalina utriculata, Citharina longuemari *and spectre* Lenticulina chicheryi

This biozone is characterised by the disappearance of Lenticulina obonensis *mg* P. *and the appearance of the cited species (Middle Toarcian).* Lenticulina pennensis *mg* M. *and* Ichtyolaria hauff*i are restricted to the Middle Toarcian.*

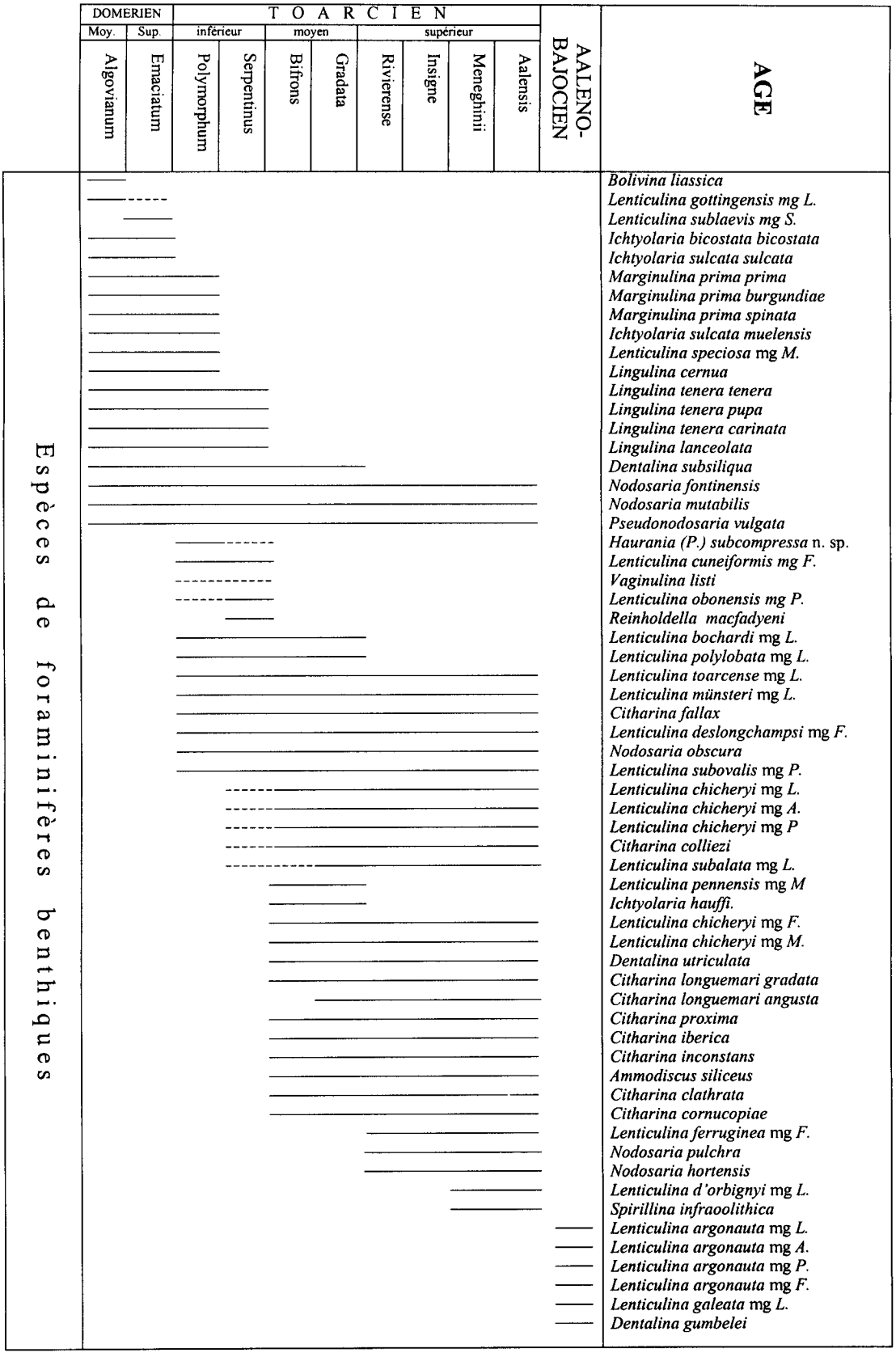

Fig. 2 – La répartition des principales espèces de foraminifères du Toarcien du Moyen Atlas central.

Fig. 2 – Distribution of main Toarcian foraminifera of the central Middle Atlas.

<table>
<tr><th colspan="3">AGE</th><th colspan="2">BIOZONATION</th></tr>
<tr><td colspan="3">AALENIEN</td><td colspan="2" rowspan="4">Lenticulina d'orbignyi
mg L., A. et
Nodosaria pulchra</td></tr>
<tr><td rowspan="8">T
O
A
R
C
I
E
N</td><td rowspan="4">supérieur</td><td>Aalensis</td></tr>
<tr><td>Meneghinii</td></tr>
<tr><td>Insigne</td></tr>
<tr><td>Rivierense</td></tr>
<tr><td rowspan="2">moyen</td><td>Gradata</td><td colspan="2">Lenticulina pennensis mg M., Ichtyolaria hauffi, Dentalina</td></tr>
<tr><td>Bifrons</td><td colspan="2">utriculata, Citharina longuemari, Lenticulina chicheryi</td></tr>
<tr><td rowspan="2">inférieur</td><td>Serpentinus</td><td colspan="2">Lenticulina obonensis mg P.</td></tr>
<tr><td>Polymorphum</td><td rowspan="3">Lingulina gr. Tenera
Marginulina gr. prima</td><td>Lenticulina toarcense mg L. Lenticulina bochardi Nodosaria obscura</td></tr>
<tr><td>DOMERIEN</td><td>supérieur</td><td>Emaciatum</td><td>Lenticulina sublaevis mg S.</td></tr>
<tr><td></td><td>moyen</td><td>Algovianum</td><td>Bolivina liassica</td></tr>
</table>

Fig. 3 – Les principales biozonations du Toarcien du Moyen Atlas central.
Fig. 3 – Main Toarcian biozonations of the central Middle Atlas.

Biozone à *Lenticulina d'orbignyi* mg *L.* et *Nodosaria pulchra*

Le Toarcien supérieur-Aalénien correspond à la disparition de *Lenticulina pennensis* mg *M.* et *Ichtyolaria hauffi* et à l'apparition des deux espèces indices.

23. Corrélation avec les régions voisines

La répartition des foraminifères et les principaux résultats dégagés seront analysés et comparés principalement avec ceux obtenus au Maroc et en Europe occidentale.

Le Domérien-Toarcien basal

Ce passage est caractérisé par une répartition de foraminifères très proche de celle proposée par les différents auteurs dans des régions voisines (Maroc, France, Portugal, Espagne).

La limite Domérien–Toarcien est marquée par l'extinction totale de *Bolivina liassica* et *Lenticulina sublaevis* mg *S.* reconnues dans plusieurs points géographiques comme marqueurs du Domérien. Cette limite coïncide également avec l'apparition de plusieurs espèces qui annoncent le Toarcien ; entre autres on cite *Lenticulina toarcense* mg *L.*, *Lenticulina bochardi* mg *L.* et *Nodosaria obscura*.

Cependant, plusieurs formes domériennes persistent jusqu'au Toarcien inférieur. A l'instar des Rides sud-rifaines (Oumalch, 1979 ; Boutakiout, 1990), du Causse moyen atlasique (Echarfaoui, 1991), du Maroc nord-oriental (Boudchiche, 1995) et de l'Europe occidentale (Copestake & Johnson, 1984 ; Ruget, 1988), la base du Toarcien correspond à un important renouvellement des foraminifères. Toutefois, dans le Moyen Atlas central, ce changement des espèces à affinité domérienne semble relativement tardif et s'effectue au sommet de la zone à

***Biozone with* Lenticulina d'orbignyi *mg* L. *and* Nodosaria pulchra**

This biozone corresponds to the appearance of these two marker species. Lenticulina pennensis *mg* M. *and* Ichtyolaria hauffi *disappear during the Upper Toarcian-Aalenian.*

23. Correlation with neighbouring regions

The foraminifera distribution is discussed and compared with previous studies from Morocco and western Europe.

The basal Domerian-Toarcian

In this horizon, the distribution of foraminifera is very similar to that proposed for neighbouring regions (Morocco, France, Portugal, Spain).

The Domerian-Toarcian boundary is characterised by the total extinction of Bolivina liassica *and* Lenticulina sublaevis *mg* S. *Both have been previously considered as Domerian indicators in various locations. The Domerian-Toarcian boundary is coincident with the appearance of several Toarcian species (e.g.* Lenticulina toarcense *mg* L., Lenticulina bochardi *mg* L. *and* Nodosaria obscura*).*

However, several Domerian species persist through to the early Toarcian. As described from the South Rifian corridor (Oumalch, 1979; Boutakiout, 1990), the Middle Atlas Causse (Echarfaoui, 1991), northeast Morocco (Boudchiche, 1995) and western Europe (Copestake & Johnson, 1984 ; Ruget, 1988), the base of the Toarcian corresponds to an important renewal of foraminifera. Throughout the central Middle Atlas, however, the disappearance of Domorian species seems to be relatively late and occurs at the top of Poly-

Polymorphum, voire dans la zone à Serpentinus. L'extension de la majorité des taxons est corrélable avec celle du Maroc à l'exception des *Lingulina* groupe *tenera* qui se prolongent jusqu'à la zone à Serpentinus alors qu'ailleurs, elles disparaissent dans la zone à Polymorphum (Rides sud-rifaines, Béni Snassen et Europe occidentale).

Le Toarcien inférieur

Il est marqué entre autres par l'espèce *Haurania (P.) subcompressa* n. sp. citée antérieurement dans les Rides sud-rifaines (Boutakiout, 1990 ; Bassoullet & Boutakiout, 1996) et restreinte au Toarcien inférieur.

Bien que *Lenticulina obonensis* mg *P.* apparaisse localement depuis la base du Toarcien inférieur, nous la considérons dans le Moyen Atlas central comme caractéristique de la zone à Serpentinus vu sa répartition. En Europe occidentale, cette espèce est limitée à la zone à Polymorphum (Ruget, 1988) alors qu'aux Béni Snassen orientaux (Boudchiche, 1995), elle monte jusqu'à la base de la zone à Serpentinus. Dans les Rides sud-rifaines, elle est restreinte au sommet du Toarcien inférieur, soit la zone à Serpentinus (Boutakiout, 1990).

Le Toarcien moyen

D'autres formes toarciennes apparaissent et se développent pendant le Toarcien moyen. Celui-ci correspond à une biozone à *Lenticulina pennensis* mg *M.* et *Ichtyolaria hauffi* accompagnées de *Dentalina utriculata* et du spectre *Lenticulina chicheryi*. L'explosion des *Citharina* constitue un événement important du Toarcien moyen notamment au Nord-Est de la région étudiée. Cet événement caractérise également d'autres régions où *Citharina longuemari* var. *gradata-angusta* sont également les mieux réparties et les plus communes.

Lenticulina pennensis mg *M.* est citée dans le Toarcien moyen en plusieurs points géographiques du Maroc et de l'Europe occidentale. Dans le Maroc nord-oriental, cette espèce est associée à *Ichtyolaria hauffi* alors qu'en Europe occidentale elle est accompagnée de *Dentalina utriculata*.

Lenticulina chicheryi, apparue dès la zone à Serpentinus, ne connaît son épanouissement avec tous ses morphogenres qu'au Toarcien moyen où le spectre se complète. L'apparition de cette espèce à la limite Toarcien inférieur Toarcien moyen est comparable à celle des régions voisines.

Le Toarcien supérieur-Aalénien

L'apparition de *Lenticulina d'orbignyi* mg *L., Nodosaria pulchra* et *Lenticulina ferruginea* mg *F.* constitue un bon marqueur de la période Toarcien supérieur–Aalénien. Dans les Rides sud-rifaines, les deux premières

morphum zone, or even in Serpentinus zone.

The range of the majority of taxa is correlated with those in Morocco, with the exception of Lingulus *gr.* Tenera *which survived into the Serpentinus zone whilst they generally disappeared in the Polymorphum zone (South Rifian corridor, Béni Snassen and western Europe).*

The Lower Toarcian

The Lower Toarcian is characterised by Haurania (P.) subcompressa *n. sp., which has been previously described from the South Rifian corridor (Boutakiout, 1990; Bassoullet & Boutakiout, 1996). This species is found exclusively in the Lower Toarcian.*

Despite some local appearances at the base of Lower Toarcian, we consider that Lenticulina obonensis *mg* P. *is a characteristic species of Serpentinus zone. In western Europe, this species is restricted to the Polymorphum zone (Ruget, 1988) but can be found up to the base of the Serpentinus zone in eastern Béni Snassen (Boudchiche, 1995). In the South Rifian corridor,* Lenticulina obonensis *mg* P. *is confined to the Serpentinus zone, at the top of Lower Toarcian deposits (Boutakiout, 1990).*

The Middle Toarcian

Several Toarcian species appear and flourish during the Middle Toarcian. This period corresponds to the biozone with Lenticulina pennensis *mg* M. *and* Ichtyolaria hauffi, *found in association with* Dentalina utriculata *and spectre* Lenticulina chicheryi. *In the Middle Toarcian, the bloom of* Citharina *represents an important event, especially in the northeast of the studied area. This event is specific to other regions where* Citharina longuemari *var.* gradata-angusta *can also be commonly found.*

Lenticulina pennensis *mg* M. *has been described in the Middle Toarcian of various Moroccan and western European locations.*

In northeast Morocco, this species is associated with Ichtyolaria hauffi, *whereas in western Europe it is found with* Dentalina utriculata.

Lenticulina chicheryi *first appears in the Serpentinus zone but its real development, with various morphogenii, occurs only during the Middle Toarcian, where the spectre is complete. The appearance of* Lenticulina chicheryi *at the Lower-Middle Toarcian boundary is similar in all neighbouring regions.*

The Upper Toarcian-Aalenian

The appearance of Lenticulina d'orbignyi *mg* L., Nodosaria pulchra *and* Lenticulina ferruginea *mg* F. *is a sensitive marker of the Upper Toarcian and Aalenian.*

In the South Rifian corridor, the first two species

espèces correspondent à une biozone de cette période (Boutakiout, 1990).

L'apparition de *Lenticulina d'orbignyi* mg *L.* est très précoce en Europe. Cette espèce montre ainsi une apparition diachrone du Nord vers le Sud.

Nodosaria pulchra est également citée en plusieurs points de l'Europe où elle est limitée surtout au Toarcien supérieur.

3. REPARTITION DES FORAMINIFERES EN FONCTION DES DIVERS SEDIMENTS

L'évolution générale des foraminifères du Toarcien du Moyen Atlas central est conditionnée en grande partie par le milieu de vie de cette microfaune.

31. Le Toarcien inférieur

Il coïncide dans le Moyen Atlas avec l'enfoncement brutal de la plate-forme carbonatée du Lias inférieur-moyen suite à une action probablement combinée de la tectonique (Benshili, 1989 ; Fedan, 1989) et de l'élévation eustatique (Bejjaji, 1994). Cet effondrement est marqué par l'apparition d'espèces de foraminifères adaptées à des milieux argileux de dépocentres qui se sont généralisés lors de l'élévation eustatique de cette époque.

La répartition et la diversité de ces foraminifères restent cependant variables d'un secteur à l'autre et semblent être étroitement liées à des paléobiotopes particuliers.

Dans les faciès marneux et marno-calcaires de la plate-forme externe ou du bassin moyen atlasique, la microfaune est largement dominée par les Nodosariidés :

- les *Lenticulina* constituent les formes les plus abondantes. Elles se trouvent adaptées à divers paléoenvironnements et particulièrement aux faciès marno-calcaires hémipélagiques ;
- les *Lingulina* montrent des proportions antagonistes à celles des *Lenticulina* puisque la proportion de l'une augmente ou diminue au détriment de l'autre, les deux genres constituant donc deux taxons en compétition ;
- les *Dentalina* sont relativement plus abondantes au Toarcien inférieur et leur épanouissement coïncide avec l'individualisation du bassin moyen atlasique.

Comme l'ont fait remarquer Ruget (1985) puis Cubaynes & Ruget (1985) en Europe occidentale et Boutakiout (1990) dans les Rides sud-rifaines, les *Dentalina* semblent être parmi les premières microfaunes à coloniser les nouveaux milieux.

Dans les faciès argileux et confinés d'ombilic (régions de Saïd Arrahim et Aït Albaqal), les foraminifères adoptent des stratégies qui leur permettent de s'adapter à des milieux pauvres en oxygène. En effet, ce confinement biologique s'atteste dans les faciès anoxiques par :

- la raréfication jusqu'à l'absence des espèces ;
- l'apparition de deux types de stratégies adaptatives ;

define a distinct biozone during this period (Boutakiout, 1990).

The appearance of Lenticulina d'orbignyi *mg* L. *is very early in Europe. This species therefore exhibits a diachronous occurrence from north to south.*

Nodosaria pulchra *has also been described in several locations in Europe, where it is essentially restricted to the Upper Toarcian.*

3. DISTRIBUTION OF FORAMINIFERA ACCORDING TO THE NATURE OF THE SEDIMENT

The general evolution of Toarcian foraminifera in the central Middle Atlas is mainly controlled by environmental conditions.

31. The Lower Toarcian

In the Middle Atlas region, the Lower Toarcian is coincident with the sudden deepening of the Lower-Middle Lias carbonate platform, which probably resulted from a combination of tectonic activity (Benshili, 1989; Fedan, 1989) and eustatic rise (Bejjaji, 1994). This deepening is characterised by the appearance of foram species adapted to the argillaceous environments of the depocentres which prevailed during the eustatic elevation of this period.

Both the distribution and diversity of these foraminifera are highly variable from one sector to another, and seem to be closely related to particular paleobiotopes.

In the marl and calcareous marl facies of the Middle Atlas outer platform and basin, the microfauna is mainly dominated by Nodosariids:

- Lenticulina *are the most abundant species. They are adapted to various paleoenvironments, with a particular affinity for hemipelagic calcareous marl facies;*
- *The abundance of* Lingulina *is inversely correlated to that of* Lenticulina *– therefore the two species represent competitive taxons;*
- Dentalina *are relatively more abundant during the Lower Toarcian. Their bloom is coincident with the isolation of the Middle Atlas basin.*

As previously suggested for western Europe (Cubaynes & Ruget, 1985; Ruget, 1985) and the South-Rifian corridor (Boutakiout, 1990), Dentalina *are probably amongst the first microfauna to colonize the newly formed environments.*

In the argillaceous, anoxic facies of the Saïd Arrahim and Aït Albaqal areas, foraminifera show evidence of adaptation to oxygen-poor environments. This biological confinement provides the following evidence for anoxic conditions:

- *Rarefication leading to absence of specific species;*
- *Appearance of two types of adaptative strategies; the*

le type r représenté par les *Reinholdella* au développement rapide avec une fréquence élevée d'individus de petite taille ; le type K caractérisé par des Nodosariidés de grande taille à développement lent ;
- l'épanouissement d'espèces indicatrices de confinement telles que les *Reinholdella* qui augmentent de fréquence au profit des Nodosariidés ;
- des tests lisses à fines ornementations constatés chez les *Dentalina* et les *Nodosaria ;*
- l'adaptation du genre *Lenticulina* avec des tendances morphologiques variées (Boutakiout, 1990).

Ce taxon acquiert des formes qui sont soit enroulées de petite taille, soit déroulées à test aplati. Cette dernière évolution morphologique (test aplati), probablement due à un déficit d'oxygène, permet d'augmenter la surface d'échange et de faciliter ainsi la respiration. Des constatations analogues ont été faites sur l'évolution morphologique des *Lenticulina* du Toarcien inférieur dans les Béni Snassen orientaux (Boudchiche & Ruget, 1993).

R-type, represented by Reinholdella *which developed rapidly with a high frequency of small-sized individuals. The K-type is characterised by large-sized Nodosariids with slow development;*
- *Blooms of marker species found in confined environments. This is the case of* Reinholdella *whose abundance increases to the benefit of Nodosariids;*
- *Presence of smooth tests with fine ornamentation (e.g.* Dentalina *and* Nodosaria*);*
- *Adaptation of genus* Lenticulina *with varied morphologies (Boutakiout, 1990).*

This taxon acquired two forms: 1) small and coiled, and 2) uncoiled with a flattened test. In response to the deficit of oxygen, this latter morphological evolution increased the exchange surface, which probably facilitated respiration. Similar observations on the morphological evolution of Lenticulina *have been described from the Lower Toarcian of eastern Béni Snassen (Boudchiche & Ruget, 1993).*

32. Le Toarcien moyen et supérieur

Dans les milieux carbonatés à hydrodynamisme élevé (régions d'Aït Albaqal et sud-ouest d'Anjil Ikhatarn), les foraminifères sont rares ou absents. Les milieux marneux peu profonds et agités (marnes noduleuses de la région nord-est d'Anjil Ikhatarn) sont marqués par le développement des Agglutinés et des *Dentalina.* Ces dernières, bien que rares dans le Toarcien moyen et supérieur du Moyen Atlas central, s'adaptent à ce paléoenvironnement.

Dans les milieux calmes plus distaux et bien oxygénés, les Nodosariidés sont bien développés : les *Lenticulina* s'expriment par leurs divers morphogenres (spectre) associés à des formes enroulées de petites tailles, et les *Citharina* et les formes droites et allongées connaissent leur apogée.

Ces Nodosariidés sont associés à de rares Agglutinés, Spirillinidés et Polymorphinidés. Les *Reinholdella* et parfois les *Ophtalmidium* de petites tailles apparaissent de nouveau dans les milieux confinés (régions d'Issouka et de Tizi Issoulitène).

32. The Middle and Upper Toarcian

In high energy carbonate environments (Aït Albaqal and southwestern Anjil Ikhatarn areas), foraminifera are rare or absent.

Agitated shallow water marly environments (nodular marls of northeastern Anjil Ikhatarn area) are characterised by the development of both Agglutines and Dentalina*. Although rare in the Middle and Upper Toarcian of the central Middle Atlas, Dentalina are particularly adapted to this paleoenvironment.*

In the well-oxygenated and quieter distal environments, Nodosariids are well developed: this is demonstrated by the various morphogenii (spectre) of Lenticulina *with their small, coiled forms, and* Citharina *with its straight and elongate forms.*

These Nodosariids are associated with rare Agglutines, Spirillinids and Polymorphinids. Reinholdella *and sometimes small* Ophtalmidium *reappear in confined environments (Issouka and Tizi Issoulitène regions).*

4. CONCLUSION

La répartition des foraminifères benthiques du Toarcien du Moyen Atlas central et leur corrélation avec les régions avoisinantes (Maroc et Europe occidentale) montrent des extensions biostratigraphiques assez bien définies qui permettent d'établir quatre biozones. Elles peuvent donner des précisions de datation au niveau du sous-étage, voire au niveau d'une zone d'ammonites. Les comparaisons avec les travaux effectués dans d'autres régions rendent compte des similitudes et de la fiabilité des subdivisions stratigraphiques de cette microfaune qui peut être largement utilisée particulière-

4. CONCLUSION

The distribution of Toarcian benthic foraminifera from the central Middle Atlas and the correlation with neighbouring regions (Morocco and western Europe) show quite well-defined biostratigraphical extensions, which allow four biozones to be established. They can give precision to dating at sub-stage level or at ammonite zone level.

Comparisons with studies from other regions exhibit similarities which demonstrate that stratigraphical subdivisions of the microfauna may be adequate to use in

ment lors de l'absence d'ammonites.

Les marqueurs paléoécologiques sont assez diversifiés. Les *Lenticulina* prédominent dans les marno-calcaires hémipélagiques. Les *Lingulina* constituent des fréquences généralement antagonistes à celles des *Lenticulina*. Les *Dentalina* colonisent les nouveaux milieux de la base du Toarcien, créés suite à la dislocation de la plateforme carbonatée domérienne. Les *Citharina* sont liés aux paléomilieux calmes et distaux. Les Agglutinés marquent des environnements peu profonds riches en silicoclastiques.

Le développement et l'exploitation de toutes les données micropaléontologiques d'ordre biostratigraphique, paléoécologique et morphologique aussi bien qualitatives que quantitatives permettront de mettre en évidence les séquences génétiques de dépôt d'obédience eustatique. □

the absence of ammonites.

The paleoecological markers are diverse. Lenticulina *dominate in hemipelagic calcareous marls. Abundances of* Lingulina *are generally inversally correlated to those of* Lenticulina. *In the early Toarcian,* Dentalina *colonised new environments formed by the dislocation of the Domerian carbonate platform.* Citharina *are found in quiet distal paleoenvironments. Agglutines characterise shallow environments rich in siliclastic material.*

In conclusion, the qualitative and quantitative interpretation of all micropaleontological data, including biostratigraphy, palaeoecology and morphology, may be particularly helpful in providing evidence for the deposition of sequences genetically related to eustatic changes. □

Références bibliographiques

Bassoullet J.P., Boutakiout M. (1996) – *Haurania (Platyhaurania) subcompressa* nov. Subgen., n. sp., grand foraminifère imperforé nouveau *(Hauraniidae)* du Toarcien inférieur du Maroc septentrional (Rides sud-rifaines). – *Revue de Micropaléontologie*, vol. 39, n° 2, p. 27-40.

Bejjaji Z. (1994) – Les foraminifères du Toarcien du Moyen Atlas central (Maroc). Micropaléontologie et paléoenvironnements. – Thèse Univ. Mohamed V, Rabat, 232 p.

Benshili K. (1989) – Lias-Dogger du Moyen Atlas plissé (Maroc) : sédimentologie, biostratigraphie et évolution paléogéographique. – *Doc. Lab. Geol. Lyon*, n° 106, 285 p.

Boudchiche L. (1995) – Le Lias-Dogger des Beni Snassen orientaux (Maroc Nord-oriental). Successions stratigraphiques, évolution tectono-sédimentaire et micropaléontologie. – Thèse Sci. Univ. Mohamed 1er, Oujda, 253 p.

Boudchiche L., Ruget C. (1993) – Une réponse morphologique à un problème écologique : l'exemple des foraminifères du Toarcien inférieur des Béni-Snassen (Maroc nord-oriental). – *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 316, Série II, p. 815-821.

Boutakiout M. (1990) – Les foraminifères du Jurassique des Rides Sud-Rifaines et des régions voisines (Maroc). – *Doc. Lab. Geol. Lyon*, n° 112, 247 p.

Copestake P., Johnson B. (1984) – Lower Jurassic (Hetangien-Toarcien) Foraminifera from the Mochras Barehole, North Wales (UK) and their application to a worldwide biozonation. – *2^{e} Symposium International sur les foraminifères benthiques*, Pau, p. 183-184.

Cubaynes R., Ruget C. (1985) – Les écoséquences de Nodosariidés et d'Ostracodes et leur signification dans les marnes toarciennes du Sud-Quercy. – *1er Colloque C.I.E.L., Lyon, Cahiers Inst. Cath. Lyon*, n° 14, p. 125-134.

Echarfaoui H. (1991) – Etude micropaléontologique et sédimentologique du Lias-Dogger du synclinal de Bekrit (Causse moyen atlasique, Maroc). – Thèse Univ. Mohamed V, Rabat, 176 p.

Fedan B. (1989) – Evolution géodynamique d'un bassin intraplaque sur décrochements: Le Moyen Atlas (Maroc) durant le Méso-Cénozoïque. – *Trav. Inst. Sci. Rabat, Série Géol. Géogr. Phys*., n° 18, 142 p.

Oumalch F. (1979) – Etude stratigraphique et micropaléontologique du Jurassique du Jbel Dehar En Nsour (Rides Sud-Rifaines, Maroc). – Thèse Univ., Paris, 190 p.

Ruget C. (1985) – Les Foraminifères (Nodosariidés) du Lias de l'Europe occidentale. – *Doc. Lab. Géol. Lyon*, n° 94, 272 p.

Ruget C. (1988) – Essai de biozonation biostratigraphique du Lias par les foraminifères (Nodosariidés). – *Revue de paléontologie*, vol. spéc., n° 2, Benthos 86, p. 197-201.

PLANCHE

Fig. 1 - ***Lingulina Tenera Tenera* BORNEMANN, 1854, x 115,** Toarcien inférieur, Issouka.

Fig. 2 - ***Lenticulina toarcense* PAYARD, 1947 mg *Lenticulina*, x 80,** Toarcien, Issouka.

Fig. 3 - ***Lenticulina chicheryi* (PAYARD), 1947 mg *Falsopalmula*, x 105,** Toarcien moyen-supérieur, Issouka.

Fig. 4 - ***Citharina longuemari* var *Angusta* (TERQUEM), 1866,** x 65, Toarcien moyen-supérieur, Tizi Issoulitène.

Fig. 5 - ***Marginulina prima prima* d'ORBIGNY, 1850,** x 80, Domérien-Toarcien inférieur (zone à Polymorphum), Aït Albaqal.

Fig. 6 - ***Lenticulina pennensis* (CUBAYNES & RUGET), 1983 mg *Marginulinopsis,*** x 88, Toarcien moyen, Issouka.

Fig. 7 - ***Lenticulina chicheryi* (PAYARD), 1947 mg *Lenticulina,*** x 105, Toarcien moyen, Issouka.

Fig. 8 - ***Lenticulina d'orbignyi* (ROEMER), 1839 mg *Lenticulina,*** x 160, Toarcien supérieur-Aalénien, Saïd Arrahim.

Fig. 9 - ***Lenticulina d'orbignyi* (ROEMER), 1839 mg *Astacolus,*** x 135, Toarcien supérieur, Tizi Issoulitène.

Fig. 10 - ***Nodosaria pulchra* (FRANKE), 1936, x 110,** Toarcien supérieur, Tizi Issoulitène.

p.m. Sylvie Orlyk

Rq. la planche n'est pas annoncée dans le texte et aucune de ces photos n'est appelée. ???

Après traduction :

- éventuellement, supprimer la numérotation des paragraphes

- faire la coupure des mots.

- retravailler la mise en page général, et essayer en fin d'article, d'obtenir la planche sur page de droite avec ses légendes sur page de gauche en vis-à-vis.

2476 mots = info. automatique donnée par le logiciel jusqu'à la fin du texte à proprement parler (hors biblio et hors légendes de la planche). On devrait également exclure le titre, les auteurs et les affiliations, ainsi que les tableaux.