



Available online at www.sciencedirect.com



C. R. Geoscience 337 (2005) 814–823



<http://france.elsevier.com/direct/CRAS2A/>

Géomatériaux (Sédimentologie)

Le Toarcien inférieur du Haut Atlas de Todrha–Dadès (Maroc) : sédimentologie et lithostratigraphie

Mohammed Ettaki, El Hassane Chellai*

Département de géologie, faculté des sciences Semlalia, B.P. 2390, Marrakech, Maroc

Reçu le 26 juillet 2004 ; accepté après révision le 13 avril 2005

Disponible sur Internet le 13 juin 2005

Présenté par Jean Dercourt

Résumé

L'étude sédimentologique et lithostratigraphique des faciès du Lias du Haut Atlas de Todrha–Dadès permet d'établir de nouvelles données sur la formation Tagoudite. Son milieu de dépôt et son contenu micropaléontologique sont mis en évidence, en relation avec l'évolution géodynamique du bassin Haut Atlasique pendant le Toarcien inférieur. **Pour citer cet article : M. Ettaki, E.H. Chellai, C. R. Geoscience 337 (2005).**

© 2005 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

The Lower Toarcian of the Todrha–Dades area (Morocco): sedimentology and lithostratigraphy. The survey of sedimentological and lithostratigraphic Liassic facies of the Todrha–Dades area (southwestern part of the central High Atlas) permits to establish new data on the Tagoudite formation. Its environment deposit and its micropalaeontological content are evidenced in relation with the geodynamic evolution of the High Atlas Basin during the Early Toarcian. **To cite this article: M. Ettaki, E.H. Chellai, C. R. Geoscience 337 (2005).**

© 2005 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots-clés : Toarcien inférieur ; Sédimentologie ; Lithostratigraphie ; Paléoenvironnement ; Haut Atlas ; Maroc

Keywords : Lower Toarcian; Sedimentology; Lithostratigraphy; Palaeoenvironment; High Atlas; Morocco

Abridged English version

1. Introduction

The present work is a sedimentological and lithostratigraphic analysis treating the Lower Toarcian facies of the Todrha–Dades High Atlas. This area is situ-

* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : mohammed_ettaki@hotmail.com
(M. Ettaki), chell@ucam.ac.ma (E.H. Chellai).

ated in the southwestern part of the central High Atlas (Fig. 1). It is limited by the Dades River in the west, the Todrha River in the east, the southern Atlasic fault [20] in the south and the northern Atlasic fault [19] in the north. This area is principally structured by a network of faults oriented NE–SW and NNW–SSE inherited from the Hercynian orogenesis.

The Toarcian corresponds with an important stage in the evolution of the Atlasic domain registered during the rifting occurring on the west Tethysian margin during the Early Jurassic. Structural and sedimentological analyses of the Early Toarcian allow us to provide new data on the Tagoudite formation and to elaborate a geodynamic diagram and a sedimentological model of this area during the Early Toarcian.

2. Chronostratigraphic attribution

In the Todrha–Dades area, the ammonites are apparently absent in deposits of the Tagoudite Formation; on the other hand, a rich fauna of foraminifera and ostracods is met in the washing residues of marls and marly sandstones particularly of the lower member of this formation. The micropalaeontological study allows us to attribute the Tagoudite Formation to the Early Toarcian (*Polymorphum–Levisoni* zones). Ammonites – *Dactyloceras* (*Eodactylites*) *mirabilis* FUCINI; *D.* (*Eodactylites*) *gr. pseudocommune* FUCINI and *D.* (*E.*) sp. collected by Ettaki [12, 13] at the top of the underlying Ouchbis Formation (in Ouguerd-Zegzaoune, Ilourhman and Tizi nel Haj localities) – dated the Earliest Toarcian (Mirabile sub-zone of the *Polymorphum* zone).

3. Sedimentary results

In the Todrha–Dades area, deposits of the Early Toarcian show an important thickening from the southwest to the northeast. In the southwest, the sediment corresponds to a supply of terrigenous deposit in the Toarcian basins. In the west and the southwest, turbidites developed in the upper-fan ‘thin bedded turbidities one levee’, which pass progressively to the massive sandstone developed in the mid-fan, shows a filling of the sedimentological evolution (Fig. 2). In the northeast, sedimentological results as well as the microfauna found in the Tagoudite formation shows

that this extensively dilated formation has been deposited in an unfavourable area to the development of balanced microfauna (Fig. 3). The marl sandstone as well as the presence of the *Reinholdella* (BROTZEN) that characterizes a restricted area [3,5,8] testify to the fact that the Tagoudite formation was deposited in a deep umbilicus (the thickness of this formation varies according to its position in the umbilicus) created by a block tilting.

The impact of the tectonics during the Early Toarcian (*Polymorphum* zone) is recorded within deposits of the Tagoudite formation by normal faults and plastic distortions. It confirms that sediments, again stuffed of water, undergo the distortion. Tectonic structure analysis shows that the sedimentation took place in a tectonic dextral transtensive context controlled by a minimal forces of direction NW–SW to NW [12].

4. Palaeontological event

The foraminifera population of the Early Toarcian (*Polymorphum* zone) corresponds to an inheritance of the Upper Domerian; their extinction took place later (*Levisoni* zone), following the biologic confinement evidenced during the Early Toarcian [12]. This phenomenon is known in North Africa [8], notably in northeastern Morocco [5], in northwestern Europe and in environments of the Tethysian platforms and basins [2]. It coincides with a global anoxic event [16] and with the eustatic rise noted during Early Toarcian [15]. The foraminifera and ostracods harvested within the Tagoudite formation do not permit to specify the age of this formation. However, ammonites – *Dactyloceras* (*Eodactylites*) *gr. pseudocommune* FUCINI, *D.* (*E.*) *mirabile* FUCINI and *D.* (*E.*) sp. collected by Ettaki [12,14] at the top of the underlying Ouchbis formation, in Ouguerd-Zegzaoune, Ilourhman and Tizi nel Haj localities – permit to recognize the Lowermost Toarcian (*Polymorphum* zone).

5. Palaeogeography and geodynamic aspect

In the Todrha–Dades area, the Lowermost Toarcian (Mirabile sub-zone) carbonate facies are identical to those of the *Emaciatum* zone (Elisa sub-zone). From these data, the Mirabile sub-zone presents the same palaeogeographic and sedimentological facies known

during the Elisa sub-zone with a progressive filling of the Domerian basins by the marl and detrital facies of the Tagoudite formation (Fig. 2). A change in sedimentation conditions follows the syn-*Polymorphum* crisis [12]. In general, the Todrha–Dades area is characterized, during the Early Toarcian, by the lateral passage between the different domains of sedimentation. The change in the sedimentation conditions came after the syn-*Polymorphum* crisis.

This new evolution, accentuated by distensive tectonic, begins in the Early Toarcian by a sedimentary hiatus at the level of the platform and the seamounts ridges [14]. On the platform and their margins, which are individualized during Pliensbachian sedimentation, we assist to a marked sedimentary hiatus by the erosive conflicts with Neptunian dykes in Jbel Akenzoud and Tarhia n'Dades [12,13]. After these levels, detrital sedimentation settles before the Middle Toarcian [12]. The Todrha–Dades area has known a radical change in the sedimentation (Fig. 3). The palaeobasin individualized in the Middle Lias begins to be filled by terrigenous deposits on the borders and by carbonate deposits in the centre of the basin. The carbonate analysis curve achieved on deposits of the Tagoudite formation shows a relatively weak percentage. It records a relative decrease in the carbonated production by comparison with the Lower and Middle Lias. These results confirm the decrease of the carbonate production during the Early Toarcian, a global event underlined by Dromart [10] and Jenkyns [16]. This event coincided at a time with an eustatic rise [15] and with the tectonic movement related to the global events of the central Atlantic opening [9].

6. Conclusion

Sedimentologic and micropalaeontological analysis prove that the Tagoudite formation has been deposited in a relatively deep marine area. It marks a radical sedimentary Liassic change in the whole of the central High Atlas after the *Polymorphum* crisis [12]. The results obtained in the diverse sedimentary environments for the Early Toarcian show that there is an interaction and a conjugation of many factors, such as the eustatic variation. The distensive tectonic, a source of the confinement by partitioning and isolation, led to the anoxia that controls the events of faunal replacement. These sedimentological and palaeon-

tological characteristics clarify the passage from the biostasy period to the rhexistasy period during the Toarcian on the whole Atlasic domain [1,5,9,12,14].

1. Introduction

Le présent travail consiste en une analyse sédimentologique et lithostratigraphique des faciès du Toarcien inférieur de la région de Todrha–Dadès (Haut Atlas, marocain). Cette région, qui constitue une partie du versant sud du Haut Atlas central, est encadrée par l'oued Dadès, à l'ouest, et l'oued Todrha, à l'est, et est limitée par l'accident sud-atlasique [20] au sud et la faille nord-atlasique [19] au nord (Fig. 1). Elle est structurée principalement par un réseau de failles orientées NE–SW et NNW–SSE, héritées de l'orogénèse polyphasée hercynienne, voire même précambrienne.

Le Toarcien correspond à une étape importante dans l'évolution du domaine atlasique inscrite dans le cadre du *rifting* qui a marqué la marge ouest téthysienne pendant le Jurassique inférieur. Les analyses sédimentologiques et structurales des dépôts du Toarcien inférieur ont permis d'apporter de nouvelles données sur la formation Tagoudite et d'élaborer un schéma géodynamique et un modèle sédimentologique de cette région au Toarcien inférieur. La formation Tagoudite a été définie dans la région de Tounfite–Tirrhist par Stüder [21] comme une série de grès calcaires et marnes gréseuses. La limite inférieure de la formation Tagoudite est marquée par la disparition de l'alternance calcaréo-marneuse de la formation Ouchbis [21] au profit des turbidites silicoclastiques. La limite supérieure est tracée à l'apparition des chenaux calcaires de la formation Taфраout [12]. Notons que la formation Tagoudite est parfois lacunaire et ne figure pas dans la pile sédimentaire des parties méridionale et occidentale de cette région d'étude.

2. Attribution chronostratigraphique

Dans le Haut Atlas de Rich, Dubar [11] et Bernasconi [4] ont découvert une riche faune d'ammonites (*Dactyloceras*), des petits poissons (*Leptolepis*) et des palynomorphes, ce qui leur a permis d'attribuer à cette formation un âge Toarcien inférieur. Dans la

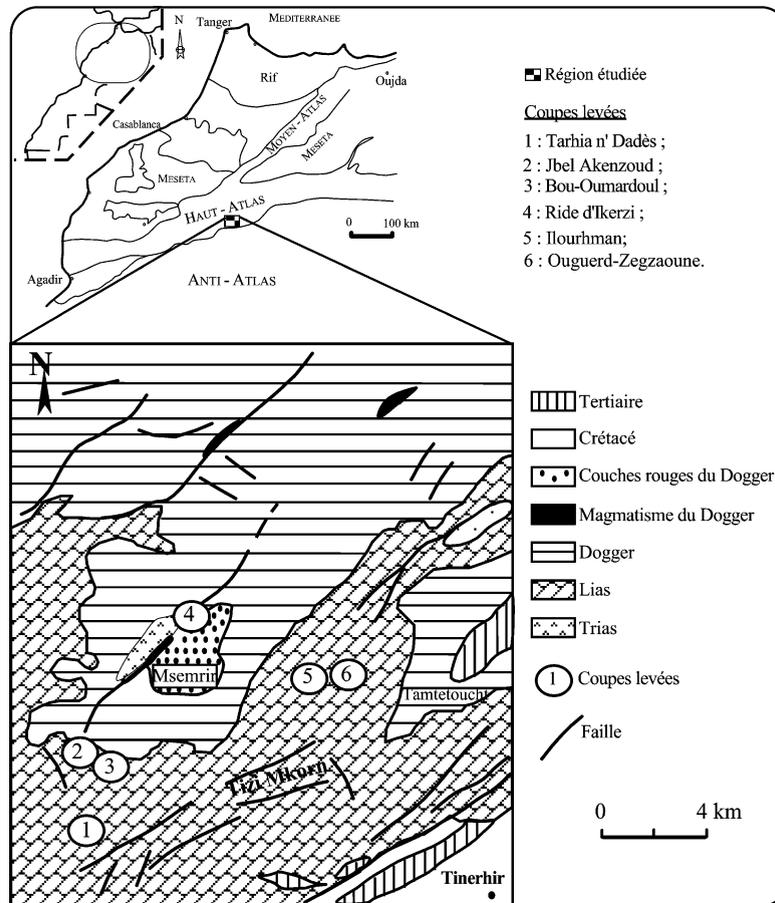


Fig. 1. Localisation de la région étudiée et des coupes levées.

Fig. 1. Location of the study area, showing the cross-sections studied.

région de Todrha–Dadès, nous avons constaté l’abondance des bioturbations et des fragments de bois. Les ammonites sont apparemment absentes dans les dépôts de cette formation; en revanche, une riche faune de foraminifères et d’ostracodes est rencontrée dans les résidus de lavage des marnes et marnes silteuses particulièrement dans le membre inférieur de cette formation. Les formes découvertes sont : *Pseudonodosaria multicostata* (BORNEMANN), *Ophthalmidium concentricum* (TERQUEM & BERTHELIN), *Lenticulina gottgensis* (BORNEMANN), *Lenticulina acutiangulata* (TERQUEM), *Lenticulina* sp., *Dentalina terquemi* D’ORBIGNY, *Dentalina* sp., *Ichtyolaria sulcata muelensis* (RUGET & SIGAL), *Ichtyolaria carinata* (BURBACH), *Reinholdella* sp., *Lingulina tenera* (BORNEMANN), *Lingulina* gr. *tenera*, *Lingulina*

pupa (TERQUEM) et *Marginulina prima* D’ORBIGNY. Les foraminifères en lames minces sont rares et ne sont représentés que par des sections d’*Ammobaculites coprolithiformis* (SCHWAGER), *Pseudocyclammina*? sp., des Hauranidés et des Valvulinidés. Cette association ne permet pas de préciser l’âge de la formation Tagoudite, car elle se trouve dans le Toarcien inférieur (zone à *Polymorphum*) et montre toujours un héritage domérien. En revanche, les ammonites – *Dactyloceeras* (*Eodactylites*) gr. *pseudocommune* FUCINI, D. (E.) *mirabile* FUCINI et D. (E.) sp. récoltées par Ettaki [12, 14] au sommet de la formation sous-jacente d’Ouchbis, dans les localités d’Ouguerd-Zegzaoune, d’Ilourhman et de Tizi nel Haj – ont permis de dater le Toarcien inférieur (zone à *Polymorphum*).

3. Description des coupes et analyse des faciès

Dans le Haut Atlas central, la formation Tagoudite marque un changement radical dans la sédimentation liasique [12,13,17]. À la suite de la crise syn-*Polymorphum* [12], les calciturbidites de la formation Ouchbis disparaissent au profit des turbidites silicoclastiques de la formation Tagoudite toarcienne. Cette formation se trouve parfois lacunaire dans la partie sud et la partie ouest de cette région d'étude, notamment dans les localités de Jbel Agouni, de Tarhia n'Dadès et de Jbel Akenzoud.

3.1. Coupe de Bou-Oumardoul

Dans cette coupe ($x = 455,5$; $y = 112,3$), la formation Tagoudite correspond à une série de dépôts marno-silteux (150 m) de couleur verte ou brun chocolat dans ses parties inférieure et moyenne, avec développement des séquences turbiditiques silicoclastiques tronquées, et devient verdâtre, avec développement d'une barre gréseuse au sommet. Cette formation a été découpée en deux membres.

– Le premier membre est formé, dans sa partie inférieure, de minces niveaux de marnes silteuses verdâtres, séparés par des bancs de calcaire gréseux (6 à 10 cm), qui montrent à leur base des *flute-casts*. Les mesures de ces figures sédimentaires ont donné un sens de courant orienté vers le nord-est. La partie supérieure de ce premier membre laisse observer la stratocroissance des niveaux marno-silteux; les niveaux calcaires gréseux montrent des rides de courants asymétriques sur leurs surfaces structurales. Les mesures de ces rides indiquent que les directions des courants oscillaient entre $N70^\circ$ et $N175^\circ$ et ont permis également de préciser le sens ENE ($N85^\circ$) du courant.

– Le deuxième membre de cette formation se développe en une barre gréseuse de couleur gris verdâtre à l'affleurement et en cassure, formée par des grès fins bien classés, à ciment calcaire renfermant des débris de végétaux oxydés.

Le matériel qui constitue les turbidites silicoclastiques de Tagoudite provient en général du Sud, région où se situe la lacune du passage Lias moyen–Lias supérieur [13]. Les mesures des figures sédimentaires *flute-cast*, *groove-cast* et des rides de courant asymétriques montrent que le courant est orienté nord-est à

ENE, ce qui plaide en faveur d'une origine de ces apports à partir du sud-ouest.

À Bou-Oumardoul, deux types de séquences sont distingués.

– Le premier type de séquence est formé d'un ou de plusieurs termes, la séquence la plus complète est :

- Ta : grès légèrement grossier à ciment calcaire présentant des structures de type *flute-cast* ou *groove-cast* à la base du banc. Les mesures de direction montrent que le sens du courant est ENE à nord-est ;
- Tb : grès fin à ciment calcaire, laminé et bien classé. Parfois, ce terme montre l'ichnofaciès « Scolacia », qui est souvent associé aux faciès turbiditiques ;
- Tc : grès très fin à ciment calcaire, moins développé et montre à son sommet des rides de courant asymétriques de direction variant entre $N170$ et $N180$, avec une dominance $N175$.

Ces termes sont surmontés par 1 à 1,5 m de marnes silteuses vertes à grisâtres ou rouge chocolat, que nous pouvons apparenter au terme « Te » de Bouma [7].

Cette séquence pourrait être développée dans le cône supérieur (*upper fan*). Elle correspond selon la nomenclature de Walker [22] au « *thin bedded turbidites on levee* ».

– Le deuxième type de séquence est formé exclusivement de grès et constitue une barre de 15 à 17 m de puissance; il correspond au *massive sandstone*, qui se développe au niveau du *mid-fan*.

Le modèle d'environnement des dépôts de type « modèle de cônes sous-marins » [18,22] serait bien adapté aux dépôts turbiditiques de Tagoudite qui affleurent à Bou-Oumardoul. Ces dépôts montrent une évolution en comblement, attestée à la base par des séquences turbiditiques incomplètes formées généralement par des termes Ta, Tab et Tbc, qui évoluent au sommet de cette formation en une barre massive de grès fin azoïque, bien classé, avec une lamination parallèle timidement apparente, correspondant à des dépôts du cône moyen *mid-fan*. Les figures sédimentaires (*groove-cast*, *flute-cast* et rides de courant) observées indiquent que le courant est généralement orienté ENE à nord-est. Ceci prouverait l'ouverture des cônes vers le bassin situé à l'est (Fig. 2).

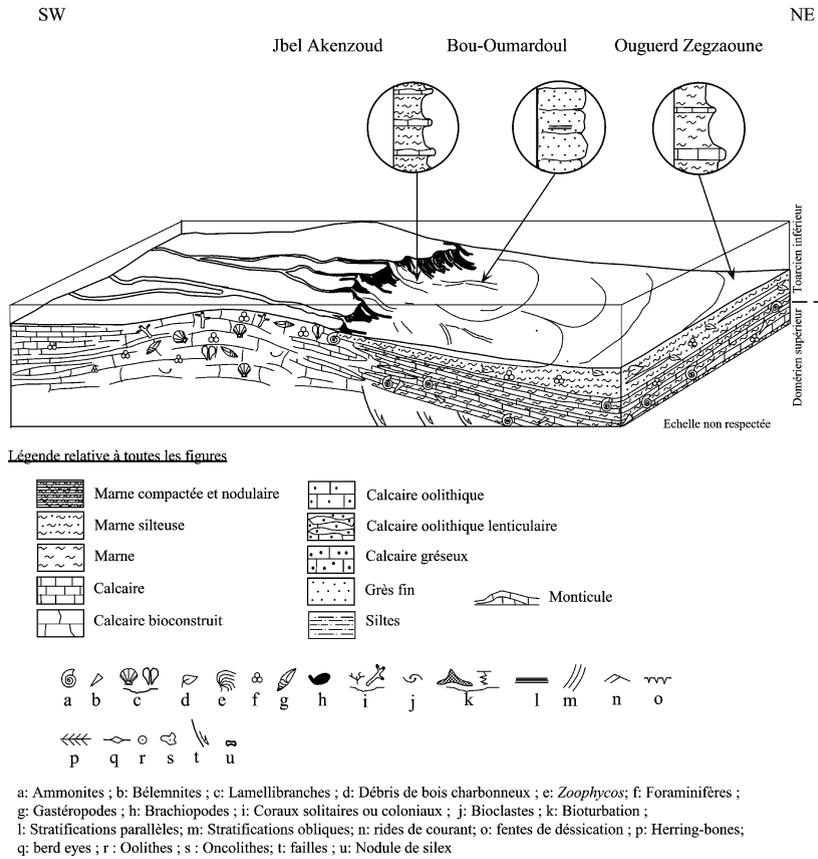


Fig. 2. Modèle sédimentologique avec distribution des faciès carbonatés du Domérien supérieur (zone à *Emaciatum*)–Toarcien inférieur (zone à *Polymorphum*) avec croquis des différentes séquences turbiditiques reconnues dans la formation de Tagoudite.

Fig. 2. Sedimentologic model with Domérian–Toarcian facies distribution, showing some turbidite sequences recognized in the Tagoudite formation.

Les résidus de lavage des marnes montrent la richesse de ces dépôts en particules détritiques (débris de mica, grains de quartz, débris carbonneux). De nombreux échantillons de marnes triées sont azoïques ou renferment parfois de rares organismes mal conservés. En revanche, certains échantillons de la formation Tagoudite ont livré des ostracodes (*Polycope* sp.) et des foraminifères (*Lingulina tenera*, *Lingulina pupa*, *Ichthyolaria sulcata muelensis*, *Reinholdella* sp., *Pseudonodosaria* sp., *Lenticulina* sp. et *Dentalina* sp.).

3.2. Coupe d'Ilourhmane

À Ilourhmane ($x = 471$; $y = 126,5$), la formation Tagoudite (environ 80 m d'épaisseur) est constituée de dépôts marno-gréseux, gris verdâtre, à foraminifères et

ostracodes. Sa limite inférieure est marquée par un niveau (0,5 m) lenticulaire de grès à ciment calcaire. Sa base montre une forte bioturbation et une intense oxydation, correspondant à la discontinuité lithologique syn-*Polymorphum* [12]. La limite supérieure correspond à une surface ravinante, constituant la base des premiers chenaux à remplissage de calcaires *grainstones* oolithiques de la formation Taфраout. Dans cette localité sont observés des effondrements très importants de la formation Taфраout sur la formation Tagoudite. Ces effondrements sont aussi localisés dans les mêmes niveaux à l'est d'Ouguerd Zegzaoune, sur le bord de la piste qui mène au village de Tamteoucht. Ces effondrements sont liés aux mouvements tectoniques distensifs du Toarcien moyen, zone à Bifrons [12].

3.3. Coupe d'Ouguerd Zegzaoune

Dans cette localité ($x = 475$; $y = 129,3$), la formation Tagoudite, de 230 m de puissance, correspond à une série de marnes gréseuses et de grès calcaire. Elle montre, à sa partie inférieure, un niveau de grès calcaire (1 m), avec des figures de courant à son sommet et de grandes bioturbations oxydées à sa base. Vers le sommet, ces dépôts s'enrichissent en terrigène et s'appauvrissent en microfaune. Les niveaux supérieurs montrent des bancs de 5 à 7 cm de calcaire gréseux à stratification horizontale ou légèrement oblique, intercalés avec de minces niveaux de marnes silteuses. La limite supérieure est soulignée par les premiers chenaux à remplissages calcaires de la formation Tafraout. Elle coïncide avec un niveau lenticulaire de 1 m de puissance, formé de calcaire lumachellique à bioclastes, représentés par des débris de coraux solitaires, de lamellibranches, de gastéropodes de type nérinées, de bélemnites, de foraminifères (*Everticyclammina* sp. et *Ammobaculites coprolithiformis* remaniés). Ce faciès montre une répartition non équilibrée de la fraction des éléments figurés. En lame mince, il correspond à un *packstone* à *grainstone* silteux à bioclastes et à lithoclastes, qui reflète un changement dans les conditions de sédimentation qui ont régné au cours des zones à *Polymorphum* et *Levisoni*.

La teneur en carbonate de calcium mesurée dans 70 échantillons de marnes silteuses répartis de la base au sommet de la formation Tagoudite montre une variation de la teneur entre 8 % et 30 %, avec une moyenne de 17 % en CaCO_3 . Ces résultats sont en parfait accord avec les travaux de Dromart [10] et de Jenkyns [16] sur la baisse de la production carbonatée à l'échelle du globe au Toarcien inférieur. Les marnes de Tagoudite renferment des particules détritiques d'origine terrigène, représentées essentiellement par des grains de quartz de taille inférieure ou égale à 350 μm et de forme subanguleuse à arrondie. Le pourcentage de ces grains de quartz dépasse 25 % du poids total des échantillons analysés. Nous avons trouvé également des débris de mica dans les résidus de lavage des marnes silteuses. Des débris de muscovite sont très bien conservés, ce qui montre que la source n'est pas loin et que le transport qu'ont subi ces dépôts est relativement court. Des débris fins de bois charbonneux fossiles (lignite) existent aussi dans ces marnes de Tagoudite.

Les foraminifères récoltés dans cette formation sont essentiellement représentés par des *Nodosaria* et des Lenticulines. Au sommet de cette formation persistent seulement des Lingulines associés à des *Reinholdella* et à des ostracodes. Cette association se trouve dans le Toarcien inférieur, mais elle montre toujours un héritage domérien. Nous signalons aussi que la faune d'ammonites disparaît juste après le niveau à bioturbations oxydées correspondant à la discontinuité qualifiée de syn-*Polymorphum* [12], considérée dans la totalité du secteur étudié comme limite inférieure de la formation Tagoudite. Elle marque le passage de la période de biostasie à la période de rhexistasie connue au Toarcien dans l'ensemble du sillon atlantique [1,5,6,9,12–14].

Sur le plan structural, à la base de la formation Tagoudite s'observent des failles normales synsédimentaires, de dimension centimétrique, de direction variable entre nord-sud et N15, avec des pendages de 25° à 40° vers l'est. Les regards sont tantôt vers l'est, tantôt vers l'ouest. Les rejets sont de l'ordre du centimètre. Un autre type de déformation synsédimentaire est observé. Il s'agit des déformations plastiques enregistrées par les niveaux centimétriques du calcaire gréseux, ceci confirmant que le sédiment encore gorgé d'eau subit une déformation en S ou en Z. Au sommet de la formation Tagoudite, précisément à l'ouest de la source de Tizi n'Ouguerd Zegzaoune, s'observent des failles normales synsédimentaires. Elles présentent une direction nord-sud 75°W. Les rejets sont de 6 m, avec des effondrements vers l'ouest. L'ensemble forme une structure en hémigraben ouvert vers l'ouest et fossilisé par des dépôts du Toarcien (zone à *Levisoni*? et zone à *Bifrons*) de la formation Tafraout.

4. Discussion et conclusion

Dans le Haut Atlas de Todra-Dadès, le Toarcien inférieur zone à *Polymorphum* (sous-zone à Mirabile) comprend des faciès carbonatés identiques à ceux du sommet de la zone à *Emaciatum* (sous-zone à Elisa). À partir de ces données, la sous-zone à Mirabile présente les mêmes caractéristiques paléogéographiques et sédimentologiques que celles connues au cours de la sous-zone à Elisa, avec ensuite un comblement progressif des bassins par les faciès marno-détritiques de la formation Tagoudite. Ce changement dans les

conditions de sédimentation fait suite à la crise syn-*Polymorphum* [12].

Dans cette région, les dépôts du Toarcien inférieur montrent une variation importante d'épaisseur, avec un épaissement depuis le sud-ouest vers le nord-est. Au sud-ouest, ils correspondent à un épannage terrigène dans les bassins toarciens. À l'ouest et au sud-ouest, le passage des turbidites développées dans le cône supérieur (*upper fan*) – *thin bedded turbidites on levee* – à la barre gréseuse – *massive sandstone* – développée dans le *mid-fan* montre une évolution sédimentologique en comblement (Fig. 2). Vers le nord-est, les résultats sédimentologiques ainsi que la microfaune récoltée au niveau de la formation Tagoudite montrent que cette série sédimentaire largement dilatée s'est déposée dans un milieu peu favorable au développement d'une microfaune équilibrée. Le faciès marno-gréseux ainsi que la présence du genre *Reinholdella* (BROTZEN) qui caractérise un milieu confiné [3,5,8] témoignent du fait que la formation Tagoudite s'est déposée dans un ombilic profond (la puissance de cette formation variant selon sa position dans l'ombilic) créé par un basculement de bloc (Fig. 3). L'impact de la tectonique au Toarcien inférieur (zone à *Polymorphum*) est enregistré au sein des dépôts de la formation Tagoudite par des failles normales synsédimentaires et des déformations plastiques. Ceci laisse supposer que les sédiments subissaient la déformation dès lors qu'ils étaient gorgés d'eau. Les analyses des structures tectoniques montrent que la sédimentation s'est effectuée dans un contexte tectonique transtensif dextre, contrôlé par une contrainte principale minimale de direction NW–SE oblique, à plongement vers le nord-ouest [12].

Sur le plan paléogéographique, le Haut Atlas de Todrha–Dadès, au Toarcien inférieur basal, se caractérise par la présence de passages latéraux entre les différents domaines de sédimentation (passage latéral entre la formation Ouchbis et la formation Choucht 2 dans la localité de Jbel Akenzoud). À la suite de la crise syn-*Polymorphum* s'installe une nouvelle évolution paléogéographique, avec l'absence de passages latéraux de faciès. Cette nouvelle évolution, accentuée par la tectonique distensive, commence au Toarcien inférieur (zone à *Polymorphum*) par une lacune sédimentaire au niveau de la plate-forme et des hauts fonds [12]. Sur la plate-forme et les seuils qui se sont

individualisés au cours de la sédimentation pliensa-bachienne, on assiste à une lacune sédimentaire marquée par des discordances érosives avec des dykes neptuniens à Jbel Akenzoud et à Tarhia n'Dadès [14]. Postérieurement à ces niveaux s'installe une sédimentation à dominance gréseuse et conglomératique, d'âge anté-Toarcien moyen [12]. La région de Todrha–Dadès a connu un changement radical dans la sédimentation, le paléo-bassin individualisé au Lias moyen commençant à se combler par des épandages terrigènes, sur les bordures, et par des dépôts carbonatés, au centre du bassin. Les analyses du taux des carbonates réalisées sur les dépôts de la formation Tagoudite montrent un pourcentage relativement faible. On enregistre de ce fait une baisse relative dans la production carbonatée par rapport à celle du Lias inférieur et moyen. Ces résultats confirment la baisse du taux de production carbonatée au Toarcien inférieur à l'échelle du globe, événement souligné par Dromart [10] et Jenkyns [16]. Cet événement coïncide à la fois avec la remontée eustatique [15] et avec la période épirogénique, interprétée comme un phénomène étroitement lié aux événements globaux d'ouverture de l'Atlantique central [9].

Sur le plan paléontologique, les peuplements de foraminifères du Toarcien inférieur (zone à *Polymorphum*) correspondent à un héritage du Domérien supérieur. Ces foraminifères continuent à exister au Toarcien inférieur, leur extinction n'ayant lieu que plus tard (zone à *Levisoni*), à la suite du confinement biologique mis en évidence au cours du Toarcien inférieur [12]. Ce phénomène est aussi connu en Afrique du Nord [8], au Maroc nord-oriental [5], en Europe du Nord-Ouest et dans les environnements de bassin et de plate-forme de la Téthys [2]. Il coïncide avec un événement anoxique global [16] et avec la remontée eustatique constatée au cours du Toarcien inférieur [15]. Les foraminifères et les ostracodes récoltés au sein de cette formation ne permettent pas de trancher quant à l'âge de cette formation. En revanche, les ammonites du type *Dactyloceras* (*Eodactylites*) *mirabilis* et *D.* (*E.*) *gr. pseudocommune*, découvertes au sommet de la formation sous-jacente, permettent de dater le Toarcien inférieur (zone à *Polymorphum*). L'analyse des faciès prouve que la formation de Tagoudite, déposée dans un milieu marin relativement profond, marque un changement radical dans la sédimentation liasique dans l'ensemble du Haut Atlas central. Elle enregistre les indices des événements biosédimentaires et géo-

dynamiques qui ont marqué l'histoire géologique du Haut Atlas central, au moins au début du Lias supérieur. Elle reflète, par ses caractéristiques sédimentologiques et paléontologiques, le passage de la période de biostase à la période de rhexistase connue au Toarcien dans l'ensemble du sillon atlasique [1,5,9,12–14].

Remerciements

Nous tenons à remercier vivement le professeur J.-L. Dommergues (université de Bourgogne, Dijon, France) pour la détermination des ammonites et le professeur L. Boudchiche (université Mohammed-I^{er}, Oujda, Maroc) pour la détermination des foraminifères et des ostracodes. Nous remercions également le ministère de l'Énergie et des Mines (Maroc) pour le soutien logistique.

Références

- [1] A. Akhssas, Le Moyen Atlas nord-oriental au Lias. Contexte géodynamique méso-cénozoïque, comparaison avec le bassin de Guercif et les Hauts Plateaux, thèse de 3^e cycle, université Mohamed-V, Rabat, 1993, 186 p.
- [2] J.-P. Bassoulet, F. Baudin, Le Toarcien inférieur : une période de crise dans les bassins et sur les plates-formes carbonatées de l'Europe du Nord-Ouest et de la Thétys, *Geobios M.S.* 17 (1994) 645–654.
- [3] K. Bejjaji, Les foraminifères du Toarcien du Moyen-Atlas central (Maroc). Micropaléontologie et paléoenvironnements, thèse de 3^e cycle, université Mohammed-V, Rabat, 1994, 231 p. (inédit).
- [4] R. Bernasconi, Géologie du Haut Atlas de Rich (Maroc), thèse de doctorat ès sciences, université de Neuchâtel, Suisse, 1983, 107 p.
- [5] L. Boudchiche, Le Lias–Dogger des Béni Snassen orientaux (Maroc nord oriental). Successions stratigraphiques, évolution tectono-sédimentaire et micropaléontologique, thèse d'État, université Mohamed-I^{er}, Oujda, Maroc, 1994, 253 p. (inédit).
- [6] L. Boudchiche, C. Ruget, 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, Ser. II* 316 (1993) 815–821.
- [7] A.H. Bouma, *Sedimentology of Some Flysch Deposits, A Graphic Approach to Facies Interpretation*, Elsevier, Amsterdam, 1962, 168 p.
- [8] M. Boutakiout, Les foraminifères du Jurassique des rides Sud-Rifaines et des régions voisines (Maroc), *Doc. Lab. Géol. Lyon* 112 (1990) 1–247.
- [9] R. du Dresnay, Sédiments jurassiques du domaine des chaînes atlasiques du Maroc, in : Symposium «Sédimentation jurassique ouest-européenne», Assoc. Sédimentol. Fr., Paris, Publ. spec. 1 (1979) 345–365.
- [10] G. Dromart, Faciès grumuleux, noduleux et cryptalgaires des marges jurassiques de la Téthys nord-occidentale et de l'Atlantique central : genèse, paléoenvironnements et géodynamique associée, thèse, université Lyon-1, 1986, 154 p.
- [11] G. Dubar, Notes sur la paléogéographie du Lias marocain (domaine atlasique), livre à la mémoire du Prof. P. Fallot, 1960–1962, pp. 529–544.
- [12] M. Ettaki, Étude sédimentologique et stratigraphique du Lias-début du Dogger de la région de Todrha–Dadès (versant sud du Haut Atlas central, Maroc) – Implications géodynamiques, thèse de doctorat, université Cadi Ayyad, Marrakech, 2003, 429 p. (inédit).
- [13] M. Ettaki, E.H. Chellaï, A. Milhi, D. Sadki, L. Boudchiche, Le passage Lias moyen–Lias supérieur dans la région de Todrha–Dadès : événements bio-sédimentaires et géodynamiques (Haut Atlas central, Maroc), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA* 331 (2000) 667–674.
- [14] M. Ettaki, A. Milhi, E.H. Chellaï, L. Boudchiche, D. Sadki, Mise en évidence de la limite Pliensbachien–Toarcien par les ammonites, les foraminifères et l'interaction tectono-eustatique dans la région de Todrha–Dadès (Haut Atlas central, Maroc), *Rev. Paléobiol. Genève* 19 (2) (2000) 299–317.
- [15] J. Hardenbol, J. Thierry, M.B. Farley, T. Jacquin, P.C. De Graciansky, P. Vail, Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins, in : P.C. de Graciansky, J. Hardenbol, T. Jacquin, P. Vail (Eds.), *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*, SEPM Spec. Publ. (1998) 60.
- [16] H.C. Jenkyns, The Early Toarcian (Jurassic) anoxic event: stratigraphic, sedimentary and geochemical evidence, *Am. J. Sci.* 288 (1988) 101–151.
- [17] A. Milhi, M. Ettaki, E.H. Chellaï, M. Hadri, Les formations lithostratigraphiques jurassiques du Haut Atlas central marocain : Corrélations et reconstitutions paléogéographiques, *Rev. Paléobiol., Genève* 19 (2) (2002) 299–317.
- [18] W.R. Normark, Growth patterns of deep sea fans, *Am. Ass. Pet. Geol. Bull.* 54 (11) (1970) 2170–2195.
- [19] E. Roch, Description géologique des montagnes à l'est de Marrakech, *Notes Mém. Serv. Géol. Maroc, Rabat* 51 (1939) 1–438.
- [20] P. Russo, L. Russo, Le grand accident sud-atlasien, *Bull. Soc. géol. France* (V) 4 (1934) 375–384.
- [21] M. Stüder, Tectonique et pétrographie des roches sédimentaires, éruptives et métamorphiques de la région de Tounfite-Tirrhist (Haut Atlas central, Maroc), thèse de 3^{ème} cycle, univ. Neuchâtel, 1980, 102 p. (Tome 1 : 95 p. ; Tome 2 : Illustrations).
- [22] R.G. Walker, Deep water sandstone facies and ancient submarine fans: models for exploration for stratigraphic traps, *Am. Ass. Pet. Geol. Bull.* 62 (1978) 932–966.