

Une plate-forme en distension, témoin de phases pré-accrétion téthysienne en Afrique du Nord pendant le Toarcien–Aalénien (synclinal Iguer Awragh–Afennourir, Moyen Atlas occidental, Maroc)

Fatima El Hammichi^{a,b}, Serge Elmi^{c,*}, Anne Faure-Muret^d, Khadija Benschilil^a

^a École nationale de l'industrie minière, BP 753, Agdal-Rabat, Maroc

^b Faculté des sciences, université Mohammed-V, BP 1014, Rabat, Maroc

^c UFR des Sciences de la Terre, UMR 5125, université Lyon-1, 27–43, bd du 11-Novembre-1918, 69622 Villeurbanne cedex, France

^d Université Paris-Sud, 91405 Orsay cedex, France

Reçu le 21 janvier 2002 ; accepté le 23 septembre 2002

Présenté par Jean Dercourt

Abstract – A pre-accretionary extensional platform of the North African Tethys during the Toarcian–Aalenian (Iguer Awragh–Afennourir syncline, western Middle Atlas, Morocco). A stratigraphic study and mapping allow defining the particular features of this area of the southwestern Middle Atlas (Morocco) during the Toarcian and the Aalenian. Numerous spectacular variations in thickness and facies are documented by the discovery of coralline build-ups dated to the Late Toarcian. They occur along the palaeostructures. Development of the structures occurred in several stages: (1) initial differentiation during the Early and Middle Toarcian; (2) homogenisation during the Late Toarcian, after the construction of the reefs. The Aalenian history is similar: differentiation (Early Aalenian)–homogenisation (Middle to Late Aalenian). Two palaeostructural trends are evident: SW–NE and transverse SSW–NNE to south–north. These caused separation of several subbasins, which alternatively deepened and shallowed, probably due to the tilting of several blocks to the southwest. *To cite this article: F. El Hammichi et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 1003–1010.*

© 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Jurassic / Middle Atlas / Morocco / stratigraphy / sedimentary controls / Toarcian build-ups

Résumé – L'étude stratigraphique et le levé cartographique dans le Sud-Ouest du Moyen Atlas (Maroc) (synclinal d'Iguer Awragh–Afennourir) a permis d'établir la dynamique de son évolution pendant le Toarcien et l'Aalénien. Les nombreuses et spectaculaires variations d'épaisseurs et de faciès et la découverte nouvelle de biohermes à madréporaires qui jalonnent les paléostrutures au Toarcien supérieur indiquent que la structuration se fait en plusieurs étapes : (1) différenciation pendant le Toarcien inférieur et moyen, (2) homogénéisation au cours du Toarcien supérieur. L'Aalénien montre une histoire comparable : différenciation (Aalénien inférieur), homogénéisation (Aalénien moyen–supérieur). Le jeu de deux directions paléostructurales (longitudinale SW–NE et transversale SSW–NNE à nord–sud) individualise plusieurs sous-bassins fonctionnant alternativement en approfondissement ou en comblement. Ce caractère structural rend compte du basculement de plusieurs compartiments vers le sud-ouest. *Pour citer cet article : F. El Hammichi et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 1003–1010.*

© 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Jurassique / Moyen-Atlas / Maroc / stratigraphie / contrôles sédimentaires / biohermes toarciens

* Correspondance et tirés à part.

Adresses e-mail : serge.elmi@univ-lyon1.fr (S. Elmi), benschili@enim.ac.ma (K. Benschilil).

Abridged version

1. Introduction. Structural pattern

Located to the south of the town of Aïn Leuh (Figs. 1 and 2B), the region studied has long been included within the southern edge of the tabular Middle Atlas [5]. It is in fact a SW–NE syncline divided into two parts (the Iguer Awragh syncline to the southwest and the Afennourir syncline to the northeast) by the Mermel submeridian strike-slip fault. The area belongs to the Middle Atlas Shear Zone [2, 3, 13, 15, 16] and has been poorly studied [2, 13, 21]. Recently published data [6–8] have shown that the southwestern Middle Atlas was a separate basin during the Early Jurassic. The boundary with the central Middle Atlas was the ‘Boulemane Rise’ [6], where the Toarcian and Aalenian are often totally missing. During the Early Jurassic, and until the Early Bajocian, the southwestern Middle Atlas comprised several kilometric to decakilometric subbasins, bounded by faults or flexures (directional SW–NE and transverse SSW–NNE to north–south). This network is particularly clear in the El Awragh–Afennourir syncline.

2. Stratigraphic data (Al Yabès Beds)

The stratigraphic succession differs sufficiently from those of other parts of the Middle Atlas to be classified as a special lithostratigraphic unit based on the Charif Iguer Awragh profile near Mermel (Figs. 3, n° 6, and 4; for correlations, see [9–11]). These Al Yabès Beds are limited by tidal limestones (Tizi Nehassa Formation of the Pliensbachian) at their base and by the *Zoophycos* marls and limestones (Iwansitn Formation of the Bajocian) at their top.

Member A. Red–purple marls (0 to 60 m in thickness), dated to the Polymorphum Zone [1], but possibly diachronous.

Member B. Yellow bioclastic packstones and wackestones, intensively bioturbated, horizontally laminated, especially in their lower part (distal tempestites and/or distal gravity flows), dated to the Levisoni and Gradata Zones (maximum thickness: 20 m). They disappear at the northeastern end of the Afennourir syncline (Figs. 3, 4, 6, Nos. 15–16) and along its northern flank (n° 17). This facies is restricted to the Levisoni Zone at the southwestern end of the Awragh syncline.

Member C. Alternating marls and limestones (20 m) with a rich benthic macrofauna (brachiopods, bivalves, corals) dated to the Gradata–Meneghinii Zones. They have been deposited on a carbonate ramp barred at its top by coral build-ups (12 m maximum). The main coral barrier was situated along the submeridian Mermel line.

Member D. ‘Terebratulids beds’ (12 m). Biomicrites, rich in brachiopods and bivalves, retrograding to the southwest and capped by a ferruginous hard ground. Dated to the Late Meneghinii and to the Aalensis Zones.

Member E. Wavy-bedded biomicrites onlapping onto the highs of the shoals (0 to 70 m). Lower to Middle Aalenian.

Member F. Marls and limestones (0–30 m), with cherts and siliceous fossils. Near the top, they change to horizontally laminated crinoidal limestones. Middle Aalenian to Earliest Bajocian (Discites Zone).

3. Dynamic and palaeostructural evolution

The initial structural network appeared during the Earliest Toarcian (Fig. 2; member A). Two small subsiding sectors (Charif Iguer Awragh and Aguelman Afennourir) were separated by a large submeridian shoal (Fig. 3, between profiles 7 and 13). This geometry changed during the Levisoni Zone (synrift differentiation, Fig. 5) and therefore the Aguelman Afennourir sector became a shoal, which was the probable prolongation of the Jebel Talloun ridge [8]. The rest of the structure was tilted toward the southwest and was divided into several small (kilometric) deepening basins, which were well differentiated from the Late Gradata Zone (Alticarinata Subzone) up to the beginning of the Meneghinii Zone. During the Latest Toarcian, the palaeotopography became more monotonous (Fig. 5, first postrift homogenisation). Therefore, the beds onlapped the shoals, burying the coral reefs.

A new palaeostructural differentiation (late rifting) occurred during the Early Aalenian. The southwestward deepening appears to resume. High-energy laminated crinoidal limestones indicate that shallowing-upward happened during the end of the Aalenian (Bradfordensis and Concavum Zones). The result was a new homogenisation (pause during the late rifting) of the palaeotopography.

4. Conclusion

After the initial differentiation, retrograding beds were accumulated in a progressively deformed trough, which was deepening toward the southwest. Interference between longitudinal and transverse trends caused the development of small subbasins, alternatively deepening or shallowing.

The geometric pattern of the facies and the distribution of the thickness were related to the existence of a structural network inherited from Hercynian events [4, 18] and related to the transpressive movements between Iberia and Africa [3, 12, 16, 17, 20].

1. Introduction. Position structurale

L’extension entre Europe du Nord-Ouest, Ibérie et Afrique saharienne, amorcée dès le début du Juras-

sique [22], se poursuit et se diversifie pendant le Toarcien. Les prémices de l’ouverture atlantique provoquent la mise en place de bassins de dimensions variées, qui apparaissent souvent en transtension sur dé-

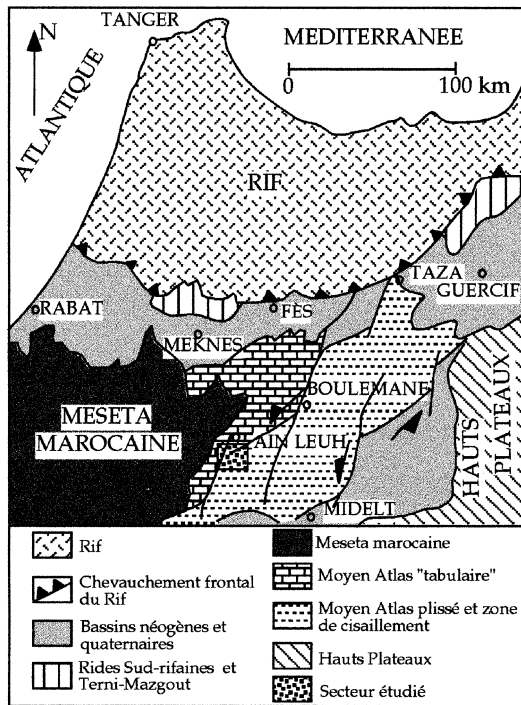


Figure 1. Situation du secteur étudié au sein des unités structurales du Maroc septentrional.

Figure 1. Setting of the sector studied within the structural units of northern Morocco.

crochements [16–20]. Le Moyen Atlas marocain offre de nombreux exemples de tels bassins [1, 4, 6, 7, 12, 13]. L'étude de la région, encore mal connue, du Moyen Atlas occidental [8] (Figs. 1 et 2B) permet d'établir la chronologie des événements paléotectoniques, grâce à une biostratigraphie précise [2]. Notre propos sera ici de suivre les relations entre les principales directions paléotectoniques, en utilisant leur écho sur la sédimentation.

Notre étude concerne un synclinal aligné SW–NE (synclinal de Kissaria–« Afenourine », décrit et nommé par Termier, [21]), séparé en deux tronçons (synclinaux d'Iguer Awragh au sud-ouest et d'Afenourir au nord-est) par le décrochement subméridien de Mermel–Aïn Leuh (Fig. 2B). Le synclinal est bordé, au nord, par le causse d'Aïn Leuh et, au sud, par la ride anticlinale Ijdrane–Aïn Kahla. Ses caractères sédimentaires et structuraux le rattachent à la zone de cisaillement moyen-atlasique [3]. Les études récentes, effectuées plus au sud dans le synclinal de Bakrit (Fig. 2B), ont démontré que cette vaste région, appelée aussi « blocs du Selloum » [7, 8], n'était pas un golfe ouvert vers le nord-est et terminant le Moyen Atlas vers le sud-ouest. Pendant le Jurassique inférieur et jusqu'au Bajocien, c'est un ensemble de sous-bassins, séparé du Moyen Atlas central par le « haut-fond de Boulemane » [6] (Fig. 2B), structure subméridienne surimposée à l'accident nord moyen-

atlasique [5] et à son prolongement méridional, où il est jalonné par des lacunes, souvent totales, du Toarcien–Aalénien.

Pendant le Jurassique inférieur et jusqu'au Bajocien inférieur, le Moyen Atlas occidental fut compartimenté par l'intersection des failles directionnelles SW–NE (N40° à N80°E), avec des accidents (failles ou flexures) transverses SSW–NNE (N10° à N30°E), parallèles au haut-fond de Boulemane (Fig. 2B, n° 5). Cette division en nombreux sous-bassins de dimension kilométrique à décakilométrique est particulièrement évidente dans le synclinal El Awragh–Afenourir, qui fait l'objet du présent article.

2. La succession stratigraphique (Couches d'Al Yabès)

2.1. Description

Pour éviter les confusions dans les corrélations avec des formations diachrones, nous proposons le nom de « formation des Couches d'Al Yabès », d'après le nom de l'oued qui suit le synclinal d'Al Awragh, pour l'ensemble des assises comprises entre les calcaires de plate-forme interne du Pliensbachien et les alternances marno-calcaires à *Zoophycos* du Bajocien (« Couches d'Iwansitn » [1]). Elles sont caractérisées par un grand développement des assises bioclastiques (calcaires jaune miel) à la fin du Toarcien inférieur (Zone à Levisoni) et pendant le Toarcien moyen (Zones à Bifrons et à Gradata).

Les épaisseurs subissent des variations notables, aussi bien selon la direction des plis que transversalement. La succession stratigraphique synthétique décrite ici a été établie en prenant comme référence les affleurements situés à l'ouest de la route S.303, à Charrij Iguer Awragh, près de Mermel (Figs. 2B, 3, n° 6, et 4).

Terme A. Les Couches d'Al Yabès commencent par un ensemble de marnes rouge violacé (terme A ; 60 m), qui disparaissent sur les points hauts des paléostructures. Ce faciès, non fossilifère dans le Moyen Atlas occidental, a livré des faunes du début du Toarcien inférieur (Zone à Polymorphum) [1].

Terme B. Calcaires bioclastiques bioturbés, jaune miel (micrites à bioclastes de type *packstone-wackestone*) (4 à 20 m). Ils débutent par des entroquites grossières, à laminations horizontales de fort régime (tempestites distales). Les ammonites et les brachiopodes établissent la présence de la Zone à Levisoni, à la base, puis de celle à Bifrons et le sommet au début de la Zone à Gradata (Sous-zone à Gemma). Le terme B disparaît au nord-est (Aguelman Afenourir, coupes 15–16). L'âge change vers le sud-est (Al Yabès sud-ouest et nord-est, coupes 1–2, Fig. 2A et 3), le terme B se place dans la Zone à Levisoni, alors que la

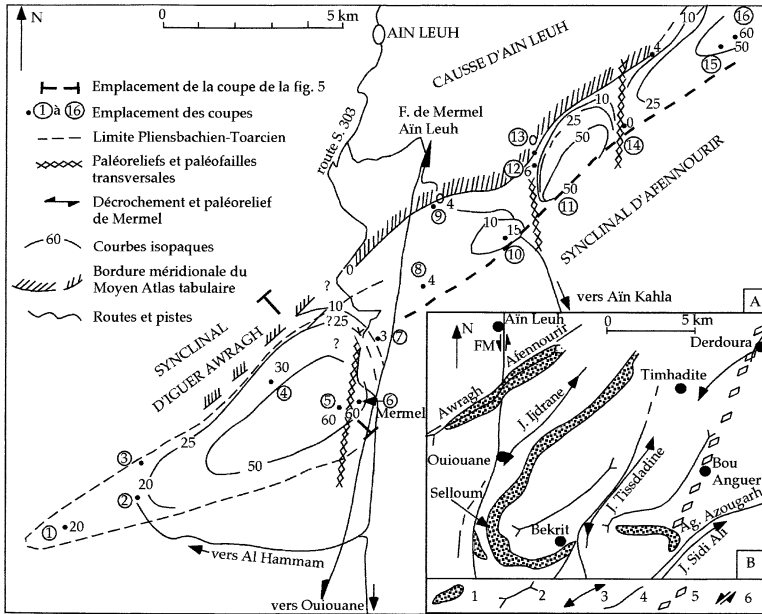


Figure 2. A. Carte en isopaques du Toarcien basal (terme A, marnes rouges) du synclinal d’Awragh Afennourir. Emplacement des coupes stratigraphiques : 1 = Al Yabès sud-ouest ; 2 = Al Yabès nord-est ; 3 = Al Yabès nord (près de Taghzaft) ; 4 = Ain Zaghroun ; 5–6 = Charij Iguer Awragh ; 7 = Jebel Kissaria (Kissarit) ; 8 = Charij Tabourit ; 9 = Bouyougout ; 10 = Oual Abdesslam ; 11 = Ikhlef ou Afennourir ; 12–13 = Taghbalou Nertène çghrira ; 14–17 = Aguelman Afennourir (14 = sud ; 15–16 = nord-est ; 17 = nord). **B.** Esquisse structurale du Sud-Ouest du Moyen Atlas. 1 = Toarcien à Bajocien ; 2 = synclinaux ; 3 = anticlinaux ou rides ; 4 = principales failles (décrochements, chevauchements) ; 5 = haut-fond de Boulemane ; 6 = décrochement de Mermel.

Figure 2. A. Isopach maps of the Lowermost Toarcian (member A, red marls) in the Awragh–Afennouir syncline. Stratigraphic profiles: 1 = Al Yabès SW; 2 = Al Yabès northeast; 3 = Al Yabès north (near Taghzaft); 4 = Ain Zaghroun; 5–6 = Charij Iguer Awragh; 7 = Jebel Kissaria (Kissarit); 8 = Charij Tabourit; 9 = Bouyougout; 10 = Oual Abdesslam; 11 = Ikhlef ou Afennourir; 12–13 = Taghbalou Nertène çghrira; 14–17 = Aguelman Afennourir. **B.** Structural sketch of the south-western Middle Atlas. 1 = Toarcian–Bajocian; 2 = synclines; 3 = anticlines or ridges; 4 = main faults (strike-slip faults, overthrusts); 5 = Boulemane Rise; 6 = Mermel strike-slip fault.

Zone à Bifrons correspond à des alternances marnes-calcaires (terme C), dans lesquelles existent des passées bioclastiques, témoins des passages latéraux de faciès (Fig. 3). Des calcaires oolithiques (Zone à Levisoni) jalonnent la zone de transition et couronnent une zone haute localisée au niveau de la coupe 4 (Fig. 3).

Terme C. Alternance de micrites à bioclastes et de marnes calcaires (0 à 20 m), riche en brachiopodes, en bivalves et en madréporaires. De la Zone à Gradata à la Zone à Meneghinii se développe un faciès de rampe carbonatée ouverte. Des biohermes à madréporaires s’installent à la fin de cet épisode le long d’un paléorelief positif, qui est jalonné par l’actuel accident subméridien de Mermel.

Terme D. « Barre à térébratules » (6 à 28 m). Biomicrites, riches en brachiopodes et en bivalves limités, terminées par une surface ferrugineuse, limite de séquence. Zones à Meneghinii (*pars*) et à Aalensis. Les principaux récifs atteignent une épaisseur de 12 m et se placent à la limite entre termes C et D, probablement au sein de la Zone à Meneghinii. Les variations d’épaisseur sont accompagnées par des *onlaps* vers le sud-ouest et l’ouest, où la barre à térébratules perd son individualité ; elle devient plus épaisse et plus marneuse (dispositif rétrogradant).

Terme E. Calcaires bioclastiques en bancs ondulés, riches en bivalves et admettant des passées marneuses (0 à 70 m). Zones à Opalinum et à Murchisonae (Aalénien inférieur et moyen). La stratification présente de nombreux *onlaps* en biseaux, débordant vers les

points hauts du paléorelief. Variations d’épaisseur : 0 à 70 m.

Terme F. Calcaires micritiques à bioclastes à pelliculaires, à rares silex et fossiles silicifiés, alternant avec des marnes (0 à 30 m). Ce terme devient plus calcaire et condensé vers le sommet et, latéralement, en direction des hauts-fonds, où il passe à des calcarénites à entroques et à lamines horizontales. Il est daté de l’intervalle Aalénien moyen (Zone à Bradfordensis)–début du Bajocien inférieur (début de la Zone à Dis-cites).

Au-dessus viennent les alternances marnes-calcaires à *Zoophycos* (Couches d’Iwansitn [1]) puis les Marnes de Boulemane (Bajocien inférieur).

2.2. Interprétation des conditions de dépôt et séquences (Fig. 5)

Terme A. La reprise de sédimentation se fait dans des vasières plus ou moins isolées, où se déposent des marnes versicolores.

Terme B. Le domaine d’Awragh–Afennouir s’ouvre ensuite sur la mer franche et le milieu s’inscrit d’abord dans une plate-forme externe, présentant une morphologie de rampe plus ou moins accidentée le long des hauts-fonds subméridiens, comme celui de Mermel. Cet épisode d’approfondissement–transgression commence dans la Zone à Levisoni, avec le dépôt des calcaires jaune-miel. Il marque le démarrage de l’épisode de *rifting* toarcien.

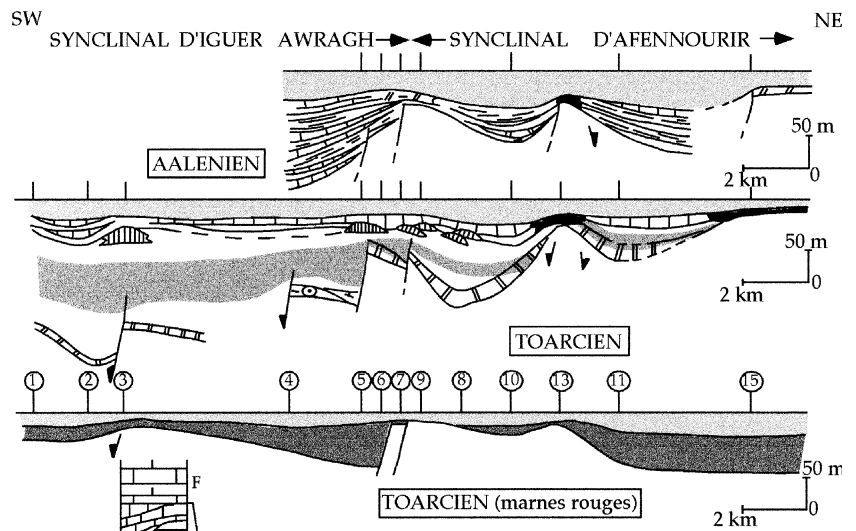


Figure 3. Coupes et reconstructions palinspastiques dans le Toarcien–Aalénien le long du synclinal d’Iguer Awragh–Afennourir. **a** = récifs coralliens ; **b** = barrière oolithique ; **c** = calcaires bioclastiques à stratifications obliques ; **d** = alternance marnes–calcaires ; **e** = calcaires argileux et marnes ; **f** = « barre à Térébratules » ; **g** = marnes rouges ; **h** = calcaires bioclastiques jaune miel ; **i** = niveaux condensés. 1 à 15 cerclés : coupes stratigraphiques, voir Fig. 2A.

Figure 3. Profiles along the Iguer Awragh–Afennourir syncline and palinspastic reconstructions during the Toarcian and the Aalenian. **a** = coral reefs ; **b** = oolitic accumulations ; **c** = bioclastic limestones obliquely laminated ; **d** = alternating marls and limestones ; **e** = marly limestones and marls ; **f** = terebratulids beds ; **g** = red marls ; **h** = yellowish bioclastic limestones ; **i** = condensed beds. Circled 1 to 15: stratigraphic profiles, see Fig. 2A for explanation.

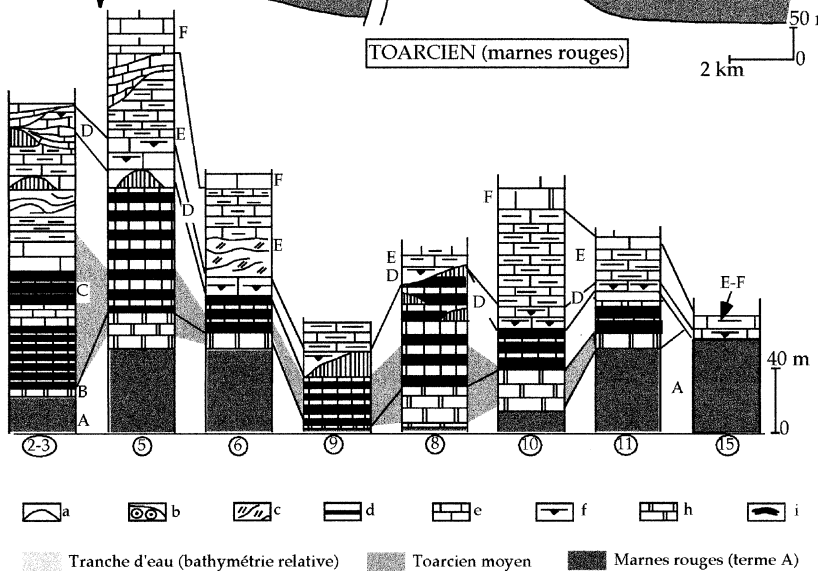


Figure 4. Coupe synthétique de Charij Iguer Awragh (coupe n° 6), type de la formation des Couches d’Al Yabès. **Tn** = Pliensbachien inférieur (Couches de Tizi Nehassa) ; **A–F** = termes des Couches d’Al Yabès ; **Iw** = Bajocien inférieur (Couches d’Iwansitn).

Figure 4. Synthetic profile of Charij Iguer Awragh (profile No. 6), type locality of the Al Yabès beds Formation. **Tn** = Lower Pliensbachian (Tizi Nehassa beds) ; **A–F** = members of the Al Yabès beds ; **Iw** = Lower Bajocian (Iwansitn beds).

Terme C. La succession devient plus marneuse de façon diachrone (dès la Zone à Bifrons au sud-ouest, à partir de la Zone à Gradata dans la région médiane Charij Iguer Awragh). Ce décalage illustre un dispositif rétrogradant, qui se développe au sein de l’intervalle transgressif (Levisoni–Bifrons).

Terme D. Au cours des Zones à Meneghinii et à Aalensis, la tendance générale à la diminution de la profondeur est contrariée par l’*onlap* des biohermes et des faciès marneux vers les paléoreliefs. À l’extrémité

nord-est (Aguelman–Afennourir, coupes 15–16), le début tardif de la sédimentation bioclastique marque une évolution plus proche de celle connue, plus au sud, dans le synclinal de Bakrit (faciès du « Selloum » [6, 7, 21]).

Terme E. Au début de l’Aalénien se place un nouvel intervalle transgressif, provoqué par une reprise du *rifting*.

Terme F. Son début coïncide avec le maximum d’approfondissement, avec des niveaux marqueurs à

Zones		Cycles Transgression T - Régression R		Dynamique locale
Discites	Bj	R	R	HOMOGENÉISATION
Concavum Bradfordensis Murchisonae Opalinum	Aa	T	R	DIFFÉRENCIATION RIFTING TARDIF
Aalensis Meneghinii Speciosum Bonarellii	To.s	R	R	HOMOGENÉISATION POSTRIFT
Gradata Bifrons	To.m	T	R	
Levisoni Polymorphum	To.i	T	?	DIFFÉRENCIATION STRUCTURALE SYNRIFT

Figure 5. Cycles sédimentaires et événements paléostratigraphiques au cours du Toarcien–Aalénien dans le synclinal d’Awragh–Afennourir, principalement d’après la coupe 6 de Charij–Iguer Awragh. **T** et **R** = transgressions et régressions au sens sédimentologique (variations locales de la tranche d’eau).

Figure 5. Sedimentary cycles and palaeostructural events during the Toarcian–Aalenian in the Awragh–Afennourir syncline, mainly after the profile n° 6 (Charij Iguer Awragh). **T** and **R** = transgressive and regressive sedimentary patterns (local deepening-shallowing).

ammonites de la Zone à Bradfordensis. Cette succession de séquences de 3^e ordre est perturbée par des oscillations liées à la dynamique locale (Figs. 2, 5 et 6).

2.3. Comparaisons

La partie inférieure (A et B) des Couches d’Al Yabès ressemble fortement aux deux termes des Couches de Mibladène de la partie méridionale du Moyen Atlas central [1], qui se caractérisent cependant par l’arrêt, ou le ralentissement extrême, de la sédimentation au cours du Toarcien supérieur et de l’Aalénien.

Les ressemblances entre les Couches d’Al Yabès et les Couches du Selloum sont importantes, car ces deux formations montrent une succession équivalente de marnes rouges et de calcaires bioclastiques, mais ces derniers débutent de façon diachrone (Zone à Levisoni à Al Yabès ; Zone à Gradata à Selloum). L’existence des biohermes est aussi un caractère distinctif des Couches d’Al Yabès. Le passage entre ces deux types de faciès est connu dans le synclinal d’Afennourir où il semble s’effectuer de part et d’autre d’un paléorelief (Figs. 3 et 6).

Comme l’ont signalé El Arabi et al. [8], ces formations et, surtout, le détail de leurs faciès ressemblent à ceux connus dans le secteur de Midelt–Mibladène. Cette dernière région appartient au Moyen Atlas central (région des Enjil et 4^e ride anticlinale [1]) et ne peut être considérée comme appartenant au vrai domaine du Haut Atlas. Les faciès, souvent diachrones, se retrouvent sur les marges et les hauts-fonds de nombreux bassins synrifts atlasiques. Ces variations, dues au jeu différentiel des failles limitant les sous-bassins moyen-atlasiques, justifient une nomenclature adaptée à chaque secteur.

3. La dynamique et la structuration paléotectonique

Les profils stratigraphiques réalisés dans le synclinal d’Awragh–Afennourir (Fig. 3) ont été établis le long de coupes transversales, sur des distances moyennes de 2 km, qui sont le siège de fortes di-

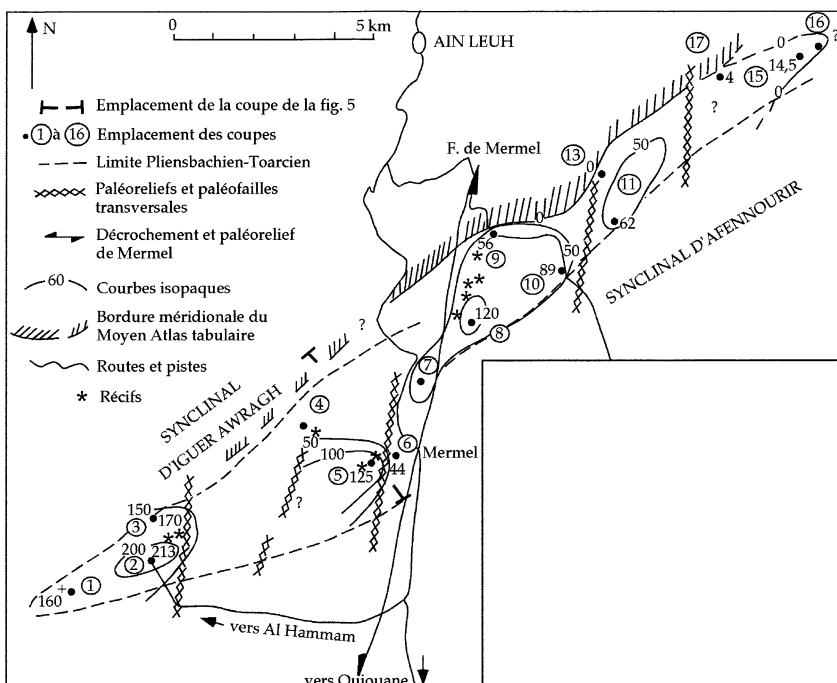


Figure 6. Carte en isopaches des termes B à D des Couches d’Al Yabès (de la Zone à Levisoni à celle à Meneghinii).

Figure 6. Isopach map of the B–D members of the Al Yabès beds (Levisoni to Meneghinii Zones).

minutions d'épaisseur, de biseaux et de discordances progressives en *onlap*, du sud vers le nord. Les cartes isopaques (Figs. 2 et 6) tiennent compte de ces variations ; elles sont établies à partir de coupes sérieuses effectuées du nord-est (Aguelman Afennourir, coupes 15–17) vers le sud-ouest (Al Yabès, coupes 1 à 3).

La structuration initiale, au début du Toarcien (terme A), s'organise selon deux cuvettes (Charij Iguer Awragh au centre et Aguelman Afennourir au nord-est), séparées par un large seuil, probablement subméridien (Fig. 2), situé entre la faille de Mermel et les coupes de Nertène Cghrira (12–13).

À partir de la Zone à Levisoni, la première différenciation structurale (Fig. 3) se poursuit. La géométrie change notablement. La partie nord-est (Aguelman Afennourir) cesse d'être un petit dépo-centre très subsident, mais local, pour s'inscrire dans le prolongement du haut-fond de Jebel Talloun [8]. L'ensemble bascule vers le sud-ouest, en dessinant plusieurs ombilics, subissant un approfondissement différentiel et bien individualisés à partir de la Sous-zone à Alticarinata (partie supérieure de la Zone à Gradata). À la fin du Toarcien, l'homogénéisation se traduit par des *onlaps* sur les points hauts (série post-rift) ; la paléotopographie devient plus monotone, marquée par l'envoyage des récifs à madréporaires. La transgressivité géométrique intervient en même temps que diminue la profondeur, ce qui indique un répit momentané des contrôles tectoniques (Fig. 5).

Une paléostructure nouvelle apparaît ensuite au cours de l'Aalénien inférieur. La polarité vers le sud-ouest semble réapparaître, mais l'érosion ne permet pas de la confirmer à l'extrémité du synclinal d'Awragh. Cette nouvelle paléostructure est cicatrisée à partir de la fin de l'Aalénien moyen et pendant l'Aalénien supérieur par les assises post-rift, qui montrent l'homogénéisation du faciès de forte énergie.

Il faut souligner le jeu particulier de la partie nord-est du synclinal d'Afennourir (Aguelman Afennourir, coupes 15–16). Les marnes rouges du terme A sont épaisses, mais manquent les termes B à C. Le Toarcien supérieur–Aalénien est un sous-faciès de calcaires bioclastiques, caractéristiques de dépôts de haute énergie. Cette évolution est conforme à celle observée dans le synclinal de Bakrit, ce qui amène à estimer que certaines frontières paléostructurales sont transverses (SSW–NNE) par rapport aux structures longitudinales (SW–NE).

Dans le Moyen-Atlas occidental, l'existence de cette double direction donne une mosaïque complexe de sous-bassins, fonctionnant épisodiquement comme ombilics en voie d'approfondissement (Toarcien inférieur–moyen et Aalénien inférieur) ou comme dépo-centres en voie de comblement (fin du Toarcien ; Aalénien supérieur).

Un tel canevas bidirectionnel évoque les structures développées sur décrochement qui ont été décrites en plusieurs secteurs des Atlas maghrébins [12] pour le Maroc et [9] pour l'Ouest algérien). La différenciation de la Téthys au sein du craton africain s'exagère alors en un « *complex patchwork of blocks* » [22, p. 63], à l'image de ce qui existe de l'Algérie à l'Italie centrale (« stade mosaïque » [10]). Nos observations concernant la transgressivité locale lors d'une phase post-rift au Toarcien supérieur, au cours d'une période de baisse globale du niveau marin (cf. [10] pour l'Ouest maghrébin ou [14] pour l'Europe moyenne), sont cohérentes avec des transtensions qui se poursuivent pendant l'Aalénien, qui appartient à une phase « synrift » tardive [12].

4. Conclusions

1. La structuration initiale s'effectue au début du Toarcien. La tranche d'eau y est peu épaisse, les dépôts y sont parfois même confinés (présence locale de gypse [7]), la transgressivité géométrique des dépôts montre une nette polarité du sud-ouest vers le nord-est, dans une gouttière instable. La transgression s'effectue en plusieurs étapes, chacune d'entre elles étant bloquée par des paléoreliefs transversaux subméridiens. La conjonction des deux directions paléostructurales (directionnelles et transversales) détermine la différenciation de sous-bassins, dont le jeu alternant en ombilic–dépo-centre (approfondissement–comblement) illustre l'interaction entre paléotectonique locale et eustatisme : ainsi, l'approfondissement consécutif à la montée du niveau marin pendant le Toarcien inférieur–moyen est exagéré par la subsidence pendant l'intervalle Levisoni–Speciosum, mais la transgressivité est gênée par les accidents de Aïn Leuh–Mermel et par la zone haute d'Aguelman Afennourir. En revanche, l'intervalle Meneghinii–Aalensis est transgressif sur les hauts-fonds, alors qu'il est sédimentologiquement régressif. La complexité nomenclaturale de la lithostratigraphie du Toarcien–Aalénien dépend donc de la diversification paléogéographique. On peut l'opposer à la relative simplicité des successions du Bajocien, quand les conditions deviennent plus homogènes.

2. L'étude du synclinal d'Iguer Awragh–Afennourir apporte ainsi d'utiles précisions sur la structuration initiale du Moyen Atlas. Le découpage en petits sous-bassins décakilométriques implique le basculement de certains compartiments vers le sud-ouest [6], où ils sont limités par des structures subméridiennes. La distribution géométrique des faciès et des épaisseurs (Figs. 2 et 6) est en relation avec l'existence d'un canevas structural complexe hérité des événements hercyniens [19] et développé au cours des mouvements

transsensifs qui interviennent alors entre les plaques Afrique et Ibérie [3, 4, 10–12, 16, 17]. Ils sont le résultat global d'une extension dominante NW–SE.

3. Le secteur considéré, comparé avec les déformations synchrones de la plate-forme nord-américaine, montre (1) la similitude de contraintes en distension de part et d'autre de ce qui sera la zone d'accrétion qui, au Jurassique supérieur, créera la Téthys dans ses bassins atlantique et ligurien ; (2) le rôle majeur du canvas structural hérité de la fin de l'orogénèse her-

cynienne. L'exemple choisi illustre avec précision la dissymétrie des deux cratons affectés par la distension : les séries sont très riches en dépôts clastiques très subsidés, lardés d'épaisses venues volcaniques sur le craton nord-américain, alors qu'elles sont plus carbonatées ici dans le Moyen Atlas, où la subsidence est plus faible et où, à l'époque considérée, le magmatisme était modeste. Ce secteur entre très clairement dans le cadre des modèles de distension crustale dissymétrique [15].

Remerciements. Notre reconnaissance va à J. Dercourt pour sa lecture critique et constructive de la première version de cette note. M. Dahmani (Service de la Carte géologique, Rabat) nous a facilité le travail sur le terrain. La version anglaise a été corrigée par N. Morton (Birkbeck College, Londres), dont nous avons vivement apprécié les conseils. Nous remercions également les rapporteurs.

Références

- [1] K. Benschili, Lias–Dogger du Moyen Atlas plissé (Maroc). Sédimentologie, biostratigraphie et évolution paléogéographique, *Doc. Lab. Géol. Lyon* 106 (1989) 1–285.
- [2] K. Benschili, M. Boutakiout, F. El Hammichi, S. Elmi, A. Faure-Muret, S. Meslouh, F. Rais, Biostratigraphie, dynamique sédimentaire, paléoenvironnements et structuration pendant le Toarcien–Bajocien dans le Synclinal d'Iguer Awragh–Afenourir (Causse moyen-atlasique, Maroc), 1^{er} Coll. Natl Jurassique Marocain (1999) 43–44.
- [3] M. Bernini, M. Boccaletti, G. Moratti, G. Papani, Structural development of the Taza–Guercif Basin as a constraint for the Middle Atlas shear zone tectonic evolution, *Mar. Petrol. Geol.* 17 (2000) 391–408.
- [4] A. Charrière, Héritage hercynien et évolution géodynamique alpine d'une chaîne intracontinentale : le Moyen-Atlas au SE de Fès (Maroc), thèse, université Paul-Sabatier, Toulouse, 1990, 589 p.
- [5] G. Colo, Contribution à l'étude du Jurassique du Moyen Atlas septentrional, *Notes Mém. Serv. géol. Maroc* 139 (1962) 1–226.
- [6] H. El Arabi, A. Charrière, A. Sabaoui, B. Ouahhabi, S. Kerchaoui, M. Boutakiout, M. Laadila, Le Toarcien et l'Aalénien dans le Nord du Moyen Atlas plissé (Maroc) : diversité de l'enregistrement sédimentaire et reconstitution du contexte paléogéographique, *Bull. Soc. géol. France* 170 (5) (1999) 629–641.
- [7] H. El Arabi, B. Ouahhabi, A. Charrière, Le Lias supérieur et le début du Dogger dans la partie sud-occidentale du Moyen-Atlas (Maroc) : précisions stratigraphiques et organisation paléogéographique, *Strata, Toulouse* 10 (2000) 100–102.
- [8] H. El Arabi, B. Ouahhabi, A. Charrière, Les séries du Toarcien–Aalénien du SW du Moyen-Atlas (Maroc) : précisions stratigraphiques et signification paléogéographique, *Bull. Soc. géol. France* 172 (6) (2001) 723–736.
- [9] S. Elmi, L'évolution des Monts de Rhar-Roubane (Algérie occidentale) au début du Jurassique, in : J. Lang (Ed.), *Livre jubilaire Gabriel Lucas*, *Mém. géol. Univ. Dijon* 7 (1983) 401–412.
- [10] S. Elmi, Stratigraphic correlation of the main Jurassic events in the Western Mediterranean Tethys (western Algeria and eastern Morocco), *GeoResearch Forum, Transtech. Publ.* 1–2 (1996) 343–358.
- [11] S. Elmi, Y. Alméras, M. Ameer, J.P. Bassoullet, M. Benhamou, M. Boutakiout, A. Marok, L. Mekahli, A.E.R. Mekkaoui, R. Mouterde, Stratigraphic and palaeogeographic survey of the Lower and Middle Jurassic along a North-South transect in Western Algeria, in : S.B. Crasquin-Soleau, E. Barrier (Eds.), *Peri-Tethys Memoir* 4: Epicratonic basins of Peri-tethyan platforms, *Mém. Mus. natl Hist. nat.* 179 (1998) 145–211.
- [12] P. Favre, G.M. Stampfli, From rifting to passive margin: the examples of the Red Sea, Central Atlantic and Alpine Tethys, *Tectonophysics* 215 (1992) 69–97.
- [13] B. Fedan, E. Laville, A. El Mezgueldi, Le bassin jurassique du Moyen-Atlas (Maroc) : exemple de bassin sur relais de décrochements, *Bull. Soc. géol. France*, 8^e série 5 (6) (1989) 1123–1136.
- [14] P.C. de Graciansky, T. Jacquin, S.P. Hesselbo, The Ligurian Cycle: an overview of Lower Jurassic 2nd-order transgressive/regressive facies cycles in western Europe, in : P.C. de Graciansky, J. Hardenbol, T. Jacquin, P.R. Vail (Ed.), *Mesozoic and Cenozoic Sequence stratigraphy of European basins*, *Soc. Econ. Pal. Miner., Spec. Publ.* 60 (1998) 466–479.
- [15] J.A. Malod, Dissymétrie des marges autour de l'Atlantique nord. Relation avec les modèles de distension, *Bull. Soc. géol. France*, 8^e série 3 (3) (1987) 465–472.
- [16] M. Mattauer, P. Tapponnier, F. Proust, Sur les mécanismes de formation des chaînes atlasiques du Maroc, *Bull. Soc. géol. France*, 7^e série 19 (3) (1977) 521–526.
- [17] L. Mekahli, Y. Alméras, S. Elmi, Mise en évidence de l'Aalénien dans la « Dolomie de Deglène » (Monts de Rhar Roubane, Algérie occidentale) et comparaison avec ses équivalents latéraux (« Dolomie du Tenouchfi », « Dalle des Hauts-Plateaux »), *C. R. Acad. Sci. Paris*, série II 316 (1993) 1263–1269.
- [18] R. Mouterde, S. Elmi, Caractères différentiels des faunes d'ammonites du Toarcien des bordures de la Téthys. Signification paléogéographique, *Bull. Soc. géol. France* 162 (6) (1991) 1185–1195.
- [19] A. Piqué, L. Ait Brahim, R. Ait Ouali, M. Amrhar, M. Charroud, C. Gourmelin, E. Laville, F. Rekhis, P. Tricart, Évolution structurale des domaines atlasiques du Maghreb au Mésocène–Cénozoïque ; le rôle des structures héritées dans la déformation du domaine atlasique de l'Afrique du Nord, *Bull. Soc. géol. France* 169 (6) (1998) 797–810.
- [20] A.F. Soarès, R.B. Rocha, S. Elmi, M.H. Henriques, R. Mouterde, Y. Alméras, Le sous-bassin nord-lusitanien (Portugal) du Trias au Jurassique moyen : l'histoire d'un « rift avorté », *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 317 (1993) 1659–1666.
- [21] H. Termier, Études géologiques sur le Maroc central et le Moyen Atlas septentrional, 5^e partie : paléontologie, *Notes Mém. Serv. géol. Maroc* 33 (1936) 1083–1421.
- [22] J. Thierry, Middle Toarcian, in : S.B. Crasquin-Soleau (Ed.), *Comm. Carte géol. Monde : Atlas Peri-Tethys, Palaeogeographical maps, Explanatory notes*, 2000, pp. 61–70.