

Nouvelles datations (Hauterivien supérieur– Barrémien inférieur) dans les « Couches rouges » continentales du Haut Atlas central marocain ; conséquences sur l'âge du magmatisme et des structurations mésozoïques de la chaîne Atlasique

Hamid Haddoumi^a, André Charrière^{b*}, Monique Feist^c, Bernard Andreu^b

^a Laboratoire de paléontologie, stratigraphie et sédimentologie, département de géologie, faculté des sciences, université Mohammed-I^{er}, Oujda, Maroc

^b Laboratoire de dynamique des bassins sédimentaires, EA 3029, université Paul Sabatier, 39, allées Jules-Guesde, 31062 Toulouse cedex 4, France

^c Laboratoire de paléobotanique, université Montpellier-2, place Eugène-Bataillon, 34095 Montpellier cedex, France

Reçu le 11 mars 2002 ; accepté le 23 septembre 2002

Présenté par Michel Durand-Delga

Abstract – New ages (Upper Hauterivian–Lower Barremian) of the continental ‘Red Beds’ of the Moroccan central High Atlas; consequences on the ages of the magmatism and of the Mesozoic tectonics of the Atlasic Belt. In the Moroccan Central High Atlas, between the Bathonian and the Aptian, marine deposits are present in three continental formations. Known to be unfossiliferous for the main part, they are attributed to the Middle Jurassic or to the Lower Cretaceous, depending on the authors. Charophytes from the top of the second formation (Iouaridene Fm), and from the base of the third one (Jbel Sidal Formation), give an Upper Hauterivian–Lower Barremian age. Thanks to these biostratigraphical data, it has been possible to distinguish the different phases of the magmatic activity and the synsedimentary tectonic events, either linked to the closure of Tethyan Atlasic troughs during the Bathonian or associated with the development of the new basins, diachronous in the Atlasic Belt, during the Lower Cretaceous. *To cite this article: H. Haddoumi et al., C. R. Palevol 1 (2002) 259–266.* © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

continental Red Beds / charophytes / Hauterivian / Barremian / High Atlas / Morocco

Résumé – Dans le Haut Atlas central marocain, entre les dépôts marins du Bathonien et ceux de l’Aptien, existent trois formations continentales, généralement azoïques, rapportées selon les auteurs au Jurassique moyen ou au Crétacé inférieur. Des charophytes récoltées au toit de la deuxième formation (formation des Iouaridène) et à la base de la troisième (formation du Jbel Sidal) sont d’âge Hauterivien supérieur–Barrémien inférieur. Ces données biostratigraphiques nouvelles permettent de séparer les événements magmatiques et tectono-sédimentaires liés à la fermeture des sillons atlasiques téthysiens, au Bathonien, de ceux associés à la différenciation, diachrone, des bassins du Crétacé inférieur dans la chaîne atlasique. *Pour citer cet article : H. Haddoumi et al., C. R. Palevol 1 (2002) 259–266.* © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Couches rouges continentales / charophytes / Hauterivien / Barrémien / Haut Atlas / Maroc

*Correspondance et tirés à part.

Adresse e-mail : charrier@cict.fr (A. Charrière).

Abridged version

1. Introduction

A thick continental ‘Red Beds’ series, characterised by sandstones and shales with basaltic lavas, comes in between the Bathonian and Aptian marine deposits of Moroccan Central High Atlas (Fig. 1A). Different stratigraphic possibilities have been suggested [6, 16, 24] for this unfossiliferous series. Two distinct hypotheses have been chosen by the authors of the recent 1/100 000 geological maps: Lower Cretaceous on the Afourer sheet [29], Middle Jurassic (Bathonian–?Callovian) for the whole series of the other geological sheets of the Central High Atlas [15, 17, 20, 23].

Since Jenny et al. [16], three successive formations have been recognised in the ‘Red Beds’, from bottom to top: the fluvial Guettioua Formation, with dinosaurs [25, 26], then, known as unfossiliferous, the Iouaridene Formation, with playa and evaporitic deposits, and the Jbel Sidal Formation, with coarse-grained fluvial deposits [11, 33]. Based on the charophytes microflora, new biostratigraphic data give us new lights on the Lower Cretaceous palaeogeography, on the syndimentary deformations and volcanic activity ages.

2. New data

On the northern flank of the Aït Attab syncline (Fig. 1B and C), all the series is represented: three continental formations and two basaltic flows (Fig. 1D and E), B1 on the top of the Guettioua Fm and B2 at the base of the Jbel Sidal formation. Ostracods and charophytes have been discovered in red–brown or violet beds. They are located (Fig. 2), on the one hand, in the upper part of the Iouaridene Fm (samples C2, AT 73–79; C3, AT 84, 86, 88), and, on the other hand (C3, AT 85, 89), above the first conglomerate basal beds of the Jbel Sidal Formation and under the first levels of the B2 basaltic flows.

Charophytes and biostratigraphical results

The charophytes collected in the Aït Attab area include two species: *Globator trochiliscoides*, *Feistiella* sp.1, as well as few specimens not determinable specifically.

Globator trochiliscoides Grambast (Clavatoraceae Atopocharoideae) is present in all the sampled levels. In the *Globator* lineage [9], the species found in the Morocco High Atlas corresponds to the primitive representatives of *G. trochiliscoides*, which occur in the Upper Hauterivian and in the Lower Barremian [21].

Feistiella sp.1 (Porocharaceae Porocharoideae) seems close to ‘*Porochara* sp. Musacchio and Palamarzuk’, represented in the Barremian of the Neuquén Basin (Argentina) [27]. *Feistiella* and *Porochara* differ only by the morphology of the basal plate, which is undivided in the former and divided in two or three pieces in the latter. When the basal plate is

unknown, the Porocharoideae specimens are attributed to *Porochara* [30]. So the ‘*Porochara* sp.’ from Neuquén may correspond to *Feistiella*, as Musacchio [27] do not give any information on the basal plate of this species. If this similarity were confirmed, the presence of *Feistiella* sp. 1 would favour a Barremian age for the Aït Attab succession.

On the other hand, the presence of Porocharaceae gives information on the environments that prevailed in their habitats. It is admitted that Porocharaceae could live in waters of high salinity, as does *Lamprothamnium*, which grows in littoral lagoons and can tolerate salinities as high as 26 psu [2, 31, 34].

3. Discussion

3.1. Stratigraphic consequences

These micropalaeontological data show that Lower Cretaceous continental formations exist in the ‘Red beds’ series of the Moroccan Central High Atlas. The charophytes led us to give an Upper Hauterivian–Lower Barremian age to the uppermost part of the Iouaridene Fm and to the lowest part of the Jbel Sidal Formation. No main sedimentary gap had been recognised between the Iouaridene and the Jbel Sidal Formations. The Jurassic–Cretaceous boundary has to be searched under the charophyte-bearing beds, perhaps in the Iouaridene Formation or at the boundary between the Guettioua and Iouaridene Formations. As a consequence of these new results, the stratigraphical ages reported on the 1:100 000 geological maps are to be partially revised: too much Lower Cretaceous formations on the Afourer sheet [29], and too much Middle Jurassic ones on the others [15, 17, 20, 23].

3.2. Ages of volcanic flows

Thanks to our data in the Aït Attab syncline, it is now possible to distinguish between B1 volcanic lavas associated with the Bathonian deposits and Upper Hauterivian–Lower Barremian B2 volcanic lavas flowing just above the marly charophyte bearing beds.

3.3. Mesozoic tectono-sedimentary events

Near the anticline ridges, the ‘Red Beds’ show syntectonic unconformities and a dissymmetrical filling of the deposits areas (C1, Fig. 1E). They explain also syndimentary tectonics events that occurred, on the one hand, during Bathonian, linked to the closure of the Atlasic trough, and, on the other hand, during Upper Hauterivian–Barremian–Lower Aptian, linked to the individualisation of a new continental and marine basins. A new erosional event in the Central High Atlas initiated at the Upper Hauterivian–Lower Barremian times. In the eastern High Atlas, the renewed erosion event is dated as Aptian [8]. Thus, it seems that the opening of the first Cretaceous basins is more recent in the central High Atlas

than in the eastern High Atlas. These two domains probably corresponded to different blocks: the Cretaceous basins of the Central High Atlas, associated with the Central Atlantic

margin, would be initiated before the eastern High Atlas ones, the development of which could be linked to the reactivation of the Southern Tethyan margin.

1. Introduction

Les « Couches rouges » continentales anté-aptiennes, largement représentées dans plusieurs cuvettes synclinales du Haut Atlas (Fig. 1A et B), ont connu des attributions stratigraphiques diverses, qui ont entraîné de vives discussions (historiques in [6, 16, 24]). Considérées comme « infra-aptiennes », elles ont été cartographiées dans leur intégralité en Crétacé inférieur sur la feuille d' Afouzer au 1:100 000 [29]. Dans les régions voisines, ont été différenciées [16] trois formations superposées : formations des Guettioua, des Iouaridène et du Jbel Sidal, qui ont été rapportées dans leur intégralité au Jurassique moyen (Bathonien–?Callovien), âge admis sur toutes les éditions cartographiques ultérieures [15, 17, 20, 23]. Cette attribution est fondée sur la superposition des « Couches rouges » aux séries marines du Bajocien supérieur–Bathonien inférieur, sur la découverte de dinosauriens dans la première formation continentale [25, 26], sur quelques critères palynologiques (palynoflores riches en *Classopollis*) dans la partie supérieure de la deuxième formation [5, 16], ainsi que sur l'apparente continuité de sédimentation de ces trois formations.

Des études détaillées, effectuées dans les « Couches rouges » du synclinal d'Aït Attab (Fig. 1C), nous ont permis de découvrir, dans la partie sommitale de la formation des Iouaridène et dans la partie basale de la formation du Jbel Sidal, plusieurs niveaux à ostracodes et à charophytes. Outre les informations paléo-écologiques apportées par ces fossiles, l'âge indiqué par les charophytes fournit une donnée stratigraphique nouvelle permettant l'établissement de corrélations avec d'autres secteurs du domaine atlasique, où la présence de Crétacé inférieur avait été établie [1, 3, 8, 32]. De plus, ces datations permettent de replacer dans le temps les événements magmatiques et structuraux survenus au cours de la genèse des chaînes atlasiques.

2. Cadre géologique

Sur le flanc nord du synclinal d'Aït Attab (Fig. 1C et D), la série est complète, les trois formations étant identifiables par corrélations lithostratigraphiques avec celles définies [16] dans le synclinal des Iouaridène. De plus, deux ensembles de coulées basaltiques sont aisément repérables (Fig. 1D), B1 au toit de la formation

des Guettioua et B2, à la base de la formation du Jbel Sidal. Sur le flanc sud, une discordance s'observe à la base de la formation des Iouaridène, celle-ci reposant directement sur le Lias (C1, Fig. 1E).

La **formation des Guettioua** se compose de corps silto-gréseux à conglomératiques, séparés par des faciès pélitiques de plaine inondable, avec quelques paléosols hydromorphes. Elle s'est déposée dans une plaine alluviale, parcourue par un système de chenaux fluviaux anastomosés de faible sinuosité [11] ou méandri-formes [33]. Elle a livré, dans le synclinal de Tilougguit (Fig. 1B), [25], un squelette presque complet d'un dinosaurien, *Atlasaurus imelakei* [26]. La formation se termine dans le synclinal d'Aït Attab, par plusieurs épanchements basaltiques, regroupés sous la dénomination B1.

La **formation des Iouaridène** comporte deux membres : un membre inférieur, à dominante pélitique, et un membre supérieur, essentiellement évaporitique (Fig. 2), reflétant un milieu de playa [33].

La **formation du Jbel Sidal** est définie [16] comme une formation détritique à dominante gréseuse. Elle est constituée d'une succession de corps lenticulaires (remplissage de chenaux) silteux, gréseux ou conglomératiques, séparés par des faciès pélitiques, parfois associés à des épisodes calcaires ou dolomitiques. Dans les secteurs nord et ouest du synclinal d'Aït Attab, la base montre des intercalations de coulées basaltiques, désignées par B2 (Fig. 2, C2 et C3). La formation correspond à un dépôt de plaine alluviale drainée par un système de chenaux droits à faiblement sinueux, avec des lacs parsemant la plaine d'inondation [11]. Des influences laguno-marines se manifestent dans la partie élevée de la formation, dont la limite supérieure est fixée conventionnellement à la base des premières marnes gris-vert, associées à la transgression marine aptienne. Au-dessus se développe une série calcaire (formation d'Aït Tafelt), datée à sa base du Bédoulien moyen par ammonites [33].

3. Données micropaléontologiques nouvelles

Sur le versant nord du synclinal d'Aït Attab, dans le secteur d'Ioughmane (Fig. 1D), des niveaux à charophytes et à ostracodes ont été découverts dans des marnes brun-rouge ou violacées. Les échantillonnages

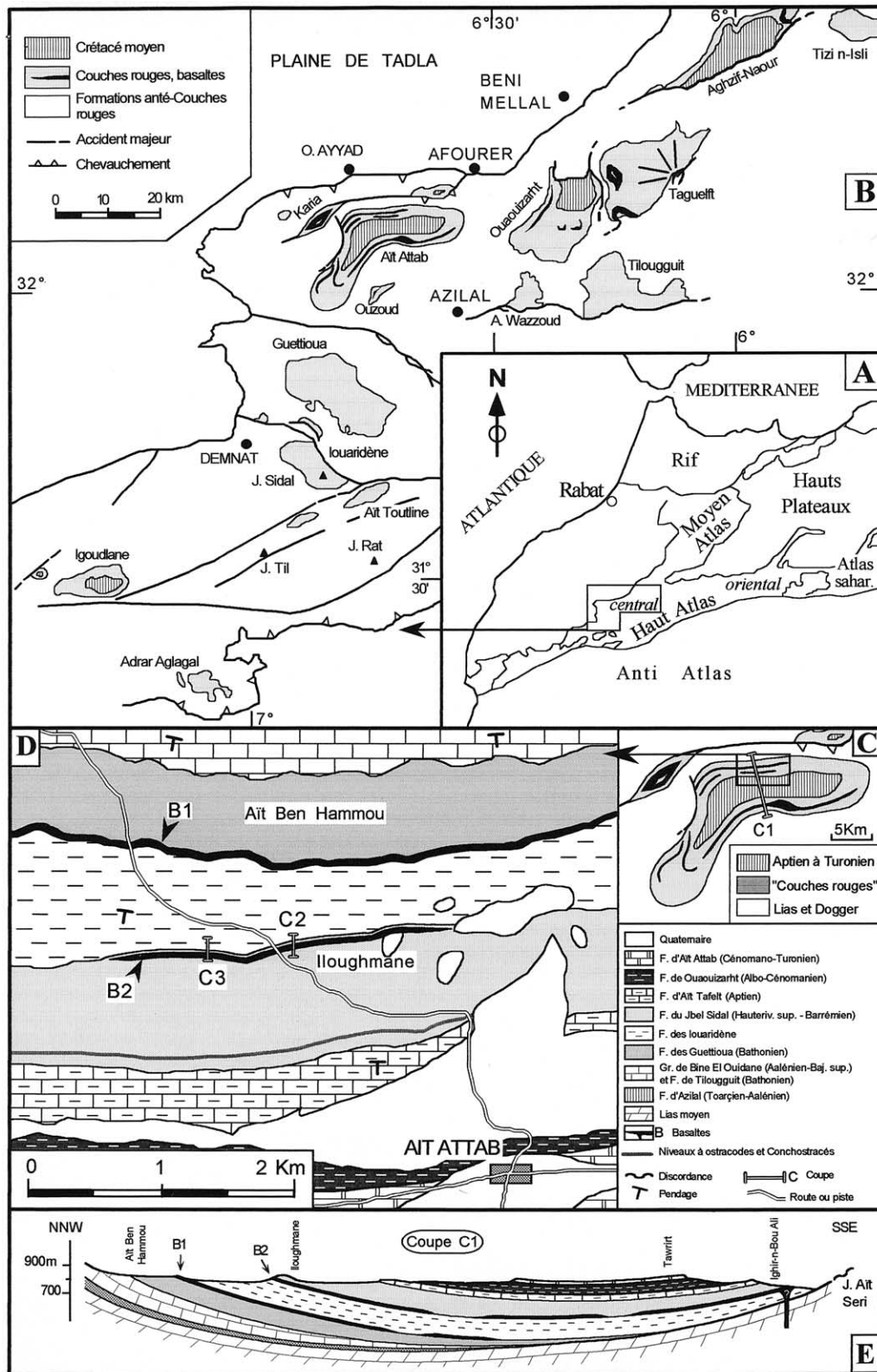


Fig. 1. **A.** Situation d'ensemble du domaine atlasique. **B.** Esquisse géologique du Haut Atlas central et position des cuvettes synclinales à "Couches rouges". **C.** Synclinal d'Ait Attab. **D.** Détail de la bordure nord du synclinal. **E.** Coupe C1 (localisation sur la Fig. 1C) montrant la dissymétrie du remplissage sédimentaire.

Fig. 1. **A.** Location of the Atlasic Belts. **B.** Schematic geological map of central High Atlas and location of the synclines. **C.** Ait Attab syncline. **D.** Detail of its northern slope. **E.** Cross-section C1 (for location, see Fig. 1C) showing the dissymmetry of deposits.

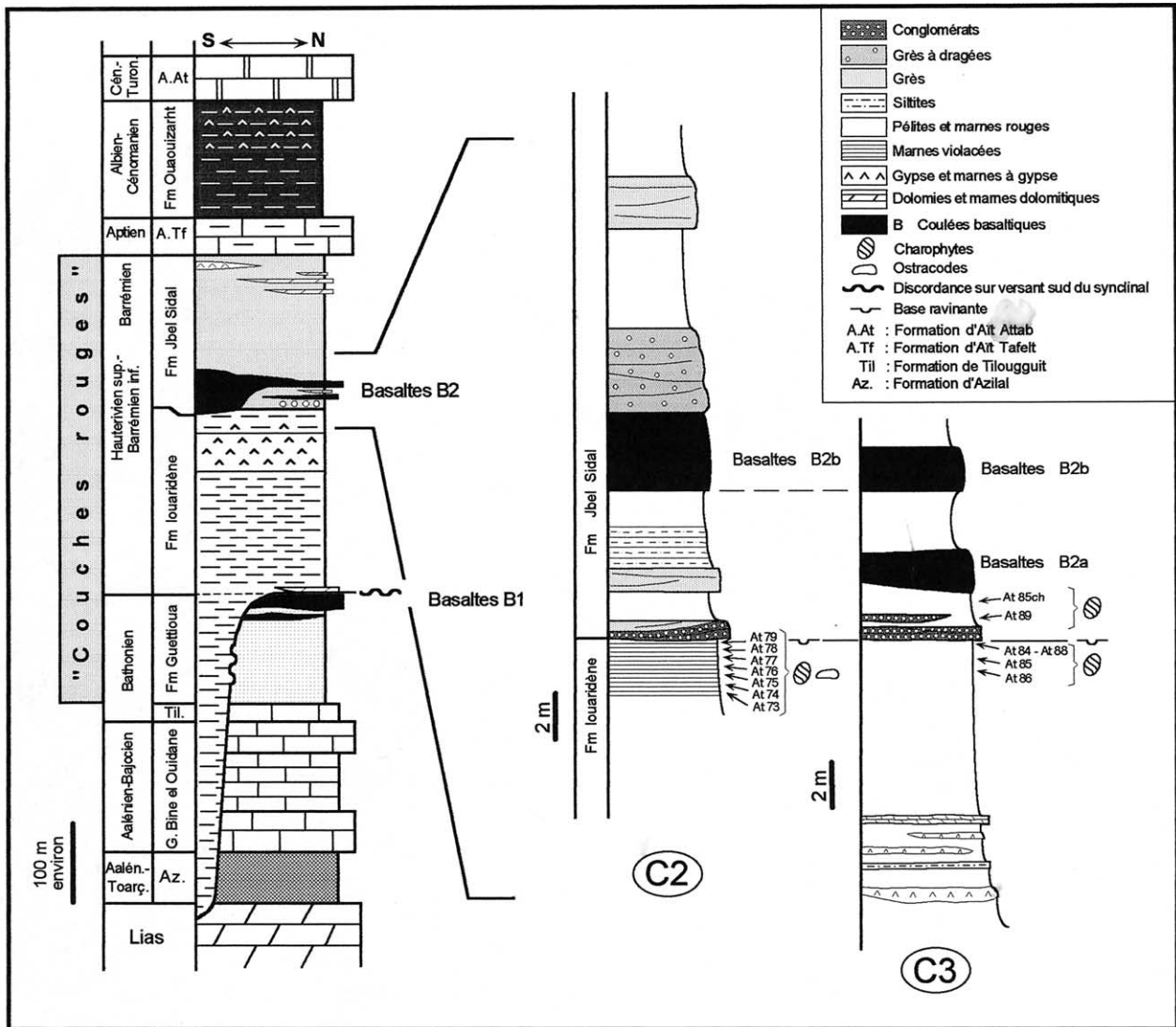


Fig. 2. À gauche, colonne stratigraphique synthétique des terrains mésozoïques et sections détaillées C2 et C3 (localisation sur la Fig. 1D) de la partie sommitale de la formation des Iouaridène et de la base de la formation du Jbel Sidal, avec position des niveaux fossilifères.

Fig. 2. To the left, synthetic stratigraphical column of the Mesozoic deposits and detailed cross-sections C2 and C3 (for location, see Fig. 1D), showing fossiliferous levels in the uppermost part of the Iouaridène and the early part of the Jbel Sidal Formations.

sont positionnés sur les colonnes (Fig. 2). Au toit de la formation des Iouaridène (C2) une succession de prélèvements (AT73-79) se sont révélés très fossilifères. Latéralement (C3), des récoltes ont été effectuées, d'une part, en position analogue et, d'autre part (AT89, AT85ch), dans l'intervalle séparant les premiers conglomérats marquant la base de la formation du Jbel Sidal et les premières coulées basaltiques B2.

Les ostracodes récoltés en C2 appartiennent aux genres *Cypridea*, *Cetacella*, *Fabanella*, *Mantelliana* et *Darwinula* (étude en cours, Andreu et al.). Ces associations sont classiques dans les faciès purbeckiens-wealdiens d'Europe et d'Afrique du Nord.

Les charophytes se rencontrent en abondance en C2 et C3, ainsi que latéralement.

La flore est dominée par une Clavatoracée, *Globator trochilicoides* Grambast. Cette espèce se rencontre en effet dans tous les niveaux à charophytes prospectés pour cette étude. Dans la coupe C2, figure en outre un représentant de la famille des Porocharacées, *Feistiella* sp. 1.

3.1. *Globator trochilicoides* Grambast

L'utricule se compose de 15 cellules spiralées sénescents et de trois cellules basales, de très petite taille. Selon les points de récolte, ces *Globator* montrent des variations de forme et de dimensions pouvant relever de variantes écologiques locales. Ainsi, des échantillons en position stratigraphique sensiblement équivalente (AT 78 en C2 et AT 88 en C3, Fig. 2) montrent en

Tableau 1. Évolution morphologique de *Globator trochiliscoides* dans la région d'Aït Attab.
 Tableau 1. Morphologic evolution of *Globator trochiliscoides* in the region of Aït Attab.

	Longueur <i>L</i> (µm)		Largeur <i>l</i> (µm)		ISI (<i>L/l</i> × 100)	
	minimum	maximum	minimum	maximum	minimum	maximum
Coupe 2. AT78	800	975	650	750	123	137
Coupe 3. AT88	900	1075	750	875	118	145

C3 une taille plus élevée et y sont de forme plus globuleuse, ce qui se traduit par une réduction du rapport longueur/largeur (Tableau 1).

Du fait de la constance de la structure fondamentale de l'utricule, montrant la présence de cellules vestigiales entourant le pore basal, ces variations semblent comprises dans les limites de variation de l'espèce. Dans la lignée phylogénétique des *Globator* [9, 10], la forme d'Aït Attab correspond aux types primitifs de *G. trochiliscoides*, connus dans l'Hauterivien supérieur et le Barrémien inférieur [21].

3.2. *Feistiella* sp. 1

Le genre *Feistiella* Schudack est une Porocharacée Porocharoïdée, dont la gyrogonite présente une plaque basale simple. Dans le matériel présent, ce caractère n'est visible qu'à la partie interne de la région basale. Les gyrogonites de taille moyenne (*L* : 575–775 µm ; *l* : 450–750 µm) montrent une forme particulière, élargie à sa partie inférieure. Nous la désignons provisoirement sous le nom de *Feistiella* sp. 1. Cette forme rappelle en cela la Porocharoïdée figurée par Musacchio [27, figure 2a] sous le nom de « *Porochara* sp. Musacchio et Palamarzuk », représentée dans le Barrémien et l'Aptien du bassin de Neuquén (Argentine). Le genre *Porochara* se distingue de *Feistiella* par une plaque basale composée de deux, parfois de trois pièces, mais il est convenu de préférer l'attribution à *Porochara*, dans les cas où ce caractère n'est pas visible [30]. Ainsi, le « *Porochara* sp. Musacchio et Palamarzuk », dont la plaque basale n'a pas été décrite, pourrait correspondre à *Feistiella* sp. 1. Si cela était le cas, la répartition de l'espèce de Neuquén conduirait à restreindre l'âge des séries du Haut Atlas au Barrémien.

Il est admis, par ailleurs, que les Porocharacées aient pu occuper des milieux à salinité élevée, à l'image du genre actuel *Lamprothamnium*, qui croît dans des habitats margino-littoraux et peut tolérer des salinités allant jusqu'à 26 psu (*practical salinity units*) [2, 31, 34]. Le fait que *Feistiella* sp. 1 soit beaucoup plus abondante dans les niveaux inférieurs de la coupe C2 pourrait indiquer une diminution de la salinité au cours du temps, entre AT 73 et AT 79.

Quelques exemplaires de Clavatoroïdées figurent à côté des deux taxons décrits ci-dessus et évoquent les

genres *Dictyoclavator* et *Pseudoglobator*, mais leur état de conservation ne permet pas une identification précise. Par ailleurs, si la similitude entre le « *Porochara* sp. » du bassin de Neuquén, et *Feistiella* sp. 1 était confirmée, il en découlerait des implications intéressantes sur la biogéographie des charophytes durant le Crétacé inférieur.

4. Conséquences et discussions

4.1. Stratigraphie

Les données biostratigraphiques apportées par les charophytes démontrent qu'une partie des « Couches rouges » du Haut Atlas central date du Crétacé inférieur. L'ensemble de la formation du Jbel Sidal peut être exclusivement barrémienne ou s'étager entre l'Hauterivien supérieur et l'Aptien basal. Le passage formation des Iouaridène/formation du Jbel Sidal est inclus dans la fourchette : Hauterivien supérieur–Barrémien inférieur. La limite entre ces deux formations correspond ainsi à une reprise érosive marquée, mais sans hiatus sédimentaire important.

De ce fait, la limite Jurassique–Crétacé doit être recherchée au-dessous de ces niveaux fossilifères, au sein de la formation des Iouaridène, ou peut-être à sa base, où apparaît la discontinuité la plus évidente sur le terrain.

4.2. Corrélations et âge du magmatisme

La formation des Guettioua correspond à la fin du cycle de comblement du sillon atlasique [7], dont le dernier épisode marin est d'âge Bathonien inférieur, comme dans le Haut Atlas oriental [13], alors qu'il est sensiblement plus récent, du Bathonien supérieur–?Callovien inférieur, dans le sillon moyen-atlasique [3, 4].

Dans le Haut Atlas central, la formation du Jbel Sidal ainsi que tout ou partie de la formation des Iouaridène se rattachent donc au cycle d'ouverture des bassins crétacés. Ces dépôts continentaux, qui apparaissent essentiellement comme barrémiens, sont bien préservés dans la partie ouest du Haut Atlas central, dans les synclinaux d'Igoudlane, d'Iouaridène, d'Aït Attab et de Ouauizarht (Fig. 1B), où ils précèdent la transgression aptienne. En revanche, dans le Haut Atlas oriental, des

travaux récents [8, 12] prouvent, d'une part, l'existence d'une lacune sédimentaire entre le Bathonien et l'Aptien et, d'autre part, la nature exclusivement continentale des dépôts aptiens, la première transgression crétacée datant ici du Cénomaniens supérieur. Ainsi, l'individualisation des bassins continentaux et marins crétacés débute nettement plus tôt dans le Haut Atlas central, sous obédience atlantique, que dans le Haut Atlas oriental, domaine d'obédience téthysienne.

En fonction de l'âge admis pour les « Couches rouges » du synclinal d'Aït Attab, et des premières datations radiochronologiques, les basaltes interstratifiés dans ces dernières étaient tous attribués au Crétacé inférieur par Rolley [29]. Dans les régions voisines, les coulées basaltiques, les intrusions de gabbros et les dykes basiques furent considérés par Jenny et al. [16] comme correspondant à une même phase magmatique, d'âge Bathonien. Un bilan des différentes datations radiochronologiques réalisées dans le Haut Atlas amène certains auteurs [18, 19] à considérer l'activité magmatique comme continue de l'Aalénien au Barrémien et d'autres [33] à envisager l'existence de deux phases d'activités, l'une au Jurassique moyen, l'autre au Crétacé inférieur.

Nos données sur le synclinal d'Aït Attab permettent de distinguer clairement une première période de coulées volcaniques B1, associées à la sédimentation bathonienne, et une deuxième période B2, d'âge voisin de la limite Hauterivien–Barrémien, envisageable d'après l'âge des charophytes des niveaux marneux, qui sont directement recouverts par ces coulées basaltiques. Nos travaux biostratigraphiques confirment donc l'existence d'un volcanisme d'âge Crétacé inférieur, distinct d'un magmatisme médio-jurassique.

4.3. Implications structurales

Aux problèmes de datation des « Couches rouges » se trouvent liées des questions en relation avec l'âge de la structuration de la chaîne atlasique. Pour certains auteurs [16], la tectogenèse précoce de la chaîne atlasique est d'âge Bathonien, ce paroxysme « médio-jurassique » étant suivi d'une structuration majeure au Tertiaire [22]. Souhel [33] invoque, de son côté, une structuration néocimmérienne, en début de Crétacé. Pour Laville [19], les déformations synsédimentaires le long d'accidents décrochants sont pratiquement continues durant le Jurassique. Plus récemment, d'autres auteurs [28] ont considéré que la structuration majeure du domaine atlasique datait du Jurassique supérieur, en argumentant sur la discordance de « Couches rouges gréseuses », équivalentes à celles de la formation du Jbel Sidal, sur une ride (J. Tasraft, situé dans l'axe de la

chaîne atlasique) structurée et injectée d'intrusions magmatiques subcalines.

Dans les synclinaux à « Couches rouges » du Haut Atlas central (Fig. 1B), l'existence d'une « phase médio-jurassique » était argumentée [14, 16] par l'observation de discordances progressives de ces dépôts à proximité de rides et d'une dissymétrie dans le remplissage des cuvettes synclinales. Dans le secteur étudié ici, ces phénomènes se manifestent clairement par l'importance des déformations contrôlant la sédimentation du Jurassique moyen. Une dissymétrie dans le remplissage sédimentaire s'observe (Fig. 1E) toutefois, aussi bien pour la formation du Jbel Sidal que pour la formation des Iouaridène, dont la partie supérieure est directement transgressive et discordante sur le Lias de la ride du J. Aït Seri, située au sud. Ce dispositif structural, qui se retrouve dans d'autres synclinaux comme celui, plus méridional, des Iouaridène [20], dénote l'existence d'une tectonique synsédimentaire pendant la différenciation des bassins du Haut Atlas central à l'Hauterivien supérieur et durant le Barrémien.

Ainsi, à la structuration médio-jurassique des chaînes atlasiques se surimpose une structuration infracrétacée, hétérochrone, plus récente dans le Haut Atlas central, proche de la marge atlantique, que dans le Haut Atlas oriental, secteur sud-téthysien.

5. Conclusions

Les datations micropaléontologiques réalisées démontrent donc qu'au sein de l'ensemble des « Couches rouges » du Haut Atlas central marocain, certaines formations continentales datent du Crétacé inférieur. Les charophytes permettent en effet de préciser que la partie sommitale de la formation des Iouaridène et la base de la formation du Jbel Sidal se situent dans l'intervalle Hauterivien supérieur–Barrémien inférieur. Aucune rupture de temps importante ne semble séparer ces deux formations, dont la succession dénote toutefois une reprise érosive importante.

La conséquence immédiate de ces résultats est que les attributions stratigraphiques des cartes actuelles au 1:100 000 sont partiellement erronées, soit par excès de Crétacé inférieur sur la feuille d'Afourer [29], soit par surestimation du Jurassique moyen sur les autres cartes [15, 17, 20, 23].

Les données de terrain et les nouveaux acquis stratigraphiques permettent de distinguer dans le secteur étudié deux périodes d'activité volcanique, l'une du Jurassique moyen et l'autre datée de l'intervalle Hauterivien supérieur–Barrémien inférieur. La question de l'importance de ce volcanisme crétacé à l'échelle de la chaîne atlasique est posée.

Tout en confirmant l'importance de la structuration synsédimentaire médio-jurassique, nos travaux indiquent qu'une part importante des structurations précoces de la chaîne s'est effectuée durant l'Hauterivien supérieur et le Barrémien.

L'ouverture des bassins continentaux et marins créacés s'avère nettement plus récente dans le Haut Atlas

central que dans le Haut Atlas oriental. Ces deux domaines apparaissent ainsi liés structurellement à des blocs distincts, les bassins du Haut Atlas oriental se différenciant à l'Aptien, sur une partie de la marge sud-téthysienne, alors que ceux du Haut Atlas central s'étaient individualisés, dès l'Hauterivien supérieur–Barrémien inférieur, dans le prolongement de la marge atlantique.

Références

- [1] B. Andreu, Les ostracodes du Crétacé moyen (Barrémien à Turonien), le long d'une transversale Agadir–Nador (Maroc), *Strata* (Toulouse) 2 (14) (1991) 1–765.
- [2] M.A. Bisson, G.O. Kirst, *Lamprothamnium*, a euryhaline charophyte. I. Osmotic relations and membrane potential at steady state, *J. Exp. Bot.* 31 (1980) 1223–1235.
- [3] A. Charrière, Discontinuités entre les « Couches rouges » du Jurassique moyen et du Crétacé inférieur dans le Moyen-Atlas (Maroc), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 315 (1992) 1389–1396.
- [4] A. Charrière, F. Dépêche, M. Feist, N. Grambast-Fessard, M. Jaffrezo, B. Peybernès, M. Ramalho, Microfaunes, microflores et paléoenvironnements successifs dans la formation d'El Mers (Bathonien–?Callovien) du synclinal de Skoura (Moyen Atlas, Maroc), *Geobios* 27 (2) (1993) 157–174.
- [5] B. Courtinat, J. Jenny, *Diadocupressacites moghrabiensis* nov. gen., nov. sp., Un nouveau palynotaxon dans le Bathonien du Haut Atlas, *Rev. Micropal.* 27 (2) (1984) 88–97.
- [6] R. Dresnay du, Données topographiques, stratigraphiques et paléontologiques concernant une ammonite citée dans la formation d'El Mers (Moyen Atlas, Maroc) et leurs conséquences sur l'âge attribué à cette formation, *Bull. Soc. géol. France* 17 (7) (1975) 1144–1164.
- [7] R. Dresnay du, Sédiments jurassiques du domaine des chaînes atlasiques du Maroc, *Symposium Sédimentation Jurassique Ouest-européen*, Assoc. Sédimentologistes français, publ. spéc., 1, 1979, pp. 345–359.
- [8] M. Feist, A. Charrière, H. Haddoumi, Découverte de charophytes aptiennes dans les couches rouges continentales du Haut Atlas oriental (Maroc), *Bull. Soc. géol. France* 170 (5) (1999) 611–618.
- [9] L. Grambast, Structure de l'utricule et phylogénie chez les Clavatoracées, *C. R. Acad. Sci. Paris* 262 (1966) 2207–2210.
- [10] L. Grambast, Phylogeny of the Charophyta, *Taxon* 23 (1974) 463–481.
- [11] H. Haddoumi, Les Couches rouges (Bathonien à Barrémien) du synclinal des Aït Attab (Haut Atlas central, Maroc) ; étude sédimentologique et stratigraphique, thèse 3^e cycle, université Nancy-1, 1988, 133 p. (inédit).
- [12] H. Haddoumi, Les formations détritiques « Couches rouges » (Bathonien et Crétacé inférieur) de la région d'Anoual (Haut Atlas oriental, Maroc) : sédimentologie, stratigraphie et paléogéographie, thèse, université Mohamed-I^{er}, Oujda, 1998, 229 p., 25 pl. (inédit).
- [13] H. Haddoumi, Y. Alméras, A.-M. Bodergat, A. Charrière, C. Mangold, K. Benshili, Âges et environnements des Couches rouges d'Anoual (Jurassique moyen et Crétacé inférieur, Haut Atlas oriental, Maroc), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIa* 327 (1998) 127–133.
- [14] J. Jenny, Dynamique de la phase tectonique synsédimentaire du Jurassique moyen dans le Haut Atlas central (Maroc), *Eclogae geol. Helv.* 77 (1) (1984) 143–152.
- [15] J. Jenny, Carte géologique du Maroc à 1:100 000, feuille Azilal, Notes Mém. Serv. géol. Maroc 339, 1985.
- [16] J. Jenny, A. Le Marrec, M. Monbaron, Les Couches rouges du Jurassique moyen du Haut Atlas central (Maroc) : corrélations lithostratigraphiques, éléments de datation et cadre tectono-sédimentaire, *Bull. Soc. géol. France* 13 (6) (1981) 627–639.
- [17] J.-A. Jossene, Carte géologique du Maroc, feuille Zaouiati Ahançal, Notes Mém. Serv. géol. Maroc 355, 1990.
- [18] E. Laville, C. Harmand, Évolution magmatique et tectonique du bassin intracontinental mésozoïque du Haut Atlas (Maroc) : un modèle de mise en place synsédimentaire de massifs « anorogéniques » liés à des décrochements, *Bull. Soc. géol. France* 24 (2) (1982) 213–227.
- [19] E. Laville, Évolution sédimentaire, tectonique et magmatique du bassin jurassique du Haut Atlas (Maroc) : modèle en relais multiples de décrochements, thèse, université du Languedoc, Montpellier, 1985 166 p., 2 cartes (inédit).
- [20] A. Le Marrec, Carte géologique du Maroc à 1:100 000, feuille Demnat, Notes Mém. Serv. géol. Maroc 338, 1985.
- [21] C. Martin-Closas, N. Grambast-Fessard, Les Charophytes du Crétacé inférieur de la région du Maestrat (chaîne Ibérique–Catalanides, Espagne), *Paléobiologie continentale* (Montpellier) 15 (1986) 1–66.
- [22] M. Monbaron, Précisions sur la chronologie de la tectogenèse atlasique, exemple du domaine atlasique mégogéen du Maroc, *C. R. Acad. Sci. Paris* 294 (1982) 883–886.
- [23] M. Monbaron, Carte géologique du Maroc à 1:100 000, feuille Beni Mellal, Notes Mém. Serv. géol. Maroc 341, 1985.
- [24] M. Monbaron, Un serpent de mer : le problème des « Couches rouges » du Haut Atlas marocain. Le point de situation, *Actes Soc. jurass. Émulation* (1988) 73–92.
- [25] M. Monbaron, P. Taquet, Découverte du squelette complet d'un grand Cétiosaure (Dinosaure saurope) dans le bassin jurassique moyen de Tilougguit (Haut Atlas central, Maroc), *C. R. Acad. Sci. Paris* 292 (1981) 243–246.
- [26] M. Monbaron, D.A. Russell, P. Taquet, *Atlasaurus imelakei* n.g., n. sp., a brachiosaurid-like sauropod from the Middle Jurassic of Morocco, *C. R. Acad. Sci. Paris* 329 (1999) 519–526.
- [27] E.A. Musacchio, Cretaceous and Early Tertiary Charophytes from Argentina, *N. Jb. Geol. Paläont. Abh. (Stuttgart)* 181 (1990) 365–375.
- [28] A. Piqué, L. Aït Brahim, R. Ouali, M. Amrhar, M. Charrout, C. Gourmelen, E. Laville, F. Rekhiss, P. Tricart, Évolution structurale des domaines atlasiques du Maghreb au Méso-Cénozoïque ; le rôle des structures héritées dans la déformation de la marge nord-africaine, *Bull. Soc. géol. France* (1998) 797–810.
- [29] J.-P. Rolley, Carte géologique du Maroc au 1:100 000, feuille Afourer, avec notice explicative, Notes Mém. Serv. géol. Maroc, 247 et 247 bis, 1978.
- [30] M. Schudack, Zur Nomenklatur der Gattungen *Porochara* Mädlér 1955 (syn. *Musacchiella* Feist & Grambast-Fessard 1984) und *Feistiella* n.gen. (Charophyta), *Paläont. Z. (Stuttgart)* 60 (1986) 21–27.
- [31] M. Schudack, Möglichkeiten paläökologischer Aussagen mit Hilfe von fossilen Charophyten, *Festschrift Prof. W. Krutzsch, Museum für Naturkunde, Berlin*, 1993, pp. 39–58.
- [32] D. Sigogneau-Russel, M. Monbaron, E. De Kaenel, Nouvelles données sur le gisement à mammifères mésozoïques du Haut Atlas marocain, *Géobios* 24 (4) (1990) 461–483.
- [33] A. Souhel, Le Mésozoïque dans le Haut Atlas de Beni Mellal (Maroc), *Strata* (Toulouse) 2 (27) (1996) 1–235.
- [34] U. Winter, G.O. Kirst, I. Soulié-Marsche, Effects of salinity on turgor pressure and fertility in *Tolypella* (Characeae), *Plant Cell Environ.* 19 (1996) 869–879.