

Paléontologie générale (biostratigraphie)

Mise en évidence par charophytes et ostracodes de l'âge Paléocène des dépôts discordants sur les rides anticlinales de la région d'Imilchil (Haut Atlas, Maroc) : conséquences paléogéographiques et structurales

André Charrière^{a,*}, Hamid Haddoumi^b, Pierre-Olivier Mojon^c, Jacky Ferrière^d, Daniel Cuhe^e, Lamia Zili^f

^a 26, rue Jean-Pierre-Chabrol, 34740 Vendargues, France

^b Département de géologie, laboratoire des géosciences appliquées, université Mohammed-1^{er}, 60000 Oujda, Maroc

^c 11, rue de l'Industrie, 2316 Les-Ponts-de-Martel, Suisse

^d UFR sciences de la terre, université des sciences et techniques de Lille-1, 59655 Villeneuve-d'Ascq cedex, France

^e Bourg de Saint-Sulpice-la-Forêt, 35250 Saint-Aubin-d'Aubigné, France

^f Département de géologie, faculté des sciences, université Tunis-El Manar, 2090 Tunis, Tunisie

Reçu le 21 juillet 2008 ; accepté après révision le 18 novembre 2008

Disponible sur Internet le 10 février 2009

Présenté par Philippe Taquet

Résumé

Des terrains discordants sur plusieurs rides anticlinales du Haut Atlas central marocain ont fait l'objet d'études sédimentologiques et biostratigraphiques qui aboutissent à reconsidérer les attributions antérieures (Jurassique moyen à Crétacé moyen) qui étaient uniquement basées sur des analogies lithologiques. Les dépôts discordants, dits « Formation de Tasraft », constituent une série syntectonique associée à une mésoséquence transgressive, au cours de laquelle une sédimentation continentale de cône de piémont laisse progressivement place à des dépôts lacustres et laguno-marins. Les différentes récoltes micropaléontologiques étagées dans la série ont révélé des associations d'ostracodes et de charophytes du Paléocène supérieur (Thanétien). Ce nouveau repère biochronologique permet d'établir que la structuration principale de la partie axiale de la chaîne atlasique avec plissement, schistosité et mise à l'affleurement des plutons gabbroïques est antérieure au Paléocène supérieur. La mise en évidence de Paléocène continental dans l'axe du domaine atlasique conduit par ailleurs à préciser certaines limites paléogéographiques des premières transgressions atlantiques du Tertiaire. *Pour citer cet article : A. Charrière et al., C. R. Palevol 8 (2009).*

© 2009 Publié par Elsevier Masson SAS pour l'Académie des sciences.

Abstract

Evidence of Paleocene unconformable deposits with charophytes and ostracods on the anticline ridges of the Imilchil area (High Atlas, Morocco): Paleogeographic and structural implications. New sedimentological and biostratigraphical data have been obtained from unconformable series (Tasraft Formation) on some intruded anticlines located in the Central High Atlas of Morocco. Our results lead us to contest the previous Middle Jurassic to Middle Cretaceous ages only based on lithostratigraphic similarities. The Tasraft Formation proves to be a syntectonic series characterized by detritic fluvial sediments followed by lacustrine

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : andre.charriere@cegetel.net (A. Charrière).

and lagoonal-marine limestones. Ostracods and charophytes found in different levels of the unconformable series indicate Thanetian ages. According to these new stratigraphical data, we can conclude that the main structures of the axial part of the High Atlas (folds, cleavage and exhumation of gabbroic bodies) were settled before the Late Paleocene. Moreover, the occurrence of Paleocene nonmarine beds in the axis of the High Atlas Belt implicates to modify the paleogeographic boundaries of the Atlantic transgressions in the beginning of the Tertiary. **To cite this article:** A. Charrière et al., C. R. Palevol 8 (2009).

© 2009 Published by Elsevier Masson SAS on behalf of l'Académie des sciences.

Mots clés : Couches rouges continentales ; Ostracodes ; Charophytes ; Paléocène ; Thanétien ; Haut Atlas ; Maroc

Keywords: Nonmarine redbeds; Ostracods; Charophytes; Paleocene; Thanetian; High Atlas; Morocco

Abridged English version

Introduction

The Central High Atlas of Morocco (Fig. 1A), located in the northwestern part of the Saharian craton is mainly characterized by an Early–Middle Jurassic marine basin [6,7,36], later tectonised [10,13,25,27]. In the central High Atlas (Imilchil area, Figs. 1B and 2A), nonmarine redbeds lie unconformably on the WSW–ENE anticlinal ridges with magmatic intrusions [2,24,36,40] and associated schistosed rocks. According to the different presumed ages for the nonmarine redbeds below limestones considered as Cenomanian [3,5,8,9,18,19,22,23,25,27,40] in the Tasraft ridge, some authors [20,21,32] thought that the first main Atlasic tectonic structures were linked to a Middle Jurassic phase, while others [22,25,27,33] consider this first event of compressional tectonics as belonging to the Late Jurassic. Other classical [6] and recent works [2,10,13,14] attribute to the main part of the Atlasic deformations a Cenozoic age.

Our biostratigraphic studies on the unconformable beds of the Imilchil area were intended to clarify the previous presumed ages (Middle Jurassic to Cenomanian) based on lithological similarities. Surprisingly, our results indicating a Paleocene age for these beds lead us to drastically modify the chronology of the main events of this part of the High Atlas.

Field data: the Tasraft Formation

The “Tasraft Formation” corresponds to the unconformable series located on the northeastern part of the eponyme anticline. The lithology of this Formation can be observed on the main cross section (Fig. 2C, section 1). This lithology is characterized by alternating fluvial–lacustrine marls and limestones. Five main sequences can be defined. Each of them is made of coarse to fine-grained terrigenous sediments, conglomerates, sandstones to silty marls (m), followed by limestones

beds (b). Most of the limestones show lacustrine microfacies of quiet or high energetic paleoenvironments with ostracods and charophytes (thallus, gyrogonites).

However, foraminifera discovered in some limestone beds as b2, b4 and b5 show lagoonal or marine trends. The “Tasraft Formation” constitutes a very dissymmetric syncline (Fig. 2C, sections 2 and 3) due to the sedimentary infilling and the tectonic activity. Most of the tectonic structures are synsedimentary (intraformational unconformities) and linked to the uplift of the southeastern flank of this ridge.

New micropaleontological data

The soft beds in the Tasraft Formation (Fig. 2C, section 1) have produced very rich micropaleontological associations of ostracods and charophytes (det. P.O. Mojon) listed on the Plate and on the Fig. 3, and also some teeth of fishes (Pycnodonts) and micromammals (TF 33). The very abundant brackish lagoonal–lacustrine ostracods *Candonidae* and *Limnocytheridae* (*Timiriaseviinae*: *Metacypris* sp.; *Limnocytherinae*: *Limnocythere* sp.) characterize the Upper Cretaceous–Paleocene. Five genus and species of charophytes have been found: *Microchara vestita*, *Nitellopsis* (*Campaniella*) *helicteres*, *Sphaerochara edda*, *Harrisichara tougnetensis*, *Pseudolatochara* sp. This assemblage of charophytes (Fig. 4) well known in the West European basins [34,35], especially in the peri-Pyrenean ones [28,29,39], indicates the Late Paleocene (Thanetian).

Consequences: new interpretations

Precisions about the paleogeography

As a consequence of our new micropaleontological data, the previous hypotheses concerning these series (“Cenomanian” marine limestones, “Bathonian to Cenomanian” nonmarine redbeds) must be rejected. Two different paleogeographic patterns of the Paleocene transgressions from the Atlantic Ocean can be presented: a classical hypothesis [6,12] with several narrow

bays (Fig. 5A) or a more recent interpretation [16] with a wide epicontinental sea (Fig. 5B) over the main part of the Central and Western High Atlas. Our new results about the nonmarine Paleocene outcrops of the Imilchil area correspond better with the 5A hypothesis and lead us to modify the 5B one. In this last hypothesis, the coast must be drawn far to the west, such as the axial zone of the Central High Atlas becomes an emerged area between a South-Atlasic bay [12,16,38] and a North-Atlasic one joining the Middle Atlas area [16,30,37].

Pre-, syn- and post-Paleocene structures

The main tectonic pattern with large synclines and narrow uplifted anticlines in the Imilchil area is older than the unconformable “Tasraft Formation”. Moreover, the low-grade metamorphism [18,36,40] and the cleavage developed in the Amagmag, Tassent and Tasraft ridges near the plutonic bodies [18,22,24,25,36] are not present in the unconformable overlying Cenozoic series. The new biostratigraphical results entail that the main unconformity linked to the first compressional event in the axial part of the Atlasic belt must be considered as pre-Paleocene and more precisely as pre-Thanetian. These data lead to reconsider the previous hypotheses implying a Jurassic compressional tectonic phase [22,23,25,27,33] and a pre-Cretaceous erosion.

The unconformable deposits in the Tasraft, Tassent and Amagmag Ridges show syntectonic features, linked to the uplift of these ridges during the Paleocene. The post-Paleocene structures developed in the unconformable series result from renewed compressional events and an important vertical elevation of more than 2000 m between the Paleocene deposits of the axial part of the belt and those of its northern boundary.

Exhumation age of the plutonic bodies

The new datings (Thanetian) of the unconformable deposits lead to the conclusion that the plutonic bodies have been brought at the surface before the Late Paleocene (about 60 My).

Occurrence of a Paleocene volcanism

The basalts intruded within the lower part of the unconformable series of the Tassent ridge [18,19] can be attributed to the Paleocene and thus correlated with a contemporary volcanic activity in the eastern part of the Rif area [17].

Conclusions

Thank to the biostratigraphical results based on charophytes and ostracods microfossils, the Late Paleocene

(Thanetian) age of the unconformable series (Tasraft Formation) overlying some anticlines of the Central High Atlas, has been established. Our results entail new implications about the Paleocene paleogeographic pattern: the axial part of the Moroccan High Atlas was a nonmarine area between two marine realms located in the north and the south of the Atlasic belt. A very important result of our new biostratigraphical data proves that the main unconformity of the Atlasic belt is not pre-Cretaceous but undoubtedly pre-Late Paleocene. Consequently, we propose that the main structures (folding and uplift of the anticlinal ridges, exhumation of the magmatic bodies and associated cleavage) in the axis of the High Atlas are linked to a Late Cretaceous–Early Tertiary compressional event similar to the one of the northern [11] and the southern flanks [23,26] of the central High Atlas. Our studies establish with certainty that the main structures in the axis of the Atlasic belt were settled before the Thanetian, even if more recent deformations take place during and after the Late Paleocene.

1. Introduction

Constituant une chaîne bordant au nord-ouest le craton saharien, le Haut Atlas central marocain (Fig. 1A) correspond pour l'essentiel à un bassin de sédimentation marine d'âge jurassique inférieur et moyen [6,7,36], inversé [10,13,25,27] et plissé selon une direction dominante WSW–ENE. Dans les axes anticlinaux étroits, dont les flancs sont formés de calcaires d'âge liasique à aaléno-bajocien, apparaît le Trias argileux. Dans le Haut Atlas central (Fig. 1B), ces structures anticlinales sont fréquemment injectées de corps magmatiques, notamment de gabbros et de troctolites [24,36,40]. Dans la zone axiale de la chaîne, au voisinage du secteur d'Imilchil (Fig. 2A), les cuvettes synclinales renferment généralement des « couches rouges » continentales régressives du Jurassique moyen [8,9,19] et certaines des rides anticlinales (Amagmag, Tassent et Tasraft) sont recouvertes de « couches rouges » continentales discordantes.

En attribuant la totalité des « couches rouges » au Dogger et en se basant sur la présence de discordances progressives, certains auteurs [20,21,32] ont rapporté les premières déformations majeures de l'Atlas à une « phase médio-jurassique ». En attribuant les « couches rouges » discordantes sur les rides anticlinales au Jurassique supérieur ou au Crétacé inférieur, d'autres auteurs [22,25,27,33] ont considéré qu'une structuration compressive majeure avait affecté la chaîne au Jurassique supérieur. Enfin, des travaux classiques [6] et récents [2,10,13,14] attribuent au Cénozoïque l'essentiel des déformations atlasiques.

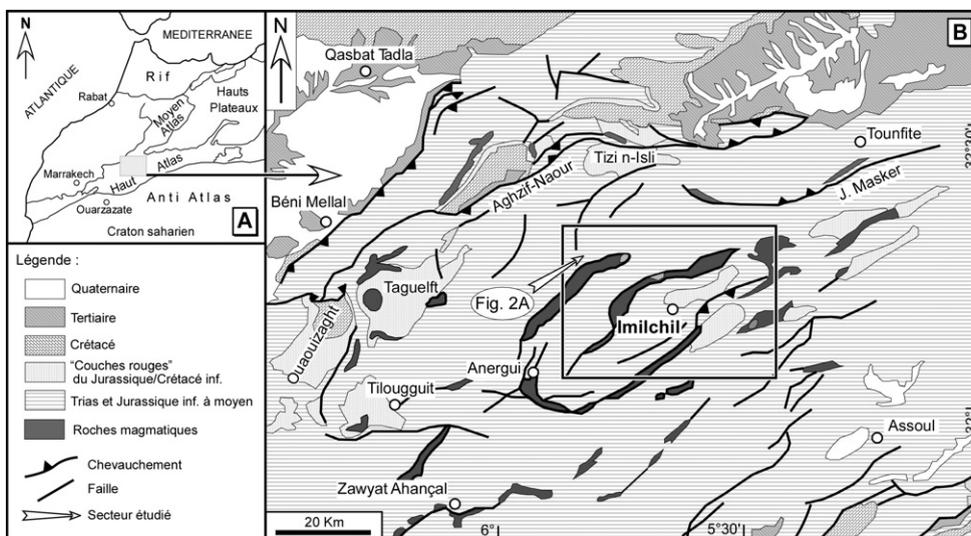


Fig. 1. Situation géographique (A) et structure géologique (B) du Haut Atlas central dans le Maroc septentrional.

Fig. 1. Geographical position (A) and main geological structures (B) of the central High Atlas in northern Morocco.

Dans le prolongement des datations récemment réalisées dans la partie nord de la chaîne [1,4,15,31], nous avons effectué une étude biostratigraphique des terrains discordants de la région d'Imilchil, dont les différentes attributions antérieures (Bathonien à Céno-manien) avaient toujours été basées sur des analogies lithologiques. Une centaine de prélèvements ayant été effectués dans les niveaux meubles, le contenu micro-paléontologique d'une dizaine d'entre eux a permis d'obtenir un calage biochronologique précis. L'âge paléocène obtenu, inattendu, impose de reconsidérer la chronologie des déformations et la paléogéographie de cette partie axiale de la chaîne atlasique.

2. Données de terrain et définition lithologique de la Formation de Tasraft

Comme la plupart des rides anticlinales de ce secteur (Fig. 2A), la ride de Tasraft présente deux flancs constitués de marno-calcaires ou de calcaires de l'Aaléno-Bajocien [9]. Le cœur de la ride, de nature très chaotique, est formé à la fois par du matériel triasique (argilites roses ou violacées, dolérites), du matériel sédimentaire (carbonates liasiques) et du matériel plutonique intrusif [40]. Depuis Bourcart, en 1942 [3], tous les auteurs [5,8,9,18,19,22,23,25,27,40] ont admis que la terminaison nord-est de cette ride (Fig. 2B) était recouverte en discordance par des « couches rouges » continentales, surmontées de calcaires marins du Céno-manien.

Nos investigations sur cette série discordante montrent qu'il s'agit d'un ensemble sédimentaire ori-

ginal que nous appelons « Formation de Tasraft ». Cette formation dont l'épaisseur avoisine 180 m est définie à partir de la coupe 1 (Fig. 2B) qui présente la succession stratigraphique la plus complète. La limite inférieure de la formation est un contact érosif qui souligne une discordance majeure. La série est organisée en cinq séquences qui débutent par des termes détritiques de moins en moins grossiers vers le haut : conglomérats, puis grès, silts et marnes (m) et se terminent par des dépôts calcaires (b) de plus en plus développés. Il faut souligner que le terme de base est un conglomérat polygénique formé de matériaux sédimentaires (calcaires marins du Dogger provenant des flancs de la ride) et de matériaux éruptifs (notamment gabbros et autres roches grenues, ainsi que des basaltes, originaires du cœur de la ride). Les séries marneuses évoluent de marnes et silts rubéfiés à passées conglomératiques (m1) vers des faciès plus argileux, jaunâtres (m4). Les barres calcaires (b) présentent différents types de microfaciès d'eau douce (à oncolithes, débris de thalles et gyrogonites de charophytes, ostracodes) qui témoignent d'environnements lacustres et fluvio-lacustres affectés par des conditions hydrodynamiques très fluctuantes. Dans certaines barres (b2, b4, b5), des influences laguno-marines sont attestées par la présence de quelques niveaux à foraminifères. Ceux-ci sont représentés par des formes bisériées ou à test agglutiné, quelques spécimens appartenant au genre *Lenticulina*, ainsi que par quelques formes planctoniques, certaines rappelant le genre *Morozovella*? (L. Zili, étude en cours).

Les biseautages et discordances internes de la Formation de Tasraft (Fig. 2C, coupes 2 et 3) témoignent

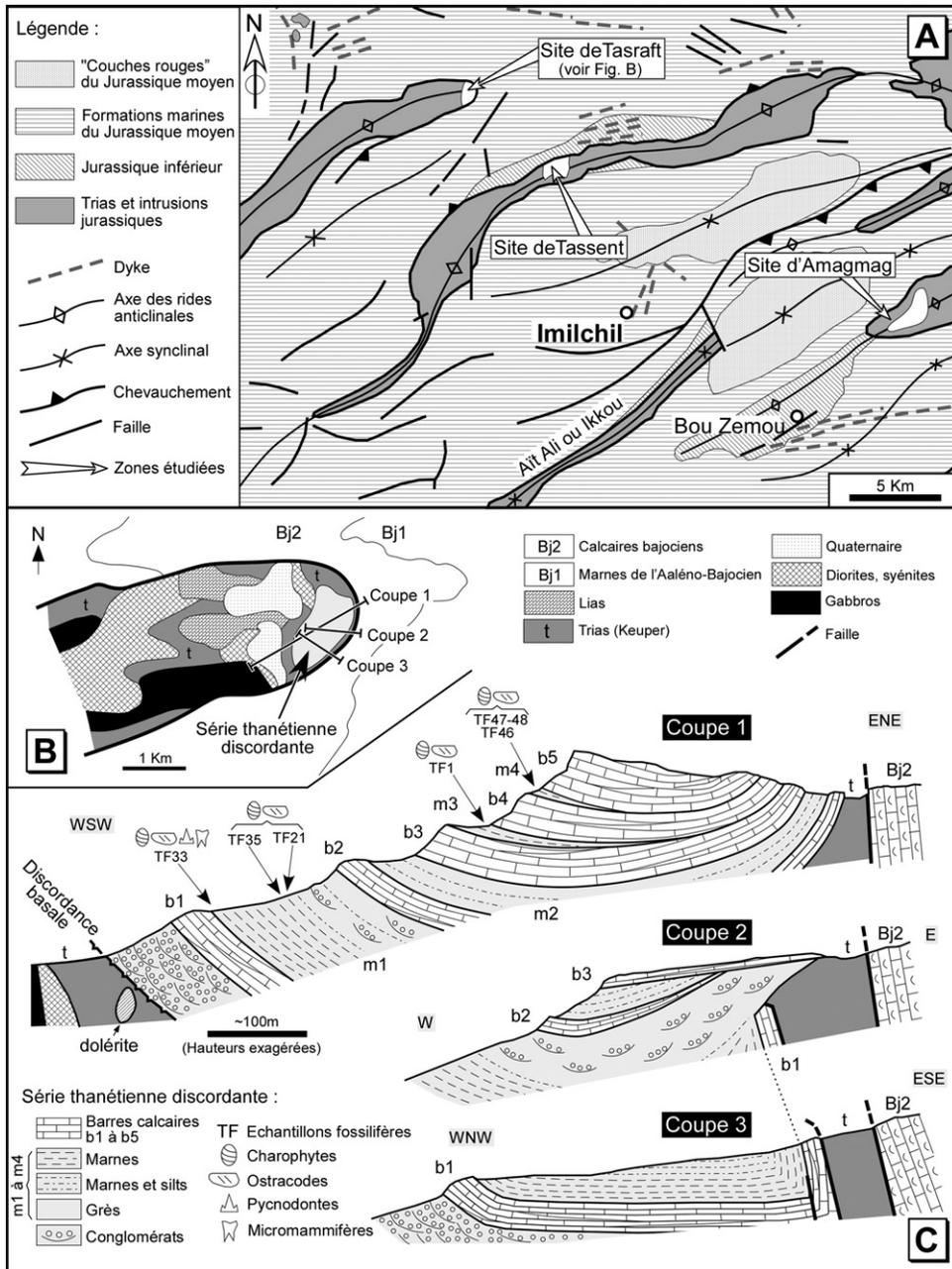


Fig. 2. Géologie du secteur d'étude. A. Schéma structural de la région d'Imilchil (d'après la feuille Imilchil à 1/50 000). B. Détail de la terminaison nord-est de la ride de Tasraft (d'après la feuille Imilchil à 1/50 000, complétée). C. Coupes à travers les dépôts continentaux discordants paléocènes de la Formation de Tasraft.

Fig. 2. Geology of the studied area. A. Structural regional map of Imilchil (after Imilchil sheet at 1/50,000, completed). B. Detailed outcrops of the northeastern Tasraft ridge (after Imilchil sheet at 1/50,000, completed). C. Cross-sections through the Paleocene unconformable deposits of the Tasraft Formation.

d'intenses déformations synsédimentaires. Les barres carbonatées, dont la base est fréquemment constituée de brèches intraformationnelles, sont en fait formées de corps lenticulaires d'épaisseur métrique, se relayant dans le temps et dans l'espace en direction du nord-ouest, ce qui témoigne d'une mobilité quasi permanente

de l'aire de sédimentation. Enfin, la présence de quartz bipyramidé de bas en haut de la série dénote un remaniement constant des argilites triasiques remontées dans la ride.

En résumé, la Formation de Tasraft est un dépôt syntectonique correspondant à une mésoséquence au

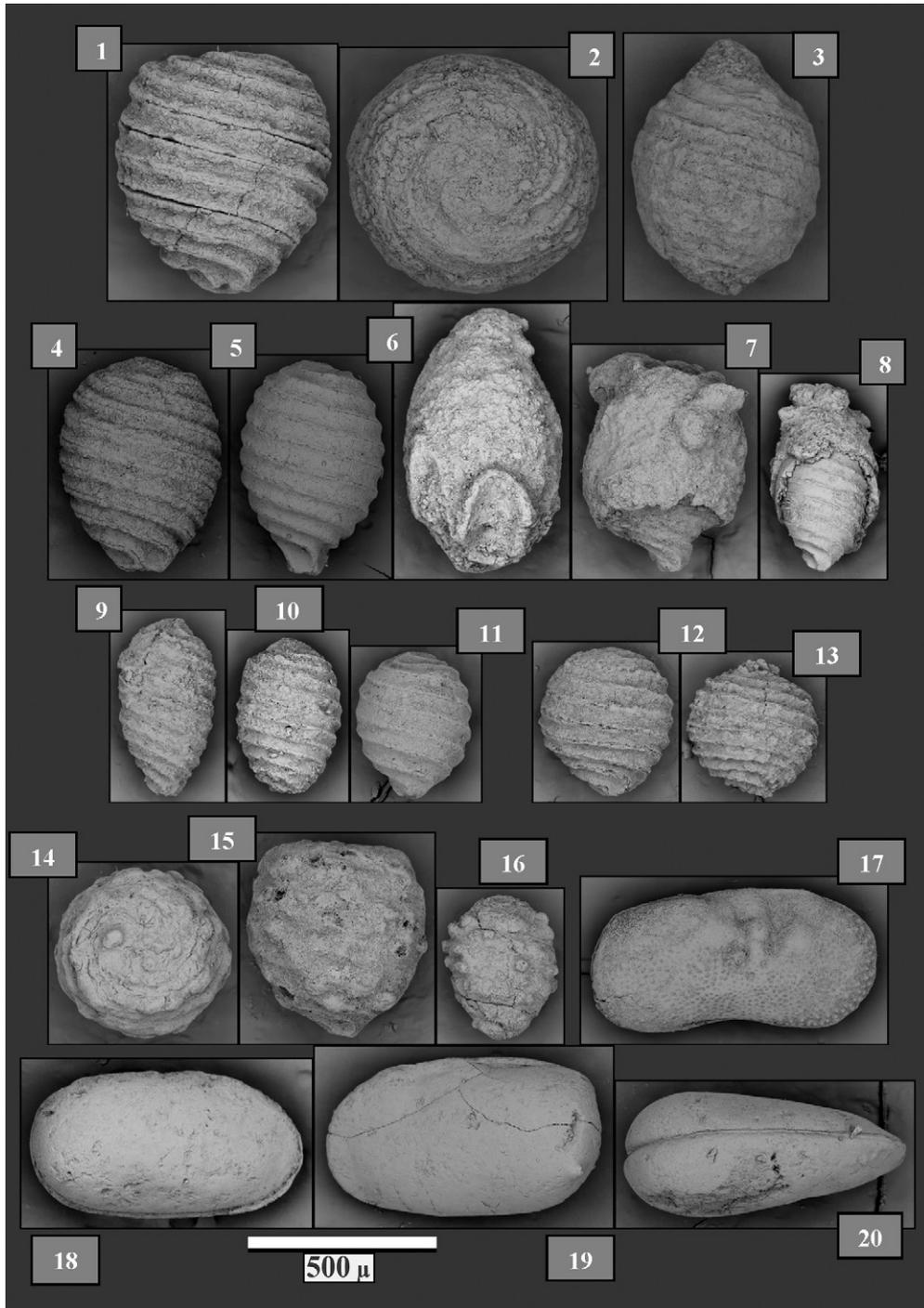


Planche 1. Charophytes et ostracodes de la Formation de Tasraft. Charophytes : vues latérales : 1-3 à 13 et 15-16, vues apicales : 2-14. Ostracodes : valves droites : 17-18 ; valve gauche : 19 ; vue ventrale : 20. Échantillons : TF : ride de Tasraft. Matériel de référence MHNG 60611 (Muséum d'histoire naturelle de Genève). 1-2 : *Nitellopsis (Campaniella) helicteres* (BRONGNIART, 1822) GRAMBAST & SOULIÉ-MÄRSCHÉ, 1972 (TF 1) ; 3 : *Pseudolatochara* sp. (TF 1) ; 4 à 11 : *Microchara vestita* CASTEL, 1969 (4-5 : TF 47 ; 6 à 10 : TF 48 ; 11 : TF 1 ; 6 à 8 : gyrogonites tuniquées typiques). 12-13 : *Sphaerochara edda* SOULIÉ-MÄRSCHÉ, 1971 (TF 35) ; 14 à 16 : *Harrisichara tougnetensis* MASSIEUX, 1977 (14-15 : TF 1 ; 16 : TF 48) 17 : *Limnocythere* sp. (TF 47) ; 18 à 20 : *Metacypris* sp. (TF 33), dimorphisme sexuel présumé des carapaces d'après des valves avec une pointe postéroventrale et un renflement postérieur marqué pour l'incubation des œufs (19 : ♀), ou carapaces ♂ étroites et allongées sans épine (18-20).

cours de laquelle une sédimentation de cône de piémont évolue progressivement vers des dépôts lacustres et laguno-marins.

3. Nouvelles données micropaléontologiques

3.1. Ride de Tasraft

Sept prélèvements (TF) effectués dans les niveaux meubles ont livré de riches associations micropaléontologiques (dét. P.O. Mojon) d'ostracodes et de charophytes étagées à travers la Formation de Tasraft (Fig. 2C, coupe 1) ainsi que d'autres microfossiles (dents de poissons Pycnodontes et de micromammifères en TF 33). Les microflores et les microfaunes identifiées sont représentées et répertoriées sur la Planche et sur la Fig. 3.

Les ostracodes laguno-lacustres *Candonidae* et *Limnocytheridae* (*Timiriaseviinae*: *Metacypris* sp.; *Limnocytherinae*: *Limnocythere* sp.), très abondants, sont des formes caractéristiques du Crétacé terminal–Paléocène.

Les charophytes comprennent cinq genres et espèces: *Microchara vestita*, *Nitellopsis (Campaniella) helicteres*, *Sphaerochara edda*, *Harrisichara tougnetensis*, *Pseudolatochara* sp. qui sont des formes classiques des bassins ouest-européens [34,35] et notamment des bassins nord et sud-pyrénéens [28,29]. Leur association (Fig. 4) se rapporte au Paléocène supérieur (Thanétien). Il est intéressant de noter la présence de *Pseudolatochara* sp. et surtout la fréquence à tous les niveaux de *Microchara vestita* (marqueurs du Thanétien et de l'Ilerdien inférieur-moyen [28,39]) y compris à la base des calcaires b1 et dans la barre sommitale b5.

3.2. Ride de Tassent

Sur cette ride voisine, la « Formation de Tasraft » est constituée par une série détritique rouge à intercalations basaltiques, mais dépourvue de calcaires. Corrélativement, la microflore et la microfaune y sont rares. Toutefois, trois prélèvements localisés dans la partie supérieure de la série ont livré quelques microfossiles: ostracodes laguno-lacustres (*Darwinula*, *Novocypris*?, *Candonidae*?) et les charophytes *Nitellopsis (Campaniella) helicteres*, *Microchara* cf. *vestita*, *Harrisichara* cf. *tougnetensis* d'âge thanétien–yprésien inférieur.

Echantillons	Charophytes					Ostracodes			
	<i>Sphaerochara edda</i>	<i>Microchara vestita</i>	<i>Nitellopsis (Campaniella) helicteres</i>	<i>Harrisichara tougnetensis</i>	<i>Pseudolatochara</i> sp.	<i>Metacypris</i> sp.	<i>Limnocythere</i> sp.	<i>Candonidae</i>	<i>Neocyprideis</i> ? sp.
TF48		█	█	█				█	
TF47		█	█				█	█	
TF46		█	█				█		
TF1		█	█	█	█	█		█	█
TF21		█	█			█			█
TF35	█	█	█				█	█	
TF33		█	█			█			

Fig. 3. Répartition stratigraphique des gisements et des microfossiles sur la coupe (C1) de la Formation de Tasraft.

Fig. 3. Stratigraphic distribution of the samples and microfossils in the cross-section (C1) of the Tasraft.

4. Bilan et interprétations

Ces premières données micropaléontologiques obtenues dans les terrains discordants sur les rides anticlinales conduisent à remettre en question l'existence de dépôts marins d'âge cénomanien, à reconsidérer les attributions stratigraphiques antérieures des « couches rouges » continentales sous-jacentes et à établir l'existence d'une importante lacune entre le Juras-

Plate 1. Charophytes and ostracods of the Tasraft Formation. Charophytes: lateral views: 1-3 to 13 and 15-16; apical views: 2-14. Ostracods: right valves: 17-18; left valve: 19; ventral view: 20. Samples: TF: Tasraft Ridge. Reference material MHNG 60611 (Natural History Museum of Geneva). 1-2: *Nitellopsis (Campaniella) helicteres* (BRONGNIART, 1822) GRAMBAST & SOULIÉ-MÄRSCHÉ, 1972 (TF 1); 3: *Pseudolatochara* sp. (TF 1); 4 to 11: *Microchara vestita* CASTEL, 1969 (4-5: TF 47; 6 to 10: TF 48; 11: TF 1; 6 to 8: typical tunicate gyrogonites); 12-13: *Sphaerochara edda* SOULIÉ-MÄRSCHÉ, 1971 (TF 35); 14 to 16: *Harrisichara tougnetensis* MASSIEUX, 1977 (14-15: TF 1; 16: TF 48); 17: *Limnocythere* sp. (TF 47); 18 to 20: *Metacypris* sp. (TF 33), presumed sexual dimorphism of the shells after valves with a posteroventral spike and a pronounced posterior bulge for eggs incubation (19: ♀), or narrow and elongated shells ♂ without spike (18-20).

Ages	Paléocène			Eocène
	Danien	Sélandien	Thanétien	Yprésien inf.
<i>Sphaerochara edda</i>	■			---
<i>Nitellopsis (Campaniella) helicteres</i>	■			---
<i>Microchara vestita</i>	---	---	■	---
<i>Harrisichara tougnetensis</i>	---	---	■	---
<i>Pseudolatochara sp.</i>	---	---	■	---

Fig. 4. Extension biostratigraphique des charophytes du Paléocène–Éocène basal.

Fig. 4. Biostratigraphic range of the Paleocene–lowermost Eocene charophytes.

sique moyen et le Paléocène supérieur, dans la partie axiale de la chaîne atlasique.

4.1. Précisions paléogéographiques

Au Maroc, les formations d'âge paléocène–éocène sont majoritairement représentées par les dépôts phosphatés de la bordure atlantique (Fig. 5), avec notamment le « Plateau des phosphates » entre Casablanca et Marrakech, la zone Essaouira–Ouarzazate et le bassin du Souss. Ces dépôts marins de plate-forme ouverte, représentés au nord et au sud du Haut Atlas, passent vers l'est à des dépôts margino-littoraux dans le bassin de Ouarzazate [12,16,38] et à des faciès de fond de golfe dans le Moyen Atlas [16,30,37]. Les transgressions du Crétacé terminal et du début du Tertiaire à partir de l'Atlantique central donnent lieu à deux conceptions paléogéographiques distinctes, avec une interprétation classique [6,12] en plusieurs golfes étroits (Fig. 5A) et une interprétation plus récente [16] en une vaste mer épicontinentale (Fig. 5B). La situation des nouveaux affleurements continentaux paléocènes de la région d'Imilchil est compatible seulement avec le concept 5A. En revanche, le schéma 5B doit être modifié de façon à déplacer la position du littoral vers l'ouest et à figurer la zone axiale du Haut Atlas central comme une aire émergée entre un golfe sud-atlasique et un golfe nord atlasique se prolongeant dans le Moyen Atlas.

4.2. Tectonique polyphasée anté-, syn- et post-thanétienne

Des déformations synsédimentaires à dominante extensive ou transtensive sont fréquentes à l'échelle du domaine atlasique [10,19–21,32] durant le Lias supérieur et le Dogger. Dans l'axe du Haut Atlas central, cette tectonique synsédimentaire se manifeste dès le Toarcien

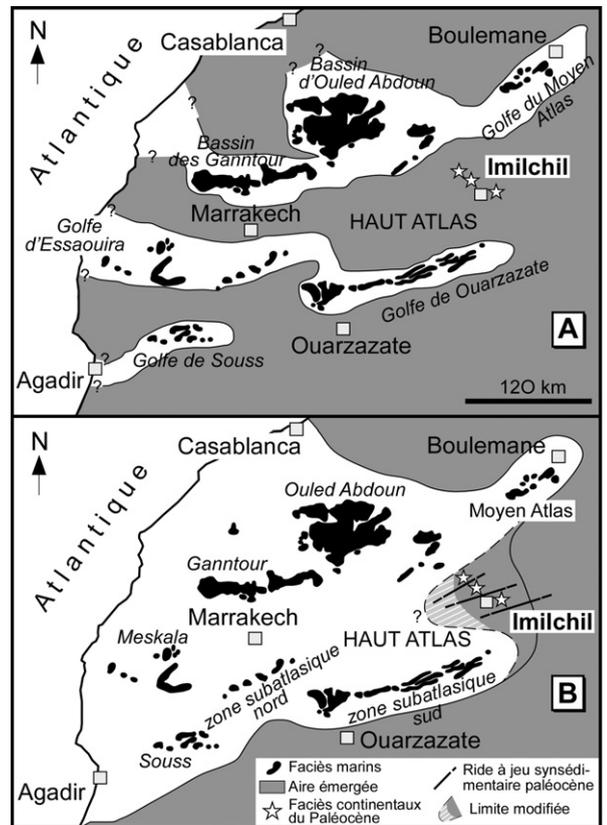


Fig. 5. Deux reconstitutions paléogéographiques du Maroc atlantique au début du Tertiaire. A. Conception classique (Choubert et Faure-Muret [6], modifiée par Gheerbrant et al. [12]). B. Conception alternative (Herbig et Trappe [16]) et modifications proposées par le présent travail (trait pointillé).

Fig. 5. Two paleogeographic reconstructions of the Atlantic Morocco during the Early Tertiary. A. Classical reconstruction (Choubert and Faure-Muret [6], modified by Gheerbrant et al. [12]). B. Alternative reconstruction (Herbig and Trappe [16]) and present proposed modifications (dashed).

en bordure de la ride de Tassent [18,19] et se poursuit durant le Dogger avec notamment d'importantes discordances progressives en bordure de la ride d'Aït Ali ou Ikkou [8,9].

Toutefois, la tectonique régionale ne se limite pas à des déformations extensives, transtensives ou transpressives. Un métamorphisme léger [18,36,40] et une schistosité affectent les séries du Lias et du Dogger, notamment au niveau des rides. Ainsi, dans les rides d'Amagmag, de Tassent et de Tasraft, la schistosité est bien développée à proximité des corps plutoniques [18,19,36,40], alors que les séries rouges discordantes sus-jacentes en sont dépourvues [23,27]. L'attribution de ces dernières à un intervalle Callovien–Crétacé inférieur constituait un argument majeur en faveur d'une première phase tectonique transpressive jurassique [22,23,25,27,33]. Cette contrainte se trouve levée, en raison du caractère erroné de ces attributions lithostratigraphiques. Nos données biostratigraphiques permettent d'établir que la troncature érosionnelle postérieure à la schistosité n'est pas « pré-Crétacé » [13,23], mais d'âge anté-Paléocène supérieur. Dans la mesure où l'Eocène est discordant sur le Sénonien [11] du versant nord du Haut Atlas de Marrakech et que, par ailleurs, le Paléocène discordant sur le Crétacé supérieur fossilise localement le front de la nappe de Toundoute [23,24] sur le versant sud, il nous paraît préférable d'envisager que ces différentes structures proviennent d'un même événement compressif datant de la fin du Crétacé ou du début du Tertiaire.

Le caractère syntectonique des dépôts paléocènes de la ride de Tasraft se retrouve également dans les séries détritiques discordantes des rides de Tassent [18] et d'Amagmag [22], ce qui dénote une reprise de la surrection de plusieurs rides durant le Thanétien.

La présence de replis synclinaux affectant les dépôts paléocènes les plus récents sur les trois rides considérées et de failles inverses limitant localement ces plis [18] témoigne d'un serrage ultérieur. Enfin, l'étagement actuel des dépôts thanétiens entre l'axe de la chaîne (2500–2800 m) et sa bordure nord (moins de 500 m) permet d'évaluer la composante verticale des déformations post-paléocènes.

4.3. Âge de mise en surface des plutons intrusifs

Le remaniement, dans les conglomérats de la Formation de Tasraft, de roches plutoniques ne permet pas de connaître l'âge du magmatisme, puisque la cristallisation des roches grenues s'est effectuée en profondeur, mais fournit, en revanche, un repère précieux quant à l'âge de la mise à l'affleurement des plutons au cœur

des rides. Il n'y a plus d'argument impératif dans le secteur d'Imilchil pour considérer que cette mise à l'affleurement soit d'âge mésozoïque, nous avons seulement la certitude d'une mise en surface des corps magmatiques au Paléocène supérieur, c'est-à-dire aux environs de –60 Ma. Cet âge est sensiblement plus ancien que celui obtenu par des études récentes [2] de thermochronologie basse température qui considèrent que les corps magmatiques étaient encore en profondeur vers 80–90 Ma et sont remontés en surface vers –50 Ma.

4.4. Présence d'un volcanisme d'âge paléocène

Dans la ride de Tassent des basaltes sont intercalés dans la partie inférieure grésosilteuse de la série discordante. Il s'agit d'un empilement (environ 50 m) constitué d'une succession de coulées parfois bréchiées [18,19], séparées par des intercalations sédimentaires. En fonction des données biostratigraphiques obtenues, cet événement éruptif peut être attribué au Paléocène et ainsi corrélé aux manifestations volcaniques de cet âge dans la partie orientale du Rif [17].

5. Conclusions

Ces premières études biostratigraphiques basées sur les associations de charophytes et d'ostracodes permettent d'établir l'âge paléocène supérieur (Thanétien) de terrains discordants (Formation de Tasraft) sur certaines rides anticlinales du Haut Atlas central. La découverte de Paléocène fluvio-lacustre dans la région d'Imilchil permet aussi d'affiner la paléogéographie de cette partie axiale du Haut Atlas marocain. Ce nouveau repère biochronologique prouve que la discordance qui scelle le premier épisode compressif important dans l'histoire de la chaîne atlasique n'est pas anté-Crétacé mais anté-Paléocène supérieur. Ainsi, les structures antérieurement acquises (plissement et surrection des rides anticlinales, mise en place des corps magmatiques, schistosité associée) dans l'axe du Haut Atlas peuvent être issues d'événements compressifs datant de la fin du Crétacé ou du début du Tertiaire. Nos travaux permettent donc d'établir qu'une partie importante de la structuration de la zone axiale du Haut Atlas central se trouvait acquise dès le Thanétien, même si des déformations plus récentes existent, durant et après le Paléocène supérieur.

Remerciements

Pour cette étude, le Dr André Piuze a très aimablement réalisé les clichés des ostracodes et des charophytes

avec le MEB du Muséum d'histoire naturelle de Genève où sera déposé le matériel micropaléontologique de référence originaire de l'Atlas marocain étudié par P.O. Mojon (échantillons répertoriés sous le sigle MHNG). Nous adressons aussi nos remerciements aux deux rapporteurs dont les observations ont permis d'utiles précisions.

Références

- [1] B. Andreu, J.P. Colin, H. Haddoumi, A. Charrière, Les ostracodes des « couches rouges » du synclinal d'Aït Attab, Haut Atlas central, Maroc : systématique, biostratigraphie, paléocologie, paléobiogéographie, *Rev. Micropaleont.* 46 (2003) 193–216.
- [2] L. Barbero, A. Teixell, M.L. Arboleya, P. del Rio, P.W. Reiners, B. Bougadir, Jurassic-to-present thermal history of the central High Atlas (Morocco) assessed by low-temperature thermochronology, *Terra Nova* (2006) 1–7.
- [3] J. Bourcart, Carte géologique d'exploration du territoire autonome du Tadla au 1/200 000, Notes et Mem. Serv. Geol. du Maroc 158 (1942).
- [4] A. Charrière, H. Haddoumi, P.O. Mojon, Découverte du Jurassique supérieur et d'un niveau marin du Barrémien dans les « couches rouges » continentales du Haut Atlas central marocain : implications paléogéographiques et structurales, *C.R. Palevol* 4 (2005) 385–394.
- [5] G. Choubert, Carte géologique du Maroc, feuille de Rabat à 1/500 000, Notes et Mem. Serv. Geol. Maroc 70 (1956).
- [6] G. Choubert, A. Faure-Muret, Evolution du domaine atlasique marocain depuis les temps paléozoïques. in: *Livre à la mémoire du Professeur Paul Fallot, Mémoire h. sér., Soc. Geol. France* 1 (1962) 447–527.
- [7] R. du Dresnay, Sédiments jurassiques du domaine des chaînes atlasiques du Maroc, *Symposium Sédimentation Jurassique Ouest européen*, Paris, 1977, Assoc. Sedimentol. Fr. 1 (1979) 345–365 (publ. spéc.).
- [8] A. Fadile, Structure et évolution alpine du Haut Atlas central sur la transversale Aghbala-Imilchil (Maroc), Thèse docteur ingénieur Univ. Toulouse III, 1987, 185 p.
- [9] A. Fadile, Carte géologique du Maroc à 1/100 000, feuille Imilchil. Notes et mémoires, Serv. Geol. Maroc 397 (2003).
- [10] D. Frizon de Lamotte, M. Zizi, Y. Missenard, M. Hafid, M. El Azzouzi, R.C. Maury, A. Charrière, Z. Taki, M. Benammi, A. Michard, in: A. Michard, O. Saddiqi, A. Chalouan, D. Frizon de Lamotte (Eds.), *The Atlas system: The Geology of Morocco. Structure, Stratigraphy, and Tectonics of the Africa–Atlantic–Mediterranean Triple Junction*, Lect. Notes Earth Sci., 116, Springer Verl, Berlin, Heidelberg, 2008, 424 p.
- [11] N. Froitzheim, Oberkretzische Vertikaltektonik im Hohen Atlas SW von Marrakech/Morokko: Rekonstruktion eines Bewegungssablaufes im Frühstadium der Atlas-Orogenese, *N. Jb. Geol. Palaont. Mh. H* 8 (1984) 463–471.
- [12] E. Gheerbrant, H. Cappetta, M. Feist, J.J. Jaeger, J. Sudre, M. Vianey-Liaud, B. Sigé, La succession des faunes de vertébrés d'âge Paléocène supérieur et Éocène inférieur dans le bassin de Ouarzazate, Maroc. Contexte géologique, portée biostratigraphique et paléogéographique, *Newsl. Stratigr.* 28 (1993) 33–58.
- [13] F. Gomez, W. Beauchamp, M. Barazangi, Role of Atlas Mountains (northwestern Africa) with the African–Eurasian plate-boundary zone, *Geology* 28 (2000) 775–778.
- [14] F. Gomez, W. Beauchamp, M. Barazangi, Role of the Atlas Mountains (northwest Africa) within the African–Eurasian plate boundary. Comment and Reply: Reply, *Geology* 30 (2002) 96.
- [15] H. Haddoumi, A. Charrière, M. Feist, B. Andreu, 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, *C.R. Palevol* 1 (2002) 259–266.
- [16] H.G. Herbig, J. Trappe, Stratigraphy of the Subatlas Group (Maastrichtian–Middle Eocene, Morocco), *Newsl. Stratigr.* 30 (1994) 125–165.
- [17] J. Hernandez, D. Leblanc, J. Marçais, Une manifestation volcanique d'âge Paléocène dans le Rif (Maroc) : les laves basaltiques de Sidi Maatoug, *Bull. Soc. Geol. France* (7) 18 (1976) 697–705.
- [18] H. Ibouh, Tectonique en décrochement et intrusions magmatiques au Jurassique, Tectogenèse polyphasée des rides jurassiques d'Imilchil (Haut Atlas central, Maroc). Thèse DES Univ. Marrakech, 1995, 225 p (en dépôt à la S.G.F.).
- [19] H. Ibouh, Du rift avorté au bassin sur décrochement, contrôles tectonique et sédimentaire pendant le Jurassique (Haut Atlas central, Maroc), Thèse Univ. Marrakech, 2004, 224 p (en dépôt à la S.G.F.).
- [20] J. Jenny, Dynamique de la phase tectonique synsédimentaire du Jurassique moyen dans le Haut Atlas central (Maroc), *Eclog. Geol. Helv.* 77 (1984) 143–152.
- [21] 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 tectonosédimentaire, *Bull. Soc. Geol. France* (7) 23 (1981) 627–639.
- [22] E. Laville, Évolution sédimentaire, tectonique et magmatique du bassin jurassique du Haut Atlas (Maroc) : modèle en relais multiples de décrochements, Thèse Univ. Montpellier-2, 1985, 165 p (en dépôt à la Soc. Geol. France).
- [23] E. Laville, Role of the Atlas Mountains (northwest Africa) within the African–Eurasian plate boundary. Comment and Reply, *Geology* 30 (2002) 95.
- [24] 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. Geol. France* 24 (1982) 213–227.
- [25] E. Laville, A. Piqué, Jurassic penetrative deformation and Cenozoic uplift in the Central High Atlas (Morocco): a tectonic model. Structural and orogenic inversions, *Geol. Rundschau* 81 (1992) 157–170.
- [26] E. Laville, J.L. Lesage, M. Séguret, Géométrie, cinématique, dynamique de la tectonique atlasique sur le versant sud du Haut Atlas marocain : aperçu sur les tectoniques hercyniennes et tardihercyniennes, *Bull. Soc. Geol. France* (7) 19 (1977) 527–539.
- [27] E. Laville, A. Piqué, M. Amrhar, M. Charroud, A restatement of the Mesozoic Atlasic rifting (Morocco), *J. Afr. Earth Sci.* 38 (2004) 145–153.
- [28] M. Massieux, Y. Tambareau, J. Villatte, Caractères paléocènes et éocènes du versant nord des Pyrénées, *Rev. Micropaleont.* 24 (1981) 69–82.
- [29] M. Massieux, Y. Tambareau, J. Villatte, Nouveaux gisements à charophytes du Dano-Montien nord pyrénéen, *Rev. Micropaleont.* 32 (1989) 140–150.

- [30] F. Mebrouk, R. Tabuce, H. Cappetta, M. Feist, Charophytes du Crétacé/Paléocène du Moyen-Atlas (Maroc) : systématique et implications biochronologiques, *Rev. Micropaleont.* (version en ligne 2007).
- [31] P.O. Mojon, H. Haddoumi, A. Charrière, Nouvelles données sur les Charophytes et Ostracodes du Jurassique–Crétacé de l’Atlas marocain, in: P.O. Mojon (Ed.), *Recherches sur la Pangée mésozoïque*, Digit Presse, CH-Lausanne, 2005, pp. 4–47 (révision 2008, in: *Carnets de Géologie/Notebooks on Geology* [soumis]).
- [32] M. Monbaron, Précisions sur la chronologie de la tectogenèse atlasique, exemple du domaine atlasique mésogéen du Maroc, *C.R. Acad. Sci. Paris II* 294 (1982) 883–886.
- [33] A. Piqué, L. Aït Brahim, R. Aït Ouali, M. Amrhar, M. Charroud, 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 du domaine atlasique de l’Afrique du Nord, *Bull. Soc. Geol. France* 169 (1998) 797–810.
- [34] J. Riveline, Les Charophytes du Cénozoïque (Danien à Burdigalien) d’Europe occidentale. Implications stratigraphiques, Thèse Univ. Pierre et Marie Curie-Paris VI, vol. 2, 1984, 934 p.
- [35] J. Riveline, J.P. Berger, M. Feist, C. Martin-Closas, M. Schudack, I. Soulié-Märsche, European Mesozoic-Cenozoic charophyte biozonation, *Bull. Soc. Geol. France* 167 (1996) 453–458.
- [36] J.P. Schaer, F. Persoz, Aspects structuraux et pétrographiques du Haut Atlas calcaire de Midelt (Maroc), *Bull. Soc. Geol. France* (7) 18 (1976) 1239–1250.
- [37] M. Schudack, H.G. Herbig, Charophytes from the Cretaceous-Tertiary boundary beds of the Middle Atlas Mountains, Morocco, *Geol. Mediter.* 22 (1995) 125–139.
- [38] R. Tabuce, S. Adnet, H. Cappetta, A. Noubhani, F. Quillevere, Aznag (bassin d’Ouarzazate, Maroc), nouvelle localité à sélaciens et mammifères de l’Éocène moyen (Lutétien) d’Afrique, *Bull. Soc. Geol. France* 176 (1996) 381–400.
- [39] Y. Tambareau, C. Gruas-Cavagnetto, M. Feist, J. Villatte, Flores et faunes continentales ilerdiennes du versant sud de la Montagne Noire et de la Montagne d’Alaric, *Rev. Micropaleont.* 34 (1991) 69–89.
- [40] R. Zayane, Série plutonique jurassique du Haut Atlas central marocain (région d’Imilchil) : pétrographie et géochimie ; aspects métamorphiques et structuraux de sa mise en place, Thèse Univ. Bretagne occidentale, 1992, 201 p (en dépôt à l’université de Bretagne occidentale).