



## Stratigraphie

# Le domaine Tariquide (arc de Gibraltar, Espagne et Maroc) : succession et hiatus de la sédimentation du Jurassique supérieur au Paléocène

Michel Durand-Delga <sup>a,\*</sup>, Manuel Esteras <sup>b</sup>, Silvia Gardin <sup>c</sup>, Hélène Paquet <sup>d</sup>

<sup>a</sup> La Pélisserie, 81150 Florentin, France

<sup>b</sup> SECEG, 3 Estébanez Calderón, 28020 Madrid, Espagne

<sup>c</sup> Département de géologie sédimentaire (Micropaléontologie), université Pierre-et-Marie-Curie,  
case 117, 4, place Jussieu, 75252 Paris cedex 05, France

<sup>d</sup> Centre de géochimie de la surface, EOST, CNRS/université Louis-Pasteur, 1, rue Blessig, 67084 Strasbourg cedex, France

Reçu le 12 octobre 2004 ; accepté après révision le 8 mars 2005

Disponible sur Internet le 14 avril 2005

Présenté par Michel Durand-Delga

## Résumé

La succession et les hiatus sédimentaires des Tariquides (arc de Gibraltar) entre Malm supérieur et Paléocène sont décrits et confrontés à ceux des séries de même âge du Pénibétique (Ibérie) et de la Dorsale calcaire (domaine d'Alboran). L'importance des hiatus est soulignée : entre Dogger et Malm supérieur ; intra-Tithonien ; intra-Berriasien ; entre Barrémien et Turonien ; entre Turonien et Maastrichtien. Les Pélites polychromes des Tariquides, déposées probablement sous la CCD, représentent au Maastrichtien–Paléocène un faciès spécifique du domaine Tariquide. *Pour citer cet article : M. Durand-Delga et al., C. R. Geoscience 337 (2005).*

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

## Abstract

**The Tariquide domain (Gibraltar arc, Spain–Morocco): sedimentary succession and hiatuses from Upper Jurassic to Palaeocene.** The originality of the Malm–Cretaceous series of the Tariquides (Gibraltar arc), as compared to those of the Rifian–Betic 'Dorsale' (Alboran domain), and especially with the Penibetic (Iberia) domain, is emphasized. In the Los Pastores Group, near Algeciras, Upper Tithonian nodular limestones directly lie on the Dogger and are followed by Aptychus-bearing limestones (Late Berriasian to Barremian). In the Musa Group, Rif, radiolarites are followed by siliceous limestones (Kimmeridgian–Tithonian), then by karst and massflow breccias connected to a Berriasian tectonics, by Aptychus-bearing marly limestones, then by karst filled by Turonian limestones, and finally by Maastrichtian–Palaeocene polychrome pelites, whose micropalaeon-

\* Auteur correspondant.

tological and mineral compositions (clay minerals, Fe–Mn nodules) refer to a deep-sea, probably infra-CCD, sedimentation. **To cite this article:** M. Durand-Delga et al., C. R. Geoscience 337 (2005).

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

*Mots-clés:* Tariquides ; Arc de Gibraltar ; Jurassique supérieur ; Crétacé ; Nannoplancton ; Argiles

*Keywords:* Tariquides; Gibraltar Arc; Late Jurassic; Cretaceous; Nannoplankton; Clay minerals

## Abridged English version

### 1. Introduction

The Tariquides [6] correspond to a group of tectonic units, located either to the north (Gibraltar, Los Pastores [4,22]) or to the south (Musa Group [8,9,11, 19] of the Straits of Gibraltar [13]). The originality of their stratigraphic series as compared to the adjacent tectonic units was emphasized for the Triassic [1,18] and the Lias–Dogger [7], and continues in the Malm and in the Cretaceous.

### 2. Upper Malm–Lower Cretaceous of the Pastores Group

Locally through a hardground on the Late Lias (Fig. 1, column I) or on the Dogger (column IV), are found: (1) micritic often nodular limestones (5–15 m), dated Late Tithonian by nannoplankton (Table 1) then by calpionellas; (2) pale and at times purplish marly limestones (20 m), more marly in their upper part (Aptychus facies), their age ranging from Late Berriasian to Late Hauterivian–Early Barremian.

### 3. Upper Malm–Lower Cretaceous of the Musa Group [15]

In Jebel Musa (western part), the Dogger radiolarites are directly overlain by Kimmeridgian radiolarites [10,11], passing upwards (Fig. 2) to: (1a) micritic limestones (5 m thick) with cherts, dated by *Praetintinnopsella* (Lower part of the Late Tithonian); (1b) bicoloured siliceous limestones (10 m thick) with Late Tithonian calpionellas; (2) whitish marly limestones (more than 15 m thick) with Upper Berriasian *Calpionellopsis* at their base, coloured at their top, with *Lamellaptychus angulocostatus* (Late Hauterivian–Early Barremian).

Monogenic breccias with angular limestone fragments filling a karstic cavity cut in the Lower Lias limestones (Ras Leona), micro-breccias with *Calpionella alpina* attest their at least Tithonian age. Polygenic breccias with violaceous argillaceous ground mass (central Ras Leona and eastern J. Musa) testify to an important tectonic event, probably during the Berriasian.

### 4. Upper Cretaceous (Fig. 3)

Middle Turonian brick-red limestones with *Helvetotruncana helvetica* fill Liassic karstified fissures within Liassic limestones at Ras Leona.

A formation of polychrome pelites, with Fe–Mn nodules (Table 3), overlies different Cretaceous levels at Los Pastores and in the J. Musa group and the Lias limestones at Ras Leona (E). Very rare calcareous nanofossils and planktonic foraminifera date the Campanian–Maastrichtian. Abundant agglutinated foraminifera [10] specify a Maastrichtian–Palaeocene age. Clay minerals (Table 2) are inherited from continental areas. However, the occurrence of high amounts of regular mixed-layers clay minerals and chlorite presumably results [14] from the transformation of the irregular mixed-layers clay minerals by aggradation in deep oceanic conditions [20].

### 5. Conclusions

(A) Several hiatuses have been found between the Malm and the Palaeocene: (1) during the Upper Tithonian (Los Pastores), the uppermost part of which lying in some places (J. Musa centre) directly upon Lias platform limestones; (2) during the Berriasian, a long sedimentation break (Los Pastores) or tilting (J. Musa-W) before the Late Berriasian, fracturation originating from the polygenic breccias with olistolites (Ras Leona, J. Musa-E); (3) after deposition of



Tableau 2  
Minéraux des argiles de la formation des Pélites polychromes (Campano-Maastrichtien à Paléocène)

Table 2  
Clay minerals, Formation of the Polychrome Pelites (Campano-Maastrichtian to Palaeocene)

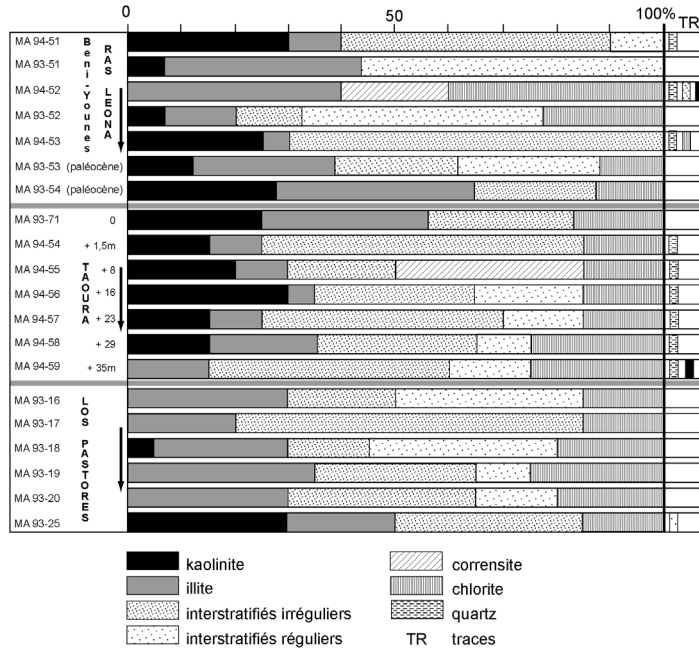


Tableau 3  
Analyses de nodules Fe–Mn dans la formation des Pélites polychromes (Campano-Maastrichtien à Paléocène)

Table 3  
Chemical analyses of Fe–Mn nodules, Formation of the Polychrome Pelites (Campano-Maastrichtian to Palaeocene)

		MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Moyenne MnO	Moyenne Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Nodule, nord de Beni Younes	MAR 56-93	3,95	3,18	3,62	3,48
		3,29	3,79		
Nodule, écaille de Taoura (est)	MAR 94-61	0,92	24,30	2,26	20,63
		1,19	13,76		
		4,61	23,63		
Nodule, sud du J. Moussa (ouest d'Aïn Barca)	MAR 94-94	39,78	16,34	37,27	17,91
		34,77	19,48		
Lit noir, sud du J. Moussa (ouest d'Aïn Barca)	MAR 94-93	4,19	22,60	3,67	20,72
		3,16	18,84		

### 2.1. Compartiment sud-ouest

Un *hardground*, riche en oxydes de fer et de cuivre, avec de petits amas manganésifères (pyrolusite et todorokite), qui couronne les calcaires argileux violets du Toarcien [7], est surmonté par le Malm supérieur (Fig. 1, colonne I). Se succèdent :

- (1) des calcaires micritiques (5 m) très fins, mal lités, blanchâtres à rosés, à passées marneuses colorées :
  - (a) premiers décimètres à imprégnations de Fe–Mn, avec débris d'aptychus et de Saccocomidés, radiolaires et quelques *Cadosina* cf. *mal-*

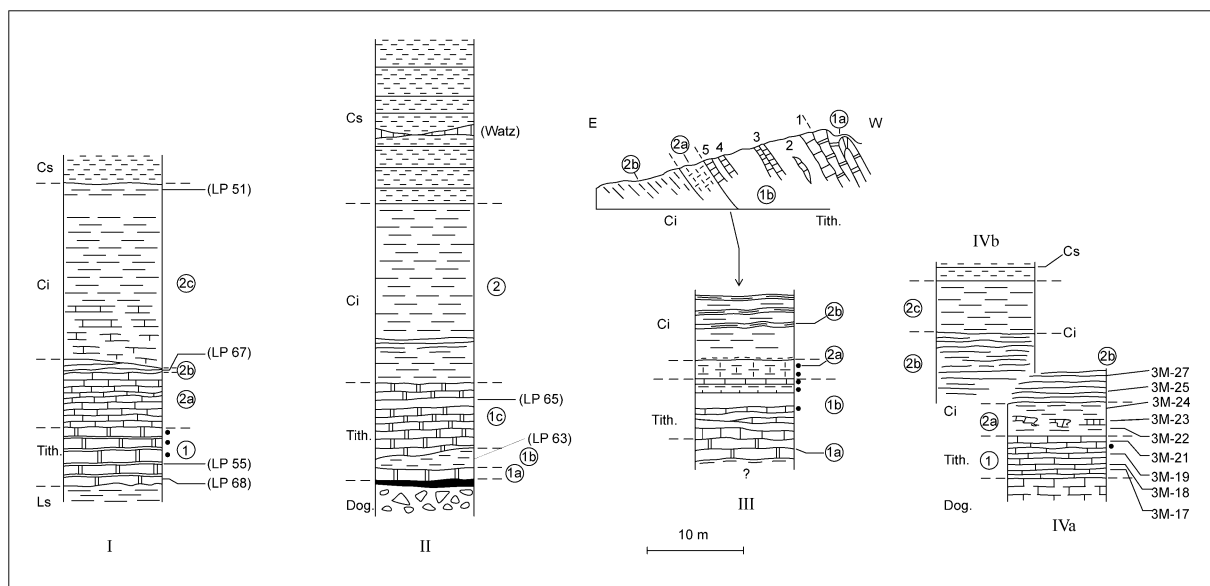


Fig. 1. Groupe de Los Pastores, colonnes stratigraphiques du Jurassique supérieur au Crétacé supérieur. **I**, Compartiment sud-occidental. **II–IV**, Compartiment nord : **II**, Nord immédiat, route Tarifa–Algeciras (cf. [7 (fig. 3, coupe D)]); **III**, relief isolé à mi-distance entre **II** et **IV**; **IV**, extrême Nord du compartiment (cf. [7 (fig. 3, coupe A, droite)]). **Ls**, Toarcien ; **Dog.**, Dogger ; **Tith.**, Tithonien ; **Ci**, Crétacé inférieur ; **Cs**, Crétacé supérieur. Détail des subdivisions, voir texte. Numéros d'échantillons, voir [Tableau 1](#). Points noirs : horizons à Calpionelles (voir texte).

Fig. 1. Los Pastores Group, stratigraphic columns from the Upper Jurassic to the Upper Cretaceous. **I**, Southwestern compartment. **II–IV**, Northern compartment: **II**, close to the Tarifa–Algeciras way (cf. [7 (fig. 3, section D)]); **III**, isolated relief half-distant from **II** and **IV**; **IV**, northernmost part of the compartment (cf. [7 (fig. 3, section A, right part)]). **Ls**, Toarcian ; **Dog.**, Dogger ; **Tith.**, Tithonian ; **Ci**, Lower Cretaceous ; **Cs**, Upper Cretaceous. For the detailed subdivisions, see text. Sample numbers, see [Table 1](#). Black circles: Calpionella-bearing beds (see text).

*mica* ; le Tithonien supérieur est daté près de la base (LP 68) et 2 m plus haut (LP 55) par des nanfossiles calcaires ;

- (b) plus haut, on caractérise le Tithonien terminal à *Calpionella alpina*, *Calp. gr. elliptica* (forme courte), de rares *Crassicollaria parvula*, de fréquentes *Cadosina lapidosa* et *Cad. sublapidosa* ; la limite Tithonien–Berriasien par l'acmé de *Calp. alpina* ; le Berriasien inférieur (?) à *Calp. alpina* et *Calp. cf. elliptica* (forme haute) ;
- (2) un ensemble marno-calcaire :
- (a) micrites blanches (5 m) finement litées, de faciès « Biancone », à radiolaires ;
  - (b) des marno-calcaires (1,5 m) lilacés à nanfossiles calcaires (LP 67) du Valanginien–Hauterivien ;
  - (c) des marno-calcaires blancs (environ 15 m) à radiolaires, de plus en plus marneux vers le haut, attribuables au Barrémien (?) à leur ex-

trême sommet (LP 51), au contact des Pérites polychromes du Crétacé supérieur.

## 2.2. Compartiment septentrional, extrême sud

L'abrupt nord du relief dominant la route Algeciras–Tarifa (cf. [7 (fig. 3, coupe D)]) montre (Fig. 1, colonne II), à la suite stratigraphique (la succession est tectoniquement renversée) du mince horizon noir du Dogger (?) :

- (1) des calcaires (10–13 m) du Tithonien supérieur : (1a) calcaires gris verdâtre à rosés, riches en ammonites ; (1b) marnes terreuses rouge violacé (LP 63) ; (1c) calcaires noduleux, surtout rougeâtres (LP 65) ;
- (2) des calcaires marneux et des marnes (19 m), alternativement lilacés et blanc verdâtre, livrant à leur partie supérieure *Lamellaptychus angulocostatus* (forme de l'Hauterivien supérieur–Barrémien inférieur).

### 2.3. Compartiment septentrional, extrême nord (Fig. 1, colonne IVa)

En série renversée sous le Dogger (cf. [7], Fig. 3, coupe A), se succèdent :

- (1) des calcaires micritiques noduleux gris jaunâtre (environ 3,5 m), en bancs décimétriques à intercalations de marnes claires, riches en aptychus, en contact direct avec le Dogger; ces marnes (3M-17, 18, 19) sont datées du Tithonien supérieur par nannofossiles calcaires, avec les premiers *Nannoconus*. La limite Tithonien–Berriasien (acmé de *Calpionella alpina*) se trouve à 0,5 m sous le sommet de ce niveau, ce qui s'accorde avec l'âge des nannofossiles calcaires (3M-21) du Berriasien inférieur, stratigraphiquement un peu au-dessus. Une surface d'étirement sépare ce terme du suivant;
- (2) des marnes, avec (2a) des marnes gris clair ou cendrées (3 m), à minces lits (replissés) de calcaire marneux, datées du Valanginien inférieur sur toute leur épaisseur (3M-22, 23, 24); (2b) des marnes rouge violacé (4 m visibles) à lits calcaires blancs, datées, à leur base, (3M-25) du Valanginien supérieur–Hauterivien inférieur et, à leur partie terminale (observable), de l'Hauterivien (3M-27). La suite de la série est visible un peu plus au sud; elle se termine par des marno-calcaires blanc grisâtre (niveau 2c, colonne IVb) sous les pélites du Crétacé supérieur.

### 2.4. Couches de passage entre Tithonien et Crétacé

Un petit relief isolé, à mi-distance des coupes ci-dessus, permet d'observer les couches de passage entre Tithonien et Crétacé (Fig. 1, colonne III), ici encore en série renversée :

- (1a) calcaires noduleux rouge violacé (visibles sur 2 m), très riches en grands aptychus (*Lamellaptychus beyrichi*, *Punctaptychus* sp., *Laevaptychus* sp.);
- (1b) des marno-calcaires violacés (environ 6 m), avec cinq bancs pluridécimétriques de micrites blanchâtres : bancs 1 à 3, nombreuses *Cadosina*; banc 2, *Saccocomidae* abondants; banc 3, *Praetintinnopsella andrusovi* (base du Tithonien su-

périeur); bancs 4 et 5, *Calpionella alpina* abondante, *Crassicollaria parvula* rare (Tithonien terminal); le banc 5 présente des traces de remaniement. L'essentiel du Tithonien supérieur paraît manquer;

- (2a) des micrites blanc crème (2 m) : extrême base, mêmes calpionelles que dans le banc précédent; vers le milieu, *Tintinnopsella longa* (base du Berriasien supérieur), *Calp.* cf. *elliptica*, *Cadosina fusca*, *Cad. lapidosa*; sommet du niveau, *Cad. fusca* et calpionelles indéterminables;
- (2b) fine microbrèche, suivie de marno-calcaires gris jaunâtre (7 m visibles), avec lits plus calcaires à radiolaires et quatre ou cinq minces horizons violacés; la totale absence de calpionelles laisse supposer un âge au moins Valanginien.

## 3. Malm et Crétacé inférieur dans le groupe du Moussa

D'importantes différences entre divers secteurs s'expliquent par des mouvements tectoniques synsédimentaires, fractures et basculements de panneaux.

### 3.1. Partie ouest du J. Moussa et J. Juima (Fig. 2)

Couronnant les radiolarites vertes du Dogger, une surface durcie et bioturbée [10] précède de nouvelles radiolarites, surtout rouge violacé, du Kimméridgien, épaisses de 10 m au nord d'El Hatba (Fig. 2, colonne Ia). Suivent en continuité :

- (1) des calcaires micritiques (environ 5 m) lités, violets ou crème; à leur base, riche en lits siliceux, ils livrent *Lam. beyrichi*, *Punct. punctatus* avec *Cadosina* cf. *lapidosa*; leur partie supérieure, encore riche en cadosines, révèle les premières calpionelles (*Pr. andrusovi*, d'abord avec *Crassicollaria* sp. puis avec de grandes *Calp. alpina*) du Tithonien supérieur;
- (2) des calcaires marneux blanchâtres, datés dès leur extrême base et sur les quelques mètres visibles par *Calpionellopsis oblonga* (Berriasien supérieur); quelques lits calcaro-microbréchiens centimétriques à *Lam. mortilleti* englobent de petits galets calcaires riches en *Calp. alpina* (limite Tithonien–Berriasien), provenant du remaniement de couches qui n'existent plus sur cette coupe.

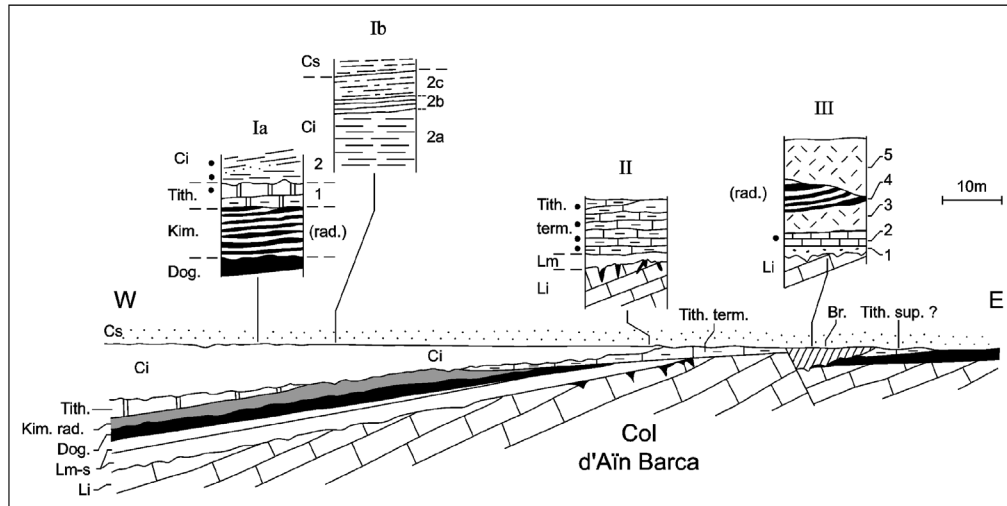


Fig. 2. Unité du Jebel Moussa (Groupe du Moussa), colonnes stratigraphiques et disposition relative des divers niveaux (cf. [7 (fig. 2)]). **Ia** et **Ib**, Nord et Nord-Est d'El Hatba; **II**, col d'Aïn Barca; **III**, entre Aïn Barca et Beni Younech. **Li**, Lias inférieur calcaire; **Lm-s**, Domérien–Toarcien; **Dog.**, Dogger; **Kim. (rad.)**, Kimméridgien (radiolarites); **Tith.**, Tithonien (sup., supérieur; term., terminal); **Ci**, Crétacé inférieur; **Br.**, brèches du Crétacé inférieur (1 à 5, détail : voir texte); **Cs**, Crétacé supérieur. Points noirs, horizons à Calpionelles.

Fig. 2. Jebel Musa Unit (Musa Group), stratigraphic columns and relative arrangement of the different levels (cf. [7 (fig. 2)]). **Ia** and **Ib**, North and North-East of El Hatba; **II**, Aïn Barca pass; **III**, between Aïn Barca and Beni Younech. **Li**, Calcareous Lower Lias; **Lm-s**, Domesian–Toarcian; **Dog.**, Dogger; **Kim. (rad.)**, Kimmeridgian (radiolarites); **Tith.**, Tithonian (sup., Upper; term., Late); **Ci**, Lower Cretaceous; **Br.**, Breccias from the Lower Cretaceous (1 to 5, details: see text); **Cs**, Upper Cretaceous. Black circles: Calpionella-bearing beds.

Ce terme (2) se poursuit, an NNE d'El Hatba (Fig. 2, colonne Ib), par des marno-calcaires (2a), épais d'une dizaine de mètres. Vers le haut, ils se chargent de minuscules quartz détritiques et deviennent blanc jaunâtre, puis vermillon (2b) et enfin lilacés (2c), avec de nombreux aptychus, dont *Lam. angulocostatus*.

### 3.2. Partie centrale du J. Moussa

En s'éloignant vers l'est du secteur précédent, les radiolarites (base de la coupe précédente) diminuent d'importance. Elles n'ont plus que 3 m d'épaisseur une centaine de mètres à l'ouest du col d'Aïn Barca. Sur elles viennent des calcaires micritiques lilacés ou crème en minces dalles, à rognons ou lits siliceux, datés sur toute leur épaisseur (environ 10 m) du Tithonien terminal par *Calp. alpina* (abondante), *Crass. parvula* (fréquence variable), avec *Cad. lapidosa* et *C. sublapidosa*.

Au col d'Aïn Barca, l'excellente coupe (Fig. 2, colonne II) montre ces mêmes calcaires à silex, avec les mêmes datations. Ils reposent ici transgressivement sur de minces calcaires roses d'âge Domérien, qui eux-

mêmes remplissent le karst couronnant les calcaires massifs du Lias inférieur.

On constate donc, en allant de l'ouest vers l'est, au flanc méridional du J. Moussa, que : (a) les radiolarites du Kimméridgien et les calcaires siliceux à *Praetintinnopsella* (base du Tithonien supérieur) disparaissent vers l'est, évidemment éliminés par érosion avant le Tithonien terminal; (b) inversement, les calcaires en dalles à silex du Tithonien terminal, directement superposés au Lias moyen au col d'Aïn Barca, ne figurent pas à l'ouest, dans la coupe d'El Hatba; ils ont dû être érodés avant la transgression du Berriasien supérieur à *Calpionellopsis*.

### 3.3. Les brèches du Crétacé inférieur dans le groupe du Moussa

Elles sont de deux types.

#### 3.3.1. Brèches monogéniques

Formées par des éléments anguleux décimétriques de calcaires blancs du Lias inférieur, ces brèches sont localisées dans l'unité de Ras Leona [7] (Fig. 3), sur le versant nord de la crête, vers 550 m d'altitude. Des passées de fines microbrèches, échantillonnées

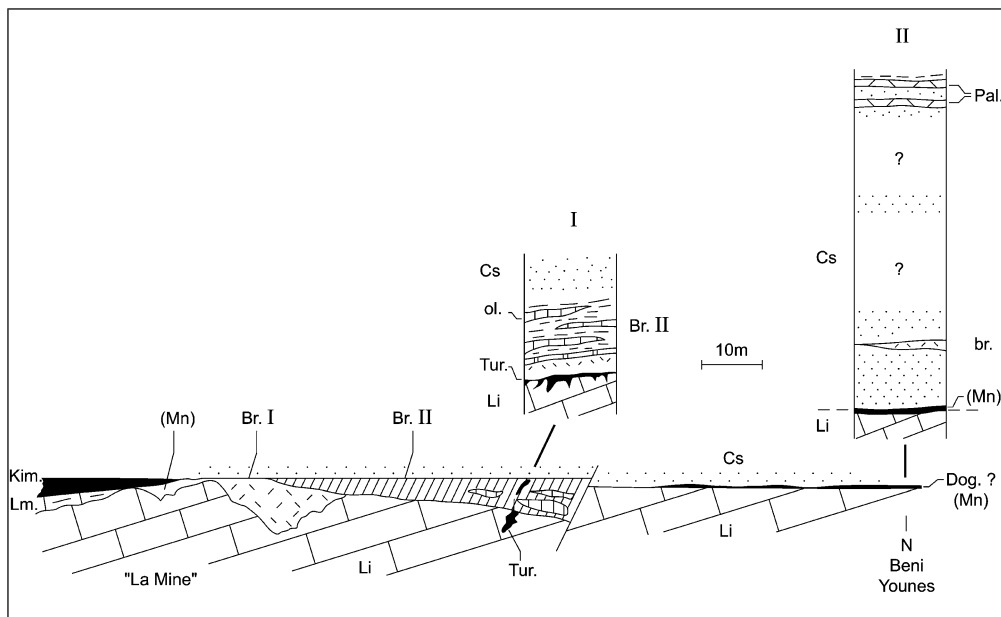


Fig. 3. Unité de Ras Leona (Groupe du Moussa), colonnes stratigraphiques et disposition relative des divers niveaux (cf. [7 (fig. 2)]). **I**, Arête de Ras Leona, altitude 450 m ; **II**, piste au nord de Beni Younech. **Li**, Lias inférieur calcaire ; **Lm**, Lias moyen (?) ; **Dog.**, Dogger (Mn, dépôts manganésifères) ; **Kim.**, Kimméridgien ; **Tur.**, Turonien (fissures) ; **Cs**, Campano-Maastrichtien (br., lentilles bréchiques) à Paléocène (Pal.) ; **Br. I**, brèches monogéniques (Tithonien ?) ; **Br. II**, brèches polygéniques colorées (Berriasien ?) à olistolites (ol).

Fig. 3. Ras Leona Unit (Musa Group), stratigraphic columns and relative arrangement of the different levels (cf. [7 (fig. 2)]). **I**, Ras Leona crest, altitude, 450 m ; **II**, track north of Beni Younech. **Li**, Calcareous Lower Lias ; **Lm**, Middle Lias (?) ; **Dog.**, Dogger (Mn, manganeseiferous deposits) ; **Kim.**, Kimmeridgian ; **Tur.**, Turonian (fissures) ; **Cs**, Campano-Maastrichtian (br., lenses of breccia) to Palaeocene (Pal.). **Br. I**, monogenic breccia (Tithonian?) ; **Br. II**, purplish polygenic breccia (Berriasian?) with olistolites (ol).

par P. Olivier (Toulouse), ont montré quelques *Calp. alpina* et des radiolaires, dans un ciment micritique chargé de petits quartz. Ces brèches (Tithonien supérieur ?) remplissent une paléo-dépression karstique, profonde de plus de 50 m, dans le Lias inférieur calcaire (Fig. 3, Br. I).

### 3.3.2. Brèches polygéniques

Formées d'éclats calcaires dans une matrice argileuse violacée, ces brèches ont été déjà signalées [9], sous le nom de *mass-flow*, dans l'unité de Ras Leona. Localisées au revers sud de la crête sommitale, on les suit sur près de 500 m, leur épaisseur étant au moins décimétrique (Fig. 3 ; Br II). Près d'un replat à l'altitude de 440 m, elles admettent des « dalles » de calcaires plus ou moins noduleux, eux-mêmes violacés : l'étude des calpionelles (associations allant du Tithonique supérieur bas, à *Praetintinnopsella*, au Berriasien supérieur bas à *Lorenziella hungarica*) montre leur désordre stratigraphique, ces « dalles » devant être

resédimentées. Il doit en être de même des blocs décimétriques de calcaires noduleux bicolores (faciès « fausses brèches ») dispersés, soit à l'ouest, soit en contrebas (fontaine couverte, cote 286) du site précédent. Tous ces calcaires devaient appartenir à l'ancienne couverture de l'unité de Ras Leona.

La partie orientale du J. Moussa montre également des brèches polygéniques, à l'altitude de 250 m, à mi-chemin entre Aïn Barca et Beni Younes [9]. Au-dessus du Lias inférieur calcaire, karstifié, se succèdent (Fig. 2, colonne III) : (1) un conglomérat polygénique (1 m) à éléments carbonatés, certains à *Calp. alpina*, dans une matrice jaunâtre ; (2) des calcaires microbréchiques (2 m) verdâtres, avec un lit de calcaire marneux de la limite Tithonien–Berriasien (acmé de *Calp. alpina* avec quelques *Crass. parvula*) ; (3) brèche violette (5 m) à petits éléments de radiolarites et de calcaires colorés ; (4) olistolite de radiolarites violacées (environ 5 m) ; (5) brèche grossière compacte (6–8 m) à éléments de radiolarites et de cal-



caires violets, soit à *Calp. alpina*, soit à radiolaires, dans un ciment avec *Lamellaptychus* gr. *mortilleti* et *Punctaptychus* sp., formes qui ne sont pas plus jeunes que le Berriasien moyen.

### 3.4. Relations entre brèches polygéniques et marno-calcaires à *Aptychus*

Les deux formations ne sont jamais en contact direct, mais toutes deux sont surmontées par les Pélites polychromes du Crétacé supérieur. Les grands aptychus et les calpionelles (couches ou blocs remaniés) dans les brèches polygéniques peuvent aller du Berriasien le plus bas au début du Berriasien supérieur. Quant aux marno-calcaires à aptychus, ils débutent (coupe d'El Hatba) par des couches à *Calpionellopsis oblonga*, d'un Berriasien supérieur franc, et se poursuivent jusqu'à l'Hauterivien supérieur–Barrémien inférieur à *Lam. angulocostatus*.

## 4. Les Tariquides au Crétacé supérieur

### 4.1. La transgression turonienne

Des calcaires micritiques rouge brique remplissent des fissures dans le Lias inférieur calcaire de l'unité de Ras Leona (Fig. 3, colonne I). Ils sont étroitement localisés, sur quelques mètres carrés, à 450 m d'altitude, près d'un replat de l'arête de ce chaînon. Parmi les nombreux foraminifères planctoniques (dét. J. Magné, Toulouse), *Helvetotruncana helvetica*, *Margino-truncana* cf. *sigali* datent le Turonien moyen. Ainsi, le domaine Tariquide a, au moins localement, été submergé par la mer turonienne, après avoir été émergé et soumis à karstification au Crétacé « moyen ».

### 4.2. La formation des Pélites polychromes

Avant qu'elles soient individualisées dans le Groupe du Moussa, sous le nom d'« argiles schisteuses violacées et verdâtres » [8], ces assises étaient regroupées avec les flyschs voisins, qui en ont été ultérieurement séparés du point de vue tectonique [15]. Il en était de même dans le groupe de Los Pastores [4,22], où nous les avons par la suite retrouvées, en les séparant des flyschs de la « nappe d'Algésiras » [13].

Ces Pélites polychromes font suite, en apparente continuité, mais avec une limite brutale, aux marno-calcaires datés de l'Hauterivien supérieur–Barrémien dans le groupe de Los Pastores. Dans le groupe du Moussa, elles surmontent les marno-calcaires ou les brèches polygéniques du Crétacé inférieur, arrivant même (Ras Leona) jusque sur les calcaires du Lias inférieur, dont seule les sépare une croûte sombre manganésifère attribuée au Dogger (Fig. 3, colonne II).

#### 4.2.1. Âge de la formation

Lors de sa mise en évidence, il a été supposé [8] que cette formation débutait au Crétacé inférieur. Les « lits » de calcaires à calpionelles alors cités sont en fait des lentilles bréchiqes, visibles sur la piste au nord de Beni Younech (Fig. 3, colonne II : br.). Quant aux marnes violacées à *Lam. angulocostatus* (Fig. 2, colonne Ib : niveau 2c), elles avaient été regroupées abusivement [8] avec les Pélites polychromes voisines, ce qui explique que, par la suite, un âge « Hauterivien » ait été étendu [9] à tort à toute la formation des Pélites polychromes. Leur datation réelle du Campano-Maastrichtien au Paléocène est basée sur plusieurs groupes fossiles.

4.2.1.1. *Nannofossiles calcaires.* Les très nombreux essais sur les rares feuilletés légèrement calcaireux des divers affleurements sont restés infructueux. Certains de nos anciens prélèvements avaient cependant fourni à H. Feinberg (Paris) : (1) une nannoflore du Campanien inférieur à Maastrichtien inférieur dans des marnes écailleuses violet foncé, à l'extrême base de la formation, au NNE d'El Hatba (groupe du Moussa); (2) dans le compartiment nord de Los Pastores (carrière aujourd'hui remblayée), à la partie moyenne de la formation, des lits noirâtres centimétriques, associés à une lentille de grès fin calcaireux, avaient montré seulement des *Watznaueria*, genre anté-Tertiaire; (3) sur la route Los Pastores–Getares, à 100 m au nord de l'embranchement de la route d'Algésiras, l'enveloppe calcaireuse d'un nodule dans des pélites verdâtres et violacées a fourni un assemblage caractérisé par la présence de *Quadrum gothicum*, qui pourrait indiquer le Campanien supérieur.

4.2.1.2. *Foraminifères planctoniques.* (1) L'écorce calcaro-ferrugineuse d'un nodule dans les Pélites polychromes au NNW de Beni Younes a fourni (dét.

J. Sigal [8]) *Globotruncana* gr. *stuarti-stuartiformis* et *Gl. gr. caliciformis-contusa*, formes du Campano-Maastrichtien; (2) à leur sommet apparent, au sud-ouest du col d'Aïn Barca, les Pélites polychromes admettent des lits de micrites à *Gl. cf. stuarti*, *Gl. cf. insignis*, *Gl. cf. linneiana*, *Rugotruncana contusa*, *R. cf. plicata* (dét. J. Magné), datant le Maastrichtien.

**4.2.1.3. Foraminifères agglutinants.** Ils sont toujours abondants. W. Kuhnt (Tübingen) a déterminé (tableau in El Kadiri [10]) une cinquantaine de formes dont l'assemblage caractérise le Maastrichtien supérieur–Paléocène.

Au-dessus des Pélites polychromes (mais la continuité n'est pas assurée) se placent, dans un profond ravineau au nord de Beni Younes, des pélites argileuses violacées : deux bancs marneux métriques violet foncé, riches en foraminifères agglutinants, ont montré des nannofossiles du Paléocène supérieur–Éocène inférieur (dét. H. Feinberg).

#### 4.2.2. Les argiles des Pélites polychromes

Trois coupes ont été échantillonnées, dans l'ordre apparemment stratigraphique : unité de Ras Leona (piste au nord de Beni Younes), unité de Taoura (sur le rivage nord, face à l'îlot Perejil) et ancienne carrière du compartiment nord de Los Pastores. On n'observe pas d'évolution significative dans la proportion relative des diverses argiles (Tableau 2).

La kaolinite, probablement d'origine continentale, est généralement présente, souvent entre 15 et 30 %, mais elle est rare à Los Pastores. Également héritée, l'illite, mal cristallisée, additionnée aux interstratifiés irréguliers, représente 45 à 60 % de l'ensemble.

Les interstratifiés réguliers, la corrensite spécialement, sont généralement en proportion notable : souvent entre 10 et 30 %, au maximum 60 %. Ils résultent d'aggradation à partir de l'illite et des interstratifiés irréguliers. Quant à la chlorite, généralement présente (autour de 20 %), elle peut représenter, si elle n'est pas héritée, le stade ultime de la transformation précédente [16]. Il peut s'agir de l'évolution d'argiles portées à grande profondeur, au-dessous de la CCD. T. Pletsch [20] avait déjà noté, dans l'« *Uppermost Cretaceous to Eocene synthetic section sampled at the Jbel Moussa and in the Los Pastores quarry* », la variété des argiles et l'abondance de la kaolinite ; il supposait aussi que

la chlorite diagénétique s'était formée au-dessous de la CCD.

#### 4.2.3. Les nodules ferro-manganésifères

Ils sont fréquents, souvent en forme de disques pluridécimétriques (« nodules polymétalliques » in [9]) dans les Pélites polychromes des diverses unités du groupe du Moussa, mais ils sont rares dans le groupe de Los Pastores. Trois nodules et un lit sombre ont été analysés (Tableau 3). Ces échantillons s'avèrent ferro-manganésifères, Mn n'étant cependant abondant que dans un cas (près de 40 %) : le rapport Mn/Fe > 1 de cet échantillon (Mar. 94–94) indique une origine non terrigène, mais profonde [5] ; elle pourrait être ici de type diagénétique, comme le laissent supposer aussi la présence d'interstratifiés réguliers, la corrensite et la chlorite, mentionnés plus haut. Les oxydes de manganèse se présentent, au microscope électronique à transmission, sous forme de baguettes rigides, qui peuvent correspondre, soit à de la pyrolusite (MnO<sub>2</sub>), soit à de la manganite (MnOOH), soit à un mélange des deux (todorokite).

Les argiles d'un nodule pauvre en Fe–Mn ont révélé, outre 10 % de chlorite et 10 % d'illite, une très forte proportion de corrensite (70 %), qui doit résulter d'une aggradation à grande profondeur. On peut envisager que ces nodules dérivent de pelotes fécales, comme celles que l'on trouve [14] dans les vases paléocènes du Nord-Est de l'Atlantique : formés sur une plate-forme en « zone suboxique », ces nodules auraient pu, entraînés en profondeur, s'associer à la sédimentation profonde des Pélites polychromes. La situation de ces dernières sous la CCD s'accorderait également avec leur richesse en foraminifères agglutinants, la rareté des formes planctoniques et la presque totale dissolution du nannoplancton.

## 5. Comparaisons et conclusions

### 5.1. Périodes de dépôt et hiatus sédimentaires, du Malm au Paléocène

Au Dogger [7], se distinguent dans les Tariquides un domaine profond (radiolarites rouges de l'unité Moussa–Juima) et un domaine beaucoup moins profond (argiles manganésifères, remplissant un karst, à Los Pastores et dans l'unité de Ras Leona). Suit un

hiatus de 15 à 20 Ma, avant les dépôts du Malm supérieur. En milieu profond, des radiolarites vertes du Kimméridgien reposent directement, par l'intermédiaire d'une surface durcie, sur les radiolarites du Dogger : l'apparence de continuité de cette sédimentation siliceuse fait envisager un balayage sous-marin pendant ce hiatus, au moins dans le secteur Moussa–Juima. L'unité de Ras Leona, quant à elle, est portée à grande profondeur : des radiolarites kimméridgiennes [11] surmontent les dépôts manganésifères du Dogger. Quant au domaine de Los Pastores, les premiers dépôts transgressifs post-Dogger sont d'âge Tithonien. Ils sont représentés par des calcaires pélagiques (10–20 m), plus ou moins noduleux, et souvent colorés, que les nannofossiles calcaires datent du Tithonien supérieur et où l'on voit rapidement apparaître les calpionelles.

Un bref hiatus sépare la base (biozone à *Praetintinnopsella*) et la partie terminale du Tithonien supérieur, car, en particulier, les niveaux riches en *Crassicollaria* manquent. Ce hiatus est manifeste à la partie ouest du J. Moussa (voir la position du Tithonien terminal par rapport à son substratum, coupe de la Fig. 2), où une érosion est liée à un probable basculement. La karstification et le remplissage des Brèches monogéniques (Ras Leona) à *Calp. alpina* sont peut-être liés à cet événement.

Au Tithonien terminal et à la limite avec le Berriasien (acmé de *Calp. alpina*), la sédimentation pélagique à calpionelles est généralisée. Un nouveau hiatus, probablement lié à des mouvements tectoniques notables, se place pendant le Berriasien. Entre l'extrême base de cet étage et le Berriasien supérieur (à *Tintinnopsella longa* à Los Pastores, à *Calpionellopsis oblonga* dans le J. Moussa (W)), on constate, soit une absence de dépôts, dans le premier cas, soit des phénomènes de remaniement, dans le second cas. Les brèches polygéniques colorées qui, à Ras Leona et au J. Moussa (E), fossilisent un karst affectant le Lias inférieur calcaire, peuvent se placer dans cet intervalle de temps : ces brèches doivent résulter d'éboulements de paléoreliefs résultant du jeu de fractures.

Du Berriasien supérieur à l'Hauterivien supérieur–Barrémien, les marno-calcaires clairs à aptychus se déposent dans tout le domaine Tariquide. Cependant, on ne peut assurer la continuité de la sédimentation (maximum d'épaisseur, 20–30 m), parfois troublée, avec des épisodes violacés résultant d'apports conti-

nentaux. Un hiatus apparent d'environ 30 Ma sépare les niveaux barrémiens d'avec les calcaires pélagiques rouges (faciès Scaglia) du Turonien, qui remplissent des fissures dans le Lias de Ras Leona. S'ils ont existé, les sédiments du Crétacé « moyen » ont dû être minces et, en tout cas, ils ont été éliminés par une érosion précédant la « transgression » turonienne.

À leur tour, les dépôts turoniens ont été presque totalement érodés, avant la sédimentation, quelque 20 Ma plus tard, des Pélites polychromes. D'emblée, celles-ci caractérisent un milieu très profond, probablement infra-CCD, ce qui traduit un approfondissement plurikilométrique. Cependant, à Los Pastores, le contact avec les marnes claires du Crétacé inférieur, s'il est brutal, est concordant. En revanche, dans l'unité de Ras Leona, les Pélites polychromes peuvent reposer jusque sur le Lias inférieur, ce qui traduit le déblaiement des couches crétacées anté-maastrichtiennes.

## 5.2. Comparaisons, au Malm et au Crétacé, des Tariquides et des domaines actuellement voisins

Les Tariquides se trouvent au voisinage d'affleurements du Pénibétique (marge sud-ibérique) et de la Dorsale calcaire bético-rifaine (marge du domaine d'Alboran).

Par rapport au Pénibétique [2], les différences de faciès sont considérables, en particulier :

- au Malm supérieur : alors que le Pénibétique possède une puissante série calcaire continue de l'Oxfordien au Berriasien [17], les Tariquides montrent, au-dessus d'un Dogger très réduit, des radiolarites du Kimméridgien (J. Moussa–Juima) ou directement des calcaires noduleux tithoniens peu épais (Los Pastores) ;
- au Crétacé supérieur–Paléocène : dans le Pénibétique, puissantes marnes colorées (Scaglia) riches en foraminifères planctoniques ; dans les Tariquides, Pélites polychromes à nodules ferromanganésifères, presque sans microorganismes planctoniques, de milieu probablement infra-CCD.

Entre la Dorsale [12] et les Tariquides, on relève certaines analogies : radiolarites dans l'intervalle Dogger–Kimméridgien ; faciès marno-calcaires clairs (Biancone parfois) dans le Crétacé inférieur, dont la

sédimentation peut être également troublée (discordance du Crétacé inférieur dans la Dorsale externe). En revanche, le Crétacé supérieur–Paléocène des Tariquides (Pélites polychromes) n’a aucune ressemblance avec les marno-calcaires à foraminifères planctoniques de la Dorsale, tant externe ([21], cf. p. 95) qu’interne.

Nous concluons que, comme au Trias [1] et au Lias–Dogger [7], les sédiments des Tariquides présentent, entre le Malm supérieur et le Paléocène, des différences de faciès considérables avec ceux du Péribétique et, à un moindre degré, avec ceux de la Dorsale calcaire. Le domaine paléogéographique Tariquide confirme ainsi son individualité.

## Remerciements

Les remerciements des auteurs s’adressent au regretté Jacques Sigal et à J. Magné (Toulouse) pour la détermination de microfaunes, à H. Feinberg (Paris) pour certaines datations de nannofossiles calcaires, à A. Martín-Algarra (Granada), N. Sandoval (Madrid), A. Maaté (Tétouan), P. Olivier (Toulouse) pour leur aide lors de visites sur le terrain, ainsi qu’à A. Lethiers (Paris) pour la mise au point des illustrations.

## Références

- [1] S. Baudelot, M. Durand-Delga, M. Esteras, S. Freneix, Le Trias des « Tariquides » (arc de Gibraltar), indice d’une zone paléogéographique originale à l’ouest de la Méditerranée, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II 317 (1993) 1649–1658.
- [2] J. Bourgeois, La transversale de Ronda (cordillères Bétiques, Espagne). Données géologiques pour un modèle d’évolution de l’arc de Gibraltar, Ann. Sci. Univ. Besançon, Géol. 3 (30) (1978).
- [3] P.R. Bown, Calcareous Nannofossils Biostratigraphy, Kluwer, 1998.
- [4] J. Didon, Étude géologique du Campo de Gibraltar, thèse, Fac. Sci. Paris, 1969.
- [5] P. Di Stefano, A. Mindszenty, Fe–Mn encrusted “Kamenitza” and associated features in the Jurassic of Monte Humeta (Sicily). Subaerial and/or submarine dissolution, Sediment. Geol. 132 (2000) 37–68.
- [6] M. Durand-Delga, La courbure de Gibraltar, extrémité occidentale des chaînes alpines, unit l’Europe et l’Afrique, Ecol. Geol. Helv. 65 (2) (1972) 267–278.
- [7] M. Durand-Delga, M. Esteras, S. Gardin, H. Paquet, Le domaine Tariquide (arc de Gibraltar, Espagne et Maroc) : succession sédimentaire et événements structuraux au Lias et au Dogger, C. R. Geoscience 337 (2005) ; 10.1016/j.crte.2005.03.009.
- [8] M. Durand-Delga, M. Villiaume, Sur la stratigraphie et la tectonique du groupe du Jebel Musa (Rif septentrional, Maroc), Bull. Soc. géol. France (7) V (1963) 70–79.
- [9] N. El Hatimi, G. Duée, Les séries jurassiques et éocrétacées du Groupe du Moussa (Rif septentrional, Maroc), témoins d’une tectonique distensive en blocs basculés, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II 308 (1989) 1789–1796.
- [10] K. El Kadiri, La Dorsale calcaire (Rif interne, Maroc) : stratigraphie, sédimentologie et évolution géodynamique d’une marge alpine durant le Mésozoïque ; mise en évidence d’un modèle, thèse, université de Tétouan, Maroc, 1991.
- [11] K. El Kadiri, A. Linares, F. Olóriz, Les éléments du groupe du J. Moussa (chaîne du Rif, Maroc). Évolution stratigraphique et géodynamique au cours du Jurassique–Crétacé, Comun. Serv. geol. Portugal 76 (1990) 141–161.
- [12] K. El Kadiri, A. Linares, F. Olóriz, La Dorsale calcaire rifaine (Maroc septentrional) : Évolution stratigraphique et géodynamique durant le Jurassique–Crétacé, Notes Mém. Serv. géol. Maroc 366 (1992) 217–265.
- [13] M. Esteras, P. Muñoz, N. Sandoval, Mapa geológico del Estrecho de Gibraltar (orilla norte), 1/100 000, SECEG, Madrid, 1988.
- [14] A.-M. Karpoff, Les faciès pélagiques condensés cénozoïques des océans Pacifique et Atlantique : témoins des grandes crises géodynamiques, thèse d’État, université Louis-Pasteur, Strasbourg, 1989.
- [15] J. Kornprobst, M. Durand-Delga, Carte géologique du Rif à 1:50 000, feuille « Sebta », Notes Mém. Serv. géol. Maroc 297 (1985).
- [16] J. Lucas, La transformation des minéraux argileux dans la sédimentation. Études sur les argiles du Trias, Mém. Serv. Carte géol. Alsace–Lorraine 23 (1962) 1–202.
- [17] A. Martín-Algarra, Evolución geológica alpina del contacto entre las zonas internas y las zonas externas de la Cordillera Bética, thèse, Universidad de Granada, 2 vols., 1987.
- [18] A. Martín-Algarra, A. Márquez-Aliaga, N. Solé de Porta, J.M. Valenzuela, La serie triásica de Los Pastores (Algeciras), Estud. Geol. 49 (1–2) (1993) 21–39.
- [19] P. Olivier, Évolution de la limite entre zones internes et zones externes dans l’arc de Gibraltar (Maroc, Espagne), thèse d’État, université Paul-Sabatier, Toulouse-3, 1984.
- [20] T. Pletsch, Clay minerals in Cretaceous deep-water formation of the Rif and the Betic Cordillera (northern Morocco and southern Spain), Ann. Soc. géol. Nord 26 (1997).
- [21] J.-F. Raoult, La chaîne du Haouz du col d’Azlu d’Arabia au Bab Aonzar, Notes Mém. Serv. géol. Maroc 184 (1965) 61–148.
- [22] J.M. Valenzuela Tello, El afloramiento paleontológico de Los Pastores, Algeciras (Cádiz), Inst. Estud. Campos gibraltareños, 1993, 145 p.