

REVUE DE

VOLUME 35(2) – 2016

PALÉOBIOLOGIE

mséum
genève

Une institution
Ville de Genève

www.museum-geneve.ch



Commentaires sur :
« Biozones de calpionelles et d’ammonites du Berriasien inférieur et moyen de la Formation Sidi Khalif au Jebel Meloussi, Tunisie centrale »
par Kamel Maalaoui & Fouad Zargouni.
Revue de Paléobiologie, 35 (1) : 373-384

Sana BEN NSIR¹ & Mabrouk BOUGHDIRI^{1,*}

1 Université de Carthage, Faculté des sciences de Bizerte, département des sciences de la terre, 7021 Jerzouna. Tunisie.

* Auteur correspondant, E-mail : mab_boughdiri@yahoo.fr; Mabrouk.Boughdiri@fsb.rnu.tn

Résumé

Une récente publication par Maalaoui & Zargouni (2016a), sur la biostratigraphie par ammonites et calpionelles de la Formation Sidi Khalif au Jebel Meloussi de Tunisie centrale, propose une biozonation qui tente d’actualiser des données antérieures. Celles-ci leur semblaient « contradictoires » et sujettes de « plusieurs controverses », ce qui les a incités à proposer des amendements « nécessaires ». Nous discutons ici leur méthodologie, échelles de référence et interprétations biostratigraphiques en recoupant leurs propres données. Leur succession lithologique est non conforme aux données de terrain et des fossiles marqueurs utilisés sont mal localisés. Des illustrations d’individus identiques ont été utilisées pour indiquer des espèces provenant de localités différentes. Ceci a conduit à des biozonations mal étayées et des corrélations aléatoires. Ainsi, nous démontrons que, lorsque réinterprétées, révisées et remises à leurs vraies origines, les espèces d’ammonites et de calpionelles qui ont permis à Maalaoui & Zargouni (2016a) de tracer des limites mobiles n’offriraient que trop peu (ou pas) de précision à la biozonation établie dans des travaux antérieurs. Considérés par Maalaoui & Zargouni (2016a) comme données « contradictoires », les âges différents attribués à la Formation Sidi Khalif sur l’Axe Nord-Sud de la Tunisie centrale dépendent, en fait, de la position paléogéographique de la coupe concernée. Ceci cadre avec le diachronisme des limites de cette formation et de ses unités adjacentes, lequel a été démontré voici plus de trois décennies. Il a été justement attribué au contexte géodynamique régional ayant contrôlé la mise en place des dépôts deltaïques correspondants.

Mots-clés

Ammonites, Calpionelles, Biozonation, Berriasien, Tunisie centrale.

Abstract

Comments on: “Biozones of calpionellids and ammonites of the Berriasian lower and middle of the Sidi Khalif Formation at Jebel Meloussi, central Tunisia” by Kamel Maalaoui & Fouad Zargouni. *Revue de Paléobiologie, 35 (1): 373-384.*— A recent paper by Maalaoui & Zargouni (2016a), on Ammonite and Calpionellid biostratigraphy of the Sidi Khalif Formation of the Jebel Meloussi section in central Tunisia, proposes a biozonation attempting to update previous data. These previous data were considered as “contradictory” and “subject of numerous controversies”, which incited them to propose “necessary” revisions. We discuss here their methodology, reference scales and biostratigraphic interpretations by crosschecking their own data. Their lithological succession is not conform to field data and some fossil markers are badly located. Illustrations of identical individuals were used to indicate species from different localities. These discrepancies lead to poorly-supported biozonations and random correlations. Hence, we demonstrate that, when reinterpreted, revised and replaced to their true origin, the ammonite and calpionellid faunas, which served to trace mobile limits for Maalaoui & Zargouni (2016a), can only lead to a biozonation that slightly differs (or does not at all) from that proposed in previous works. “Contradictory”-like data concerning the different ages assigned to the Sidi Khalif Formation on the North-South Axis are rather consistent, depending on the paleogeographic position of a given section. This diachronism of the Sidi Khalif Formation and adjacent units has been demonstrated for more than three decades as it fits the regional geodynamic context that controlled the onset of the corresponding deltaic deposits.

Keywords

Ammonites, Calpionellids, Biozonation, Berriasian, Central Tunisia.

1. INTRODUCTION

Maalaoui & Zargouni (2016a) proposent une contribution à la biozonation par ammonites et calpionelles de la Formation Sidi Khalif en Tunisie centrale. Ils appuient leur proposition sur un bref aperçu historique qui leur révélerait un âge « sujet de plusieurs controverses » pour cette Formation et, compte tenu des données biostratigraphiques qui leur paraissent « contradictoires », ils ont jugé nécessaire de « préciser l'âge de cette formation et de ses découpages litho- et bio-stratigraphiques (*sic*) ». Dans leur note, aucune discussion des travaux antérieurs sur la biostratigraphie de la série concernée n'a été menée. Dans ce travail, nous nous proposons de discuter l'essentiel de ce que nous considérons comme étant des divergences, lacunes et/ou insuffisances qui nous paraissent avoir pesé lourd sur les interprétations taxinomiques et biostratigraphiques proposées par Maalaoui & Zargouni (2016a). Nous adopterons le même plan que l'article critiqué afin de permettre, outre une relecture aisée, une confrontation directe de leurs propres données.

2. CADRE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE DU SECTEUR ÉTUDIÉ

En nous référant au plan de localisation de Malaoui & Zargouni (2016a, fig. 1) et aux coordonnées GPS indiquées pour leur coupe (pp. 374, 375), nous confirmons qu'il s'agit bien de l'unique affleurement de la Formation Sidi Khalif à Khanguet Zebbag du Jebel Meloussi. Cet affleurement est fort bien connu des géologues pionniers et successeurs, mais qui ne sont que partiellement cités par Maalaoui & Zargouni (2016a). Cependant, une première divergence concerne l'extension stratigraphique concernée par leur biozonation et son cadre lithostratigraphique régional (leur fig. 2).

En effet, au centre et en avant-paysage du panorama (Fig. 1A), leur limite entre les Formations Sidi Khalif et Meloussi a été placée dans la Formation Sidi Khalif même et non à son sommet. Ils ont donc inclus presque la moitié de leur unité moyenne «U2» et l'unité supérieure «U3» (leur fig. 3) dans la Formation Meloussi sus-jacente, traçant ainsi une limite erronée au-dessous des niveaux ML26 – ML62.

Nos photos (Fig. 1 A-F) illustrent des panoramas de détails montrant les niveaux repères de la coupe, à partir d'une vue similaire à celle représentée par Maalaoui & Zargouni (2016a, fig. 2).

3. SUCCESSION LITHOLOGIQUE

Selon Maalaoui & Zargouni (2016a), la Formation Sidi Khalif au jebel Meloussi totalise une épaisseur de 368 m (p. 375). Ils l'ont subdivisée en trois unités informelles dites « lithostratigraphiques »: U1 (ML1 – ML23;

~118 m), U2 (ML24 – ML63; ~ 220 m) et U3 (ML64 – ML68; ~30 m). Cependant, on note une incohérence entre les épaisseurs indiquées dans leur texte (pp. 375, 379), d'une part, et celles des mêmes unités portées par leur fig. 3, de l'autre. L'échelle graphique mentionnée sur cette figure permet de dégager les correspondances paradoxales suivantes : U1 : 118 m (p. 375) vs 150 m (fig. 3); U2 : 220 m (p. 375) vs 100 m (fig. 3); U3 (amputée de sa partie supérieure sur la fig. 3) : 30 m (p. 379) vs >4m (fig. 3). Ceci rend délicate toute tentative de corrélation précise avec les coupes levées par d'autres auteurs; seuls les niveaux repères de la base (ML1-2), du milieu (ML24) et du sommet (ML64-66) de leur coupe permettent de se situer par comparaison des unités lithologiques encadrées. Notre Fig. 2 met en parallèle leur succession lithologique au jebel Meloussi avec celle de M'rabet (1987, fig. 4, p. 27) qui a été reprise en détail et sans difficulté par Schneider et al. (2005, fig. 2, p. 174). Elle dégage les correspondances lithologiques et montre les différences d'épaisseurs. C'est ainsi que l'on peut s'interroger sur la validité d'une précision biozonale envisagée pour une coupe levée sans la précision nécessaire; les retombées biostratigraphiques seront discutées plus loin.

4. RÉPARTITION DES FAUNES

4.1. Les calpionelles

Nos remarques se limitent ici au repérage des bioévénements marqueurs (en termes d'apparition et/ou disparition d'espèces de calpionelles) ayant permis la délimitation des zones et sous-zones proposées par Maalaoui & Zargouni (2016a). Ainsi, nous avons notamment analysé les premières apparitions des taxons-indices *Calpionella* du groupe *elliptica* Cadisch, 1932 et *Remaniella* Catalano, 1965.

* Page 379, ils soulignent l'apparition de *Calpionella alPELLIPTICA* Nagy, 1986 (leur fig. 4:5) dans le banc ML 12 de leur coupe (partie moyenne de l'unité U1). Pourtant, la légende de la photo correspondante indique que le spécimen rapporté à *Calpionella alPELLIPTICA* provient plutôt du banc ML4 (partie basale de U1); aucune mention de cette occurrence dans le banc ML4 n'est portée sur leur fig. 3 (p. 376);

* Ils y signalent également l'apparition de *Calpionella elliptica* (leur fig. 4: «5-6») dans ML24. Cependant, les seuls individus de cette espèce sont plutôt illustrés par les photos 8-9 de la même figure, alors que la légende mentionne le banc ML 66 comme origine.

Par ailleurs, nous découvrons que la même photo, exactement du même individu de *Calpionella elliptica* (fig. 4:8) a été déjà utilisée par les mêmes auteurs dans un autre article publié dans *Acta Geologica Polonica* (Maalaoui & Zargouni, 2016b, text-fig. 4:5, p. 50), consacré à d'autres coupes (Jebels Nara et Sidi Khalif du Nord de l'Axe Nord-Sud de la Tunisie centrale) situées 60 km au

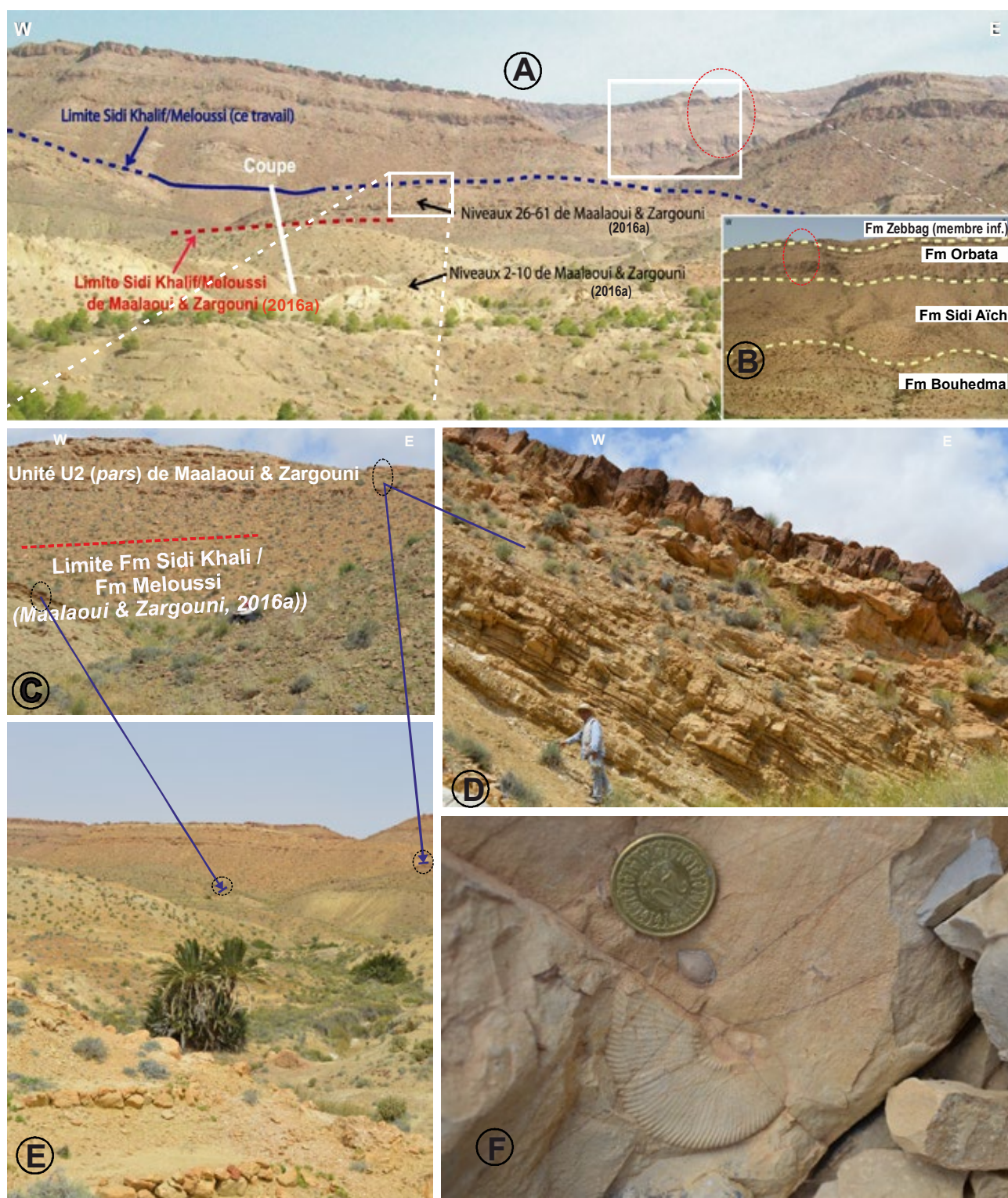


Fig. 1: Panoramas illustrant les différentes unités de la série berriasienne au Jebel Meloussi. A: Vue générale de la coupe. Comparaison avec les limites proposées dans la note commentée (en trait plein : limite visible sur la photo ; en traits interrompus : limite cachée par la colline). B : Cadre lithostratigraphique de la coupe étudiée [les unités encadrées en rouge sont celles qui apparaissent sur le panorama (fig. 2) de la note commentée]. C : Vue rapprochée sur la limite Formation Sidi Khalif/Formation Meloussi telle que proposée dans la note critiquée. D: Niveau gréseux sommital de la coupe coiffé par le niveau dolomitisé. E: Localisation des niveaux détaillés dans un autre panorama illustrant les niveaux inférieurs de la coupe. F: Faciès du banc 51 de M'rabet (1987) (=ML 66, base de U3 de Maalaoui & Zargouni, 2016a) montrant un brachiopode et un tour interne de *Tirnovella*.

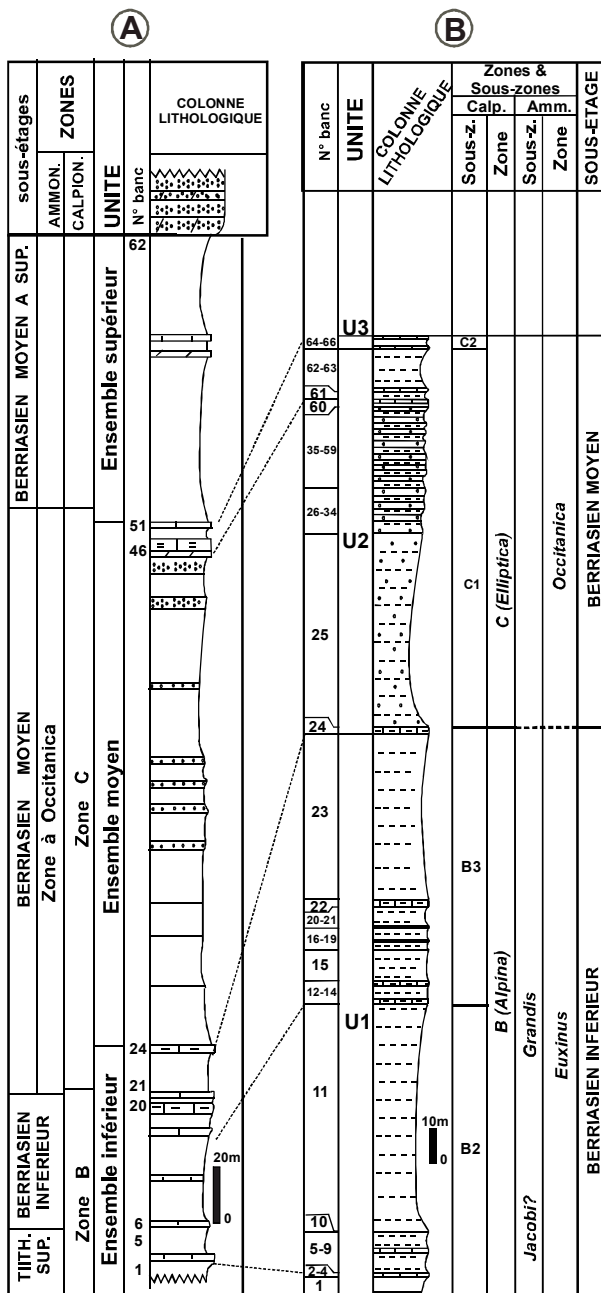


Fig. 2: Corrélation des coupes levées, à des échelles différentes, par (A): M'rabet (1987) et (B): selon Maalaoui & Zargouni (2016a).

nord du J. Meloussi étudié par Maalaoui & Zargouni (2016a). Il en est de même pour leur photo (fig. 5:5) d'une *Remaniella* faussement déterminée comme *R. «ferasini»* (Catalano, 1965) et qui a été reprise telle qu'elle, mais à une échelle plus réduite, dans la même revue *Acta Geologica Polonica* (Maalaoui & Zargouni, 2016b, text-fig. 4:10, p. 50).

Outre les questions déontologiques que ces exemples soulèvent, ceci n'est pas sans conséquences biostratigraphiques embarrassantes. En effet, si l'on croit ces photos,

deux mêmes individus pourraient provenir de deux bancs éloignés géographiquement auxquels Maalaoui & Zargouni (2016a, b) ont assigné des âges différents (à l'échelle de la biozone et du sous-étage).

Ainsi, il est légitime de s'interroger sur la provenance réelle des espèces-indices dans les coupes publiées et sur la précision des biozones proposées par Maalaoui & Zargouni (2016a, b).

4.2. Les ammonites

A moins que tous les spécimens figurés par Maalaoui & Zargouni (2016a) dans leur article soient tous entièrement cloisonnés, aucune indication du début de la loge d'habitation n'a été portée sur les photos de demi-tours dans leurs figures 6 et 7. Ceci rend difficile toute discussion sur les attributions taxinomiques et l'origine des spécimens figurés, d'autant plus que le lieu de dépôt de leur collection n'a pas été mentionné.

5. BIOZONES DÉFINIES ET DISCUSSIONS BIOSTRATIGRAPHIQUES

5.1. Echelles de référence

Parmi les échelles de référence ayant servi pour leur découpage biozonal du Berriasien au Jebel Meloussi, Maalaoui & Zargouni (2016a) citent, notamment, Allemann & Remane (1979) pour les calpionelles du bassin vocontien et Enay & Geyssant (1975) pour les ammonites des chaînes bétiques. A notre connaissance, le travail d'Allemann & Remane (1979) (non cité dans leur liste bibliographique) concerne plutôt les formes du passage Berriasien supérieur-Valanginien; non atteint par le sommet de leur coupe, si l'on en croit l'âge qui lui a été attribué. De même, celui de Enay & Geyssant (1975) traite plutôt des faunes du Jurassique et non du Berriasien moyen. La seule mention indirecte de l'actuel Berriasien basal par Enay et Geyssant (1975) concerne des associations de la zone à Jacobi, à l'époque placée dans le Tithonien terminal. A noter que l'existence de cette zone (ou sous-zone, selon les auteurs) a été d'ailleurs indiquée comme probable à la base de la coupe par Maalaoui & Zargouni (2016a, fig. 3).

Par ailleurs, les mêmes auteurs semblent avoir oublié de se référer aux échelles synthétiques des colloques de Rome (Allemann *et al.*, 1971) et de Sümege (Remane *et al.*, 1986) telles qu'actualisées par les travaux ultérieurs (dont ceux cités dans leur fig. 8, p. 382). Ces références actualisées ont déjà montré à Maalaoui & Zargouni qu'elles étaient d'une utilisation plus pratique dans leur biozonation de la Formation Sidi Khalif aux Jebels Nara et Sidi Khalif de la Tunisie centrale (Maalaoui & Zargouni, 2016b).

5.2. Biozones de Calpionelles

Nous nous concentrons ici sur la fig. 8 (p. 382) de Maalaoui & Zargouni (2016a) qui résume l'essentiel des apports des auteurs et des références qu'ils citent. Dans ce tableau, en grande partie repris de Boughdiri (2006, p. 31, fig. 8) et Sallouhi (2009, fig. 47, p. 100), Maalaoui & Zargouni (2016a) tentent (1) de corrélérer les zones et biozones de calpionelles synthétisées de sources diverses, et (2) d'adapter leur découpage biozonal et celui des auteurs qu'ils citent, *i.e.* Benzaggagh & Atrops (1995), Ben Abdesselam *et al.* (2011) et Benzaggagh *et al.* (2012), entre autres. Les anomalies suivantes peuvent être décelées.

* Ils y figurent le découpage proposé par Olóriz *et al.* (1995) en admettant que les sous-zones à Alpina et Remaniella de Olóriz *et al.* (1995) constituent un équivalent latéral de la partie inférieure de la zone B de Remane (1963) dans le Bassin Vocontien (SE France). Or, Olóriz *et al.* (1995) n'ont jamais opté pour cette hypothèse que contredisent les associations fauniques qu'ils ont distinguées. Le lecteur est renvoyé au tableau I (p. 84) de Olóriz *et al.* (1995) et nous proposons (Fig. 3) les corrections à apporter aux positions stratigraphiques des limites.

* Les corrélations de Maalaoui & Zargouni (2016a) avec les échelles de Pop (1994, 1997) et de Reháková & Michalik (1997) ont été l'objet de la même confusion. Maalaoui & Zargouni (2016a) placent la limite inférieure de la sous-zone à *Elliptica* de Reháková & Michalik (1997) et de la zone à *Longa* de Pop (1994, 1997) au-dessous de la partie moyenne de la zone B de Remane (1963), la corrélant ainsi avec leur Berriasien inférieur. Or Pop (1994, 1997) et Reháková & Michalik (1997) qui sont des références communément adoptées actuellement par les spécialistes de calpionelles (dont Maalaoui & Zargouni, 2016b) précisent que la base de la sous-zone à *Elliptica* est à placer grâce à l'apparition de l'espèce indice qui se produit au-dessous de la base de la zone C de Remane (1963), soit au voisinage du passage Berriasien inférieur/Berriasien moyen (base de la sous-zone à *Subalpina* des ammonites, zone à *Occitanica*, Berriasien moyen).

* Page 381 et fig. 8, Maalaoui & Zargouni (2016a) soulignent avoir repéré, dans leur sous-zone C1, une association semblable à celle signalée par Boughdiri *et al.* (2006) pour la sous-zone à *Elliptica*. Ceci appelle deux remarques importantes :

1) le travail de Boughdiri *et al.* (2006), dont Maalaoui est coauteur, s'est bien référé aux échelles de Pop (1994, 1997) et de Reháková & Michalik (1997) et seule l'extrême base (= les trois premiers bancs) de la sous-zone à *Elliptica* a été analysée. Paradoxalement, la figure 8 de Maalaoui & Zargouni (2016a) montre que cet intervalle très réduit étudié par Boughdiri *et al.*

(2006) est plutôt corrélable avec leur sous-zone B3 et non C1, comme ils le suggèrent ;

2) Dans le même paragraphe, ils affirment avoir retrouvé les mêmes associations à calpionelles de leur même sous-zone C1 dans la coupe étudiée par Maalaoui (2004). Pourtant, le mémoire de Master de Maalaoui (2004), consacré aux biomicrofaciès jurassiques du J. Ammar (Tunisie septentrionale), n'a jamais traité des associations de calpionelles, ni de la sous-zone à *Elliptica*, ni de ses équivalents C1 ou B3 tels qu'admis, selon les cas, par Maalaoui & Zargouni (2016a). Les derniers bancs de la portion de coupe étudiée dans cette référence ont été datés de la partie basale de la zone B de Remane (1963) (= base de la sous-zone à *Alpina* des auteurs ou de la sous-zone B1 *sensu* Benzaggagh *et al.*, 2012).

* Toujours à propos de leur sous-zone C1, Maalaoui & Zargouni (2016a) soulignent (p. 381): «... Bien que cette sous-zone soit bien représentée dans la coupe étudiée, elle est souvent représentée par des dépôts détritiques défavorables aux calpionelles...(*sic*)». Si tel est le cas, seul un calage par encadrement pourrait justifier les adaptations biozonales obtenues. Notre analyse comparative (Fig. 3) montre que les échelles de calpionelles prises comme référence par Maalaoui & Zargouni (2016a) et leur découpage biozonal proposé pour le jebel Meloussi sont décalés d'au moins une sous-zone d'ammonites par rapport aux échelles standards de Remane (1963) et de Le Hégarat & Remane (1968). Celles-ci ont été mieux corrélées, et avec moins d'incertitude, dans la thèse de Benzaggagh (2000, fig. 94, p. 190) où les données de base sont les mieux exposées. En effet, Benzaggagh (2000) et Ben Abdesslem *et al.* (2011) subdivisent la zone C de Remane (1963), qu'ils corrélerent avec l'ensemble du Berriasien moyen, en deux sous-zones C1 et C2. Leur subdivision se base sur une inversion dans les abondances relatives des espèces *Calpionella alpina* Lorenz, 1902 et *Tintinnopsella carpathica* (Murgeanu & Filipescu, 1933). Pourtant, dans le bassin vocontien (SE France), cet événement se produit plutôt au passage entre les zones B et C de Remane (1963) et non au sein de la zone C comme le suggèrent Ben Abdesslem *et al.* (2011) et Benzaggagh *et al.* (2012). Or, Maalaoui & Zargouni (2016a, fig. 8) placent cette même limite au voisinage du passage entre les zones B et C de Remane (1963), d'une part, et la corrélerent avec le passage entre les sous-zones C1 et C2 *sensu* Benzaggagh (2000), Ben Abdesslem *et al.* (2011) et Benzaggagh *et al.* (2012), de l'autre. Dans un autre travail (Benzaggagh *et al.*, 2012) pris comme référence par Maalaoui & Zargouni (2016a), l'extension stratigraphique des sous-zones C1 et C2 et leurs équivalents sont différents. En effet, au passage entre les zones C et D des calpionelles, les corrélations de Benzaggagh *et al.* (2012; fig. 16, p. 30) avec d'autres biozonations dont celle de

Remane (1971) admettent que, (1) la sous-zone C1 des calpionelles est équivalente à l'ensemble de la zone C de Remane, (2) la sous-zone C2 est un équivalent de la partie inférieure de la sous-zone D1 du même auteur et, (3) un âge Berriasien moyen est à assigner à l'ensemble C1 plus C2. Si le calibrage des échelles d'ammonites avec celles des calpionelles est sans difficulté pour les zones A, B et E, il ne l'est pas pour les zones C et D des calpionelles.

Il serait important de rappeler que la zone C de Remane (1963) a été définie en considérant l'abondance relative de *C. elliptica* (et non sa première apparition). Elle n'est qu'un équivalent partiel de la zone à *Elliptica*, celle ultérieurement définie sur la base de la première apparition de cette espèce [= zone à *Elliptica sensu* Catalano & Liguori (1971); reprise ensuite par Pop (1994, 1997), Reháková & Michalik (1997), Boughdiri *et al.* (2006), entre autres]. La limite inférieure de cette dernière est à placer plus bas pour couvrir presque l'ensemble du Berriasien moyen. Par conséquent, la zone C des calpionelles *sensu* Remane (1963) n'est corrélable qu'avec les sous-zones d'ammonites à *Privasensis* et à *Dalmasi* du Berriasien moyen alors que celle adoptée par Catalano & Liguori (1971) (et la majorité de leurs successeurs) descend jusqu'à la sous-zone à *Subalpina* du Berriasien moyen. Ceci pourrait expliquer que certains auteurs ont préféré corréler des échelles de calpionelles, d'abord entre elles, puis avec celles des calpionelles et des ammonites de Le Hégarat & Remane (1968) avec le risque non négligeable de cumuler des incertitudes dans la délimitation des équivalents latéraux correspondants. Pourtant, les opportunités d'une homogénéisation n'ont pas manqué d'autant que les travaux pris comme référence par Maalaoui & Zargouni (2016a) (Benzaggagh & Atrops, 1995; Ben Abdesslem *et al.*, 2011; Benzaggagh *et al.*, 2012, entre autres) le confirment. Ces travaux soulignent que les mêmes successions de calpionelles mises en évidence au Maroc, en Tunisie et en Iran sont semblables à celles d'autres régions de la Tethys occidentale.

5.3. Biozones d'ammonites

La tentative de précision biozonale par les calpionelles nous paraît avoir influencé celle établie grâce aux ammonites. Pourtant, Maalaoui & Zargouni (2016a) affirment que «leurs spécimens d'ammonites ont été soigneusement repérés sur la coupe» (p. 375). C'est ainsi que, à titre d'exemple, ces auteurs citent (p. 382) que leur sous-zone d'ammonites à *Grandis* est caractérisée, entre autres faunes, par *Fauriella gr. carpathica* et *Delphinella* sp. (non «*Delphinina*» sp., comme écrit dans le texte et repris dans la fig. 3). Ils ajoutent que ces espèces «pourraient caractériser le sommet de la sous-zone à *Jacobi*/base de la sous-zone à *Grandis* du Berriasien inférieur». Leur fig. 3 (p. 376) montre que ces deux espèces ont été récoltées

dans le banc ML24, plutôt juste au-dessous de la limite Berriasien inférieur/Berriasien moyen (= limite *Grandis/Occitanica*). Cette même incohérence réapparaît plus haut dans la coupe, où ces mêmes auteurs citent l'apparition de l'espèce indice *Tirnovella occitanica* dans leur banc ML66, alors qu'ils rabaisent la limite inférieure de la zone à *Occitanica* au sommet de ML 24. Les auteurs ont manqué l'opportunité de présenter une charte régionale d'ammonites tunisiennes, d'abord indépendante, puis ajustée à celle des calpionelles de la même coupe et enfin comparée à leurs homologues des bassins maghrébin et méditerranéen.

6. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Nos remarques conduisent à nous demander si les biozonations proposées par Maalaoui & Zargouni (2016a) s'appuient réellement sur une base taxinomique solide, se réfèrent aux standards adéquats reconnus par les spécialistes des ammonites et calpionelles et apportent la précision souhaitée à l'âge de la Formation Sidi Khalif de Tunisie centrale.

C'est ainsi que, même lorsque réinterprétées, révisées et remises à leurs vraies origines, les espèces d'ammonites et de calpionelles qui ont permis à Maalaoui & Zargouni (2016a) de tracer des limites mobiles n'offriraient que trop peu de précision à la biozonation de M'rabet (1987) et ses élèves. L'unique divergence est la mention d'un Berriasien supérieur par M'rabet (1987), non discutée par Maalaoui & Zargouni (2016a). Il s'agit, en fait, de l'âge attribué par M'rabet (1987) aux niveaux 52-62 de sa coupe dont l'équivalent a été omis dans la fig. 3 de Maalaoui & Zargouni (2016a). La mention du Tithonien supérieur à la base de la coupe de M'rabet (1987) fait allusion à la sous-zone à *Jacobi*, maintenant rangée dans le Berriasien inférieur, dont l'existence a été bien soupçonnée par Maalaoui & Zargouni (2016a).

Dans le détail, nous rappelons que Busnardo *et al.* (1981) ont effectué le relevé détaillé de 12 coupes, du sud vers le nord, de Tunisie centrale, dont celle du J. Meloussi étudiée par Maalaoui & Zargouni (2016a). Dans cette dernière localité où deux coupes complémentaires ont été relevées, l'analyse biostratigraphique par ammonites, calpionelles et ostracodes permet à Busnardo *et al.* (1981) de dater la base de la formation (= niveaux ML1-24 de Maalaoui & Zargouni, 2016a) du Berriasien basal probable. Plus haut dans la même série, ces auteurs citent (p. 117) une longue liste d'ammonites et de calpionelles récoltées dans les alternances marno-calcaires moyennes de la coupe du J. Meloussi qu'ils datent du Berriasien inférieur à moyen. A la même page, ils ajoutent: «après un important épisode détritique (= niveau ML25-62 de Maalaoui & Zargouni, 2016a), viennent des calcaires marins à ammonites, calpionelles et brachiopodes appartenant encore au Berriasien moyen. Nous remarquons, en particulier, la dalle terminale riche en *Tirnovella occita-*

S.OUS-ETAGES		ZONES ET SOUS-ZONES DE CALPIONNELLES SELON LES AUTEURS																	
		LE HEGARAT (1973), LE HEG. & REM. (1968)		Selon Maalaoui & Zargouni (note commentée)						Nos interprétations (ce travail)									
		S.OUS-ETAGES	ZONES & S.-Z. D'AMM.	REMANE (1963)	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]			
														a	b				
BERRIASIEN MOYEN	BERRIASIEN MOYEN	Occitanica	Dalmasi	TINTINNOSELLA	C	Elliptica	Longa	Elliptica	Cadishiana	Elliptica	C2	Non étudié	Elliptica	Longa	Elliptica	Cadishiana	Elliptica	C1	C2
			Privasensis																
BERRIASIEN INFÉRIEUR	BERRIASIEN INFÉRIEUR	Euxinus	Subalpina	CALPIONELLA	sup.	Elliptica	Longa	Elliptica	Cadishiana	Elliptica	C1	Remaniella	Elliptica	Elliptica	Elliptica	Elliptica	Elliptica	B3	B3
			Grandis																
TITHONIEN SUP.	Jacobi	B2	Alpina	Remaniella	Alpina	Ferasini	Remaniella	Alpina	Alpina	Alpina	Alpina	Alpina	Alpina	B1	B1				
																B1	Alpina	Remaniella	Alpina

[1]: Oloriz et al. (1995) [2]: Pop (1994, 1997) [3]: Rehakova & Michalik (1997) [4]: Andreini et al. (2007)
 [5]: Boughdiri et al. (2006) [6] a: Benzaggagh et al. (2012) b: Ben Abdesslem et al. (2011)

Fig. 3: Biozonation comparative du Berriasien inférieur et moyen; corrélation des échelles de calpionnelles proposées par divers auteurs.

nica et *Calpionella elliptica*» (= ML 64-66 de Maalaoui & Zargouni, 2016a).

Ainsi, nous remarquons que les conclusions stratigraphiques de Maalaoui & Zargouni (2016a) et de Busnardo et al. (1981) sont convergentes.

En outre, dans leur synthèse sur l'ensemble des coupes relevées, Busnardo et al. (1981) concluent: «en somme, si l'on considère la Formation Sidi Khalif dans son ensemble, on constate qu'elle est diachrone. Sa base est d'âge tithonien inférieur au sud, à la latitude du J. Bouhedma, et tithonien supérieur au nord, depuis la latitude du J. Sidi Khalif. Son sommet correspond au Tithonien supérieur au J. Bouhedma, au Berriasien moyen à la latitude du J. Meloussi et au Berriasien supérieur depuis la latitude du J. Nara nord. Le diachronisme de la Forma-

tion Sidi Khalif est établi selon un profil N-S conditionné par la localisation des affleurements...».

Au bilan, les «nombreuses controverses» (Maalaoui & Zargouni, 2016a) qui ont caractérisé les âges attribués à la Formation Sidi Khalif ne sont, en réalité, qu'illusoire.

En effet, ces débats ont été largement apaisés suite aux travaux de Busnardo et al. (1981) confirmés par M'rabet (1987) et qui continuent à faire référence. Suite à ces travaux, toutes les tentatives de précision ou de leur amendement n'ont dégagé que des divergences formelles sans toucher au fond. Ces données stratigraphiques antérieures sur la Formation Sidi Khalif de Tunisie centrale, considérées comme «contradictoires» par Maalaoui & Zargouni (2016a), nous paraissent plutôt solidement étayées: ques-

tion de différence entre les limites lithologiques de cette formation et les lignes-temps indépendantes à lui assigner. Le diachronisme des limites de la Formation Sidi Khalif sur l'Axe Nord-Sud a été justifié depuis longtemps et par bien des auteurs (Busnardo *et al.*, 1981; M'rabet, 1987; Boughdiri, 1994, 2006, entre autres). Il a été attribué au contexte géodynamique régional qui a contrôlé la mise en place diachrone des dépôts deltaïques correspondants.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement Lionel Cavin, éditeur en chef et André Piuz, rédacteur adjoint à la Revue de Paléobiologie, ainsi que Etienne Jaillard de l'université de Grenoble et un reviewer anonyme, qui ont largement contribué à l'amélioration de la version originelle du manuscrit.

RÉFÉRENCES

- Allemand F. & Remane J. 1979. Les faunes de calpionelles du Berriasien supérieur/Valanginien inférieur. *In*: CNRS (Ed.), *Les stratotypes français*, 99-109.
- Allemand F., Catalano R., Fares F. & Remane J. 1971. Standard Calpionellid zonation (Upper Tithonian-Valanginian) of the Western Mediterranean province. *In*: Farinacci A. (Ed.), *Proceedings of the II Planktonic Conference, Roma 1970*, 2: 1337-1340.
- Ben Abdesselam-Mahdaoui S., Benzaggagh M., Razgallah S., Rebah A. & Rakia B. 2011. Les associations des calpionelles du Berriasien et du Valanginien inférieur de la Tunisie septentrionale. Comparaison avec les associations du Rif externe (Maroc). *Comptes Rendus Palevol*, 10(7): 527-535.
- Benzaggagh M. 2000. Le Malm supérieur et le Berriasien dans le Prérif interne (Rif, Maroc): biostratigraphie, lithostratigraphie, paléogéographie et évolution tectono-sédimentaire. *Documents du Laboratoire de Géologie de Lyon*, 152: 1-374.
- Benzaggagh M. & Atrops F. 1995. Données nouvelles sur la succession des calpionelles du Berriasien dans le Prérif et le Mésorif (Rif, Maroc). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 321: 681-688.
- Benzaggagh M., Fabrizio C., Johann S., Kazem S.E. & Mahmoud R. M. 2012. Calpionellids and pelagic microfaunas of upper Jurassic-Lower Cretaceous Shal and Kolor Formations (Talesh Mountains, Alborz Chain, North-West Iran). Stratigraphic distribution, new species, systematic revision and regional comparisons. *Annales de Paléontologie*, 98: 253-301.
- Boughdiri M. 1994. Les genres d'ammonites *Durangites* et *Protacanthodiscus* (Tithonien supérieur) dans la Téthys occidentale (SE Espagne, SE France, Algérie et Tunisie). Stratigraphie, Paléontologie et Biogéographie. *Thèse, Université. Claude Bernard, Lyon I*, 1-268.
- Boughdiri M. 2006. Biostratigraphie intégrée (ammonites, calpionelles, radiolaires) dans les séries du Malm-Berriasien moyen de la Tunisie septentrionale. Corrélations régionales et cadre ouest-téthysien. *Mémoire d'Habilitation Universitaire*, Univ. El Manar, Tunisie, 189 pp.
- Boughdiri M., Sallouhi H., Maâlaoui K., Soussi M. & Cordey F. 2006. Calpionellid zonation of the Jurassic-Cretaceous transition in North-Atlas Tunisia. Updated Upper Jurassic stratigraphy of the 'Tunisian Trough' and regional correlations. *Comptes Rendus Geosciences*, 338: 1250-1259.
- Busnardo R., Donze P., Khessibi M., Le Hegarat G., Memmi L. & M'rabet A. 1981. La formation Sidi Kralif (Tithonien-Berriasien) en Tunisie centrale, synthèse stratigraphique et sédimentologique. *Annales des mines et de la géologie, Tunis*, 31: 115-122.
- Catalano R. & Liguori V. 1971. Facies a calpionelle della Sicilia. *Proceedings of the II Planktonic Conference Roma, 1970*, 1: 167-210.
- Enay R. & Geysant J. R. 1975. Faunes Tithoniques des chaînes bétiques (Espagne méridionale). *Mémoires du Bureau de recherches géologiques et minières*, 86: 39-55.
- Le Hégarat G. & Remane J. 1968. Tithonique supérieur et Berriasien de l'Ardèche et de l'Hérault: corrélation des ammonites et des calpionelles. *Geobios*, 1: 7-70.
- Maalaoui K. 2004. Associations quantitatives de biomicrofaciès et repères biochronologiques dans le Malm-Berriasien basal du Jebel Amar (région de l'Ariana, Tunisie septentrionale): Biostratigraphie et cadre géodynamique régional. *Maîtrise de Géologie Appliquée*, Univ. Carthage, Tunisie, 100 pp.
- Maalaoui K. & Zargouni F. 2016a. Biozones de calpionelles et d'ammonites du Berriasien inférieur et moyen de la Formation Sidi Khalif au Jebel Meloussi, Tunisie centrale. *Revue de Paléobiologie*, 35(1): 373-384.
- Maalaoui K. & Zargouni F. 2016b. The Lower and Middle Berriasian in Central Tunisia: Integrated ammonite and calpionellid biostratigraphy of the Sidi Kralif Formation. *Acta Geologica Polonica*, 66(1): 43-58.
- M'rabet A. 1987. Stratigraphie, sédimentation et diagenèse carbonatée des séries du Crétacé inférieur de Tunisie centrale. *Annales des Mines et de la Géologie, Tunis*, 405 pp.
- Olóriz F., Caracuel J. E., Lopez-Marques B. & Rodriguez-Tovar F. J. 1995. Asociaciones de Tintinnoides en facies ammonítico rosso de la Sierra Norte (Mallorca). *Revista española de Paleontología*, 7: 77-93.
- Pop G. 1994. Calpionellid evolutive events and their use in biostratigraphy. *Romanian Journal of Stratigraphy*, 76: 7-24.
- Pop G. 1997. Tithonian to Hauterivian praecalpionellids and calpionellids: bioevents and biozones. *Mineralia Slovaca*, 29: 304-305.
- Reháková D. & Michalik J. 1997. Evolution and distribution of calpionellids - the most characteristic constituents of Lower Cretaceous Tethyan microplankton. *Cretaceous Research*, 18: 493-504.
- Remane J. 1963. Les Calpionelles dans les couches de passage Jurassique-Crétacé de la fosse vocontienne. *Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Grenoble*, 39: 25-82.
- Remane J. 1971. Les calpionelles, protozoaires pélagiques des mers mésogéennes de l'époque secondaire. *Annales Guébbard*, 47: 1-25.
- Remane J., Borza K., Nagy I., Bakalova-Ivanova D., Knauer J., Pop G., Tardi-Filacz E. 1986. Agreement on the subdivision of the standard calpionellid zones defined at the IInd Planktonic Conference Roma 1970. *Acta Geologica Hungarica*, 29: 5-14.

Sallouhi H. 2009. Les séries du Malm-Berriasien du «Sillon Tunisien» (Tunisie septentrionale). Biostratigraphie intégrée et paléodiversité. *Thèse Univ. Carthage*, Tunisie, 248 pp.

Schneider J., Gorin G., Soussi M., Baudin F. & Deconinck J. F. 2005. A record of the Jurassic/Cretaceous boundary climatic variation on the southern margin of the Tethys: clay minerals and palynofacies of the early Cretaceous Jebel Meloussi section (Central Tunisia, SidiKralif Formation). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 176: 171-182.