

Un *Pachyerymnoceras* arabe dans le Callovien supérieur du Dahar (Sud tunisien), nouvel élément de datation du membre Ghomrassène (formation Tataouine) ; corrélations avec l'Arabie Saoudite et le Moyen-Orient

Raymond Enay^{a,*}, Khaled El Asmi^b, Mohamed Soussi^c, Charles Mangold^a, Pierre Hantzpergue^a

^a Université Claude-Bernard, Lyon-1, UFR des sciences de la Terre et CNRS, UMR 5125, 27–43, bd du 11-Novembre-1918, 69622 Villeurbanne cedex, France

^b Département de géologie, faculté des sciences, université Tunis-2, Campus universitaire, 1060 Tunis, Tunisie

^c Département de géologie, faculté des sciences, université de Sfax, route de la Soukra, 3018 Sfax, Tunisie

Reçu le 9 juillet 2002 ; accepté le 12 novembre 2002

Présenté par Jean Dercourt

Abstract – Arabian *Pachyerymnoceras* from the Upper Callovian in the Dahar (southern Tunisia), new evidence for dating the Ghomrassène Member (Tataouine Formation); correlations with Saudi Arabia and Middle East. The first ammonite discovered at the base of the Ghomrassène Member of the Tataouine Formation belongs to a species of *Pachyerymnoceras* from the Latest Callovian (Solidum Zone) of the Arabian province. The underlying Krechem el Miit Member is also dated Late Callovian, with a fauna of *Pachyerymnoceras* from the Lower Athleta Zone in Algeria. The associated faunas (echinids, brachiopods) are the same, as well as the faunas of the overlying Ksar Haddada Member, which is dated also Late Callovian, referring to the brachiopods faunal succession in Saudi Arabia. Correlations with other areas in Tunisia, Saudi Arabia and Middle East underline the same sedimentary evolution during a second-order transgressive half-cycle. **To cite this article:** R. Enay et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 1157–1167.

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

ammonite / Callovian / Tunisia / Dahar / Tataouine / Krechem el Miit / Ghomrassène / Saudi Arabia / Middle East

Résumé – La première ammonite découverte à la base du membre Ghomrassène de la formation Tataouine est un *Pachyerymnoceras* de la partie supérieure du Callovien supérieur (Zone à Solidum) de la province arabe. Le membre Krechem el Miit sous-jacent est aussi daté du Callovien supérieur par des *Pachyerymnoceras* connus dans la partie inférieure de la Zone à Athleta en Algérie. La faune associée (échinides, brachiopodes) est la même que celle du membre Ksar Haddada sus-jacent, daté également du Callovien supérieur par référence à la succession des brachiopodes en Arabie Saoudite. Les corrélations avec les autres régions de Tunisie, l'Arabie Saoudite et le Moyen-Orient mettent en évidence une même évolution sédimentaire au cours d'un demi-cycle transgressif de deuxième ordre. **Pour citer cet article :** R. Enay et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 1157–1167.

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

ammonite / Callovien / Tunisie / Dahar / Tataouine / Krechem el Miit / Ghomrassène / Arabie Saoudite / Moyen-Orient

* Correspondance et tirés à part.

Adresse e-mail : pierre.hantzpergue@univ-lyon1.fr (P. Hantzpergue).

Abridged version

1. Introduction

The Fom Tataouine Formation (Fm.) is divided [9] into five members (Mb.), whose successive assumed ages are summarised in Table 1. The rare so-called *Erymnoceras* from the Krechem el Miit Mb. belong in fact to the south Tethyan genus *Pachyerymnoceras*. The first discovery of one specimen of *Pachyerymnoceras* and some echinids and brachiopods in the Ghomrassene Mb. allow us to reappraise its age and also to set the age of the Krechem el Miit and Ksar Haddada Mbs.

2. The Ghomrassene Limestones Mb. (19–29 m)

Above the slope formed by the Krechem el Miit Mb., the Ghomrassene Mb. has been considered as a bulky and homogeneous calcareous unit [8–10], with bioherms located in the top [29, 47]. The sedimentological study in progress allows us to divide four lithological units (Fig. 1).

The first ammonite collected in situ in the G1 unit (Figs. 1 and 2) is a complete and full-grown *Pachyerymnoceras* (260 mm), the last half-whorl corresponding to the body-chamber. The thick lanceolate and subcarinate whorl section recalls similar forms from the Middle East, attributed to *Pachyceras* by Lewy [33] and we retain the provisional determination *Pachyerymnoceras* cf. *spathi* (Lewy).

The underlying Krechem el Miit Mb. yielded more numerous *Pachyerymnoceras*, which allow us to revise the age of the unit previously attributed in part to the Middle Callovian [4, 37]. Furthermore, the associated fauna, especially the brachiopods, oblige to question again the age of the Ksar Haddada Mb.

3. Discussion

3.1. The *Pachyerymnoceras* faunas and the age of the Krechem el Miit Mb.

In the lower part, *Pachyerymnoceras* was quoted from two levels about 6 m apart [4] from one of which was derived the specimen attributed to *Erymnoceras* in Busson [8]. So, Busson, followed by Peybernès et al. [39], admitted a Middle Callovian age. Now, a third level was recognised, and the three levels yielded only *Pachyerymnoceras* exclusive of *Erymnoceras*. They are close to the Algerian species [34] described from the lower Atheta Zone of the Upper Callovian (Trezeense Sub-zone), which is the age we retain for the lower part of the Krechem el Miit Mb. In the upper part of the member, *Pachyerymnoceras* is scarcer and represented by the specimen referred to as *P. cf. philbyi* (Ark.) collected in scree [29, 39], a species which in the type-area extends from the top of the Dhurma Fm. (unit D7) up to the base of the Tuwaiq Fm. (unit T1) of Middle Callovian age [3, 14, 16, 26].

From the Busson 'second ammonite-bearing level' [8], in the upper part of the Krechem el Miit Mb., 20 m below the Ghomrassene Mb., are issued '*Ochetoceras*'

sp., surely the Saudi Arabian genus *Pseudoclydonoceras* (= *Levanticeras* Lewy) [3] and *Peltoceras* aff. *trifidum* (Qu.), a Late Callovian species from the Upper Athleta Zone in Europe, known in the Middle East [19, 33] and in Saudi Arabia [36]. This is the age assumed for the upper part of the Krechem el Miit Mb.

3.2. The age of the Ghomrassene and Ksar Haddada Mbs

The new ammonite from the unit G1, *P. cf. spathi* (Lewy) is a species still unknown in western Algeria, but well represented in Saudi Arabia and in the Middle East. The species was described from the base of the Matmor Fm. ([20] emend. [24]), whose age is Athleta Zone according to the associated fauna, *P. trifidum*, hecticoceratids and a fragment of *P. solidum* Spath [= *Paraspidoceras* sp. in Lewy [33] = *Peltoceras pachygaster* Gill et al. [19]], the zonal index selected for the Arabian province [16]. In Saudi Arabia the same *Pachyerymnoceras* group, together with *P. trifidum* and *P. solidum*, is derived from the base of the unit T3 of the Tuwaiq Fm. [14, 16, 36]. In the G. Moghara (northern Sinai, Egypt), we collected (R.E. & C.M.) *P. spathi* and related forms from the top of the Aroussiah Fm. ([1], emend. [24]), whose fauna was illustrated by Lewy [33], including *Distichoceras* and *Euaspidoceras* and dated as Latest Callovian, near the Athleta-Lamberti Zones boundary [19]. We admit that these beds are equivalent of the unit T3 of the Tuwaiq Fm. Another argument is that the Aroussiah Fm. develops corallian bioherms [28, 30, 45]. They are placed in the Al Far's Masajid Fm., which was considered comprehensively Callovian–Kimmeridgian. These bioherms are equivalent to those of the units T2 and T3 of the Tuwaiq Fm., in Saudi Arabia. Most of the echinids and brachiopods of the Ghomrassene Mb. are also known from the underlying and overlying Krechem el Miit and Ksar Haddada Mb. Especially, these members have in common several species of brachiopods from the assemblages 4 and 5 of the units T2–T3, distinguished in Saudi Arabia by Alméras [2]. So the Late Callovian age of the Ghomrassene Mb. is well established by the new faunas and by the corroboration of the age of the overlying Ksar Haddada Mb.

3.3. Comparison with the other areas in Tunisia and the Middle-East

In southern Tunisia, the Techout sandstone Fm. represents a regressive interval assigned to the Bathonian (Table 1). The overlying Tataouine Fm. marks the renewal of marine condition in shallow water environments and represents the transgressive part of a second-order T/R cycle, starting with the Beni Oussid 1 and 2 Mbs dated Early to Middle Callovian [37] or already Late Bathonian [39]. The lower part of the Krechem el Miit Mb. shows a deepening, while the upper part and the Ghomrassene Mb. represent the high stand. The Callovian transgression on the Saharan craton is also indicated, in Central Tunisia (north–south axis), by the renewal of the sedimentation, following the long hiatus (Middle Bathonian–Middle Callovian)

on the high of the Nara block [41], in the Tunisian Dorsale, by the development of the Ammonitico Rosso facies from the Middle–Late Callovian onwards [44]. In the Middle East, the Bathonian paralic facies of the Lower Sherif Fm. and the Safa Fm. [40], the latter recently dated Early Bathonian, Tuwaiqensis Zone [15], represent the same regressive event than the Techout sandstone Fm. of southern Tunisia. In Saudi Arabia, the inner platform deposits of the unit D6 (Dhurma Fm.) contains only impoverished faunas. *Dhurmaites*, an endemic ammonite genus, is probably Bathonian, but the precise age is a matter of discussion: Early Bathonian, according to the nautilids, or Middle–Late Bathonian, according to the brachiopods. Above, the opening of the environments in the unit D7 resulted in the renewal and the change of the faunas, with ammonites of Middle Callovian, Ogivalis Zone in the upper part of D7 (Hisyan Mb.). So, D7 is the beginning of the D7–T3 Cycle (= sequence 3 in [31, 32, 36]), which corresponds to the transgressive interval and the high stand of Early–Late Callovian age. Revision of ammonite faunas proves the Upper Callovian age of the units T2 and T3. In Egypt and

Israel, the same transgressive interval and highstand correspond to the Aroussiah Fm. and the Zohar and Matmor Fm., respectively (Table 2).

4. Conclusion

Pachyerymnoceras cf. *spathi* from the base of the Ghomrassene Mb. is an Upper Callovian species. The age of the Krechem el Miit Mb. is also Upper Callovian as well as the Ksar Haddada Mb. Therefore the Ghomrassene limestone is of the same age. Following the regressive event of the Techout Fm., the Tataouine Fm. represents the second-order transgressive half-cycle T/R 8 [27], the regressive half-cycle beginning with the subcontinental facies of the overlying Merbah el Asfer Fm. The same scheme can be recognised in Egypt and Saudi Arabia. The palaeogeographical location of these countries on the border on the Gondwanian craton, with environments propitious for the spreading of Arabian faunas along the southern Tethyan margin, explains faunal and facies affinities of southern Tunisia with Saudi Arabia and the Middle-East.

1. Introduction

Depuis les premiers travaux de la fin du XX^e siècle, les âges attribués aux niveaux de la série jurassique du Dahar (Sud tunisien) ont beaucoup varié. Busson [9, (Fig. 3)] en a donné un « exposé synoptique » complet et a lui-même revu plusieurs fois les âges proposés [8–10, 18]. Dès 1963 (in [18]), Busson proposait et nommait des unités lithologiques informelles, reprises ensuite unanimement, sauf par Walley [47] comme formations et/ou membres de formations [4, 5, 7, 29, 37, 39] (Tableau 1).

Le présent travail concerne seulement les calcaires et marnes de Foum Tataouine – ou formation Foum Tataouine de Busson [9]. Divisée à l'origine en quatre unités [8–10, 18], elle compte maintenant cinq membres, après que Mello (rapport inédit) eut nommé le membre Ksar Haddada et subdivisé l'unité inférieure. De bas en haut : (1) Beni Oussid 1, (2) Beni Oussid 2, (3) Krechem el Miit, (4) Ghomrassène et (5) Ksar Haddada. La formation et les membres n'ont jamais été définis de façon formelle et sont utilisés avec leur acception traditionnelle ; ainsi, la limite inférieure du membre Ghomrassène est parfois placée à la base de la falaise calcaire de l'unité G2.

Dans le Tableau 1 sont réunis les âges proposés par Busson entre 1963 et 1967 et les auteurs plus récents [4, 37, 39, 47]. Dans l'ensemble, le vieillissement de la série, déjà souligné par Busson [9], est confirmé et amplifié (sauf par Walley). Ces datations sont encore approximatives, en raison (1) de la rareté des faunes réellement significatives et du contrôle exercé

par les milieux sur la distribution des groupes utilisés (nautilés, bivalves, échinides, brachiopodes, ostracodes) et aussi (2) du peu d'études paléontologiques, alors que ces mêmes groupes sont représentés par des formes souvent différentes de celles connues en Europe et proches des formes de la province arabique (transérythréenne dans Freneix [17] ou éthiopienne dans Mette [37]).

Ainsi les rares ammonites du membre Krechem el Miit, longtemps attribuées à *Erymnoceras*, du Callovien moyen d'Europe subméditerranéenne, sont des *Pachyerymnoceras*, genre essentiellement sud-téthysien d'Arabie Saoudite, du Moyen-Orient et d'Algérie occidentale. La découverte d'un *Pachyerymnoceras* et de quelques échinides et brachiopodes dans le membre Ghomrassène est un élément nouveau, qui justifie un réexamen de son âge. En corollaire, l'âge des membres Krechem el Miit et Ksar Haddada sera revu également.

2. Le membre des calcaires de Ghomrassène

Le membre Ghomrassène, plus calcaire, donne au-dessus du talus avec replats du membre Krechem el Miit, une falaise nette depuis le Nord de Tataouine jusqu'à la frontière lybienne. Son âge a fait l'objet de propositions changeantes, comme pour le reste de la formation (Tableau 1). Une étude bio-sédimentologique a été entreprise par un des auteurs (K.E.A.), dont les premiers résultats font l'objet d'un article distinct (El Asmi et al., en cours). C'est lors de

Tableau 1. Âges admis ou proposés pour les membres de la formation Foum Tataouine et la formation Techout, selon la nomenclature de (1) Busson (in [18]), (2) complétée et modifiée par Mello (rapport inédit).

Table 1. Ages previously assumed for the members of the Foum Tataouine Formation and the Techout Formation, following the nomenclature of (1) Busson (in [18]), (2) completed and modified by Mello (unpublished report).

FORMATIONS et Membres		Freneix et Busson 1963	Busson			Walley, 1985	Peybernès et al. 1985	B. Ismaïl et al., 1989	Mette 1997	
			1965	1967 a	1967 b					
TATAOUINE	K. Haddada (2)	?	Portlandien auctorum	Oxfordien	Unité 4	Oxfordien	M'rabtine Mb	Kimméridgien Tithonien	Oxfordien ?sup.	
	Ghomrassene (1)	Kimméridgien	Kimméridgien		Unité 3		Tlalett Mb		Oxfordien moy.-sup.	Oxfordien ?inf.
	Khechem el Miit (1)	Oxfordien	Oxfordien Passage Call. Oxf. moyen	Callovien	Unité 2	Callovien	Smida Mb	Callovien à moyen	Callovien	
	Beni Oussid 2 (1) (2)	Callovien	Callovien inférieur		Unité 1		Broumet Mb			Callovien inférieur à moyen
	Beni Oussid 1 (1) (2)									
Techout (1)	Bathonien Callovien	Bathonien	Techout	Bathonien	Techout	Bathonien	Bathonien	Bathonien		

ce travail qu'a été faite la première découverte d'une ammonite dans ces niveaux.

2.1. Succession et divisions

La barre de Ghomrassène a été considérée comme un ensemble calcaire massif et homogène [8–10], avec des biohermes dans la partie supérieure [5, 29, 47] dans le secteur de l'oued Khil et de l'oued Zaafrane. L'étude sédimentologique en cours permet de découper la barre en quatre unités lithologiques (Fig. 1).

2.1.1. Unité G1 (2 à 5 m)

L'unité, reconnaissable depuis Tataouine au sud jusqu'à Médénine au nord, comprend plusieurs séquences élémentaires binaires (marne-calcaire), décimétriques à métriques, avec une faune d'échinides,

brachiopodes, nautilus et une microfaune benthique diversifiée.

2.1.2. Unité G2 (12 m en moyenne)

Elle forme une barre de calcaires ou de dolomies, en bancs épais, massifs, à spongiaires, plus nombreux vers le sommet, localement (El Ferch) à coraux. La limite supérieure est donnée par une surface d'arrêt de sédimentation d'extension régionale, localement à perforations nombreuses (oued Ghédir), utilisée comme repère.

2.1.3. Unité G3 (2 à 9 m)

Elle débute par une vire bien nette dans toute la région et se distingue par les nombreuses bioconstructions à coraux, éponges dominantes [4, 47] et solénopores, qui passent latéralement à des calcaires en

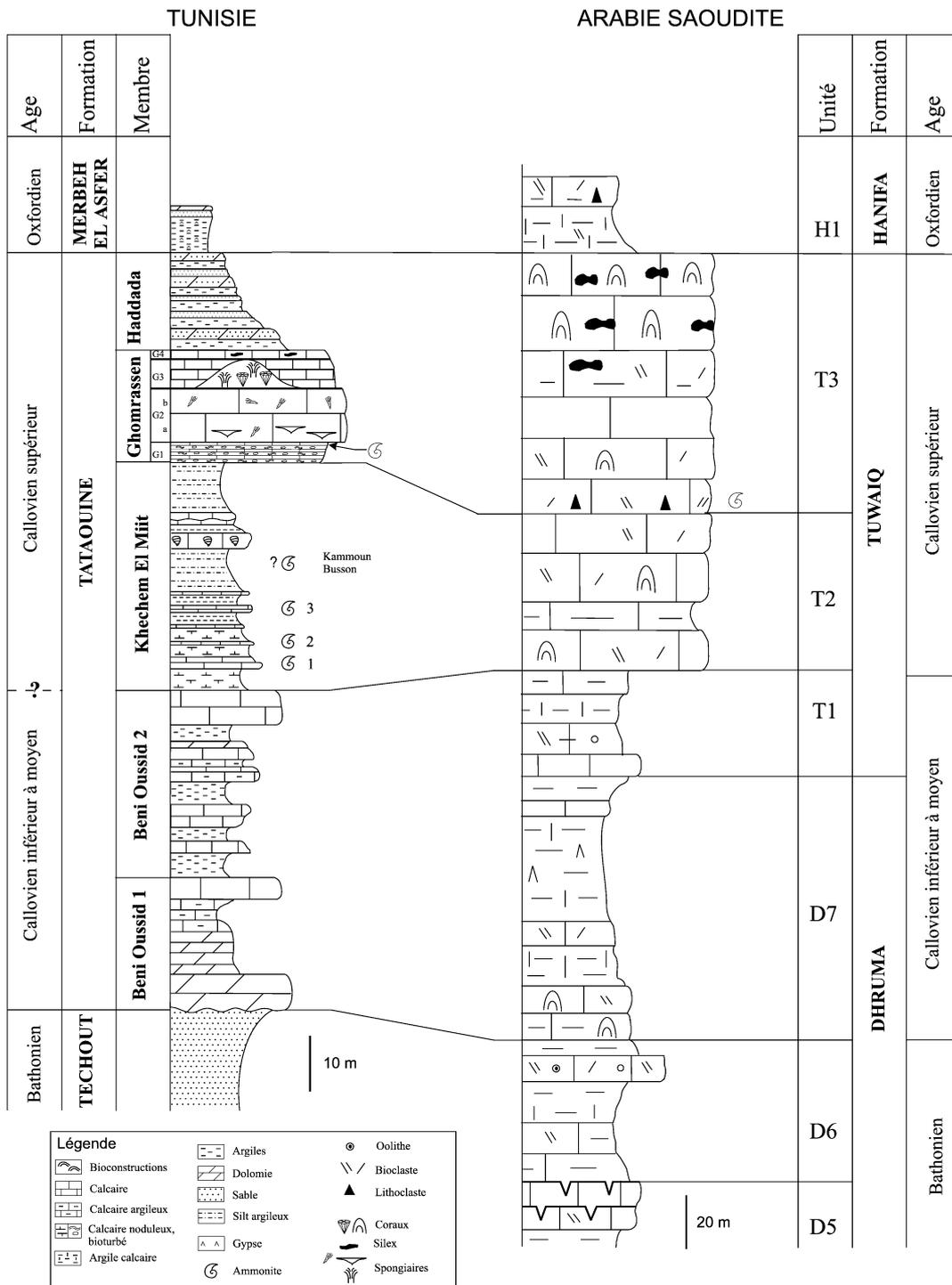


Fig. 1. Succession lithologique de la formation Fom Tataouine avec la position des niveaux à *Pachyrymnoceras* des membres Krechem el Miit et Ghomrassène et corrélations avec l'Arabie saoudite (formations Dhruma et Tuwaiq).

Fig. 1. Lithological succession of the Fom Tataouine Formation with the situation of the *Pachyrymnoceras*-bearing beds within the Krechem el Miit and Ghomrassene Members, and correlation with Saudi Arabia (Dhruma and Tuwaiq Formations).

bancs bien réglés. Les bioconstructions ont une large extension géographique, depuis El Ferch (région de Tataouine) jusqu'à Tejra Kbirra (poste optique de Médénine).

2.1.4. Unité G4 (2 m)

La dernière unité est formée de calcaires à texture très fine, parfois laminés et très pauvres en microfaune benthique, ou de dolomies, en bancs régu-

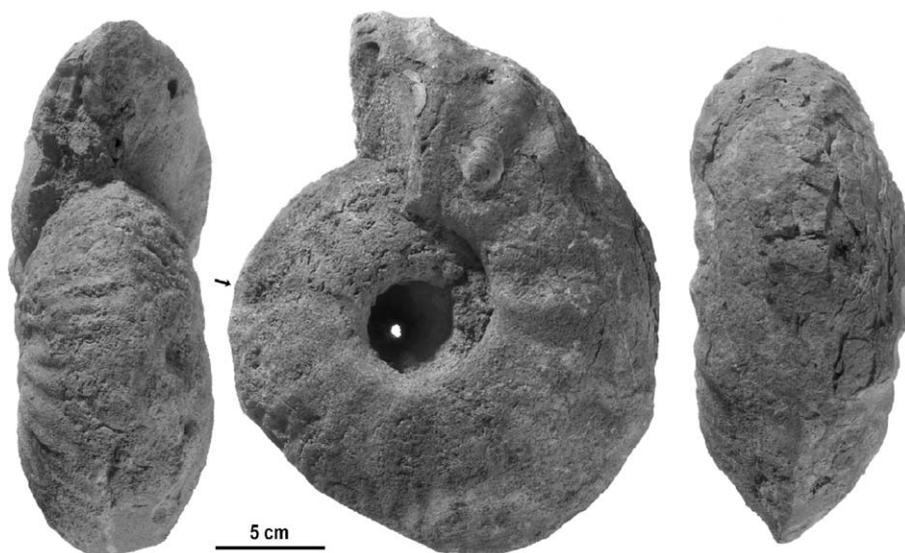


Fig. 2. *Pachyerymnoceras* cf. *spathi* (Lewy). Moule interne avec la chambre d'habitation ; vue latérale, la région ventrale est endommagée (bord inférieur gauche de la photo) et vues ventrales ; Oued Ghédir, Fom Tataouine (Tunisie). Photographies : N. Podevigne, Sc. de la Terre, Lyon.

Fig. 2. *Pachyerymnoceras* cf. *spathi* (Lewy). Internal cast with the living chamber preserved. Lateral view, the ventral area is damaged (bottom of the left part of the photograph) and ventral views. Oued Ghedir, Fom Tataouine (Tunisia). Photographs: N. Podevigne, Sc. de la Terre, Lyon.

liers, centimétriques à décimétriques. L'unité G4 termine le membre Ghomrassène et supporte les faciès argilo-sableux, avec intercalations carbonatées centimétriques du membre Ksar Haddada.

2.2. L'ammonite et la macrofaune associée du membre Ghomrassène

L'élément nouveau est la découverte in situ de la première ammonite trouvée dans l'unité G1 (Figs. 1 et 2). C'est un *Pachyerymnoceras*, de taille assez grande ($d = 260$ mm), complet, avec la chambre d'habitation et l'ouverture en partie préservée (Fig. 2) ; le changement d'ornementation et le déroulement du dernier tour sont caractéristiques de l'état adulte. La section du tour est épaisse, de forme lancéolée, la région ventrale tectiforme, légèrement pincée et subcarénée. La morphologie adulte rappelle ainsi *Pachyeras*, du Callovien supérieur–Oxfordien inférieur d'Europe occidentale, et c'est à ce genre qu'ont été rapportées les formes affines décrites du Moyen Orient [33] ou même placées en synonymie de l'espèce type du genre, *P. lalandeanum* [19]. Enay et Mangold [16] ont souligné que « les tours internes sont de type *Pachyerymnoceras* » et admettent que « ces formes sont probablement un développement tardif arabe de ce genre ». Les tours internes de l'individu de Ghomrassène sont peu visibles et assez mal conservés, mais il est proche de l'espèce décrite par Lewy [33] et la détermination provisoire retenue est *Pachyerymnoceras* cf. *spathi* (Lewy).

Les brachiopodes [2] du niveau G1 comptent seulement trois espèces, dont une déjà connue dans le membre Krechem el Miit (*Bihenithyris barringtoni* Muir-Wood), une autre à la fois dans les membres Krechem el Miit et Ksar Haddada (*Bihenithyris weiri* Muir-Wood), et *Sphaeroidothyris* cf. *balinensis*

(Neum. & Uhlig). Les échinides sont représentés par cinq espèces : Clavel (1989) a déterminé *Pygurus meslei* Gauthier et trois autres connues également dans les membres Krechem el Miit et Ksar Haddada : *Monodiadema cotteaui* de Lor., *Hypodiadema zeguellense* Gauthier, *Rhabdocidaris durandi* Gauthier ; dans le nouveau matériel, J. Thierry a reconnu *Pygurus* (*Mepygurus*) *marmonti* Beaudoin.

La découverte d'un *Pachyerymnoceras* à la base du membre Ghomrassène de la formation Fom Tataouine vient compléter celles, plus nombreuses, du membre Krechem el Miit, ce qui nous amène à revoir l'âge de cette unité attribuée en partie au Callovien moyen par Ben Ismail et al. [4] et Mette [37]. La faune associée, en particulier les brachiopodes, oblige à reposer la question de l'âge du membre Ksar Haddada.

3. Discussion

3.1. Les faunes de *Pachyerymnoceras* et l'âge du membre Krechem el Miit

3.1.1. Partie inférieure du membre Krechem el Miit

Dans la partie inférieure du membre Krechem el Miit, *Pachyerymnoceras* était cité « dans deux niveaux distants d'environ 6 m » [4], à quelques mètres de la base du membre. Un de ces niveaux a livré à Busson [8] un exemplaire attribué à *Erymnoceras*, détermination conservée par Peybernès et al. [39] qui datent ainsi leur faune 5 du Callovien moyen. Nous avons reconnu un troisième niveau à *Pachyerymnoceras*.

Ces trois niveaux ont livré quelques dizaines d'individus et fragments, uniquement des *Pachyerymnoceras*, à l'exclusion de *Erymnoceras*. Genre essentiellement sud-téthysien, *Pachyerymnoceras* apparaît

en Europe seulement au Callovien supérieur (Zones à Athleta et à Lamberti), représenté par la seule espèce-type, *P. jarryi* (Douv.). Sur la marge sud de la Téthys, le genre est connu dès le Callovien moyen, Zone à Coronatum (Sous-zone à Villanyensis) en Algérie occidentale [34]. La diversité des formes est plus grande dans le Moyen-Orient ([19, 33]; Enay & Mangold, matériel inédit du G. Maghara) et en Arabie Saoudite, avec des formes inédites [14, 16], mais elles sont moins bien corrélées avec la zonation européenne. Les *Pachyerymnoceras* du membre Krechem el Miit de Tunisie sont proches des espèces algériennes (*P. saidense*, *kmerense*) de la partie inférieure (Sous-zone à Trezeense) de la Zone à Athleta; c'est cette datation qui est retenue pour la partie inférieure du membre Krechem el Miit, qui débiterait dès la base du Callovien supérieur.

3.1.2. Partie supérieure du membre Krechem el Miit

Dans la partie supérieure, *Pachyerymnoceras* est présent, bien que moins fréquent, avec un exemplaire attribué à *P. cf. philbyi* (Ark.). Récolté en éboulis, il est replacé près du toit des calcaires et marnes de Krechem el Miit (= F 6 in [39]), mais placé plus tard à 36 m sous la barre de Ghomrassène [29]. Après visite du site par l'un d'entre nous (R.E.), il proviendrait des niveaux supérieurs au-dessous du niveau repère à stromatopores reconnu au nord et au sud de Tataouine. Dans la région type, en Arabie, *P. philbyi* est une espèce du sommet de la formation Dhurma (D7) et de la base de la formation Tuwaiq (T1) datés du Callovien moyen [3, 15, 16, 26]; elle serait également présente en Israël, selon Gill et al. [19] et c'est parce qu'il limite le genre au Callovien supérieur que Lewy [33] donne cet âge à l'espèce. L'exemplaire de Tunisie n'appartient pas à l'espèce, mais au groupe de formes décrit de la Zone à Athleta en Algérie par Mangold [34].

Le «deuxième niveau à ammonites» de Busson [8], dans le «haut de la série» de la coupe type de Krechem el Miit (approximativement le niveau de l'exemplaire trouvé par Kamoun?) a livré «deux fragments d'ammonites», décrits par Collignon [11] du gisement 364 [9, 11], dont la position est indiquée par Busson [8, (Fig. 3)], à environ 20 m sous la barre du calcaire de Ghomrassène : *Peltoceras* aff. *trifidum* (Qu.) et «*Ochetoceras*» sp. ind., certainement un *Pseudoclydonoceras* (= *Levanticeras* Lewy), genre créé pour des formes d'Arabie Saoudite [3]. *P. aff. trifidum* est une espèce européenne, connue par des exemplaires isolés sur la marge sud de la Téthys, au Moyen-Orient [19, 33] et en Arabie Saoudite (matériel inédit cité in [36]). En Europe, *P. trifidum* est une espèce du Callovien supérieur, dans la partie

supérieure de la Zone à Athleta. C'est l'âge retenu pour la partie supérieure du membre Krechem el Miit.

3.2. L'âge des membres Ghomrassène et Ksar Haddada

3.2.1. L'ammonite nouvelle de G1

L'ammonite nouvelle de G1 est une forme de *Pachyerymnoceras* encore inconnue en Algérie, mais bien représentée au Moyen-Orient et en Arabie Saoudite, également attribuée à *Pachyerymnoceras* [16] ou à *Pachyceras* [33], et même placée dans la synonymie de l'espèce européenne *P. lalandeanum* [19].

P. spathi est décrit par Lewy [33] de Makhtesh Hatira (ou Hamakhtesh Hagadol) de la base de la formation Matmor de Goldberg [20], emend. Hirsch & Roded [24] (= membre Matmor de la formation Beersheva, in Lewy [33]; = membre non nommé in Picard et Hirsch [40]) (Tableau 2). Elle est datée de la Zone à Athleta par la faune associée, d'abord *P. trifidum*, puis des hectocératidés et *P. solidum* Spath (= *Paraspidoceras* sp. Lewy [33], un fragment de tour renommé *Peltoceras pachygaster* par Gill et al. [19]), retenu comme espèce indice pour la province arabe par Enay et Mangold [16].

En Arabie, *P. spathi* fait partie d'une collection réunie par le Dr G.A. Al-Asa'ad, de l'université King Saoud de Riyad, remplacée par D. Vaslet (in Manivit et al. [36, (p. 361)]) (cf. [16]) à la base du membre T3 de la formation Tuwaiq, où le genre était connu seulement par quelques exemplaires mal conservés de *Pachyerymnoceras* «à section tectiforme et subcarénée» [14]. L'association comprend également *Peltoceras trifidum* et *P. solidum*.

En Égypte (G. Maghara, N. Sinäi), *P. spathi* (et/ou formes affines) a été trouvé (R.E. et C.M., matériel inédit) au sommet de la formation Aroussiah Al Far [1] emend. Hirsch [24], sous la discontinuité et les marnes à fossiles pyriteux de la formation Tauriat [24], datées de l'Oxfordien inférieur, de même âge que la formation Majdal Shams du Mont Hermon (Syrie) [21]. La corrélation avec la formation Kidod du N. Negev, connue seulement en forage (Goldberg et al., 1971 in Picard & Hirsch [40]) [33, 38, 40] n'est plus justifiée selon Hirsch [24, 25] (Tableau 2). *P. spathi* est associé à *P. solidum*, fréquent, et la faune illustrée par Lewy [33], dont *Distichoceras bicostatum* et *Euaspidoceras* sp., qui donnent à cette faune un caractère plus récent que la faune du membre T3 de la formation Tuwaiq, mais toujours dans la Zone à Athleta, peut-être à la limite entre Athleta et Lamberti (cf. [19]).

Un autre argument est que la formation Aroussiah développe des biohermes à coraux [28, 30, 45] placés dans la formation Masajid de Al Far [1], donnée globalement du Callovien–Kimméridgien. Situés sous

Tableau 2. Corrélation proposée pour le Bathonien–Callovien du Sud tunisien et du Moyen-Orient.

Table 2. Proposed correlation of the Bathonian–Callovian stages of southern Tunisia and of the Middle East.

Age	SUD TUNISIEN	ARABIE	EGYPTE, Sinaï (G. Maghara)		ISRAËL (Hamakhtesh Hagadol)										
	Ce travail	Enay et al., 1987 Manivit et al., 1990 (modifié)	Al Far, 1966	Hirsh & Roded 1996	Lewy, 1983		Hirsh & Roded 1996								
					Picard & Hirsh, 1987	Goldberg 1963									
OXF.	MERBAH EL ASFER	HANIFA		TAURIAT	“KIDOD”	Unnamed	BEERSHEVA								
C A L L O V I E N supérieur	FOUM TATAOINE	TUWAIQ	M A S A J I D	A R O U S I A H (Callovien à Kimméridgien)	A R O U S I A H	M A S A J I D	M A S A J I D								
								Ksar Haddada	T3		Matmor	BEERSHEVA	MATMOR		
								Ghomrassen	4	T2	A R O U S I A H	M A S A J I D	M A S A J I D	M A S A J I D	M A S A J I D
									3						
									2						
									1						
								Khechem el Miit	T2		Z O H A R	Unnamed Madsus Unnamed	KIDOD	Madsus	
								Beni Oussid 2	T1		Z O H A R	Tsia		Ziyya	
								Beni Oussid 1	D6	D5	Kehailia	K E H A I L I A	U S H E R I F	L	Z O H A R
BATHONIEN	TECHOUT	DHRUMA				Lower Mb									
						Parties de la série non accessibles à l’affleurement									
						Pachyerymnoceras spathi (Lewy)									

les niveaux datés de la Zone à Solidum et la discontinuité au toit de la formation Aroussiah, ces biohermes sont certainement calloviens, comme ceux connus en Arabie Saoudite, dans les membres T2 et T3 de la formation Tuwaiq. L’âge callovien des biohermes à coraux du G. Maghara interdit absolument de les corréler avec ceux de la partie supérieure de la formation Hanifa (H2) d’Arabie Saoudite, comme il semble que cela a été fait dans la carte du Kimméridgien inférieur de l’Atlas Peri-Tethys [46], sans doute à partir de Manivit et al. [36]. L’âge des biohermes de H2 est plus sûrement Oxfordien supérieur, d’après la faune d’ammonites et de nautilus de la base de la formation Jubaila sus-jacente [14, 16].

En toute rigueur, seule l’unité G1 du membre Ghomrassène est datée, ce qui suffit à rejeter l’existence de la lacune envisagée par Walley [47] à la limite des membres Krechem el Miit et Ghomrassène,

liée à une émergence interprétée à partir d’un horizon de calcrète déjà remis en cause par Ben Ismail et M’Rabet [5]. La faune associée et la datation du membre Ksar Haddada apportent la confirmation souhaitée.

3.2.2. Les échinides et les brachiopodes

Les échinides et les brachiopodes comptent plusieurs espèces communes avec les membres Krechem el Miit et Ksar Haddada, tandis qu’un âge Callovien supérieur était déjà proposé pour le membre Ksar Haddada [4], dont les faunes sont très proches de celles du membre Krechem el Miit, avec les mêmes espèces de nautilus (*Paracenoceras marocense* Miller & Collinson), de brachiopodes (*Bihenithyris weiri* Muir-Wood, *Kutchirhynchia indica* d’Orb.), d’échinides (*Monodiadema coteau* de Lor., *Hypodiadema zeguellense* Gauthier, *Rhabdocidaris durandi* Gau-

thier) et d'ostracodes (*Praeschuleridea* aff. *quadrata* Bate, *Eoschuleridea* aff. *trigonalis* Jones, *Progonocythere* sp. 1 et *Paranotacythere* sp. 1).

Les trois unités ont ainsi en commun plusieurs espèces de brachiopodes des associations 4 (*Bihenithyris barringtoni*) et 5 (*Bihenithyris weiri*, *Kutchirhynchia indica*) distinguées par Alméras [2] en Arabie Saoudite où elles caractérisent les membres T2 et T3 de la formation Tuwaiq, ce dernier daté de la Zone à *Solidum* [16]. Bien que moins abondante et diversifiée, la faune de la formation Hanifa sus-jacente est totalement différente. Parmi les échinides, seul *P. marmonti*, connu en Europe du Callovien moyen-supérieur, donne une indication d'âge ; les espèces communes aux trois membres sont des formes décrites et citées uniquement de Tunisie. L'âge Callovien supérieur du membre Ghomrassène est bien établi par les nouvelles faunes et par la confirmation de l'âge du membre Ksar Haddada.

3.3. Comparaison dans le cadre tunisien et avec le Moyen-Orient

La datation du Callovien supérieur du terme moyen et des termes supérieurs de la formation Fom Tataouine, obtenue grâce à des faunes d'affinités arabiques, autorise des comparaisons dans le cadre de la Tunisie et avec le Moyen-Orient, en particulier l'Arabie Saoudite. Il n'est pas possible de faire des corrélations plus précises en l'absence d'une analyse séquentielle détaillée des séries de Tunisie et d'Arabie.

3.3.1. Dans le cadre de la Tunisie

Dans le Sud tunisien, au mur de la formation Fom Tataouine, les épandages détritiques avec influences continentales de la formation des grès de Techout représentent un intervalle régressif, mal daté, que tous les auteurs s'accordent à attribuer au Bathonien (Tableau 1). La formation Fom Tataouine correspond au retour du régime marin, par une série d'oscillations, toujours avec des environnements de milieux relativement peu profonds. Elle représente la partie transgressive d'un cycle de deuxième ordre (cycle T/R8 de Jacquin et al. [27]), qui débute avec les membres Beni Oussid 1 et 2, datés du Callovien inférieur-moyen par Mette [37], peut-être déjà Bathonien supérieur en partie pour Peybernès et al. [39]. La partie inférieure du membre Krechem el Miit, avec les niveaux les plus riches en faunes et ammonites, témoigne d'un net approfondissement. La partie supérieure du membre Krechem el Miit, le membre Ghomrassène et les faciès de lagon du membre Ksar Haddada représentent le haut niveau marin. Le calcaire de Ghomrassène présente une large extension vers le sud, où il repose sur les faciès sableux du membre Krechem el Miit.

Cette évolution de la sédimentation dans le Sud tunisien peut être reliée à celle connue dans les autres

parties de la Tunisie. Dans les environnements plus ouverts de Tunisie centrale (axe nord-sud), la transgression callovienne sur le craton saharien se marque par la reprise générale de la sédimentation au Callovien supérieur (Zone à *Athleta*) et le développement de faciès condensés à glauconie [41]. Le long hiatus sous-marin qui précède (Bathonien moyen à Callovien moyen) répond à la situation de haut-fond (môle du Nara) de l'axe nord-sud [44]. Sauf une lacune probable à la limite Callovien-Oxfordien, le Callovien est complet et épais au J. el Haouareb, plus réduit, avec apparition du faciès Ammonitico Rosso au Callovien moyen-supérieur dans la Dorsale [42–44]. En situation intermédiaire entre le craton et l'axe nord-sud, dans la Zone des Chotts, les travaux des pétroliers attribuent au Callovien supérieur (?) des niveaux reposant en débordement (*onlap*) sur différents terrains.

3.3.2. L'Arabie Saoudite et le Moyen-Orient

Les faciès paraliques bathoniens de la *Lower Sheriff Formation* [22, 40] et de la formation Safa (avec lignites exploités) [1, 40], ces derniers datés récemment de la base du Bathonien, Zone à *Tuwaiqensis* [15], représentent le même épisode régressif que la Fm. Techout du Sud tunisien (Tableau 2).

En Arabie, le membre D6 de la formation Dhurma, avec des faciès de plate-forme interne, renferme des faunes appauvries ou endémiques peu caractéristiques. *Dhrumaites*, genre d'ammonite connu uniquement en Arabie, est probablement bathonien, mais l'âge exact dans le Bathonien est discuté, de même que la place de la lacune probable dans l'intervalle D5–D7 [12–16, 35, 36] : Bathonien inférieur, d'après les nautilites identiques à ceux des niveaux sous-jacents bien datés ; Bathonien (moyen)–supérieur, d'après les brachiopodes, qui amorcent à ce niveau leur renouvellement de D7 [2].

Contrastant avec les faunes appauvries et peu caractéristiques de D6, l'unité D7 montre une ouverture des milieux, marquée par un renouvellement et une diversification des faunes, plus précoces pour les brachiopodes et le nannoplancton, plus tardifs (dans la partie supérieure de D7 = Hisyan) pour les ammonites, déjà avec des faunes du Callovien moyen (Zone à *Ogivalis* = Zone à *Coronatum*). Les premières faunes significatives de nanofossiles calcaires et ammonites, au sommet de la partie inférieure de D7 (= *Atash*), sont à la limite Callovien inférieur-moyen. La base n'est pas datée et peut représenter le Callovien inférieur (cf. [35]).

L'unité D7 marque ainsi le début du cycle D7–T3 (= séquence 3 de [31, 32, 36]). À partir de la région médiane (entre 26°50' et 24°50' N), où la série est la plus épaisse et la succession des faunes la plus complète, les différents termes de la formation Tuwaiq (T1 à T3) sont disposés en débordement

(*onlap*) vers le sud-est et, moins nettement, vers le nord-ouest [14, (Fig. 4), 32 (Fig. 5), 36 (Fig. 5 et planche couleur hors texte)]. La séquence 3 de Manivit et al. [36] représente l'intervalle transgressif et le haut niveau marin, d'âge Callovien inférieur à supérieur. Après réexamen des faunes de ces niveaux (R.E. & C.M.), les formes attribuées à *Erymnoceras* dans T2 et T3 sont douteuses et le genre est fréquent seulement dans D7 (Hisyan). Il est absent de T1, attribué avec doute du Callovien moyen. Le Callovien supérieur correspond aux membres T2 et T3. La large extension de T3 vers le sud, jusqu'à reposer sur le socle à la frontière du Yémen, est comparable à celle du membre Ghomrassène du Sud tunisien.

En Égypte (Nord Sinai) et en Israël, le même intervalle transgressif et le haut niveau marin correspondent à la formation Arousiah Al Far [1], emend. Hirsch [24] et aux formations Zohar et Matmor, respectivement.

4. Conclusion

Pachyerymnoceras cf. *spathi* (Lewy), la première ammonite découverte à la base du membre Ghomrassène, est une espèce du Callovien supérieur. L'âge du membre Krechem el Miit est revu, et il est daté également du Callovien supérieur. L'âge Callovien supérieur du membre Ksar Haddada est confirmé et la

barre du calcaire de Ghomrassène est donc du même âge. Au-dessus de l'épisode régressif de la formation Techout, la formation Tataouine représente le demi-cycle transgressif de deuxième ordre T/R8 de Jacquin et al. [27]. Avec les membres Beni Oussid 1 et 2, le membre Krechem el Miit appartient à l'intervalle transgressif qui se termine avec le calcaire de Ghomrassène et le membre Ksar Haddada, qui représentent les dépôts de la fin de l'épisode de haut niveau marin. Le demi-cycle régressif débute au-dessus avec les faciès subcontinentaux de la formation Merbah el Asfer.

Au Moyen-Orient, le même schéma correspond, pour l'épisode régressif, aux formations Safa (Égypte) et Sherif – sans doute au membre D6 de la Fm. Dhurma – en Arabie Saoudite et, pour la transgression callovienne, au membre terminal de la Fm. Dhurma (D7) et à la formation Tuwaiq en Arabie Saoudite, aux formations Arousiah en Égypte (Sinai), Zohar et Matmor en Israël. Dans ces trois régions, aux faciès carbonatés sont associés des biohermes à coraux. Une même situation paléogéographique en bordure du craton gondwanien, sur lequel se sont étalées des mers peu profondes avec des environnements favorables à l'expansion des faunes arabiques sur la marge sud de la Téthys (Tunisie, Algérie occidentale, Maroc), rend compte des affinités de faunes et de faciès du Sud tunisien avec l'Arabie Saoudite et le Moyen-Orient [21–23].

Remerciements. Nous remercions Y. Alméras et J. Thierry pour la détermination des brachiopodes et des nouvelles récoltes d'échinides, ainsi que B. Clavel, de qui sont reprises les déterminations des échinides non citées dans l'article de 1989 [4].

Références

- [1] D.M. Al Far, Geology and coal deposits of Gabal El-Maghara (northern Sinai), Geol. Surv. Egypt, Cairo 38 (1966) 1–59.
- [2] Y. Alméras, Les brachiopodes du Lias–Dogger, Paléontologie et biostratigraphie, Geobios, Lyon, M.S. 9 (1987) 13–65, 161–229.
- [3] W.J. Arkell, Jurassic Ammonites from Jebel Tuwaiq, Central Arabia. With a stratigraphic introduction by R.A. Bramkamp and M. Steineke, Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 634 (247) (1952) 252–324.
- [4] M. Ben Ismail, Y. Alméras, B. Clavel, P. Donze, R. Enay, M. Ghenmi, H. Tintant, Nouvelles données biostratigraphiques sur le Callovien et les faciès « purbecko-wealdiens » (Oxfordien à Vraconien) dans la région de Tataouine (Sud tunisien), Bull. Soc. géol. France, Paris (8) 5 (2) (1989) 363–370.
- [5] M. Ben Ismail, Les bassins mésozoïques (Trias à Aptien) du sud de la Tunisie: stratigraphie intégrée, caractéristiques géophysiques et évolution géodynamique, thèse, université Tunis-2, 1991, 147 p.
- [6] M. Ben Ismail, A. M'Rabet, Evaporite, carbonate, and siliciclastic transitions in the Jurassic sequences of southern Tunisia, Sediment. Geol. 66 (1990) 65–82.
- [7] S. Bouaziz, Étude de la tectonique cassante dans la plate-forme et l'Atlas saharien (Tunisie méridionale): évolution des paléochamps de contraintes et implications géodynamiques, thèse, université Tunis-2, 1995, 485 p.
- [8] G. Busson, Sur les gisements fossilifères du Jurassique moyen et supérieur du Sahara tunisien, Ann. Paléontol. (Invertébrés) 1 (1) (1965) 30–42.
- [9] G. Busson, Le Mésozoïque saharien. 1^{ère} partie: l'Extrême-Sud tunisien, in: Géologie, Vol. 8, CNRS, Paris, 1967, 204 p.
- [10] G. Busson, Mesozoic of southern Tunisia, in: Guidebook to the Geology and History of Tunisia, Petrol. Explor. Soc. of Libya, 9th Annual Field Conf., 1967, pp. 132–151.
- [11] M. Collignon, Sur quelques céphalopodes du Jurassique du Sud tunisien, Ann. Paléontol. (Invertébrés) 51 (1965) 47–48.
- [12] F. Depêche, Y. Le Nindre, J. Manivit, D. Vaslet, Le Jurassique d'Arabie Saoudite centrale: systématique, répartition stratigraphique et paléogéographique, Geobios, Lyon, M.S. 9 (1987) 231–275.
- [13] R. Enay, C. Mangold, Première zonation par ammonites du Jurassique d'Arabie Saoudite, une référence pour la province arabique, Geobios, Lyon, M.S. 19 (1994) 161–194.
- [14] R. Enay, Y.-M. Le Nindre, C. Mangold, J. Manivit, D. Vaslet, The Jurassic of central Saudi Arabia: new data on lithostratigraphic units, palaeoenvironments, ammonite faunas, ages and correlations, Deputy Ministry Miner. Res., Jiddah, Technical Record BRGM-TRO6-3, 1986, 65 p.

- [15] R. Enay, Y.-M. Le Nindre, C. Mangold, J. Manivit, D. Vaslet, Le Jurassique d'Arabie Saoudite centrale: nouvelles données sur la lithostratigraphie, les paléoenvironnements, les faunes d'Ammonites, les âges et les corrélations, *Geobios*, Lyon, M.S. 9 (1987) 13–65.
- [16] R. Enay, C. Mangold, Y.M. Abu Kammar, A.M. Kassab, The Jurassic of G. Maghara (N. Sinai, Egypt). Preliminary results, in: *Peri-Tethys Progr. Annual Meet.*, Rabat, Abstracts, 1997, 2 p.
- [17] S. Freneix, Les bivalves du Jurassique moyen et supérieur du Sahara tunisien (Arcacea, Pteriacea, Pectinacea, Ostracea), *Ann. Paléontol. (Invertébrés)* 51 (1965) 47–48.
- [18] S. Freneix, G. Busson, Sur les faunes de Bivalves du Jurassique moyen et supérieur du Sahara tunisien, *C. R. Acad. Sci. Paris* 267 (1963) 1632–1634.
- [19] G.A. Gill, J. Thierry, H. Tintant, Ammonites calloviennes du Sud d'Israël: systématique, biostratigraphie et paléobiogéographie, *Geobios*, Lyon 19 (6) (1985) 705–751.
- [20] M. Goldberg, Reference section of Jurassic in Hamakhtesh Hagadol (Kurnub Anticline). Detailed binocular sample description, including field observations, Unpubl. Int. Rep., Oil Division, Geol. Surv. Isr., Jerusalem, 1963, 50 p.
- [21] O. Haas, Revision of the Jurassic Ammonite Fauna of Mount Hermon, Syria, *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, New York 108 (1) (1955) 1–220.
- [22] F. Hirsch, Sur l'origine des particularismes de la faune du Trias et du Jurassique de la plate-forme africano-arabe, *Bull. Soc. géol. France* (7) 19 (2) (1976) 544–552.
- [23] F. Hirsch, Geology of the southeastern slope of Mount Hermon, *Geol. Surv. Isr., Curr. Res.*, Tel Aviv 10 (1996) 24–27.
- [24] F. Hirsch, R. Roded, The Jurassic stratigraphic nomenclature in Hamakhtesh Hagadol, Northern Negev, *Geol. Surv. Isr., Current Res.*, Tel Aviv 10 (1996) 10–14.
- [25] F. Hirsch, J.-P. Bassoullet, E. Cariou, B. Conway, H.R. Feldman, L. Grossowicz, A. Honigstein, E.F. Owen, A. Rosenfeld, The Jurassic of the southern Levant. Biostratigraphy, palaeogeography and cyclic events, in: S. Crasquin-Solleau, E. Barrier (Eds.), *Peri-Tethys Memoir 4: Epicratonic basins of Peri-Tethyan platforms*, *Mém. Mus. Natl. Hist. Nat.*, Paris 199 (1998) 223–236.
- [26] R. Imlay, Some Jurassic Ammonites from Central Saudi Arabia, *US Geol. Surv., Washington, Prof. Pap.* 644-D, 1970, 19 p.
- [27] T. Jacquin, The North Sea cycle: an overview of 2nd-order transgressive/regressive facies cycle in western Europe, in: P.-C. de Graciansky, J. Hardenbol, T. Jacquin, P.R. Vail (Eds.), *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*, *Soc. Sediment. Geol., Spec. Publ.* 60 (1998) 476–476.
- [28] D.A. Jenkins, North and Central Sinai, in: R. Said (Ed.), *The Geology of Egypt*, *Egypt. Gen. Petrol. Co.*, 1990, pp. 371–390.
- [29] F. Kamoun, Le Jurassique du Sud tunisien, témoin de la marge africaine de la Téthys ; stratigraphie, sédimentologie et micropaléontologie, thèse 3^e cycle, université de Toulouse, 1988, 278 p.
- [30] M.T. Kerdany, O.H. Cherif Mesozoic, in: R. Said (Ed.), *The Geology of Egypt*, *Egypt. Gen. Petrol. Co.*, 1990, pp. 417–448.
- [31] Y.-M. Le Nindre, J. Manivit, D. Vaslet, Le Jurassique d'Arabie centrale, in: *Histoire géologique de la bordure occidentale de la plate-forme arabe*, Vol. 2, *Doc. BRGM*, 202, 1990, 290 p.
- [32] Y.-M. Le Nindre, J. Manivit, H. Manivit, D. Vaslet, Stratigraphie séquentielle du Jurassique et du Crétacé en Arabie Saoudite, *Bull. Soc. géol. France*, Paris (8) 6 (6) (1990) 1026–1035.
- [33] Z. Lewy, Upper Callovian Ammonites and Middle Jurassic geological history of the Middle East, *Isr. Geol. Surv. Bull.*, Jerusalem 76 (1983) 1–56.
- [34] C. Mangold, Les *Pachyerymnoceras* (Pachycératidés, Périssphinctacés, Ammonites) du Callovien moyen et supérieur de la région de Saïda (Algérie occidentale). Origine phylétique et biogéographie des Pachycératidés, *Geobios*, Lyon 22 (5) (1988) 567–609.
- [35] H. Manivit, Distribution des nannofossiles calcaires du Jurassique moyen et supérieur en Arabie Saoudite centrale, *Geobios*, Lyon, M.S. 9 (1987) 277–301.
- [36] J. Manivit, Y.-M. Le Nindre, D. Vaslet, Le Jurassique d'Arabie centrale, in: *Histoire géologique de la bordure occidentale de la plate-forme arabe*, Vol. 4, *Doc. BRGM*, 202, 1990, 559 p.
- [37] W. Mette, Palaeoecology and palaeobiogeography of the Middle Jurassic ostracods of southern Tunisia, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 132 (1997) 65–111.
- [38] A. Parnes, Biostratigraphy of the Mahmal Formation (Middle and Upper Bajocian) in Makhtesh Ramon (Negev, Southern Israel), *Geol. Surv. Isr.*, Jerusalem 74 (1981) 55.
- [39] B. Peybernès, Y. Alméras, M. Ben Youssef, F. Kamoun, J. Mello, J. Rey, F. Zargouni, Nouveaux éléments de datation dans le Jurassique du Sud tunisien (plate-forme Saharienne), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 310 (1985) 113–119.
- [40] L. Picard, F. Hirsch, The Jurassic Stratigraphy in Israel and the Adjacent Countries, *Isr. Acad. Sci. Humanities*, Jerusalem, 1987, 106 p.
- [41] M. Soussi, R. Enay, C. Mangold, M.M. Turki, Datation par ammonites des séries et des discontinuités du Jurassique de l'Axe nord-sud (Tunisie centrale), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 323 (1991) 501–507.
- [42] M. Soussi, C. Mangold, R. Enay, M. Boughdiri, H. Ben Ismail, Le Jurassique inférieur et moyen de la Tunisie septentrionale; corrélations avec l'Axe nord-sud et paléogéographie, *Geobios*, Lyon 34 (4) (1999) 447–476.
- [43] M. Soussi, R. Enay, M. Boughdiri, C. Mangold, D. Zaghib-Turki, L'Ammonitico (formation Zaress) de la Dorsale tunisienne, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA* 339 (1999) 279–296.
- [44] M. Soussi, R. Enay, C. Mangold, M.M. Turki, The Jurassic events and their sedimentary and stratigraphic records on the Southern Tethyan margin in Central Tunisia, in: S. Crasquin-Solleau, E. Barrier (Eds.), *Peri-Tethys Memoir 5: New data on Peri-Tethyan sedimentary basins*, *Mém. Mus. Natl. Hist. Nat.*, Paris 192 (2000) 57–92.
- [45] E.E. Tawadros, *Geology of Egypt and Lybia*, Balkema, Rotterdam, Brookfield, 2001, 478 p.
- [46] J. Thierry, et al. (42 co-auteurs), Early Kimmeridgian (147 Ma), in: J. Dercourt, M. Gaetani, B. Vrielynck, B. Biju-Duval, M.-F. Brunet, J.-P. Cadet, S. Crasquin, M. Sandulescu (Eds.), *Atlas Peri-Tethys, Palaeogeographical Maps*, CCGM/CGMW, Paris, 2000, Map 10.
- [47] C.D. Walley, Depositional history of southern Tunisia and northwestern Lybia in Mid and Late Jurassic time, *Geol. Mag.* 123 (3) (1985) 244–257.