

Une succession de référence pour le Toarcien Moyen et Supérieur: les "Margas calcárias de São Gião" dans les environs de Cantanhede (sous-bassin nord lusitanien, Portugal)*

S. Elmi[†], R. Mouterde[†], R. B. Rocha¹ & L. Rulleau²

¹ Centro de Investigação em Geociências Aplicadas (CIGA), Universidade Nova de Lisboa, Campus de Caparica, P 2829-516 Caparica; rbr@fct.unl.pt

² Université Claude Bernard Lyon 1, U. F. R. des Sciences de la Terre, U.M.R. 5125, "PEPS", 27-43 boul. du 11 Novembre 1918, F 69622 Villeurbanne Cedex; louis.rulleau@wanadoo.fr

Resumo

Palavras-chave: Cronostratigrafia, Liásico, Toarciano, amonites, Cantanhede, Portugal, Bacia Lusitaniana

Os perfis geológicos realizados no sector de São Gião (região de Cantanhede) permitiram o estabelecimento de uma sucessão clara das associações de amonites durante o Toarciano Médio e Superior (Formações "Margas calcárias de São Gião" e "Calcários margosos de Póvoa da Lomba"). As recolhas fossilíferas foram realizadas ao longo de 40 anos, numa unidade calcário-margosa muito espessa e fossilífera, apesar da aparente monotonia das fácies.

A sucessão de amonites permite o estabelecimento e/ou a verificação de um certo número de elementos biostratigráficos, dos quais se salientam:

- o carácter tetisiano da fauna desde a zona de Gradata até à de Meneghinii; esta diferenciação começa com a ocorrência de *Collina*, *Crassiceras* e *Furloceras* da zona de Gradata;
- a sucessão de *Osperleioceras*, com a ligação entre as formas "caussenardes" (*O. reynesi*, *O. authelini*) e as da Argélia (*O. nadorensis*, *O. matteii*), que se situa no início da zona de Aalensis;
- a sucessão de Hammatoceratinae: *H. roubanense* (z. de Gradata), *H. bonarellii* (z. de Bonarellii), *H. speciosum* (sous-zone de Speciosum), seguidos por *Crestaites meneghinii* (s.-z. de Reynesi e z. de Meneghinii); os *Pseudaptetoceras* aparecem em seguida (z. de Aalensis).

A evolução dinâmica do sector está caracterizada pela persistência da sedimentação margosa durante a zona de Meneghinii, em relação provável com o jogo paleoestrutural do eixo meridiano Arunca-Montemor.

Résumé

Mots-clés: Chronostratigraphie, Lias, Toarcien, ammonites, Cantanhede, Portugal, Bassin Lusitanien

Les coupes levées dans le secteur de São Gião (région de Cantanhede) ont permis d'établir une succession précise des relais des associations d'ammonites pendant le Toarcien Moyen et Supérieur (Formations des "Margas calcárias de São Gião" et des "Calcários margosos de Póvoa da Lomba"). Les récoltes ont été réalisées tout au long d'une période de 40 ans, dans une puissante unité calcaréo-marneuse, richement fossilifère, malgré son épaisseur et l'apparente monotonie du faciès.

La succession des ammonites permet d'établir ou de vérifier de nombreuses données biostratigraphiques, en particulier:

le caractère téthysien de la faune depuis la zone à Gradata jusqu'à celle à Meneghinii; cette différenciation commence avec les *Collina*, *Crassiceras* et *Furloceras* de la zone à Gradata;

* Trabalho terminado no âmbito do Programa FCT / MCT - POCTI/36438/Pal 2000 BIOSCALES

- la succession des *Osperleioceras* avec le relais entre les formes “caussenardes” (*O. reynesi*, *O. authelini*) et celles d’Algérie (*O. nadorensis*, *O. matteii*) qui se place au début de la zone à Aalensis;
- la succession des Hammatoceratinae: *H. roubanense* (z. à Gradata), *H. bonarellii* (z. à Bonarellii), *H. speciosum* (sous-zone à Speciosum), suivis par *Crestaites meneghinii* (s.-z. à Reynesi et z. à Meneghinii); les *Pseudaptetoceras* viennent ensuite (z. à Aalensis).

L’évolution dynamique du secteur est caractérisée par la persistance de la sédimentation marneuse pendant la zone à Meneghinii, en relation probable avec le jeu paléostrucural de l’axe méridien Arunca-Montemor.

Abstract

Key-words: Chronostratigraphy, Liassic, Toarcian, ammonites, Cantanhede, Portugal, Lusitanian Basin

The geological sections studied at the São Gião sector (Cantanhede region) have allowed the establishment of a clear succession of ammonite associations during the Middle and Upper Toarcian (“Margas calcárias de São Gião” and “Calcários margosos de Póvoa da Lomba” Formations). The fossil collections were gathered over the last 40 years and, in spite of the apparent facies monotony, come from a thick and fossiliferous marly-limestone unit.

The ammonite succession allows the establishment and/or verification of a certain number of biostratigraphical elements, of which are worthy of mention:

- the tethyan character of the fauna from the Gradata to the Meneghinii Zones; this differentiation starts with the occurrence of *Collina*, *Crassiceras* and *Furloceras* of the Gradata Zone;
- the succession of *Osperleioceras*, with the connection between the “caussenardes” (*O. reynesi*, *O. authelini*) forms and those from Algeria (*O. nadorensis*, *O. matteii*), which is placed at the beginning of the Aalensis Zone;
- the succession of Hammatoceratinae: *H. roubanense* (Gradata Z.), *H. bonarellii* (Bonarellii Z.), *H. speciosum* (Speciosum Sub-zone), followed by *Crestaites meneghinii* (Reynesi Sub-zone and Meneghinii Z.); *Pseudaptetoceras* appear next (Aalensis Zone).

The dynamic evolution of the sector is characterized by the persistence of marly sedimentation during the Meneghinii Zone, in probable relation to the paleostrucural play of the Arunca-Montemor meridian axis.

A – Introduction

Au Sud de Cantanhede et à l’Ouest de Coimbra, le Toarcien du sous-bassin nord lusitanien (SOARES & al., 1993) affleure selon une bande large d’environ 1 km. A proximité immédiate du bourg, les cultures gênent l’observation des couches à dominante marneuse (“Margas calcárias de São Gião” surmontées par les “Calcários margosos de Póvoa da Lomba”). Des levés précis étaient possibles dans les ravins qui se situent à 5 km au SSW de l’agglomération près du signal géodésique et du réservoir de São Gião (fig. 1) où ces assises ont fait l’objet de fouilles depuis 1964. De rapides résumés ont été présentés (ELMI & al., 1991; MOUTERDE & al., 1979, 1998). Les résultats ont été utilisés dans la notice explicative de la feuille 19-A (Cantanhede) de la carte géologique du Portugal, à l’échelle 1 / 50 000, dans laquelle ont été aussi définies les principales unités lithostratigraphiques (BARBOSA & al., 1988). La partie terminale du Toarcien (= base des Calcaires marneux de Póvoa da Lomba) (MOUTERDE & al., 1998, fig. 1) a été décrite par M. H. HENRIQUES (1992, 2000).

Les différents affleurements permettaient d’établir une succession continue de la formation grâce à quelques repères qui interrompent la monotonie de la sédimentation marneuse. Les raccords nécessaires ont

provoqué l’utilisation d’une double numérotation dans la coupe principale SGA (220-225 pour la partie inférieure et 120-135 pour la partie supérieure). Des localités voisines montrent des profils plus faciles à relever et qui ont servi de base à l’interprétation séquentielle de L. DUARTE (1995) mais São Gião est certainement la coupe qui a livré la faune la plus abondante et la plus intéressante. La biostratigraphie peut être établie sur un matériel généralement abondant mais souvent légèrement déformé (partie inférieure) ou pyriteux et de petites dimensions (partie supérieure). Les données obtenues permettent de vérifier et de confirmer la validité des échelles biostratigraphiques utilisées pour le Toarcien en domaine téthysien avec les particularités des bassins “périatlantiques” auxquels se rattache le Bassin lusitanien (ELMI & al., 1994a, 1997; MOUTERDE & ELMI, 1991).

L’étude du secteur de São Gião est aussi primordiale pour comprendre la dynamique de la marge orientale du sous-bassin nord lusitanien. Ce dernier constitue pendant le Toarcien un hemi-graben en voie d’approfondissement et dessinant un ombilic ou une gouttière s’enfonçant d’Est en Ouest. São Gião se place au pied de sa limite occidentale qui est constituée par la dorsale subméridienne Arunca-Montemor (SOARES & al., 1993). La dynamique sédimentaire (DUARTE, 1995) se traduit par des oscillations dans le taux et la nature de

la sédimentation, ce qui peut être comparé non seulement avec d'autres localités lusitaniennes mais aussi avec ce qui est connu ailleurs en Téthys occidentale (Maroc en particulier).

Malheureusement de récents travaux (2002) de terrassement ont bouleversé la plus grande partie des affleurements et la succession de la coupe SGA n'est plus observable; en 2006, aucune observation n'est possible.

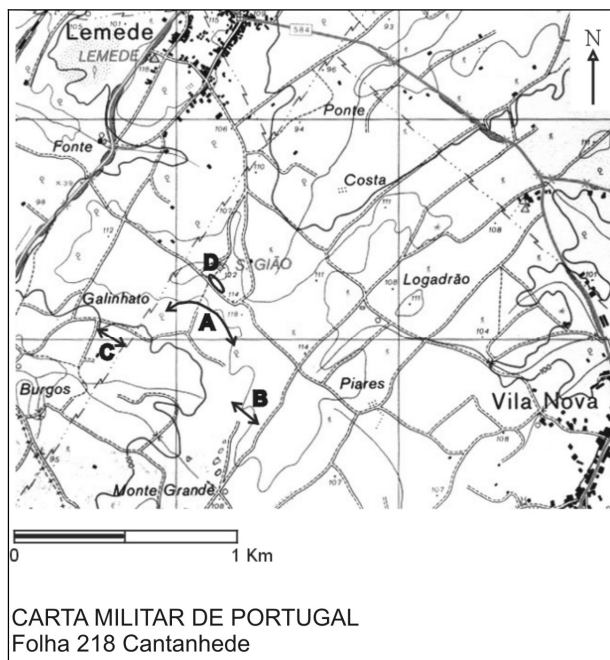


Fig. 1 – Situation géographique des différentes coupes (A – D) du Toarcien Moyen et Supérieur de la région de S. João, aux environs de Cantanhede.

B – Description des coupes et succession des associations d'ammonites

1. Coupe SGC (fig.1, 2). Elle débute au Sud de Galinhato et montre une vingtaine de mètres de marnes et de calcaires argileux ponctués de pyrite limonitisée, organisés en plusieurs rythmes (7 ou 8), terminés par des bancs décimétriques mieux délimités et plus continus, parfois chargés en bioclastes.

Zone à *Gradata*, sous-zone à *Gemma*:

- à 2 m au-dessus de la base (C1), au sommet de la première alternance calcaréo-marneuse: *Polyplectus* sp.;
- à 4,50 m de la base (C2 sommet), on observe des ichnofossiles (*Zoophycos*) indiquant un ralentissement de la sédimentation (OLIVERO, 1994): *Osperleioceras* (*Pseudopolyplectus*) *bicarinatum* (ZIETEN), *Telodactylites* sp., *Collinites* sp., *Paroniceras sternale* (BUCH);
- à 7 m de la base (C3): *Pseudomercaticeras* (*Crassiceras*) gr. *gradatum* (MERLA), *Furloceras* sp. et *Collina* sp.;
- à 8 m (C4): *Furloceras* gr. *chelussii* (PARISCH & VIALE), abondants spécimens de grande taille;

- à 10,50 m (C5): *Phylloceras* sp., *O. (P.) bicarinatum*, *Furloceras erbaense* (HAUER), juv., *Paroniceras* sp., forme de grande taille, *Telodactylites?* sp., *Collina* sp.;
- à 12 m (C6): *Polyplectus* sp., “*Geczyeras*” *costatum* (GABILLY), *Paroniceras* sp., *Osperleioceras* sp., *Collina* sp., Pectinidés;
- à 13/14 m (C7): *Lytoceras* sp., *O. (P.) bicarinatum*;
- à 16 m (C8a): *O. (P.) bicarinatum*, *Osperleioceras* sp.;
- à 16,50 m (C8b): *Pseudogrammoceras aratum* (BUCKMAN);
- à 17 m (C9): *P. aratum* [Pl. 2, fig. 2]¹, abondant, *P. subregale* PINNA, *Podagrosites bodei* (DENCKMANN), *Paroniceras* sp., *Polyplectus* sp., *Dactylioceratidae*, fragments, *Aequipecten* sp., rhynchonelles;
- à 18/18,50 m (C10): *Cenoceras* sp., *P. (Crassiceras)* sp., *Pseudogrammoceras* sp., *O. (P.) bicarinatum*, *Osperleioceras* sp., *Discohelix* (?) sp.;
- au sommet, à 20m (C12): *P. (Crassiceras)* sp., *Pseudogrammoceras subregale*, *O. (P.) bicarinatum*, *Osperleioceras* sp., fragments, *Polyplectus* sp., *Hammatoceras* sp. juv., *Dactylioceratidae* sp. indet., *Discohelix* sp., *Astarte* sp., *Entolium* sp., *Pecten* sp., *Aequipecten* aff. *barbatus* (SOWERBY).

On notera l'abondance des *Furloceras* en C4 et C5 associés encore à des *Telodactylites* et *Collinites*, puis les premiers “*Geczyeras*” (en C6) et le développement des *Pseudogrammoceras* à partir de C8b.

La faune associée semble montrer une légère diminution de la profondeur au cours de la sous-zone: les *Zoophycos* marquent un ralentissement de la sédimentation et des apports argileux; ensuite, on note que la faune benthique devient plus abondante.

2. Coupe SGD (fig. 1, 3). Elle a été levée autrefois dans une excavation temporaire le long du chemin rural en bordure des vignes situées à environ 50m au SW du signal de São João. Cet affleurement a maintenant disparu. En surface, on récolte des *Crassiceras*.

Zone à *Gradata*, sous-zone à *Alticarinatus*:

- à la base (D1): “*Geczyeras*” aff. *costatum* (GABILLY), plusieurs fragments;
- à environ 0,75 m de la base: *Hammatoceras roubanense* ELMI, *Pseudogrammoceras subregale*, *P. aratum* ;
- à 1,50 m (D2): *Osperleioceras* sp. juv.;
- à 3,50 m (D3): *Pseudogrammoceras* sp., *Collina* sp. juv.;
- à 5 m environ (D4): *Polyplectus* aff. *pluricostatus* HAAS, forme à côtes très fines, *Pseudogrammoceras* sp., *P. subregale*, *Podagrosites* sp., *P. (Crassiceras) gradatum*, *P. (Crassiceras)* sp.;
- à 7 m (D5): *Merlites* aff. *alticarinatus* (MERLA), abondant;
- à 7,30 m (D6): *O. (P.) bicarinatum*, *Merlites alticarinatus*, abondant et typique;

¹ Les références entre crochets [] renvoient aux figurations de cette note.

- à 7,60 m (D7): *M. alticarinatus*, abondant, mais à côtes fines dans les tours internes, *P. (Crassiceras) gradatum*, *P. (Crassiceras) gr. clausum* (MERLA);
- à 8 m (D8): *Hammatoceras* sp. juv. et globuleux, *Merlaites alticarinatus* [Pl. 2, fig. 5 a-b], abondant, *P. (Crassiceras) clausum* [Pl. 2, fig. 6 a-b], *Polyplectus* sp.;

- à 8,50 m (D9): *Merlaites alticarinatus*, *P. (Crassiceras) gr. gradatum*, *Polyplectus* sp., *Discohelix* sp.;
- entre 9 et 10 m (D10): *Hammatoceras* sp. aff. *clausum* GABILLY, forme de petite taille et avec un ombilic assez étroit, *Merlaites alticarinatus*, *P. (Crassiceras) gradatum*.

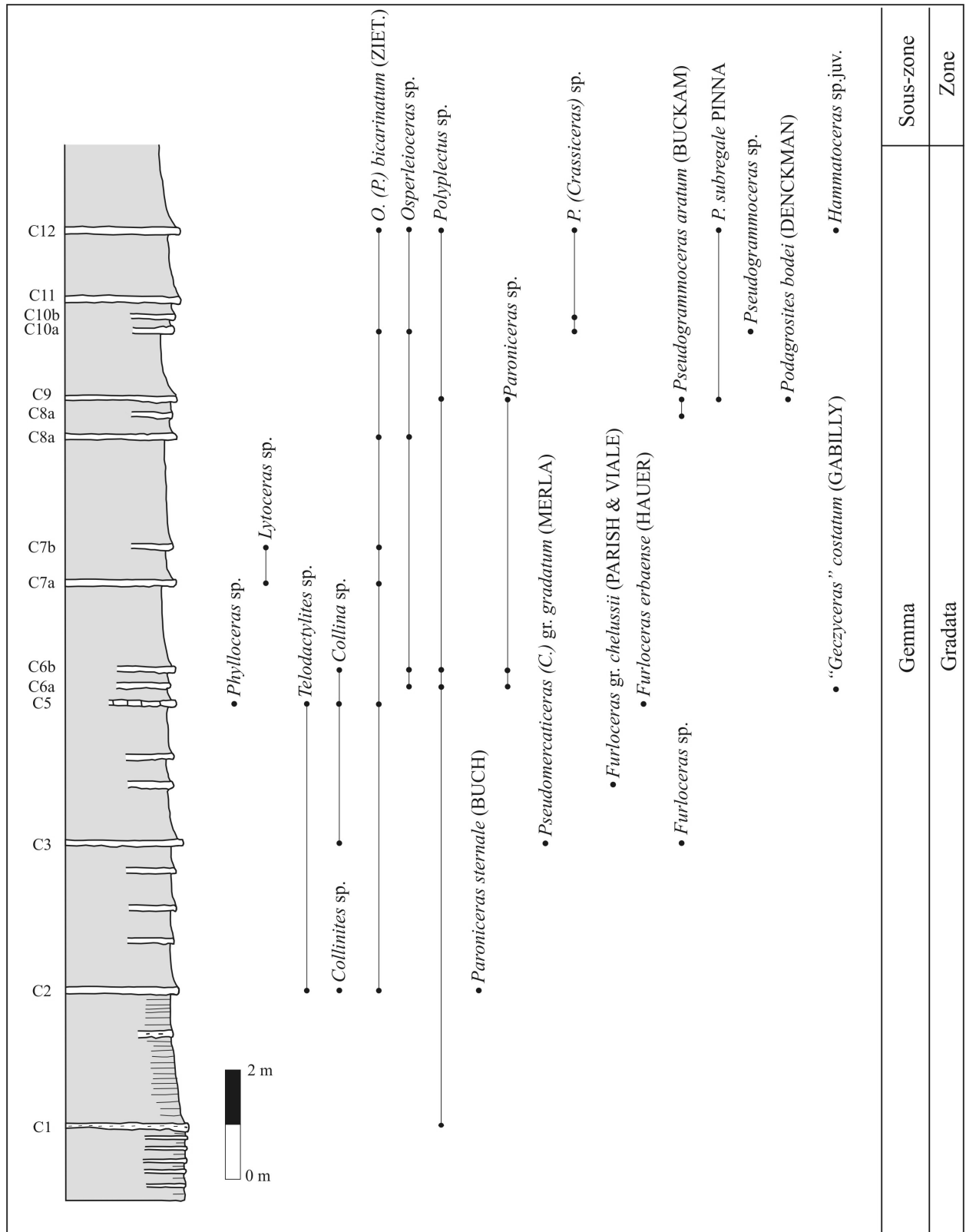


Fig. 2 – Coupe SGC; pour la localisation voir la Fig. 1.

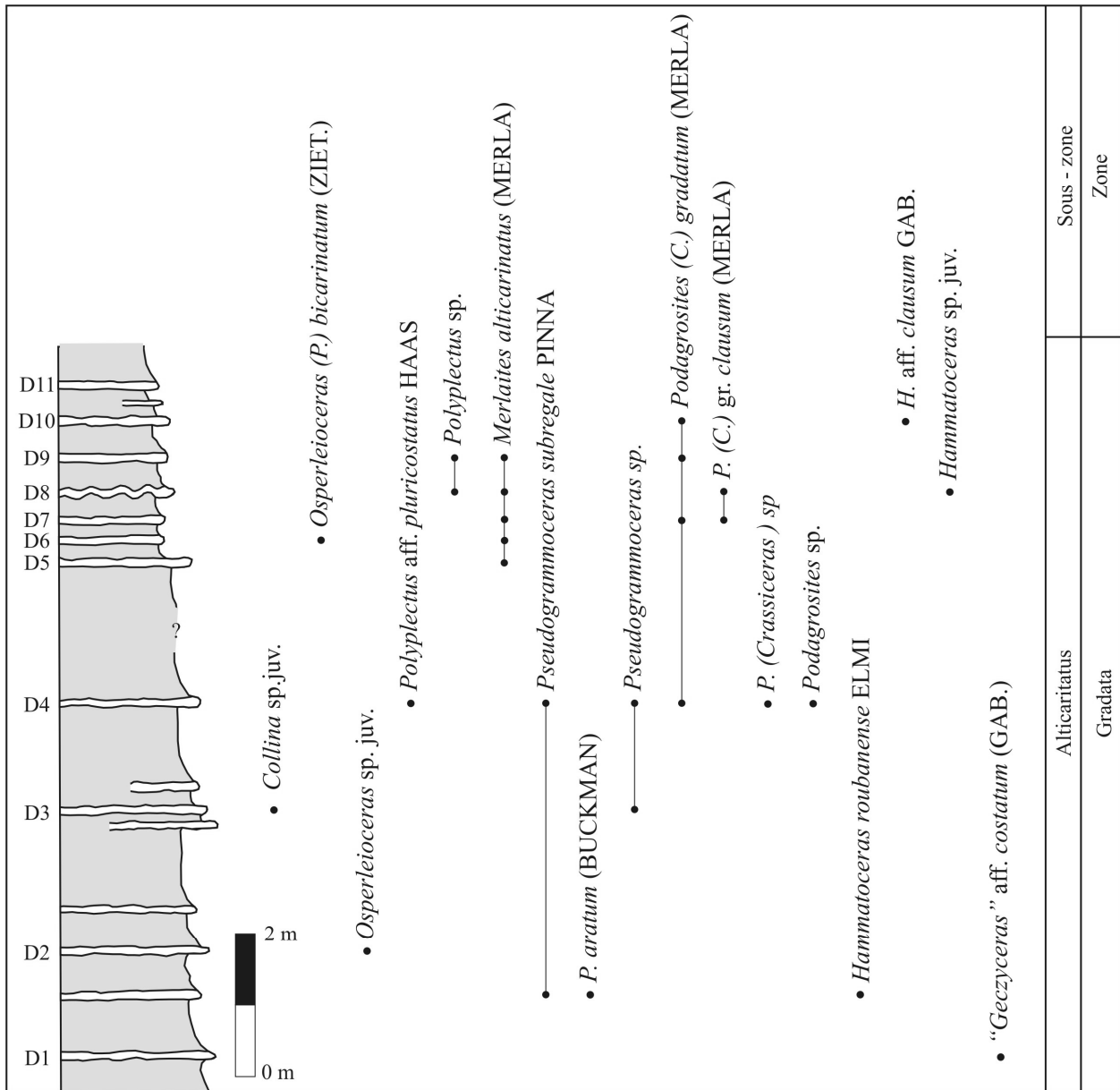


Fig. 3 – Coupe SGD; pour la localisation voir la Fig. 1.

L'abondance des ammonites et le fort développement des marnes, qui dominent l'alternance, indiquent que l'ensemble de la zone à Gradata s'inscrit dans un contexte de bassin relativement profond et probablement au maximum de profondeur enregistré au cours de la séquence MST3 (DUARTE, 1997).

3. Coupe SGA (fig.1, 4). Elle a été levée dans les friches plus ou moins ravineées situées au voisinage du chemin de Lemedé à Piares. Le pendage varie entre 12 et 18° vers l'ESE. La lacune d'observation entre les coupes SGD et SGA correspond à une épaisseur qui peut être évaluée à 10-12m.

3.1 – *La partie inférieure* (215 à 225 base) forme un ensemble argilo-calcaire d'une épaisseur d'environ 35m. C'est une alternance marnes-calcaires dominée par les

marnes avec, cependant, une dérive vers un pôle plus calcaire (stratocroissance) soulignée par l'abondance des coupoles boueuses à spongiaires (mud mounds; sommet de la séquence MST 3 de DUARTE, 1995). Tout en restant relativement profond, le bassin subit un début de comblement, moins sensible à São Gião que sur les bordures (DUARTE & al., 2000). Conformément à la description de ces auteurs, les coupoles se développent sur un support de micrite durcie; les spongiaires sont, à São Gião, surtout représentés par des spicules. Le développement des microbialites est modéré. En revanche, la colonisation par les formes macrobenthiques est bien développée et elle peut affecter des moules internes d'ammonoïdes. Ces caractères indiquent bien une tendance à un ralentissement de la sédimentation; l'apport argileux diminue à la fin de MST3. Le détail de la coupe, donnée ci-dessous, concerne surtout la succession paléontologique.

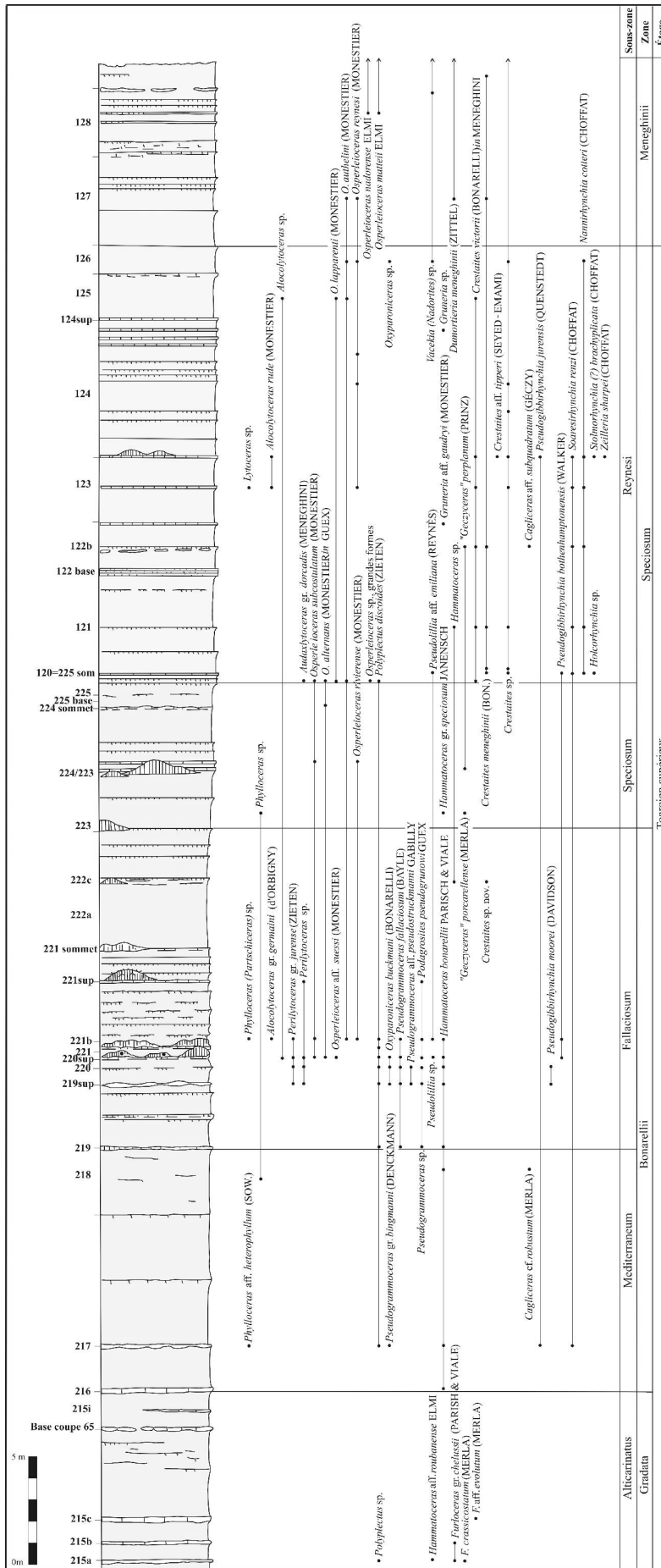


Fig. 4 – Coupe SGA; pour la localisation voir la Fig. 1.

Zone à Gradata, partie supérieure de la sous-zone à Alticarinatus:

- Alternance rapprochée de 3 minces bancs calcaires et de marnes en niveaux métriques (3 m):
 - à la base (215a): *Furloceras* gr. *chelussii*, *F. crassicostatum* (MERLA), *Hammatoceras* aff. *roubanense*, *Polyplectus* sp.;
 - à 1 m au-dessus de la base (215b): *F.* gr. *chelussii* (cloison figurée in ELMI & RULLEAU, 1995, p. 86, fig. 2-7);
 - à 2 m (215c): *Furloceras* aff. *evolutum* (MERLA), forme plus comprimée.
- Marnes admettant quelques bancs centimétriques de calcaires très argileux (5 m).

Zone à Bonarellii, sous-zone à Mediterraneum:

- Marnes coupées de bancs calcaires très espacés (8 m):
 - à la base (216): banc à surface brunâtre indiquant un bref ralentissement de la sédimentation, nombreux *Hammatoceras bonarellii* PARISCH & VIALE;
 - à 2 m (217): *Phylloceras* aff. *heterophyllum* (SOWERBY), à section plus comprimée, *H. bonarellii*, *Pseudogrammoceras* gr. *bingmanni* (DENCKMANN), *Polyplectus discoides* (ZIETEN). La faune comprend aussi des pectinidés et des brachiopodes: *Pseudogibbirhynchia jurensis* (QUENSTEDT), *Soaresirhynchia renzi* (CHOFFAT) in Y. ALMERAS (1994, p. 84, pl. 5, fig. 1-17, pl. 6, fig. 1-7).
- Marnes un peu plus calcaires (218) (3 m): *Phylloceras* sp. juv., *H. bonarellii*, *Cagliceras* cf. *robustum* (MERLA).

Zone à Bonarellii, sous-zone à Fallaciosum:

- Ensemble assez tendre avec quelques bancs de calcaire tendre (4,50 m):
 - à la base (219): *Pseudogrammoceras* gr. *fallaciosum* (BAYLE), *Pseudogrammoceras* sp., *Hammatoceras bonarellii*, *H.* aff. *bonarellii*, forme à forts tubercules, *Polyplectus discoides*, *Pecten* sp.;
 - la moitié supérieure (219 sup. et 220) est constituée par des couches obliques présentant des perturbations sédimentaires, avec *Perilytoceras* gr. *jurensis* (ZIETEN), *Perilytoceras* sp., grande forme, *Hammatoceras* gr. *bonarellii*, *Polyplectus discoides*, *Pseudogrammoceras* aff. *pseudostruckmanni* GABILLY, *Pseudogrammoceras* aff. *fallaciosum* [Pl. 3, fig. 2], *Pseudogrammoceras* sp., *Oxyparoniceras buckmani* (BONARELLI), *Pseudogibbirhynchia moorei* (DAVIDSON).

Ces couches sont scellées par un banc de 0,20 m (220 sup.), couronné par des bioaccumulations à spongiaires, lamellibranches, ammonites et brachiopodes; outre les formes déjà citées: *Alocolytoceras* sp. juv.,

Podagrosites pseudogrunowi GUEX, *Pseudolillia* sp., *Oxyparoniceras buckmani*, *Osperleioceras* aff. *subcostulatum* (MONESTIER), à côtes plus serrées et plus rigides, *O. alternans* (MONESTIER in GUEX), *O.* aff. *suessi* (MONESTIER), *Osperleioceras* sp., pectinidés et ostreidés fixés sur des moules internes d'ammonites, *Pseudogibbirhynchia bothenhamptonensis* (WALKER), *Trochus* sp., spongiaires.

- Marnes (221) passant à des bancs minces de calcaire noduleux tendre ou à des coupoles boueuses à spongiaires (5 m):
 - à 0,50 m de la base (221b) un banc noduleux avec bioaccumulations (ELMI & al., 1988, pl. I, fig. 4) d'où vient la faune: *Alocolytoceras* gr. *germaini* (d'ORBIGNY), *Perilytoceras* gr. *jurensis*, *Phylloceras* (*Partschiceras*) sp., *Hammatoceras bonarellii* [Pl. 1, fig. 4], très abondant, *Pseudogrammoceras* gr. *fallaciosum*, *Podagrosites pseudogrunowi*, *Pseudolillia* aff. *emiliana* (REYNÈS), *Polyplectus discoides*, *Osperleioceras subcostulatum* et formes voisines à côtes plus serrées, *O.* aff. *authelini* (MONESTIER), *Osperleioceras* sp. juv. du groupe de *O. rivierense* (MONESTIER), *Pseudogibbirhynchia bothenhamptonensis*, spicules de spongiaires, radioles d'oursins, crinoïdes;
 - au sommet (221 sup.): *Perilytoceras* sp., *Podagrosites pseudogrunowi* [Pl. 2, fig. 1].
- Marnes avec minces lits de calcaire argileux et quelques bioaccumulations (222) (5,50 m): *Hammatoceras* sp., *Crestaites* sp. nov. [Pl. 1, fig. 2].

Zone à Speciosum, sous-zone à Speciosum:

- Derniers niveaux à coupoles à spongiaires (223-224) (3,15 m); ils marquent le sommet de la séquence MST3:
 - dans la partie inférieure (223): *Phylloceras* sp., *Hammatoceras* gr. *speciosum* JANENSCH, "*Geczyceras*" *porcarellense* (MERLA);
 - au-dessus (224): "*Geczyceras*" *perplanum* (PRINZ) [Pl. 1, fig. 3] (avec côtes primaires moins bien différenciées), *Osperleioceras rivierense* [Pl. 2, fig. 8], *O. subcostulatum*.
- Marnes avec quelques lits de calcaire argileux à peine marqués (225) (4 m):
 - partie inférieure (225 base): *Osperleioceras* aff. *alternans* [Pl. 3, fig. 1];

La fin de MST3 est donc bien illustrée par l'augmentation des bancs calcaires, des surfaces de ralentissement et par les coupoles (mud mounds) à spongiaires. Elle indique un début de comblement et de progradation des faciès de bordure vers le centre du bassin (ou de la gouttière). Ensuite, le secteur subit un nouvel approfondissement et les marnes vont dominer jusqu'au sommet de la coupe SGA. Cette évolution

résulte d'une oscillation locale que l'on doit attribuer à une saccade d'origine tectonique qui coïncide avec le début de la séquence MST4.

3.2 – *La partie supérieure* [225 sup. et 120 (=225 sommet) à 135] est essentiellement argilo-marneuse sur une épaisseur d'environ 35 m. De minces bancs décimétriques, très espacés, interrompent la monotonie de la succession; ils sont discontinus et peuvent passer à des bioaccumulations biodétritiques (cf. ELMÍ & al., 1988; MOUTERDE & al., 1998) dans lesquelles les spongiaires sont absents et qui sont entourés par de riches niches à brachiopodes.

Zone à *Speciosum*, sous-zone à *Reynesi*:

- Le sommet du niveau 225 (225 sup.) montre des couches marneuses à stratifications obliques avec lentilles plus calcaires ou bancs minces à débit légèrement noduleux: *Audaxlytoceras* gr. *dorcadis* (MENE GHINI), *Crestaites* gr. *victorii* (BONARELLI) [Pl. 1, fig. 5], *Crestaites* sp., *Polyplectus discoides*, *Osperleioceras* gr. *authelini* [Pl. 2, fig. 7], *Osperleioceras* nombreux et montrant une grande variété de morphotypes *O.* gr. *subcostulatum/alternans*, *O.* gr. *lapparenti* (MONESTIER) et quelques grandes formes (7 à 8 cm) à côtes très espacées [Pl. 3, fig. 3].

Ces couches sont scellées par un banc de calcaire argileux tendre donnant une surface structurale bien dégagée formant une sorte de col et présentant un pendage de 16 à 17° vers le SE. La faune (SG 120 = 225 sommet) vient de la surface supérieure. Les ammonites sont souvent brisées et les fragments accumulés: *Crestaites meneghini* (BONARELLI), nombreux fragments de *Crestaites* sp., *Pseudolillia* sp. à tours internes de *P. emilliana* (REYNÈS), *Osperleioceras* sp., fragments de loges de grande forme à côtes assez droites du type *authelini*. Riche faune de brachiopodes: *Pseudogibbirhynchia bothenhamptonensis*, *Holcorhynchia* sp., abondantes *Soaresirhynchia renzi* (CHOFFAT) in Y. ALMÉRAS (1994) et *Nannirhynchia cotteri* (CHOFFAT) in Y. ALMÉRAS (1994).

- Marnes gris-bleu et argiles bleues (121) (4,50 m):
 - à 0,20 m au-dessus de la base: *Crestaites* gr. *meneghini*;
 - à 0,50 m niveau à coquilles de brachiopodes de petite taille dont les valves sont séparées (A. Soares, comm. orale), *S. renzi*, *N. cotteri*.

L'ensemble de ces marnes et argiles livrent des *Crestaites* sp. aff. *victorii*, à ombilic ouvert et fortes côtes primaires (= *H.* aff. *perplanum* in ELMÍ & al., 1974), *C.* gr. *meneghini*, forme à fortes côtes, *Hammatoceras* sp., fragment de forme très aplatie, *S. renzi* et *N. cotteri*.

- Marnes argileuses (122, 122b) admettant de minces bancs plus calcaires et mal individualisés à la base (2,30 m):
 - dans la partie médiane: existence de coupoles boueuses qui sont des accumulations de calcaires à bioclastes: "*Geczyceras*" aff. *perplanum*

(PRINZ), *Cagliceras* aff. *subquadratum* (GÉCZY), forme à section de *Crestaites* sp., *Crestaites victorii* (BONARELLI) in MENE GHINI (= *H. perplanum* in GÉCZY, 1966, pl. XXIV, fig. 4) et variants à tours plus élevés, *C. meneghini*. On note l'existence de tours internes pyriteux et de rhynchonelles (*S. renzi* et *N. cotteri*). Cet ensemble se termine par un banc de calcaire très argileux qui a livré *Gruneria* aff. *gaudryi* (MONESTIER) [Pl. 2, fig. 3].

- Marnes avec de minces (quelques centimètres d'épaisseur) bancs calcaires (123) (3 m): *Lytoceras* sp., *Alocolytoceras rude* (MONESTIER), *Crestaites* sp., moules calcaires, *C. victorii* (BONARELLI) in MERLA, *Osperleioceras reynesi* (MONESTIER), nucleus pyriteux, *S. renzi* et *N. cotteri*.
- Marnes argileuses reposant sur un banc centimétrique de calcaire passant latéralement à des coupoles (mud mounds biodétritiques) métriques à centre marneux (124x) (3 m): *Alocolytoceras* gr. *rude*, *Crestaites victorii*, *C.* aff. *tipperi* (SEYED-EMAMI), forme plus involute et *Osperleioceras* gr. *authelini*. Les brachiopodes abondent autour et sur les coupoles (ALMÉRAS & al., 1995): *Stolmorhynchia* (?) *brachyplicata* (CHOFFAT), *Pseudogibbirhynchia jurensis* (QUENSTEDT), *Zeilleria sharpei* (CHOFFAT), *S. renzi* et *N. cotteri*. Dans l'ensemble des marnes, de rares intercalations calcaires livrent des *Crestaites* sp. Les pyriteux sont abondants; ce sont essentiellement des *Osperleioceras* présentant une forte variabilité. La comparaison avec les *O. reynesi* des Causses est assez étroite mais on note l'importance des morphes à costulation plus grossière.
- Marnes avec rares intercalations calcaires (125) (4 m): *Alocolytoceras* sp., *Crestaites victorii*, fragment calcaire, *Osperleioceras* gr. *reynesi*, forme moyenne et forme à côtes fines (les formes épaisses à costulation grossière sont rares), *O. authelini*, *O. lapparenti*, *Gruneria* sp. (à 0,80 m au-dessus de la base). Ce niveau se termine par des coupoles espacées passant latéralement à des plaquettes calcaires à *Zoophycos* sp.
- Marnes avec une faune pyriteuse (126) (1,50 m): *Crestaites* sp. juv., *Osperleioceras* sp. juv. des groupes de *O. reynesi*, très abondant, *O. authelini*, *Vacekia (Nadorites)* sp., *Oxyparoniceras* sp., *N. cotteri*.

Zone à *Meneghini*:

- Marnes avec rares lits calcaires (127) (4,50 m): *Dumortieria meneghini* (ZITTEL), fragment, *Crestaites meneghini* [Pl. 4, fig. 1 a-b], *Osperleioceras* sp., pyriteux très abondants, généralement des formes à côtes assez fines coudées et divisées ou avec intercalaires près de l'ombilic, conformes à *O. authelini* (in MONESTIER, 1924, pl. II, fig. 30/31) et formes du groupe de *O. reynesi*.

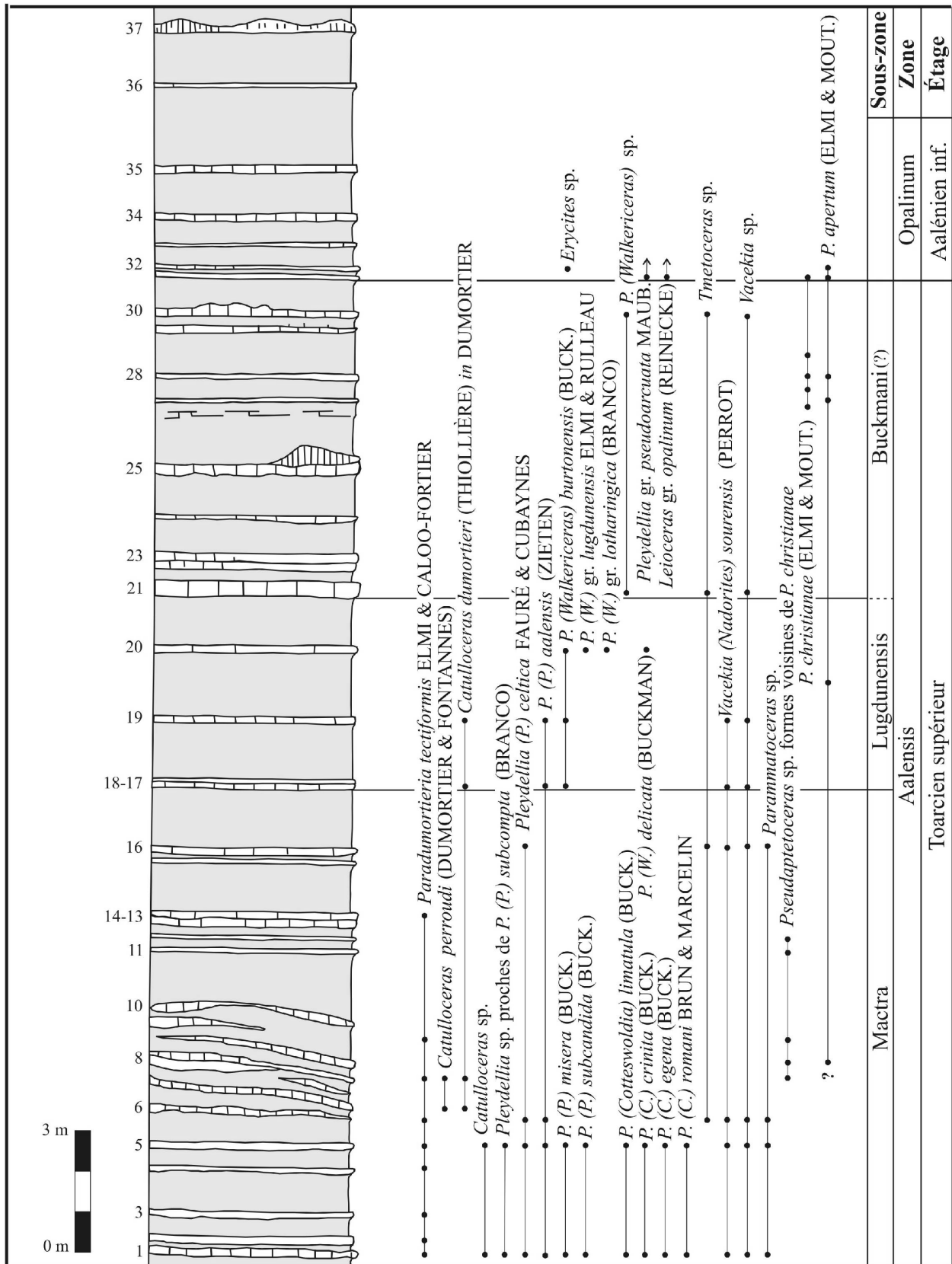


Fig. 5 – Coupe SGB; pour la localisation voir la Fig. 1.

- Marnes avec minces lits calcaires plus nombreux (128) (3,20 m). Faune pyriteuse: *Osperleioceras nadorensis* ELMI, forme épaisse grossièrement costulée, assez fréquente et *O. matteii* ELMI. À

la partie supérieure quelques *Osperleioceras* sp. pyriteux, à côtes inégalement fortes et développées et d'autres formes plus lisses et *V. (Nadorites)* sp. Le sommet est marqué par un lit de calcaire rognonneux.

- Marnes (129) (1,50 m) surmontées d'un mince banc calcaire: *Crestaites* gr. *meneghinii*, fragment, *Osperleioceras* sp., nucléus pyriteux.
- Ensemble marneux avec quelques passées calcaires (130) (2,80 m): *Crestaites* sp., *Dumortieria meneghinii*, plusieurs exemplaires, *Osperleioceras* gr. *matteii* [Pl. 3, fig. 4], *O.* gr. *nadoreuse*, avec quelques nucléus à section épaisse, à côtes fortes et à ombilic ouvert, gastéropodes.
- Double banc à débit noduleux, séparé par des marnes (130 sup.) (0,40 m): *Dumortieria meneghinii*, plusieurs exemplaires, *Osperleioceras* gr. *nadoreuse*, empreinte calcaire à fortes côtes, *O. matteii*. Fossiles pyriteux dans les marnes: *Crestaites* sp. juv., forme à tubercules bien marqués, *Dumortieria* aff. *latumbilicata* GÉCZY/*buckmani* BRUN & MARCELIN.
- Ensemble marneux avec un mince banc calcaire situé à 1m sous le sommet (131) (2,50 m): *Crestaites* sp. (fragment pyriteux), *Dumortieria* gr. *buckmani* (= *D. leesbergi* BUCK. non BRANCO), nucléus pyriteux, *Erycites* sp., fragment. À la partie supérieure: *Osperleioceras* gr. *matteii* [Pl. 3, fig. 5] et *O.* cf. *nadoreuse* (cf. ELM, 1986, pl. 1, fig. 5 et 6).
- Marnes présentant de minces intercalations calcaires (132) (1,50 m). Le banc de base, plus marqué, contient des fossiles brisés: *Dumortieria meneghinii* et *D. buckmani*. Dans l'ensemble (132) faune pyriteuse ou calcaire: *Osperleioceras matteii*, *Osperleioceras* sp., *Dumortieria meneghinii-buckmani* juv., *V. (Nadorites)* sp.
- Marnes surmontées par un banc à débit noduleux (133) (0,80 à 1 m): *Osperleioceras* sp. juv., *Dumortieria meneghinii*.
- Marnes avec quelques bancs de calcaire argileux (134) (3 m): *Osperleioceras* aff. *matteii*, formes à côtes fortes et ombilic assez ouvert [Pl. 2, fig. 9], *Osperleioceras* sp., empreinte calcaire à côtes très étroites, *Dumortieria prisca* (BUCKMAN), *D. meneghinii*, plusieurs exemplaires ou fragments, *Crestaites* sp., forme à côtes primaires et *V. (Nadorites)* sp. Un mince banc calcaire (0,10 m, 134 sup.) fait limite avec les assises superposées.
- Marnes (135) avec minces bancs de calcaire argileux (135) (3 m): *Hammatoceratinae* sp. juv., tours internes pyriteux et fragments calcaires, *Catulloceras* aff. *perroudi* (DUMORTIER & FONTANNES), *Dumortieria prisca* (BUCKMAN), *Osperleioceras* sp. juv., *V. (Nadorites)* sp. Un mince banc calcaire (135 sup.) (0,25 m) marque la fin de cette assise marneuse.

Au-delà, une zone couverte interrompt la continuité de la coupe; les couches masquées ne dépassent pas quelques mètres d'épaisseur. Des récoltes dans ce secteur ont livré: *V. (Nadorites)* ? sp. gr. *sourensis* (PERROT) et *Dumortieria sparsicosta* ? (HAUG),

forme à section plus épaisse et plus arrondie, ce qui marquerait déjà le début de la zone à Aalensis.

4. Coupe SGB (fig. 1, 5) – C'est le relais, vers l'Est, de la coupe SGA. Elle expose un ensemble de calcaires argileux plus ou moins compacts, en bancs decimétriques, séparés par des marnes, qui devient plus compact au sommet. C'est l'unité lithostratigraphique des "Calcários margosos de Póvoa da Lomba" (BARBOSA & al., 1988), qui s'étend sur le Toarcien terminal (zone à Aalensis) et l'Aalénien inférieur (zone à Opalinum). Nous donnerons ici la succession des assemblages d'ammonites de la zone à Aalensis et du passage à la zone à Opalinum.

Cette succession a été utilisée par M. H. HENRIQUES (1992, 2000), puis par J. SANDOVAL & al. (2001) qui ont repris les données et les repérages effectués lors de levées communs antérieurs; l'usage d'une même numérotation des bancs facilite les comparaisons. Dans l'interprétation des taxons nous avons cependant des divergences notables. Par exemple, nous signalons toutes nos réserves sur la banalisation du genre *Asthenoceras* pour des formes du groupe *Vacekia (Nadorites)* au sens de S. ELM & B. CALOO-FORTIER (1985) ce qui peut créer des confusions. S. S. BUCKMAN (1887-1907, p. xlix) avait créé ce genre pour des formes de la zone à Murchisonae, de répartition géographique limitée; certains auteurs, plus récemment, admettent même la présence du genre jusque dans le Bajocien, zone à Sauzei.

Nous donnerons ci-dessous notre interprétation des différentes associations fauniques, en tenant compte de déterminations anciennes de B. Caloo et de la révision récente de Y. Cassel.

Zone à Aalensis, sous-zone à Mactra:

Entre SGB1 et SGB5 (3,50 m) on peut identifier: *Catulloceras* sp., *Parammatoceras* sp., *Vacekia* sp., *Paradumortieria tectiformis* ELM & CALOO-FORTIER, *V. (Nadorites) sourensis*, *Pleydellia (P.) celtica* FAURÉ & CUBAYNES, *Pleydellia* sp., formes abondantes proches de *P. (P.) subcompta* (BRANCO), *P. (P.) aalensis* (ZIETEN), *P. (P.) aalensis tenuicostata* THEOBALD & MOINE, *P. (P.) aalensis aalensis* OHMERT (1996, p. 25, fig. 22a), *P. (P.) misera* (BUCKMAN), *P. (P.) subcandida* (BUCKMAN), *P. (Cottesswaldia) limatula* (BUCKMAN), *P. (C.) crinita* (BUCKMAN), *P. (C.) egena* (BUCKMAN), *P. (C.) romani* BRUN & MARCELIN.

Entre SGB6 et SGB16 (7,80 m) ont été recoltés: *Catulloceras perroudi* (7, 8), *C. dumortieri* (THIOLLIÈRE in DUMORTIER) (7, 8), *Parammatoceras* sp., *Pseudaptetoceras* sp., formes voisines de *P. christianae* (ELMI & MOUTERDE) (8, 9, 9M², 11, 12), *P.* cf. *apertum* (ELMI & MOUTERDE) (9), *Vacekia* sp., *Paradumortieria tectiformis* (6, 8, 9, 14), *Tmetoceras* sp., *V. (Nadorites) sourensis*, *Pleydellia (P.) celtica*, *P. (P.)* gr. *aalensis*, *P. (P.)* aff. gr. *aalensis*, plusieurs formes qui montrent différents stades de différenciation de la paroi ombilicale et qui semblent constituer un jalon vers les *Pleydellia (Walkericeras)* sp.

² La lettre M désigne la couche de marnes superposée au banc calcaréo-marneux identifié par le chiffre.

Zone à *Aalensis*, sous-zone à *Lugdunensis*:

Dans SGB17 et SGB19 (3,40 m) les *P. (P.)* gr. *aalensis*, prises dans un sens large, sont encore présentes avec les premières *P. (Walkericeras) burtonensis* (BUCKMAN); en outre on a recolté: *Catulloceras dumortieri* [Pl. 2, fig. 4], *Pseudaptetoceras apertum* (19M), *Vacekia* sp. et *V. (Nadorites) sourensis*.

En SGB20 (1,50 m) on assiste à l'"explosion" des *P. (Walkericeras)* gr. *burtonensis*; certains individus à ornementation plus grossière se rattachent à *P. (W.)* gr. *lugdunensis* ELMI & RULLEAU / *lotharingica* (BRANCO) alors que d'autres, à ornementation plus fine sont semblables à *P. (W.) delicata* (BUCKMAN). L'accumulation de coquilles en tous sens dans le banc reste à expliquer d'un point de vue taphonomique.

Zone à *Aalensis*, sous-zone à *Buckmani* (?):

Entre SGB21 et SGB30 (7 m) les conditions d'affleurements et la lithologie plus argileuse rendent difficile l'interprétation des exemplaires, surtout pyriteux: *Pseudaptetoceras christiana*e (26M, 27M, 28, 28M) [Pl. 3, fig. 6-8], *P. apertum* (27, 28), *Vacekia* sp., *Tmetoceras* sp., *Pleydellia* sp. et *P. (Walkericeras)* sp.

Zone à *Opalinum*:

À partir de SGB31 apparaissent les premiers *Leioceras* gr. *opalinum* (REINECKE) et les *Erycites* sp. (32), alors que subsistent des *Pleydellia* (*P.* gr. *pseudoarcuata* MAUBEUGE) et des *Pseudaptetoceras* [*P. christiana*e (31) et *P. apertum* (31, 32)].

C – Conclusions

1. Commentaires biostratigraphiques et paléontologiques

L'importance de la faune à caractère téthysien dans le Toarcien du Bassin Lusitanien nous a amené à utiliser la zonation définie pour la province subméditerranéenne (ELMI & al., 1989, 1994, 1997), zonation déjà utilisée in R. MOUTERDE & al. (1998). Toutefois pour le sommet de la zone à *Aalensis* on a suivi la biozonation de la province nord-ouest européenne qui utilise les sous-zones à *Mactra* et à *Lugdunensis*. Cela correspond, en fait, à une atténuation de la ségrégation qui est alors provoquée surtout par des conditions de milieu même dans le domaine téthysien (opposition entre les faunes de hauts-fonds et des plateformes néritiques et celles des bassins).

La coupe C a été attribuée dans sa totalité à la zone à *Gradata*, sous-zone à *Gemma*, en raison de l'association *Telodactylites*, *Collinites*, *Furloceras* (abondants) et *Paroniceras sternale*, associés aux premiers "*Geczyceras*" *costatum*; les premiers *Pseudogrammoceras* et *Pseudomercaticeras* (*Crassiceras*) sont présents au sommet de la sous-zone, accompagnés de *Podagrosites*.

L'ensemble de la coupe D et la partie inférieure de la coupe A sont attribués à la sous-zone à *Alticarinatus* car

les premiers *Hammatoceras* associés aux *Pseudogrammoceras* abondent dès la base, bien que *Merlites alticarinatus* n'apparaisse qu'au-dessus et que subsistent au début quelques rares *Collina*. Les *Polyplectus pluricostatus* sont aussi abondants partout. Cela correspond peut-être à ce qui avait été individualisé auparavant comme "sous-zone à *Gradata*" (ELMI & al., 1974).

Le début de la zone à *Bonarellii* (niv. 216) est marqué par l'arrivée des *Hammatoceras* à tubercules périombilicaux bien individualisés (groupe d'*Hammatoceras bonarellii*). La sous-zone inférieure, à *Mediterraneum*, est indiquée, en outre, par la présence des premiers *Polyplectus discoïdes*, accompagnés par *Cagliceras robustum* et *Pseudogrammoceras bingmanni*. C'est à cette place que se situe la faune de brachiopodes à *Pseudogibbirhynchia jurensis* et *Soaresirhynchia renzi*. Dans la sous-zone supérieure, à *Fallaciosum*, les *Pseudogrammoceras fallaciosum* et *P. pseudostruckmanni* sont abondants à côté de *Polyplectus discoïdes*, *Oxyparoniceras buckmani*, *Podagrosites pseudogrunowi*; c'est à ce niveau que les *Osperleioceras* deviennent abondants. Il faut noter la persistance de *H. bonarellii* jusqu'au sommet de la sous-zone à *Fallaciosum*. Cette espèce constitue un bon marqueur régional; elle est fréquente dans les gisements de Rabaçal – Maria Pares et de Zambujal de Alcaria (Porto de Móz).

La partie inférieure de la zone à *Speciosum*, sous-zone à *Speciosum*, est marquée par la présence de l'espèce indice associée à des "*Geczyceras*" *porcarellense*, des "*G.*" *perplanum* et d'abondants *Osperleioceras* sp. var. La sous-zone suivante, à *Reynesi*, est caractérisée par l'apparition des *Hammatocerataceae* à costulation primaire marquée (*Crestaites meneghinii*, *C. victorii*, *C. tipperi*) et par une grande abondance de brachiopodes (*Soaresirhynchia renzi*, *Nannirhynchia cotteri*, *Pseudogibbirhynchia bothenhamptonensis*). Au début (niv. 120), on note la présence de rares *Pseudolillia* précédant quelques *Gruneria* (niv. 122 et 125) et l'explosion des *Osperleioceras reynesi* (niv. 124-125). La grande variabilité de certains taxons d'ammonites, qui "explorent" en de nombreux morphes, est probablement liée à des conditions contraignantes dans un environnement d'"ombilic-gouttière".

La zone à *Meneghinii* est marquée par l'apparition de l'espèce indice, *Dumortieria meneghinii* et de quelques autres formes de ce genre (*D.* gr. *buckmani-latumbilicata* et, au sommet, *D. prisca* et *D. sparsicosta*?). Ces espèces sont associées à d'abondants *Osperleioceras* pyriteux et calcaires montrant le relais entre l'ensemble *O. reynesi* – *O. authelini* d'une part et *O. nadorensis* – *O. matteii* de l'autre. On note aussi la présence de *Crestaites* gr. *meneghinii* (dans la moitié inférieure de la zone) et de *V. (Nadorites)* ? gr. *sourensis* (au sommet). Par rapport à la biozonation présentée par R. MOUTERDE & al. (1998) la limite inférieure de la zone a été ramenée au passage des couches 126 à 127, en raison de la récolte récente de *D. meneghinii* dès le niveau 127.

La zone à *Aalensis*, sous-zone à *Mactra*, est marquée par l'apparition des faunes de *Pleydellia* associées à des *V. (Nadorites) sourensis* et à d'autres espèces de *Pleydellia*

sp., dont *P. (P.) celtica*, et à des *Paradumortieria tectiformis*; cette sous-zone s'étend depuis SGB1 jusqu'à SGB16, où les formes de *P. (P.)* aff. gr. *aalensis* montrent différents stades de différenciation de la paroi ombilicale qui semblent constituer un jalon vers les *Pleydellia (Walkericeras)*.

L'abondance des *P. (W.) burtonensis* et *P. (W.) lugdunensis* dans les couches SGB18 à SGB20 marque l'individualisation de la sous-zone à Lugdunensis.

La faune d'ammonites, surtout pyriteuses, est pauvre depuis SGB21 jusqu'à SGB30. L'Aalénien débute dans la couche SGB31 avec l'apparition des premiers *Leioceras* gr. *opalinum*, associés aux dernières *Pleydellia* sp. et à des *Pseudaptetoceras* spp.

2. Implications géodynamiques

Dans l'histoire du sous-bassin nord lusitanien, la période correspondant au dépôt des "Margas calcárias de São Gião" (zones à Gradata, à Bonarellii, à Speciosum et à Meneghinii) s'inscrit dans l'épisode d'approfondissement maximum du bassin. Ensuite, les "Calcários margosos de Póvoa da Lomba" (zone à Aalensis) enregistrent le début d'une évolution progradante, bien illustrée par l'agencement stratocroissant des alternances marnes-calcaires et par la netteté des cliniformes dans les niveaux SGB.1 à SGB.5.

L'évolution observée à São Gião est cependant originale par comparaison avec celle du reste du bassin. En effet, la zone à Meneghinii s'inscrit encore dans la période de maximum d'approfondissement ("maximum flooding"). La principale inversion séquentielle se place avec le début des "Calcaires de Póvoa da Lomba", bien daté ici de la zone à Aalensis. Il y a donc une

hétérochronie par rapport aux autres secteurs du bassin nord-lusitanien (DUARTE, 1995). Ainsi, à Maria Pares (Rabaçal), l'inversion sédimentologique équivalente se place pendant la zone à Meneghinii. À Peniche (MOUTERDE, 1955) les arrivées oolithiques deviennent progradantes dès la zone à Speciosum (ALMERAS & al., 1995). La région de Tomar, dans le fond du golfe toarcien, subit une évolution semblable à celle qui est connue sur les rampes monoclinales des bassins maghrébins (Saïda, Deglène en Algérie occidentale; Sud des Zekkara dans le Maroc oriental) (ELMI & al., 1984b, 1998).

À São Gião, l'évolution dynamique est comparable à celle des autres secteurs du bassin nord lusitanien pendant le Toarcien moyen et jusqu'au début du Toarcien supérieur (zone à Speciosum). À partir de la zone à Meneghinii, l'évolution locale est, en revanche, opposée à la tendance générale. Cette particularité doit être mise en relation avec le jeu de l'axe méridien Arunca-Montemor (SOARES & al., 1993, fig. 1). La subsidence, considérable au pied de l'accident, continue à créer de l'espace disponible alors que le comblement commence à l'Est (Maria Pares) et à l'Ouest (Peniche); ainsi se développe un effet local d'ombilic, où la sédimentation reste marneuse alors que latéralement elle devient franchement calcaire

Remerciements

Nous remercions: MM. A. F. Soares et L. V. Duarte (Univ. de Coimbra), pour les informations sédimentologiques qu'ils nous ont donné au cours de travaux de terrain en commun; Mme B. Caloo (Lyon) et Mr. Y. Cassel (Lyon) pour l'étude des *Pleydellia* de la zone à Aalensis; Mr. P. H. Verdial (CIGA, Lisboa) pour son aide à l'informatisation des illustrations (figures et planches).

References

- ALMÉRAS, Y. (1994) – Le genre *Soaresirhynchia* nov. (*Brachiopoda, Rhynchonellaceae, Wellerellidae*) dans le Toarcien du sous-bassin nord-lusitanien (Portugal). *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 130, pp. 3-135, fig. 1-56, pl. 1-6.
- ALMÉRAS, Y., MOUTERDE, R., ELMI, S. & ROCHA, R. (1995) – Le genre *Nannirhynchia* (*Brachiopoda, Rhynchonellaceae, Norellidae*) dans le Toarcien portugais. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. A, n° 237, pp. 1-38, fig. 1-4.
- BARBOSA, B., SOARES, A. F., ROCHA, R. B., MANUPPELLA, G. & HENRIQUES, M. H. (1988) – Carta geológica de Portugal na escala 1/50 000. Notícia explicativa da folha n° 19-A, Cantanhede. *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, pp. 1-46, 2 fig.
- BUCKMAN, S. S. (1887-1907) – Monograph of the ammonites of the Inferior Oolite Series. *Palaeontogr. Soc.*, London, CCLXII+456 p., pl. 103-124.
- CALOO-FORTIER, B. (1985) – La ligne de suture, élément de comparaison des genres *Pleydellia*, *Vacekia*, *Leioceras* (*Hildocerataceae*, Toarcien-Aalénien, São Gião, Portugal). *Cahiers Inst. Catho. Lyon*, n° 14, pp. 231-253, pl. I-V.
- DUARTE, L. V. (1995) – O Toarciano da Bacia Lusitaniana. Estratigrafia e evolução sedimentológica. *Tese doutoramento, Centro Geociências, Univ. Coimbra*, pp. 1-349, fig. I.1-IV.21, est. I-XIV.
- (1997) – Facies analysis and sequential evolution of the Toarcian-Lower Aalenian series in the Lusitanian Basin (Portugal). *Comun. Inst. Geol. Mineiro*, Lisboa, t. 83, pp. 65-94, fig.10-17, pl. I-IV.
- DUARTE, L. V., KRAUTER, M. & SOARES, A. F. (2000) – Faciès à Spongiaires dans le Lias terminal du Bassin Lusitanien (Portugal): contexte sédimentologique et paléogéographique. *Strata*, Toulouse, sér. 1, vol. 10, pp. 86-88, 2 fig.
- ELMI, S. (1986) – Corrélations biostratigraphiques et mégaséquentielles dans le jurassique inférieur et moyen d'Oranie; comparaisons avec les régions voisines. *Rev. Fac. Sc. Marrakech*, Sect. Sciences Terre, n° sp. 2, pp. 225-247, 1 fig., pl. 1-2.

- ELMI, S., ALMERAS, Y., AMEUR, M., BASSOULET, J. P., BOUTAKIOUT, M., BENHAMOU, M., MAROK, M., MEKAHLI, L., MEKKAOU, A., & MOUTERDE, R. (1998) – Stratigraphic and palaeogeographic survey of the lower and middle jurassic along a north-south transect in western Algeria. In: CRASQUIN-SOLEAU, S. & BARRIER, E. (Eds.), Péri-Téthys Memoir 4: Epicratonic basins of Peri-Tethyan platforms. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, Paris, n° 179, pp. 145-211, 26 fig.
- ELMI, S., ALMERAS, Y., AMEUR, M. & BENHAMOU, M. (1985) – Précisions biostratigraphiques et paléocéologiques sur le Lias des environs de Tiffrit (Saïda, Algérie occidentale). *Cahiers Inst. Catho. Lyon*, n° 14, pp. 15-41, fig., pl. I-VI.
- ELMI, S., ATROPS, F. & MANGOLD, C. (1974) - Les zones d'ammonites du Domérien-Callovien de l'Algérie Occidentale. Première partie: Domérien - Toarcien. *Docum. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, n° 61, pp. 1-83, 5 pl., 17 texte-fig.
- ELMI, S. & CALOO-FORTIER, B. (1985) - Eléments essentiels des peuplements d'Ammonites du Toarcien terminal - Aalénien en Oranie (Algérie occidentale). *Cahiers Inst. Catho. Lyon*, n° 14, pp. 43-57, pl. I-II.
- ELMI, S., GABILLY, J., MOUTERDE, R., RULLEAU, L. & ROCHA, R. B. (1994a) – L'étage Toarcien de l'Europe et de la Téthys; subdivisions et corrélations. *Geobios*, Lyon, M. S., n° 17, pp. 149-159, fig. 1-2.
- ELMI, S., GOY, A., MOUTERDE, R., RIVAS, P. & ROCHA, R. B. (1994b) – Correlaciones biostratigraficas en el Toarciense de la Peninsula Iberica. *Cuad. Geol. Iberica*, Madrid, n° 13, pp. 265-277, fig. 1-2.
- ELMI, S. & MOUTERDE, R. (1997) – Les faunes à *Czernyeiceras* (Hammatoceratinae, Ammonitina) à la limite du Toarcien et de l'Aalénien. *Cahiers Univ. Catho Lyon*, n° 10, pp. 103-116, pl. 1-4.
- ELMI, S., MOUTERDE, R., ROCHA, R. B. & ALMÉRAS, Y. (1991) – Biostratigraphie du Toarcien moyen et supérieur de São Gião (Portugal). *3rd Intern. Symp. Jurassic Stratigraphy*, Poitiers, Résumés, p. 39.
- ELMI, S., ROCHA, R. B. & MOUTERDE, R. (1988) – Sedimentation pélagique et encroûtements cryptalgaires: les calcaires grumeleux du Carixien portugais. *Ciências Terra (UNL)*, Lisboa, n° 9, pp. 69-90, fig. 1-5, 4 pl.
- ELMI, S. & RULLEAU, L. (1995) – Données nouvelles sur la répartition des Phymatoceratinae (Ammonitina, Toarcien). Exemples de convergences et d'évolution itérative. *Hantkeniana, Vol. Jubilaire B. Géczy*, Budapest, n° 1, pp. 83-96, fig. 1-5, pl. 8-11.
- ELMI, S., RULLEAU, L., GABILLY, J. & MOUTERDE, R. (1997) – Toarcien. In: CARIU, E. & HANTZPERGUE, P. (Ed.), Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen. *Bull. Cent. Rech. Elf Expl. Prod.*, Pau, Mém. 17, pp. 25-36, fig. 2-5, tabl. IV.
- GÉCZY, B. (1966) – Ammonoides jurassiques de Czernye (Mont Bakony, Hongrie). Part I: (Hammatoceratidae). *Geol. Hungar.*, Budapest, pp. 1-275, fig. 1-126, pl. I-XLIV.
- GUEX, J. (1975) – Description biostratigraphique du Toarcien supérieur de la bordure sud des Causses (France). *Ecl. Geol. Helv.*, Bâle, n° 68 (1), pp. 97-129, 4 text-fig., pl. I-XII.
- HENRIQUES, M. H. (1992) – Biostratigrafia e paleontologia (*Ammonoidea*) do Aaleniano em Portugal (Sector setentrional da Bacia Lusitaniana). *Tese doutoramento, Centro Geociências Univ. Coimbra*, pp. 1-301, fig. 1.1-2.32, est. 1-7.
- (2000) – Biostratigraphie (*Ammonoidea*) du passage Lias-Dogger dans le Bassin Lusitanien: la coupe de S. Gião (Portugal). *Strata*, Toulouse, sér. 1, vol. 10, pp. 31-35, 2 fig., 1 pl.
- MONESTIER, J. (1924) – Ammonites rares ou peu connues et ammonites nouvelles du Toarcien supérieur du SE de l'Aveyron. *Mém. Soc. Géol. France*, Paris, t. XXIII, fasc. 4, Mém. n° 54, 40 p., pl. I-IV.
- MOUTERDE, R. (1955) – Le Lias de Peniche. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, t. XXXVI, pp. 87-115.
- MOUTERDE, R. & ELMI, S. (1991) – Caractères différentiels des faunes d'ammonites du Toarcien des bordures de la Téthys. Signification paléogéographique. *Bull. Soc. Géol. France*, Paris, t. 162 (6), pp. 1185-1195, 1 fig., 1 tabl.
- MOUTERDE, R., ROCHA, R., ELMI, S., RUGET, C., ALMÉRAS, Y. & RULLEAU, L. (1998) – Eléments biostratigraphiques pour le Toarcien moyen et supérieur de São Gião (Cantanhede, Portugal). *Comun. Inst. Geol. Mineiro*, Lisboa, t. 84 (1), pp. A.57-A.59, 1 fig.
- MOUTERDE, R., ROCHA, R., RUGET, C. & TINTANT, H. (1979) – Faciès, biostratigraphie et paléogéographie du Jurassique portugais. *Ciências Terra (UNL)*, Lisboa, n° 5, pp. 29-52, fig. 1-20.
- OHMERT, W. (1996) – Erdgeschichtliche Bedeutung der Schichtenfolge bei Wittnau. *Geol. Land. Baden-Wurtemberg*, Inform., n° 8, pp. 7-12, fig. 1-6
- OLIVERO, D. (1994) – La trace fossile *Zoophycos* dans le Jurassique du Sud-Est de la France. Signification paléoenvironnementale. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 129, pp. 1-329, 108 fig., 6 tabl., 15 pl.
- RULLEAU, L. & ELMI, S. (coll. de B. THÉVENARD)(2001) – Géologie et paléontologie des dépôts ferrugineux du Toarcien et de l'Aalénien aux environs de Lyon. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 154, pp. 1-153, 24 fig., 31 pl.
- RULLEAU, L. & MOUTERDE, R. (1997) – Les genres *Catulloceras* GEMMELLARO et *Tmetoceras* BUCKMAN. Systématique, stratigraphie et paléobiogéographie. *Cahiers Univ. Catho Lyon*, n° 10, pp. 79-91, 1 fig., 2 pl.
- SANDOVAL, J., HENRIQUES, M. H., URETA, S., GOY, A. & RIVAS, P. (2001) – The Lias/Dogger boundary in Iberia: Betic and Iberian Cordilleras and Lusitanian basin. *Bull. Soc. Géol. France*, Paris, t. 172, n° 4, pp. 387-395, 6 fig.
- SOARES, A. F., ROCHA, R. B., ELMI, S., HENRIQUES, M. H., MOUTERDE, R., ALMÉRAS, Y., RUGET, C., MARQUES, J., CARAPITO, M. C. & KULLBERG, J. C. (1993) – Le sous-bassin nord-lusitanien (Portugal) du Trias au Jurassique moyen: histoire d'un "rift avorté". *C. R. Acad. Sc. Paris*, n° 317, sér. II, pp. 1659-1666, 1 fig.

Planche 1

Fig. 1 a-b – *Crestaites meneghinii* (BONARELLI), x 0,75; Zambujal d'Alcaria, niv. Z.43; Toarcien Supérieur, zone à Meneghinii.

Dm = 170 mm; H = 53 (0,31); E = 30 (0,18); O = 75 (0,44);
à Dm = 138; H = 43 (0,31); E = 25 (0,18); O = 59 (0,43); N/2 = 39c

Fig. 2 a-b – *Crestaites* sp. nov.; São Gião, coupe A, niv. 222 (2,20 m au-dessus de la base); Toarcien Sup., zone à Bonarellii, sous-zone à Fallaciosum.

Dm = 115c; H = 29c (0,25); E = 19 (0,17); O = 58c (0,50); N/2 = 43c

Forme évolutive à section comprimée ovale. Les côtes primaires naissent sur le mur ombilical et s'élèvent en un petit tubercule situé sur le bord ombilical et bien visible en lumière rasante; ces côtes primaires se poursuivent jusqu'au tiers interne des flancs où certaines se divisent en deux côtes secondaires, d'abord presque radiales, puis légèrement proverses sur l'aire externe. Les côtes intercalaires ont un tracé similaire. L'allure générale évoque l'ornementation de certaines *Dumortieria*, mais ces dernières sont dépourvues de tubercules et ne montrent pas de divisions des côtes.

Fig. 3 – “*Geczyceras*” *perplanum* (PRINZ); São Gião, coupe A, niv. 224; Toarcien Sup., zone à Speciosum, sous-zone à Speciosum. Fragment très écrasé à tubercules développés à l'inflexion du flanc, après de courtes côtes primaires.

Fig. 4 – *Hammatoceras bonarellii* PARISH & VIALE; São Gião, coupe A, niv. 221b; Toarcien Sup., zone à Bonarellii, sous-zone à Fallaciosum.

Dm = 55; à Dm = 55; H = 17 (0,31); E = 16 (0,29); O = 25 (0,46)
Phragmocône incomplet à tuberculation et costulation régulières.

Fig. 5 – *Crestaites* gr. *victorii* (BONARELLI); São Gião, coupe A, niv. 225; Toarcien Sup., zone à Speciosum, sous-zone à Speciosum.

Fragment écrasé de forme évolutive, à côtes primaires allongées.

Le matériel figuré est déposé dans les collections du Centro de Investigação em Geociências Aplicadas (CIGA), Faculté des Sciences et Technologie, Universidade Nova de Lisboa (Portugal).

Sauf indication contraire, les ammonites sont représentées en grandeur naturelle. Des flèches indiquent la fin du phragmocône, lorsque les cloisons sont visibles; le N sur les photos indique des exemplaires entièrement cloisonnés.

Les dimensions données en mm dans les légendes sont, comme à l'ordinaire:

Dm: diamètre maximum de l'ammonite;
D: diamètre auquel les mesures ont été faites;
H: hauteur du tour (et rapport H/D);
E: épaisseur du tour (et rapport E/D);
O: largeur de l'ombilic (et rapport O/D);
N: nombre de côtes par demi tour;
N/2: nombre de côtes secondaires par demi tour;
c: circa (=environ).

Photographies: L. Rulleau et R. Mouterde.

Planche 1

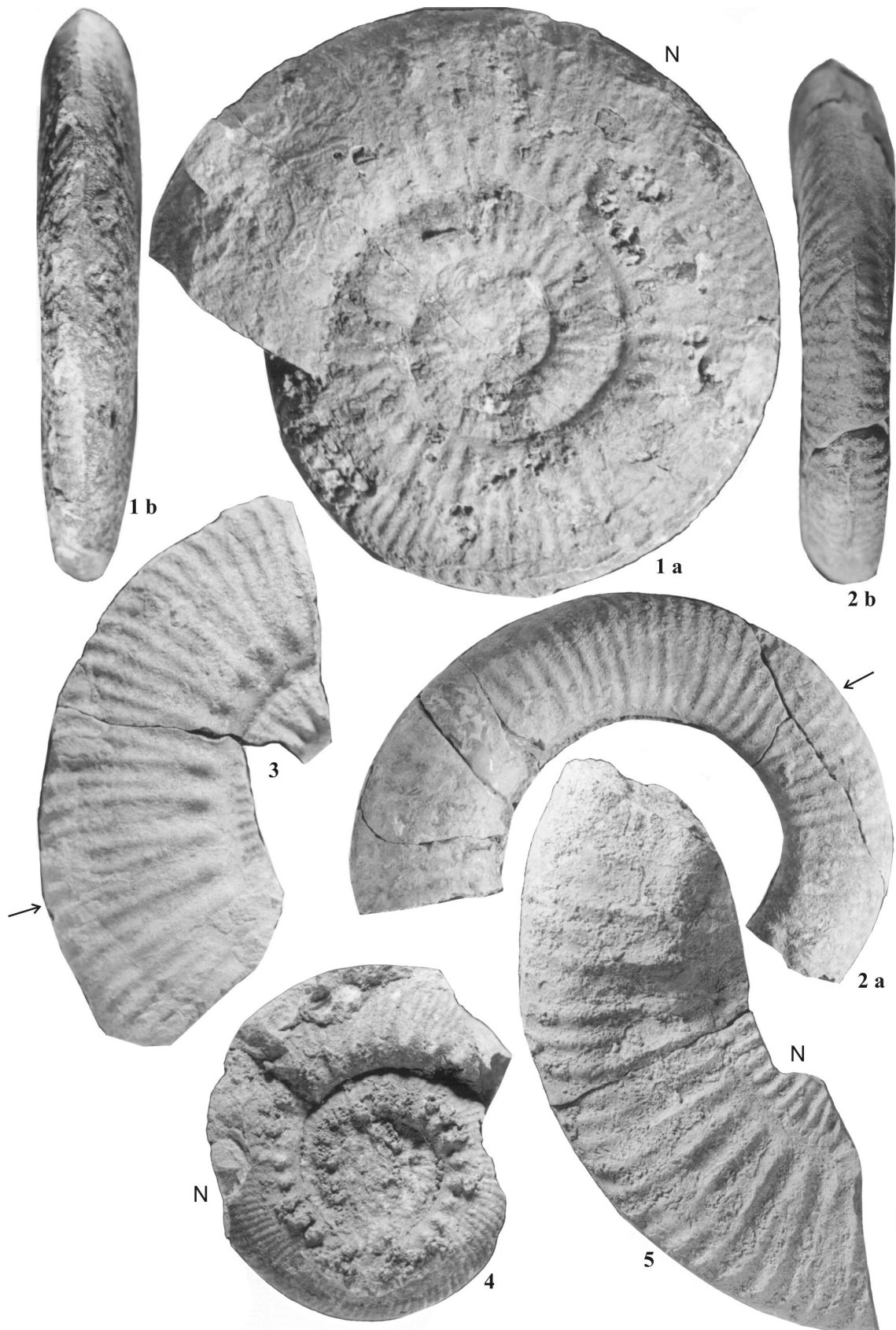


Planche 2

Fig. 1 a-b – *Podagrosites pseudogrunowi* GUEX, x 0,66; São Gião, coupe A, niv. 221 sup.; Toarcien Supérieur, zone à Bonarellii, sous-zone à Fallaciosum.

Dm = 145; Ph = 129c;
à D = 109; H = 34 (0,31); E = 21c (0,19); O = 50 (0,46); N = 31.

Fig. 2 – *Pseudogrammoceras aratum* (BUCKMAN); São Gião, coupe C, niv. C.9; Toarcien Moyen, zone à Gradata, sous-zone à Gemma.

à D = 35; H = 11 (0,31); E = 10c (0,29); O = 16c (0,46); N = 19.

Fig. 3 – *Gruneria* aff. *gaudryi* (MONESTIER); São Gião, coupe A, niv. 122; Toarcien Sup., zone à Speciosum, sous-zone à Reynesi.

La partie ventrale de la section du tour est ogivale.

à D = 28; H = 12 (0,44); E = 11 (0,40); O = 8 (0,29); N/2 = 17.

Fig. 4 – *Catulloceras* gr. *dumortieri* (THIOLLIÈRE in DUMORTIER); n° FSL 169574; São Gião, coupe B, niv. B19; Toarcien Sup., zone à Aalensis, sous-zone à Lugdunensis.

Dm = 27; H = 7,5 (0,28); E = 8,5 (0,31); O = 14 (0,52); N = 23.

Fig. 5 a-b – *Merlites alticarinatus* (MERLA); São Gião, coupe D, niv. D8; Toarcien Moyen, zone à Gradata, sous-zone à Alticarinatus.

Dm = 73; à D = 62; H = 23 (0,37); E = 11c (0,18); O = 20c (0,32).

Fig. 6 a-b – *Pseudomercaticeras* (*Crassiceras*) *clausum* (MERLA); São Gião, coupe D, niv. D8; Toarcien Moyen, zone à Gradata, sous-zone à Alticarinatus.

Dm = 55; H = 23 (0,42); E = 14c (0,25); O = 14c (0,25).

Fig. 7 – *Osperleioceras* gr. *authelini* (MONESTIER); São Gião, coupe A, niv. 225 sup.; Toarcien Sup., zone à Speciosum, sous-zone à Reynesi.

Dm = 76; H = 29c (0,38); E = 14c (0,18); O = 18c (0,24).

Forme de grande taille qui, dans sa partie interne, correspond à la figure donnée par J. GUEX (1975, pl. VIII, fig. 4); sur la fin du phragmocône on observe les mêmes côtes émoussées supportant une fine striation de tracé parallèle. Ce type d'ornementation subsiste jusqu'à l'ouverture qui est partiellement conservée.

Fig. 8 – *Osperleioceras rivierense* (MONESTIER); São Gião, coupe A, niv. 224; Toarcien Sup., zone à Speciosum, sous-zone à Speciosum.

Dm = 46; H = 23 (0,50); E = ? ; O = 11c (0,24).

Fig. 9 – *Osperleioceras matteii* ELMÍ; São Gião, coupe A, niv. 134; Toarcien Sup., zone à Meneghinii.

Dm = 49; à D = 44; H = 21 (0,48); E = 11 (0,25); O = 10c (0,2)

Planche 2

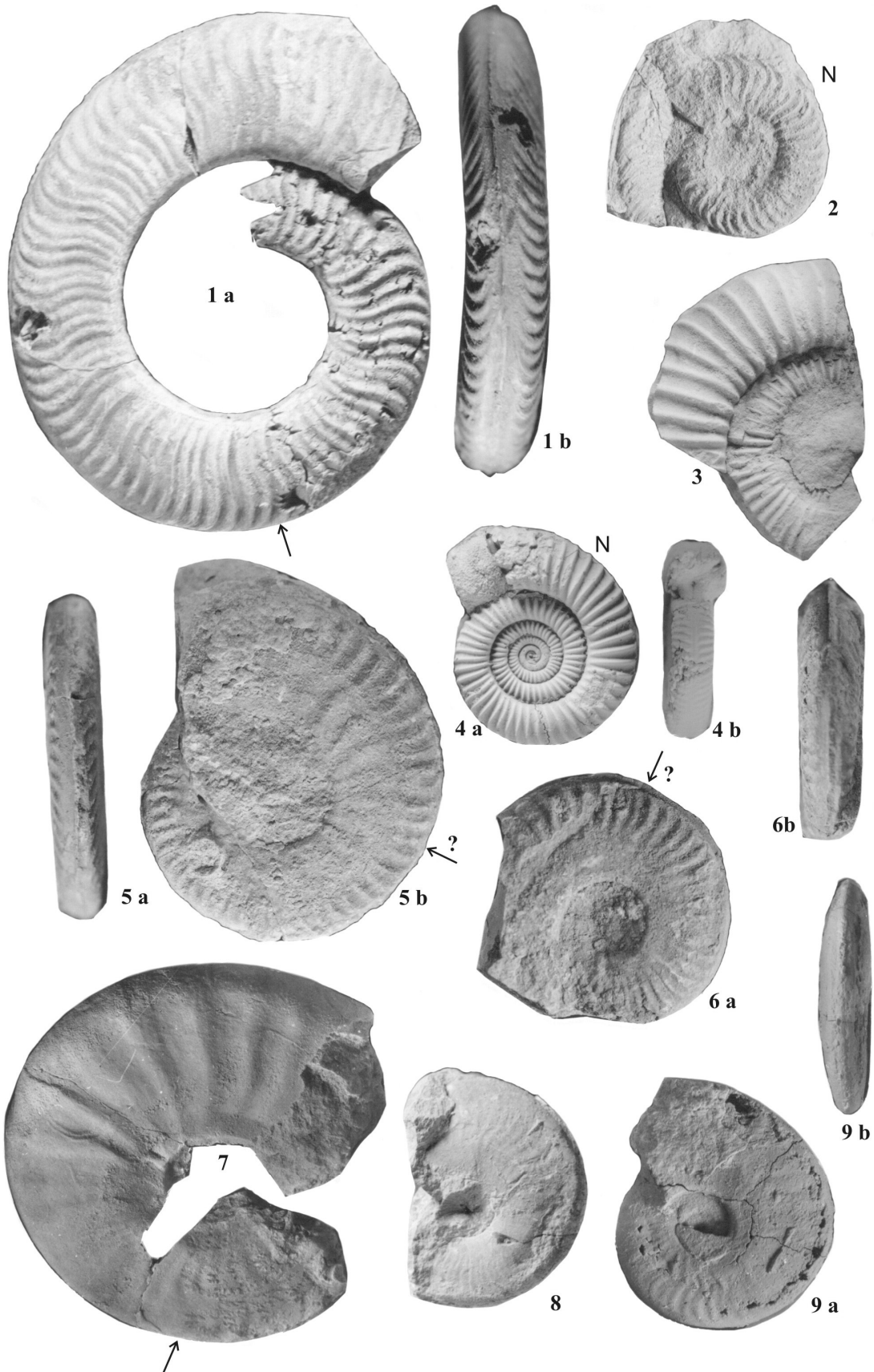


Planche 3

Fig. 1 – *Osperleioceras* aff. *alternans* (MONESTIER); São Gião, coupe A, niv. 225 base; Toarcien Sup., zone à Speciosum, sous-zone à Speciosum.

Dm = 33; H = 4 (0,42); E = ? ; O = 10 (0,30).

Fig. 2 – *Pseudogrammoceras* aff. *fallaciosum* (BAYLE); São Gião, coupe A, niv. 220; Toarcien Supérieur, zone à Bonarellii, sous-zone à Fallaciosum.

Fragment non mesurable.

Fig. 3 – *Osperleioceras* sp.; São Gião, coupe A, 1m sous niv. 120 (= niv. 225, moitié sup.); Toarcien Sup., zone à Speciosum, sous-zone à Reynesi.

Dm = 95; H = 35c (0,37); E = 20c (0,21) ; O = 28c (0,29).

Exemplaire de très grande taille, mais déformé. Cette forme, d'interprétation difficile, à costulation assez espacée, rappelle la morphologie de certains morphotypes de *O. nadorensis* ELMI (1986, pl. 2, fig. 1-2, non pl. 1, fig. 4), espèce plus tardive de la zone à Meneghinii.

Fig. 4 – *Osperleioceras* gr. *matteii* ELMI; São Gião, coupe A, niv. 130 (au milieu); Toarcien Sup., zone à Meneghinii.

à D = 45c; H = 23c (0,51); E = 11 (0,24); O = 8 (0,18).

Phragmocône pyriteux incomplet.

Fig. 5 – *Osperleioceras matteii* ELMI; São Gião, coupe A, niv. 131 sup.; Toarcien Sup., zone à Meneghinii.

Dm = 55; H = 22 (0,40); E = 14 (0,25); O = 12 (0,22).

Phragmocône pyriteux incomplet.

Fig. 6-8 – *Pseudaptetoceras christiana*e (ELMI & MOUTERDE); São Gião, coupe B, niv. 28; Toarcien Sup., sommet de la zone à Aalensis, sous-zone à Buckmani (?).

6 – à D = 95; H = 55 (0,58); E = ? ; O = 6 (0,06);

à D = 85; H = 50 (0,59); E = ? ; O = 6 (0,07);

à D = 70; H = 40 (0,57); E = ? ; O = 6 (0,09).

Holotype, moule externe dans un calcaire argileux plaqué sur des coupoles à spongiaires (ELMI & MOUTERDE, 1997, pl. 2, fig. 1).

7 – à D = 39,5; H = 22,5 (0,57); E = 10 (0,25); O = 4,2 (0,11).

Paratype, moule interne pyriteux provenant des marnes situées sous le banc d'où provient l'holotype figuré ci-dessus (Fig. 6).

8 – x 1,1; à D = 48; H = 27,5 (0,57); E = ? ; O = 4,5 (0,09); N/2 = 36 ;

à D = 37,5; H = 20,5 (0,55); E = ? ; O = 4,5 (0,12); N/2 = 32.

Topotype, moule interne calcaire provenant du même banc que l'holotype.

Planche 3

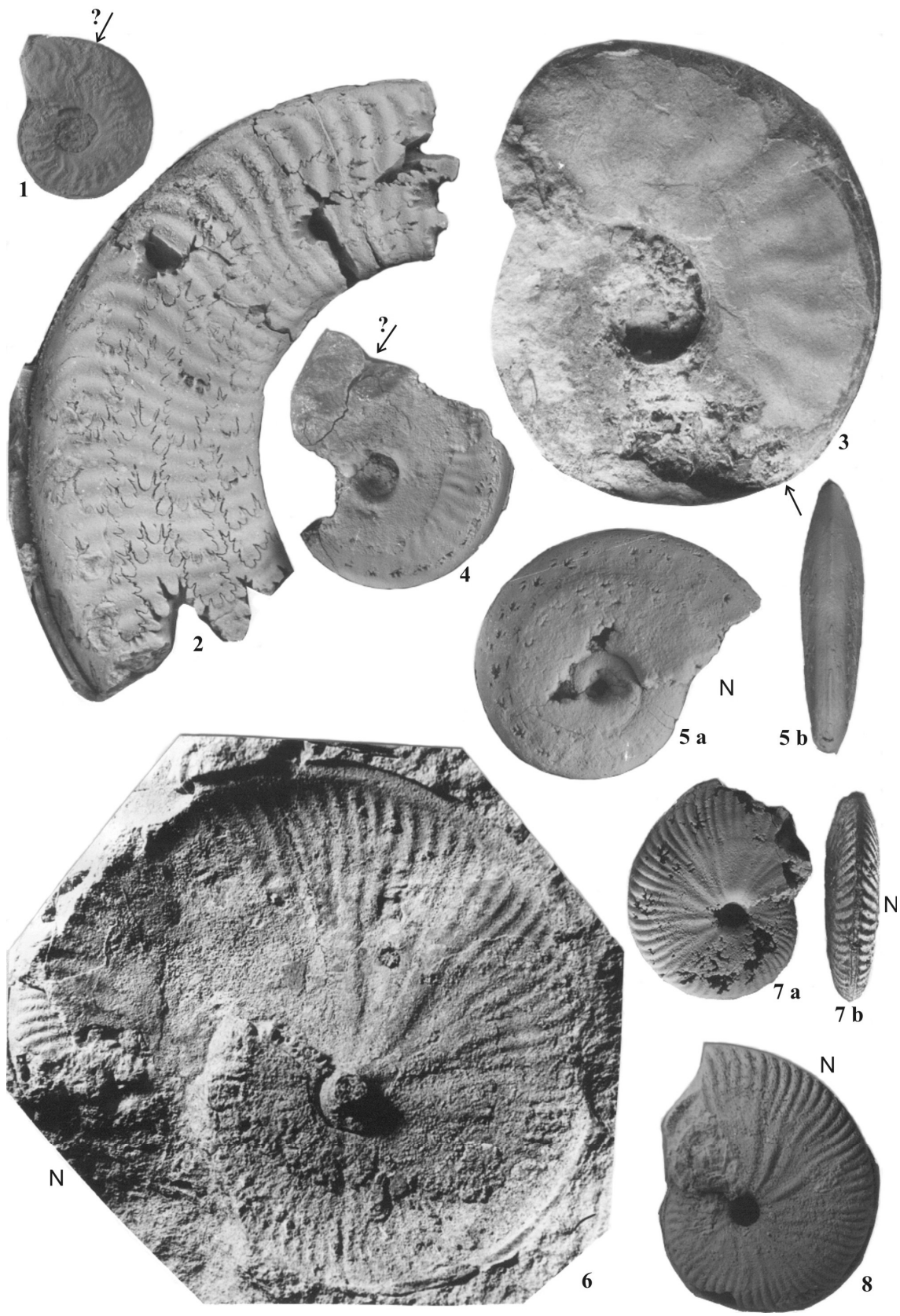


Planche 4

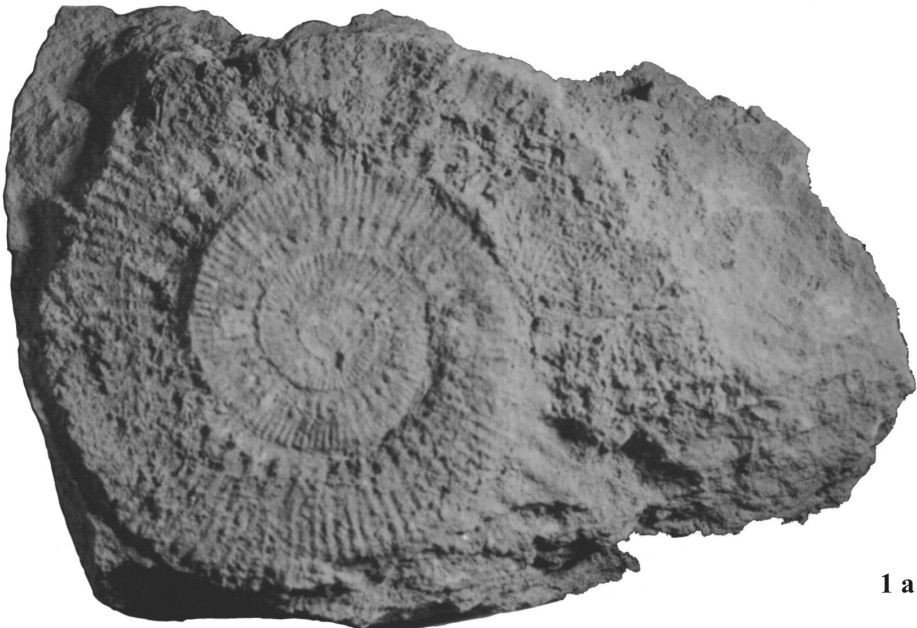
Fig. 1 – *Crestaites meneghinii* (BONARELLI), x 1; São Gião, coupe A, niv. 127; Toarcien Sup., zone à Meneghinii.

1a – empreinte; 1b – moule interne complet avec péristome partiellement préservé.

Morphotype à ornementation dense, comportant des côtes primaires courtes et à section ventrale très aiguë.

Dm = 195; à D = 140; H = 45 (0,32); E = ? ; O = 95 (0,68).

Planche 4



1 a



1 b