

Les associations de bivalves (Mollusca, Bivalvia) du Messinien du bassin de Sorbas (SE Espagne)

Denis LACOUR
Agnès LAURIAT-RAGE

Muséum national d'Histoire naturelle, Laboratoire de Paléontologie,
UMR 8569 du CNRS, 8 rue Buffon, F-75231 Paris cedex 05 (France)

Jean-Paul SAINT MARTIN

Université de Provence, UMR 6019, Centre de Sédimentologie-Paléontologie,
case 67, 3 place Victor-Hugo, F-13331 Marseille cedex 03 (France)
jpsmart@newsup.univ-mrs.fr

Blaise VIDET
Didier NÉRAUDEAU

Université de Rennes 1, Géosciences Rennes, UMR 6118 du CNRS,
Campus de Beaulieu, avenue du Général-Leclerc, F-35042 Rennes cedex (France)

Evelyne GOUBERT

Université de Bretagne Sud, Campus Tohannic, Centre Yves Coppens,
F-56017 Vannes cedex (France)

Madeleine BONGRAIN

rue de la Pachère, F-64260 Arudy (France)

Lacour D., Lauriat-Rage A., Saint Martin J.-P., Videt B., Néraudeau D., Goubert E. & Bongrain M. 2002. — Les associations de bivalves (Mollusca, Bivalvia) du Messinien du bassin de Sorbas (SE Espagne), in Néraudeau D. & Goubert E. (eds), l'Événement messinien : approches paléobiologiques et paléoécologiques. *Geodiversitas* 24 (3) : 641-657.

RÉSUMÉ

Les dépôts messiniens anté-évaporitiques du bassin de Sorbas (SE Espagne) sont particulièrement riches en bivalves, tant du point de vue de leur abondance que de leur diversité, avec au total une quarantaine d'espèces. L'étude paléoécologique ciblée sur cette faune a permis de distinguer trois associations spécifiques chacune d'un cadre paléoenvironnemental particulier : 1) la première association, peu profonde de milieu infralittoral supérieur, est caractérisée par de grands pectinidés, notamment *Flabellipecten fraterculus fraterculus* (Sowerby, 1841) ; 2) la deuxième association de milieu infralittoral plus profond, marquée par un faciès détritique plus faible et plus fin, est plus diversifiée en épibiontes et en endobiontes ; 3) la troisième association marque les paléoenvironnements les plus profonds, principalement des vasières circalittorales

MOTS CLÉS

Mollusca,
Bivalvia,
paléoenvironnements,
Messinien,
éaporites,
Sorbas,
Méditerranée occidentale.

souvent riches en *Amusium cristatum* (Bronn, 1828). La présence des deux dernières associations dans les évaporites messiniennes de Los Yesos, située dans l'Ouest du bassin de Sorbas, plaide en faveur du dépôt d'une partie des gypses sous une tranche d'eau relativement importante. La persistance à Sorbas de tels organismes, sténohalins et marins, vers la fin de l'épisode évaporitique, indique des connexions entre le bassin de Sorbas et des zones marines franches pendant cet épisode.

ABSTRACT

Messinian bivalves' associations (Mollusca, Bivalvia) of the Sorbas basin (SE Spain). The Messinian pre-evaporitic deposits of the Sorbas basin (SE Spain) are very rich and diversified in bivalves assemblages. The palaeoecological analysis of these fossils allows to distinguish three associations characteristic of particular palaeoenvironmental ranges: 1) the first association located in the upper part of the inner shelf includes large pectinids, such as *Flabellipecten fraterculus fraterculus* (Sowerby, 1841); 2) the second association, more developed in deeper parts of the inner shelf, is more rich with epibenthic and endobenthic forms; 3) the last association is more specific of the outer shelf, especially *Amusium cristatum* (Bronn, 1828). The presence of the two last associations in the Messinian gypsum of Los Yesos, in the western part of the Sorbas basin, is an argument in favour of the gypsum deposit under relatively large water depth. The survival of these bivalves, typically stenohaline and marine organisms, in the last levels of Messinian gypsum of Sorbas basin, testifies the existence of marine connexions between this basin and normal marine areas during the evaporitic episode.

KEY WORDS

Mollusca,
Bivalvia,
paléoenvironnements,
Messinian,
evaporites,
Sorbas,
western Mediterranean.

INTRODUCTION

La fin du Miocène est marquée en Méditerranée par un développement important de plates-formes carbonatées (Ott d'Estevou & Montenat 1990 ; Saint Martin & Rouchy 1990 ; Cornée *et al.* 1996 ; Conesa 1997) offrant une grande variété de biotopes riches en malacofaune, en particulier de mollusques bivalves. Les travaux consacrés aux bivalves messiniens de Méditerranée ont montré la sensibilité de ce groupe aux variations environnementales (Saint Martin *et al.* 1985 ; Freneix *et al.* 1987a, b, 1988 ; Ben Moussa *et al.* 1987, 1988 ; Barrier & Montenat 1990 ; Demarcq 1990 ; Jiménez & Braga 1993 ; Ben Moussa 1994 ; Lacour 1999). Des études sur les plates-formes carbonatées marocaines (Ben Moussa 1994) et algériennes (Saint Martin *et al.* 1985 ; Freneix *et al.* 1987a, b, 1988 ; Saint Martin 1990) ont déjà permis de définir des

assemblages de bivalves caractéristiques de milieux de dépôts messiniens. L'abondance des bivalves dans la plate-forme carbonatée du bassin de Sorbas, au Sud-Est de l'Espagne, offre un matériel de choix pour entreprendre une approche paléoenvironnementale afin de lire les paléoenvironnements au sein des faciès sédimentaires messiniens.

Ce travail propose ainsi de définir des associations de bivalves caractéristiques de milieux de dépôt dans un modèle de zonation des environnements de la plate-forme lié aux contraintes bathymétriques et sédimentaires. Les résultats obtenus à partir de la faune de bivalves permettront de compléter les données paléobiologiques des dépôts messiniens du bassin de Sorbas, tirées de l'étude des échinides irréguliers (Lacour 1999 ; Lacour & Néraudeau 2000 ; Néraudeau *et al.* 2001), des foraminifères (Riding *et al.* 1998 ; Goubert *et al.* 2001) et des huîtres (Videt 2000),

afin de mieux comprendre la signification paléo-écologique des faunes interstratifiées dans les gypses messiniens du bassin de Sorbas.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

CADRE STRATIGRAPHIQUE ET GÉOGRAPHIQUE

Les travaux concernent les plates-formes carbonatées messiniennes développées sur les bordures nord et sud du bassin de Sorbas, situé au Nord-Est de la ville d'Almería, au Sud-Est de l'Espagne (Fig. 1). Quatre sites fossilifères y ont été étudiés : trois coupes dans le Messinien anté-évaporitique de la plate-forme nord du bassin à La Mela (Fig. 2), Cerro de Los Lobos (Fig. 3) et Cerro Mandras (Fig. 4), qui ont déjà fait l'objet d'études sédimentologique, stratigraphique et faunique détaillées (Conesa 1997 ; Conesa & Babinot 1999 ; Conesa *et al.* 1999 ; Lacour 1999 ; Videt 2000 ; Néraudeau *et al.* 2001), et une coupe dans le Messinien intra-évaporitique de la bordure sud, à Los Yesos (Fig. 8) (Lacour & Néraudeau 2000 ; Saint Martin *et al.* 2000 ; Goubert *et al.* 2001 ; Néraudeau *et al.* 2001).

La Mela (Fig. 2) et Cerro de Los Lobos (Fig. 3)

L'enchaînement vertical des faciès est similaire dans ces deux coupes distantes de 1 km d'Est en Ouest. La série marine transgresse généralement sur des dépôts conglomératiques, voire sur le socle métamorphique. Elle débute par des bancs plurimétriques massifs de calcaires bioclastiques, se poursuit par une alternance de bancs de calcaires bioclastiques moins épais et passe ensuite progressivement à un faciès marno-sableux. L'essentiel de la série est ensuite constitué d'intercalations de bancs de calcaires, parfois lumacheliques, et de marnes silteuses ou sableuses. Ces marnes sont d'importance moindre à La Mela qu'à Cerro de Los Lobos où elles atteignent presque une dizaine de mètres. Les deux successions sédimentaires se terminent par des calcaires bioclastiques massifs de faciès comparable à ceux de la base des coupes. À La Mela, ces calcaires sommitaux sont discordants sur des petits bancs de calcaires argilo-gréseux et à Cerro de Los

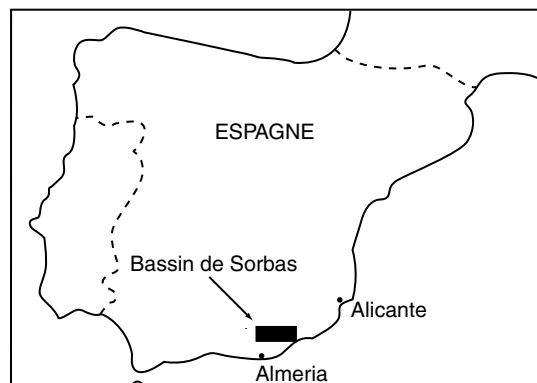


FIG. 1. — Localisation géographique du bassin de Sorbas (SE Espagne).

Lobos ils reposent sur les marnes par l'intermédiaire d'une surface de troncature oblique.

Cerro Mandras (Fig. 4)

La série débute par une très grande épaisseur de marnes silteuses et sableuses. Ces marnes s'épaississent en direction du bassin avec près de 15 m d'épaisseur à Cerro Mandras. Elles sont surmontées par des bancs de calcaires sableux ou bioclastiques très peu épais. Ceux-ci sont interrompus par une construction corallienne à *Porites* Link, 1807 de quelques mètres d'épaisseur. La série montre ensuite une alternance de calcaires bioclastiques et de niveaux sableux ou marno-sableux. La coupe s'achève par des calcaires bioclastiques gréseux à mégarides de courants quasi dépourvus de macrofaune (Conesa 1997 ; Lacour 1999 ; Videt 2000).

Los Yesos (Fig. 8)

La coupe de Los Yesos, précédemment présentée par Montenat *et al.* (1980) et Ott d'Estevou & Montenat (1990) puis révisée par Lacour & Néraudeau (2000), Saint Martin *et al.* (2000) et Néraudeau *et al.* (2001), montre une succession de faciès relativement continue entre le sommet du Messinien anté-évaporitique et le Messinien post-évaporitique. Elle présente, de bas en haut : 1) des alternances marno-calcaréo-sableuses ; 2) des niveaux carbonatés renfermant des colonies

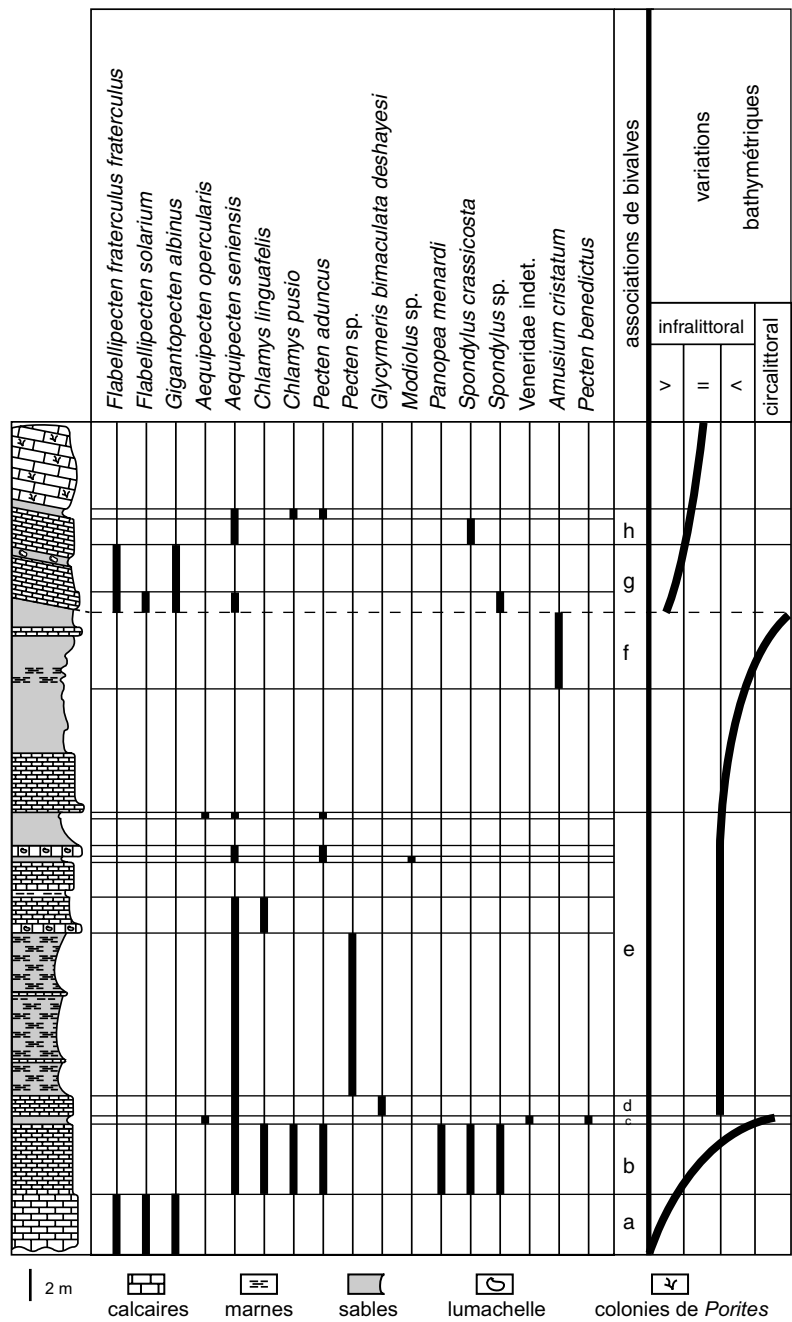


FIG. 2. — Distribution des faunes de bivalves et interprétation en terme de fluctuation du niveau marin pour la coupe de La Mela (bassin de Sorbas, SE Espagne).

coralliennes (*Porites*, *Siderastraea* Blainville, 1830) ; 3) des marnes à intercalations diatomiques ; 4) des alternances marno-calcaréo-sableuses comprenant un niveau conglomératique à huîtres ; 5) trois formations gypseuses (10, 20, 40 m) séparées par deux intercalations métriques de sables noirs ; 6) des calcaires et des marnes blanches ; 7) un dernier ensemble gypseux (2 à 4 m) ; et 8) des laminites et calcaires gréseux oolithiques.

MATÉRIEL

Le matériel messinien étudié ici rassemble plusieurs centaines de spécimens récoltés par les auteurs dans les niveaux anté- et intra-évaporitiques du bassin de Sorbas. L'état de conservation des bivalves rend parfois la détermination spécifique malaisée. En effet, le matériel se présente généralement sous la forme d'empreintes plus ou moins complètes, c'est le cas en particulier de la plupart des cardiidés et vénéridé. Seules les coquilles principalement calcitiques des pectinidés et des spondylidés sont mieux conservées. Certains spécimens ont été comparés à ceux récoltés sur les plates-formes carbonatées d'Oranie (Algérie occidentale) ayant servi de support aux travaux de Freneix *et al.* (1987a, b, 1988). Les spécimens messiniens du bassin de Sorbas sont conservés à l'Université de Provence (Marseille) dans le centre de Sédimentologie-Paléontologie et au Muséum national d'Histoire naturelle de Paris au Laboratoire de Paléontologie. Quant aux spécimens messiniens d'Oranie, ils sont uniquement conservés dans les collections du Laboratoire de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris.

MÉTHODE

L'étude détaillée sur le terrain de la répartition des bivalves dans les différents lithofaciès a permis de reconnaître des associations caractéristiques de milieux de dépôts particuliers. Chaque association est définie par la combinaison d'un type de lithofaciès (par exemple, conglomérat, calcaire silto-gréseux, marne, calcaire construit, etc.), des taxons d'huîtres qui en sont caractéristiques et de la faune benthique dominante qui y est associée.

Les milieux de vie des espèces sont déduits des interprétations sédimentologiques et séquentielles proposées dans des travaux antérieurs sur les différentes coupes du bassin de Sorbas (Saint Martin *et al.* 1985 ; Barrier & Montenat 1990 ; Demarcq 1990 ; Jiménez & Braga 1993 ; Ben Moussa 1994 ; Lacour 1999) et sur les analyses paléoécologiques menées sur les mêmes gisements à partir des échinides (Néraudeau *et al.* 2001) et des foraminifères (Goubert *et al.* 2001). Ces interprétations paléoenvironnementales biosédimentaires sont confrontées aux données actualistes sur les espèces (morphologiques) d'huîtres messiniennes qui vivent encore actuellement en Méditerranée (Videt 2000). Un découpage de la plate-forme continentale en deux étagements, infralittoral et circalittoral, est utilisé en reprenant les critères de Pérès & Picard (1964) repris et simplifiés par Goubert *et al.* (2001) et Néraudeau *et al.* (2001). Dans l'étude paléoécologique, seuls les spécimens n'ayant subi que très peu ou pas de transport *post-mortem* ont été pris en compte. L'autochtonie absolue de tels organismes à l'état fossile demeurant objectivement invérifiable, seules les formes fixées ne présentent aucune ambiguïté. Les bivalves considérés ici comme autochtones sont ceux qui au sein du sédiment étaient préservés avec leurs deux valves entières, non usées et en connexion, avec des populations associant dans un même niveau des individus juvéniles et des adultes dans un contexte sédimentaire exempt de toute trace de tri hydrodynamique des coquilles. De plus, dans ces niveaux à bivalves présumés autochtones, la faune associée devait confirmer l'autochtonie des assemblages, les échinides irréguliers, notamment, étant complets avec une partie de leurs piquants en connexion (Lacour 1999 ; Lacour & Néraudeau 2000 ; Néraudeau *et al.* 2001), les balanes couvrant certaines coquilles n'étant pas dissociées (Lacour 1999). Tous les assemblages étudiés peuvent être considérés comme témoins d'un très faible transport entre leur milieu de vie et leur lieu de fossilisation. On peut donc envisager que l'unité dans laquelle un assemblage est récolté reflète des conditions environnementales présentes à l'époque dans cette unité lithologique.

DISTRIBUTION DES BIVALVES DANS LE MESSINIEN ANTÉ-ÉVAPORITIQUE

LA COUPE DE LA MELA (FIG. 2)

La série présente un caractère globalement transgressif. Le message transgressif débute par des niveaux à forte énergie et à fort détritisme caractérisés par la présence de très grands pectinidés (a) tels que *Flabellipecten fraterculus fraterculus* (Sowerby, 1841), *F. solarium* (Lamarck, 1819) et *Gigantopecten albinus* (von Teppner, 1915), de grosses huîtres *Ostrea lamellosa* Brocchi, 1814 non fixées sur les *Gigantopecten* Rovereto, 1899 (Videt 2000) et de l'échinide littoral *Clypeaster altus* Lamarck, 1816 (Lacour 1999 ; Rose & Wood 1999 ; Néraudeau *et al.* 1999, 2001 ; Lacour & Néraudeau 2000). Cette association de grands pectinidés indique un milieu peu profond très agité dans la partie la moins profonde de l'étage infralittoral.

Progressivement, le milieu s'approfondit. Il témoigne d'abord d'une possible influence récifale avec la présence de *Spondylus crassica* (Lamarck, 1819) (b). La faune de bivalves se compose principalement de petits pectinidés dominés par *Aequipecten seniensis* (Lamarck, 1819), mais contient également *Chlamys pusio* (Linné, 1758), *C. linguafelis* (Almera & Bofill, 1897) et *Pecten aduncus* (Eichwald, 1830) et de nombreux fousseurs dont *Panopea menardi* (Deshayes, 1829). Le milieu est riche en oursins réguliers (*Arbacia* Pomel, 1869, *Psammechinus* Agassiz & Desor, 1846, *Echinocyamus* Van Phelsum, 1774), astérides, crustacés, petits coraux solitaires et gastéropodes. Cette association semble indiquer un milieu de profondeur modérée dans l'étage infralittoral.

L'approfondissement s'accroît partiellement (c) avec un envasement marqué par le développement de *Pecten benedictus* (Lamarck, 1819) et de l'échinide circalittoral *Brissopsis lyrifera* (Forbes, 1841) (Lacour 1999 ; Lacour & Néraudeau 2000 ; Néraudeau *et al.* 2001).

Un détritisme plus important, marqué par *Glycymeris bimaculata deshayesi* (Mayer, 1868) (d), indique ensuite un retour vers un milieu d'étage infralittoral.

Le reste de la coupe a livré très peu de bivalves. On peut seulement noter la présence régulière d'*Aequipecten seniensis* aux côtés d'autres petits pectinidés comme *Chlamys linguafelis*, *Pecten aduncus* et *Pecten* sp. (e).

La plate-forme s'approfondit progressivement avec une augmentation de l'envasement favorable à *Amusium cristatum* (Bronn, 1828) (f) et évolue probablement vers un milieu situé dans l'intervalle infralittoral inférieur/circalittoral supérieur à une profondeur de l'ordre de la cinquantaine de mètres. La discordance susjacente met en contact le faciès à *Amusium cristatum*, au moins d'étage circalittoral, avec un nouveau faciès d'étage infralittoral supérieur (g). La plate-forme est alors soumise à un hydrodynamisme plus élevé favorable aux grands *Pecten* Müller, 1776, *Flabellipecten fraterculus fraterculus*, *F. solarium* (Fig. 5A) et *Gigantopecten albinus*.

L'apparition de *Spondylus crassica* (h) témoigne en faveur de la proximité d'une zone récifale. L'association de petits pectinidés tels que *Aequipecten seniensis*, *Chlamys pusio* et *Pecten aduncus* aux côtés de *Spondylus crassica* semble indiquer un milieu de type infralittoral médian à supérieur. L'influence récifale se concrétise par le développement d'un banc corallien sommital de colonies à *Porites*.

LA COUPE DE CERRO DE LOS LOBOS (FIG. 3)

La coupe présente là aussi un caractère globalement transgressif. La pulsation transgressive débute sur des dépôts deltaïques ou sur le socle métamorphique. La plate-forme subit un hydrodynamisme et un détritisme élevés. Il se développe une faune à grands pectinidés (a), *Flabellipecten fraterculus fraterculus*, *F. solarium* et *Gigantopecten albinus* aux côtés d'oursins irréguliers très peu profonds *Clypeaster altus* (Lacour 1999 ; Rose & Wood 1999 ; Néraudeau *et al.* 1999, 2001 ; Lacour & Néraudeau 2000) et de grosses huîtres *Ostrea lamellosa* (Videt 2000). Cette association caractérise un milieu d'étage infralittoral supérieur. Ce faciès ressemble à celui observé à la base de la coupe de La Mela (Fig. 2, association a).

Progressivement s'installe une faune de fonds biodétritiques (b) caractérisée par une association

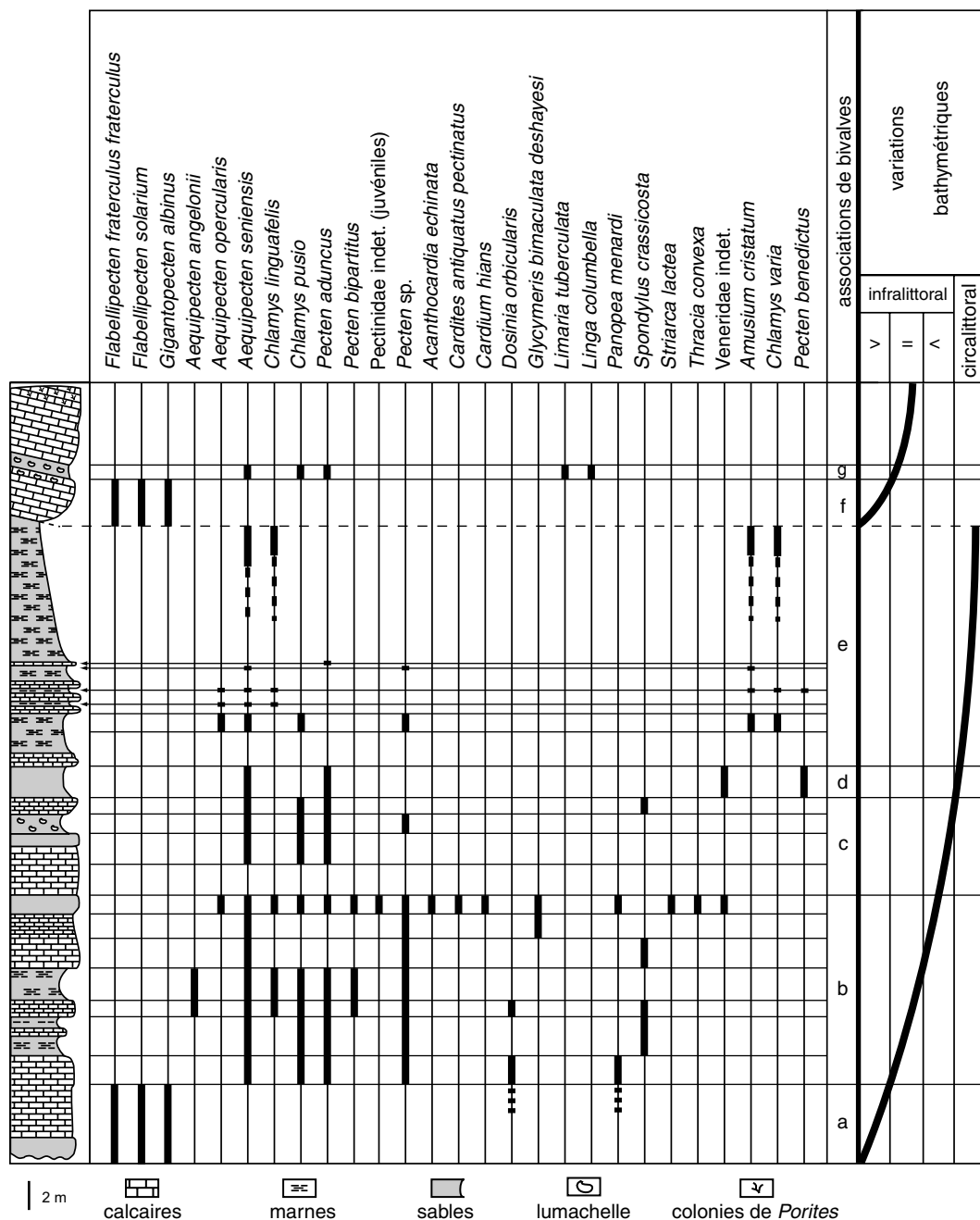


FIG. 3. — Distribution des faunes de bivalves et interprétation en terme de fluctuation du niveau marin pour la coupe de Cerro de Los Lobos (bassin de Sorbas, SE Espagne).

riche et diversifiée dominée par les pectinidés *Aequipecten seniensis*, *A. angelonii* (Stefanii & Pantanelli, 1878) (Fig. 5B), *Chlamys linguafelis*, *C. pusio* et *Pecten aduncus*. On y relève également la présence de *Spondylus crassicauda*, *Panopea menardi* et l'abondance d'oursins réguliers récifaux *Arbacia*, *Psammechinus* et *Echinocyamus* (Lacour 1999). Cette association faunique, qui atteint un paroxysme au sommet de b, semble définir l'infralittoral médian à inférieur.

Par la suite, l'ennoiement de la plate-forme dans un milieu de dépôt plus ouvert est caractérisé par une diminution de la biodiversité. La faune de bivalves est alors essentiellement composée de petits pectinidés *Aequipecten seniensis*, *Chlamys pusio* et *Pecten aduncus* (c) et semble relever d'un milieu situé dans la partie la plus profonde de l'étage infralittoral. La baisse des apports détritiques due à de légers approfondissements permet le développement de *Pecten benedictus* (d) à la charnière des étages infralittoral et circalittoral.

L'ennoiement de la plate-forme amorcée se poursuit avec des niveaux de plus en plus marneux (e) où persistent de petits pectinidés tels que *Aequipecten seniensis*, *Chlamys pusio* et *Pecten aduncus*. L'envasement important de la plate-forme est propice au développement d'*Amusium cristatum* (Fig. 5C). Cette association montre le passage de la plate-forme vers un milieu calme, de type circalittoral franc, d'une profondeur minimum de 50 m, avec un envasement de plus en plus fort.

La surface de troncature met en contact les dépôts circalittoraux (e) avec des dépôts plus proximaux, de milieu infralittoral supérieur caractérisé par les grands pectinidés (f) semblables à ceux de la base de la coupe. Au sommet de la coupe, l'association des épilithes *Aequipecten seniensis*, *Chlamys pusio*, *Limaria tuberculata* (Olivi, 1792) et *Pecten aduncus* accompagnés du fouisseur superficiel *Linga columbella* (Lamarck, 1818) (g) précède l'installation, quelques mètres au-dessus, de constructions à *Siderastraea*.

LA COUPE DE CERRO MANDRAS (FIG. 4)

La sédimentation présente un caractère globalement régressif à l'échelle de la coupe, marquant

une séquence de comblement. La coupe débute par un faciès de marnes sableuses où la faune dominée par *Amusium cristatum* est rare et constituée d'espèces de petite taille (a). On y trouve *Aequipecten seniensis*, *Anadara diluvii* (Lamarck, 1805) (Fig. 5D), *Chlamys pusio*, *Pecten aduncus*, *P. benedictus*, des vénérinidés préservés sous forme de moules internes et l'huître *Neopycnodonta navicularis* (Brocchi, 1814), typiques de fonds envasés (Lacour 1999 ; Videt 2000). Cette association de bivalves indique un milieu calme et envasé d'étage circalittoral d'au moins 50 à 100 m de profondeur.

La faune se diversifie nettement ensuite (b). Les bivalves sont particulièrement diversifiés avec des pectinidés, *Aequipecten seniensis* dominants, *Pecten aduncus*, des épilithes comme *Arca noae* Linné, 1758, *Barbatia clathrata* (Defrance, 1816), *Barbatia subhelbingi* (d'Orbigny, 1852), des cardiidés et vénérinidés indéterminés en moules internes ou en répliques. La faune dominée par les petits pectinidés indique un milieu infralittoral inférieur.

Une bioconstruction à colonies de *Porites* (c) se développe dans un domaine calme et envasé d'étage infralittoral inférieur (Conesa 1997). La faune de bivalves y est quasi inexistante hormis quelques *Aequipecten seniensis* et des vénérinidés situés dans la vasière en périphérie des bioconstructions.

À cet événement récifal, succède une faune de bivalves diversifiée (d). Celle-ci renferme des pectinidés, *Aequipecten seniensis* (Fig. 5E), *Chlamys linguafelis*, *C. pusio*, *Pecten aduncus*, des épibiontes comme *Arca noae*, *Barbatia clathrata*, *Barbatia subhelbingi*, des endobiontes comme *Anadara turonica* (Dujardin, 1837), *Cardites antiquatus pectinatus* (Brocchi, 1814), *Spondylus concentricus* Bronn, 1831 (Fig. 5F, G), *Tellina planata* (Linné, 1758), divers cardiidés et vénérinidés en moules internes ou en répliques et des endobiontes foreurs comme *Lithophaga lithophaga* (Linné, 1758), implantés au toit des bioconstructions. La plate-forme semble évoluer vers un milieu nettement infralittoral inférieur. Le maximum de profondeur (e) est marqué par un faciès marno-sableux, renfermant *Anadara diluvii*, *Thracia pubescens*

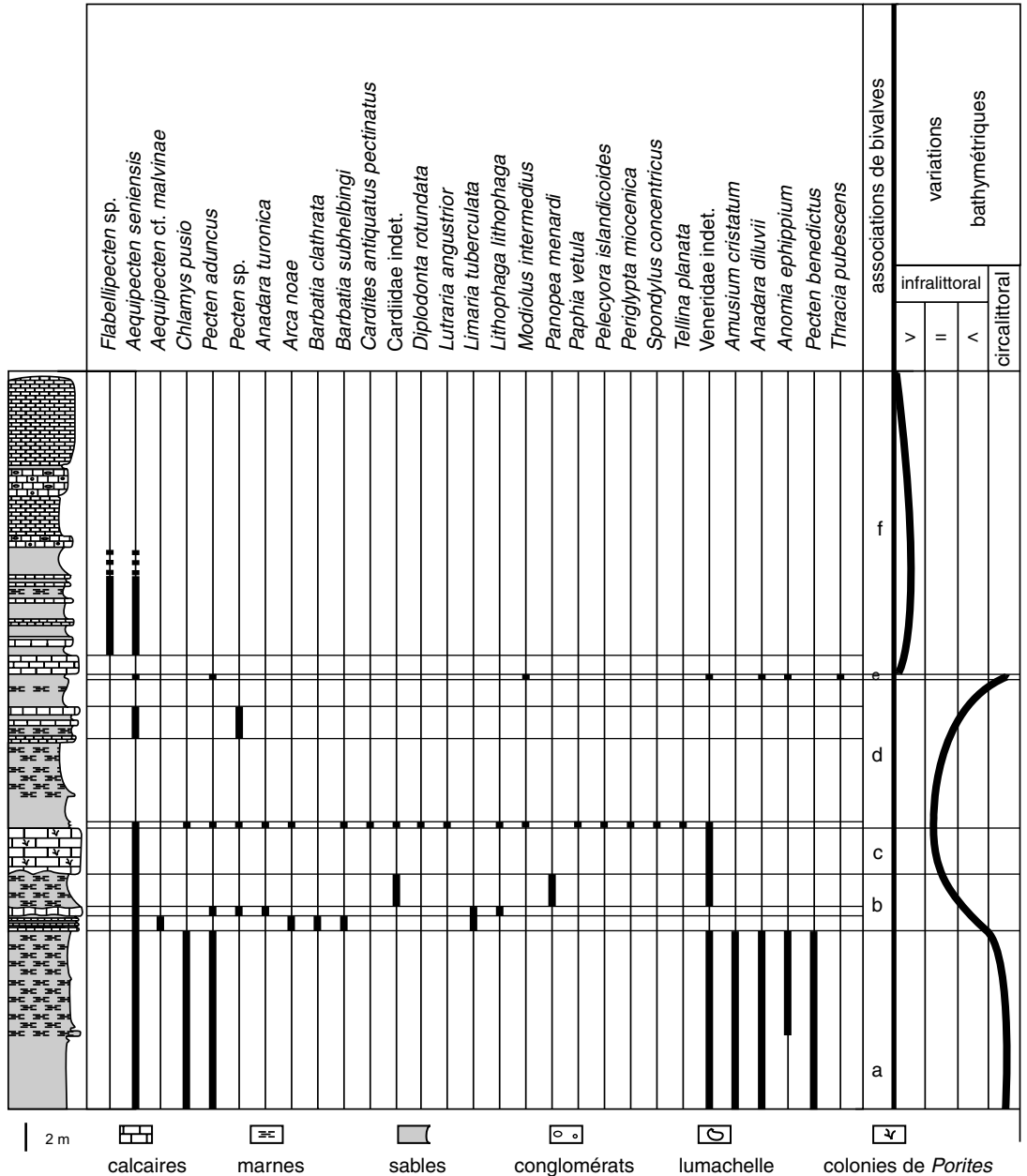


FIG. 4. — Distribution des faunes de bivalves et interprétation en terme de fluctuation du niveau marin pour la coupe de Cerro Mandras (bassin de Sorbas, SE Espagne).

(Pulteney, 1799) ainsi que l'épibionte *Anomia ephippium* Linné, 1758 et exprimant un envasement prononcé dans un milieu d'étage cir-

littoral. Cet événement est surmonté d'une barre à mégarides exprimant la proximité de l'embouchure d'un delta (Conesa 1997).

Après cet événement azoïque, la faune devient de plus en plus rare (f) avec *Aequipecten seniensis* et quelques fragments de *Flabellipecten* sp. L'énergie augmente en fin de coupe où des dépôts à mégarides indiquent à nouveau la proximité de l'embouchure d'un delta (Conesa 1997).

ASSOCIATIONS DE BIVALVES DANS LE MESSINIEN ANTÉ-ÉVAPORITIQUE

La biodiversité des bivalves dans les dépôts anté-évaporitiques du bassin de Sorbas se comprend en fonction des associations caractérisant des milieux de dépôts (Fig. 6) allant du continent vers le centre du bassin et correspondant aux étages infra- et circalittoraux (Pérès & Picard 1964). Les pectinidés, en particulier les petites formes, représentent les bivalves les plus abondants et les plus présents (Fig. 7D). Ils regroupent *Aequipecten seniensis*, espèce la plus courante dans les sites étudiés, *Aequipecten opercularis* (Linné, 1758), *Chlamys linguafelis*, *C. pusio* et *Pecten aduncus*. Cette faune de petits pectinidés, qui se rencontre indifféremment dans des environnements calmes ou agités, sur des substrats meubles ou durs, vit dans tous les milieux depuis l'étage infralittoral jusqu'au circalittoral (Freneix *et al.* 1987a, b ; Saint Martin *et al.* 2000). Des significations environnementales plus précises sont apportées par la faune associée. Ainsi, l'analyse des trois coupes messiniennes anté-évaporitiques a permis de définir trois associations de bivalves : 1) l'association « grands *Pecten* » caractérise la partie supérieure peu profonde de la plate-forme soumise à un hydrodynamisme fort et marquée par des fonds détritiques grossiers (Fig. 6). Elle correspond au développement de grands pectinidés (Fig. 7A) dans un milieu correspondant à la partie la moins profonde de l'étage infralittoral. Dans le bassin de Sorbas, ces grands pectinidés sont très souvent associés à *Clypeaster altus*, espèce la plus littorale du gradient écomorphologique des échinides irréguliers (Lacour 1999 ; Rose & Wood 1999 ; Néraudeau *et al.* 1999, 2001 ;

Lacour & Néraudeau 2000) ; 2) l'association « infralittorale » livre une très riche faune de bivalves principalement composée par les épibiontes et les pectinidés (Fig. 7B). Les endobiontes y sont représentés par de nombreuses espèces fouisseuses et une seule espèce foreuse *Lithophaga lithophaga*. Il faut noter la présence de nombreux vénéruidés conservés en moules internes ou en répliques dont la détermination spécifique est incertaine. Cette faune diversifiée indique des substrats meubles d'une profondeur de l'ordre de quelques mètres à 40 m avec la présence d'espèces typiquement infralittorales (Fig. 6) : *Linga columbella* qui devait vivre à une profondeur d'environ 15 à 35 m (Freneix *et al.* 1987b), *Panopea menardi* qui caractérise un fond sableux brassé (Freneix *et al.* 1987b) et *Tellina planata* qui, avec l'oursin *Echinocardium mediterraneum* (Forbes, 1844), accompagne la biocénose des sables fins bien calibrés (2,5 à 25 m de profondeur) de Pérès & Picard (1964). *Spondylus crassicauda* fréquente les fonds biodétritiques entre 25 et 30 m de profondeur (Freneix *et al.* 1987a) et le fouisseur superficiel *Glycymeris bimaculata deshayesi*, typiquement infralittoral, appartient à la biocénose de sables grossiers et fins graviers sous influence de courants de fond (Pérès & Picard 1964 ; Freneix *et al.* 1987a) ; 3) l'association « circalittorale » est dominée par les pectinidés (Fig. 7C). Ces vasières circalittorales (Fig. 6) renferment des espèces de fonds vaseux calmes, d'étage circalittoral d'une profondeur comprise entre 50 et 100 m : le pectinidé *Amusium cristatum*, les fouisseurs *Anadara diluvii* et *Thracia pubescens* et surtout l'huître *Neopycnodonte navicularis*, forme typique des fonds de milieux circalittoraux, de profondeur comprise entre 50 et 100 m (Freneix *et al.* 1988 ; Lacour 1999 ; Saint Martin *et al.* 2000 ; Videt 2000). En association avec cette faune de bivalves, on rencontre généralement l'échinide irrégulier *Brissopsis lyrifera* qui marque des vasières calmes d'étages circalittoral à bathyal (Koehler 1921 ; Tortonese 1965 ; Lacour 1999 ; Lacour & Néraudeau 2000 ; Saint Martin *et al.* 2000 ; Néraudeau *et al.* 2001).

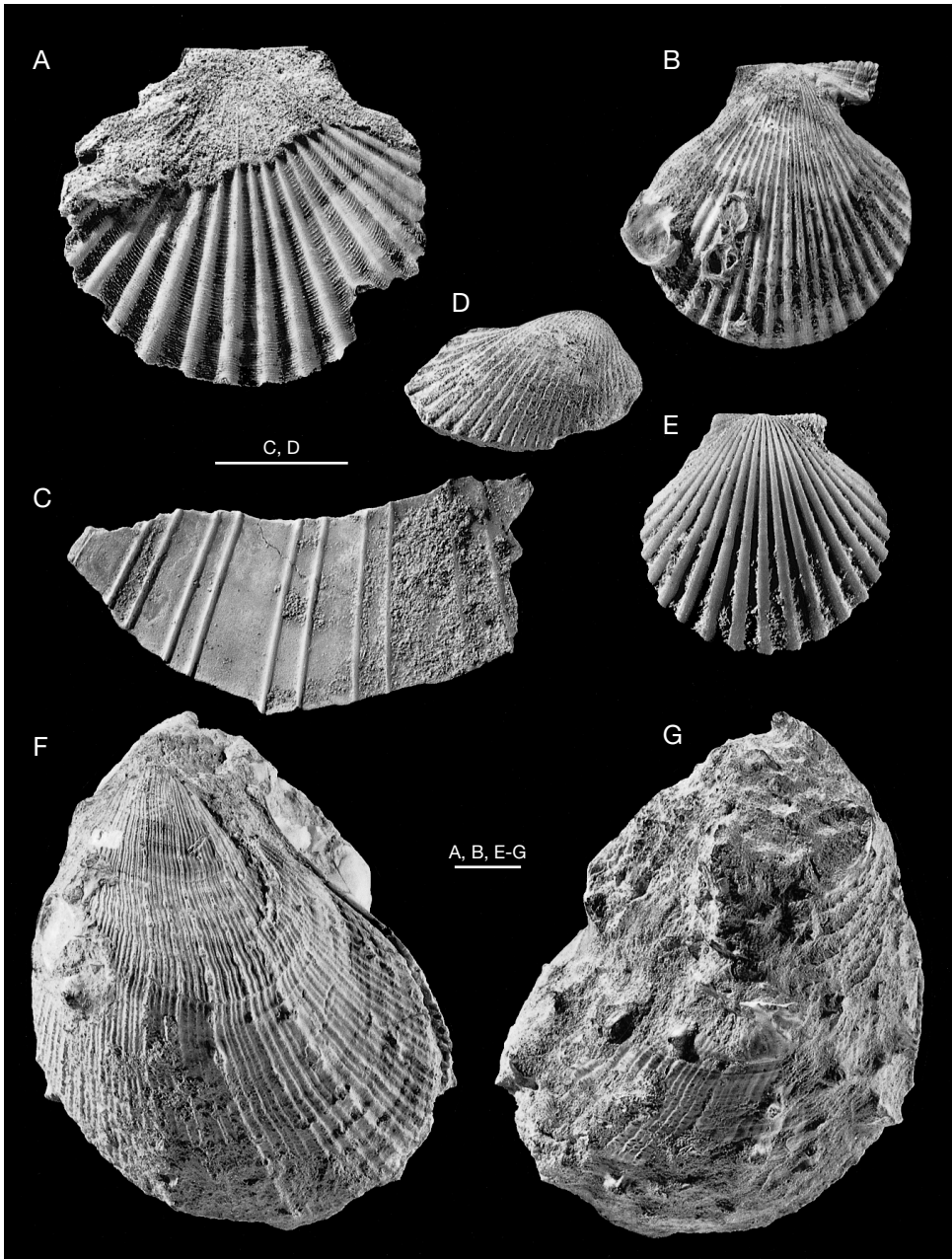


FIG. 5. – **A**, *Flabellipecten solarium* (Lamarck, 1819), valve droite d'un jeune individu récolté dans les niveaux calcaires de La Mela (g) (Messinien, MNHN-LP R63427) ; **B**, *Aequipecten angelonii* (Stefanii & Pantanelli, 1878), valve droite récoltée dans les marnes sableuses de Cerro de Los Lobos (b) (Messinien, MNHN-LP R63423) ; **C**, *Amusium (Amusium) cristatum* (Bronn, 1828), fragment montrant les costules internes, récolté dans les marnes sableuses de Cerro de Los Lobos (e) (Messinien, MNHN-LP R63424) ; **D**, *Anadara (Anadara) diluvii* (Lamarck, 1805), valve droite récoltée dans les marnes de la base de la coupe de Cerro Mandras (a) (Messinien, MNHN-LP R63422) ; **E**, *Aequipecten seniensis* (Lamarck, 1819), valve droite récoltée dans les marnes sableuses de Cerro Mandras (base d) (Messinien, MNHN-LP R63425) ; **F**, **G**, *Spondylus (Spondylus) concentricus* Bronn, 1831, récolté dans les marnes sableuses de Cerro mandras (base d) (Messinien, MNHN-LP R63426), valves en connexion ; **F**, valve gauche ; **G**, valve droite. Échelles : 1 cm.

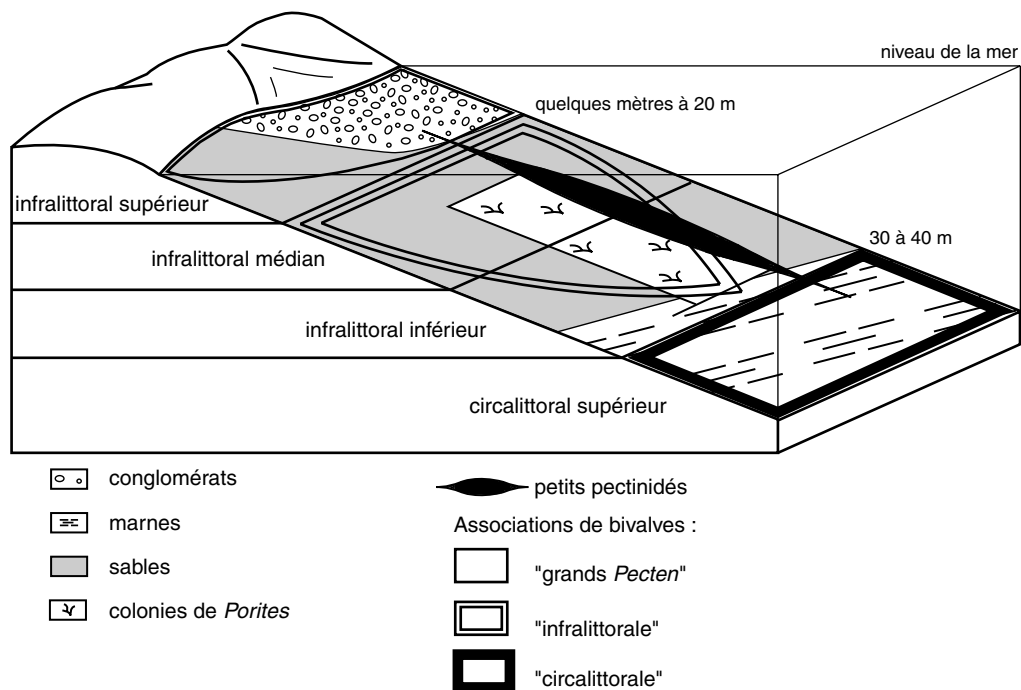


FIG. 6. — Répartition des associations de bivalves du Messinien anté-évaporitique du bassin de Sorbas (SE Espagne) sur une zonation bathymétrique et lithologique.

SIGNIFICATION DES FAUNES DE BIVALVES DANS LE MESSINIEN ÉVAPORITIQUE

LA COUPE DE LOS YESOS (FIG. 8)

Située à environ une quinzaine de kilomètres à l'Ouest de la ville de Sorbas, la coupe de Los Yesos montre à la fois des niveaux gypseux et des niveaux riches en bivalves (Fig. 8). La série débute à l'affleurement par une alternance de marnes sableuses et de calcaires sableux relativement pauvres en bivalves (a). Elle se poursuit par un niveau calcaire (b) renfermant de gros exemplaires d'*Amusium cristatum* et de nombreux petits bivalves dont *Anadara diluvii* et *Cuspidaria rostrata* (Spengler, 1792) typiques des fonds circalittoraux ou même de profondeurs supérieures (Saint Martin *et al.* 2000 ; Tebble 1976). La macrofaune associée est riche avec des échinides, *Aliaster insignis* (Pomel, 1887) et *Brissopsis atlantica* (Mortensen, 1913), des crustacés (pinces et

corps de crabes), des gastéropodes et quelques coraux solitaires (Lacour 1999 ; Lacour & Néraudeau 2000 ; Saint Martin *et al.* 2000). Cette riche association témoigne d'un milieu d'étage circalittoral d'une profondeur de l'ordre d'une centaine de mètres.

Un faciès marno-sableux, comprenant quelques *Aequipecten seniensis*, compose ensuite l'essentiel de la coupe (c) avec cependant des intercalations de pâtés coralliens à *Porites* de forme lenticulaire de taille plurimétrique. Une faune de petits pectinidés *Aequipecten opercularis*, *A. seniensis*, *Chlamys linguafelis* est présente dans les sédiments sablo-vaseux qui entourent les constructions coralliennes.

Les diatomites susjacentes, indiquant un milieu de mer ouverte à influences littorales (Saint Martin *et al.* 2001), n'ont pas livré de bivalves. Les sédiments s'enrichissent ensuite en silts, sables et même ponctuellement en graviers et galets, au fur et à mesure que l'on se rapproche de la base des

(A) association "Grands Pecten"	pectinidés <i>Flabellipecten fraterculus fraterculus</i> (Sowerby, 1841) <i>Flabellipecten solarium</i> (Lamarck, 1819) <i>Gigantopecten albinus</i> (von Teppner, 1915)	(D) "petits pectinidés" <i>Aequipecten opercularis</i> (Linné, 1758) <i>Aequipecten seniensis</i> (Lamarck, 1819) <i>Chlamys (Manupecten) linguatilis</i> (Almera & Bofill, 1897) <i>Chlamys (Mimachlamys) pusio</i> (Linné, 1758) <i>Pecten (Oppenheimopecten) aduncus</i> (Eichwald, 1830)
(B) association "infralittorale"	épibiontes <i>Aequipecten angelonii</i> (Stefani & Pantanelli, 1878) <i>Arca (Arca) noae</i> Linné, 1758 <i>Barbatia (Arca) clathrata</i> (Defrance, 1816) <i>Barbatia (Barbatia) subhelbingi</i> (d'Orbigny, 1852) <i>Cardium (Bucardium) hians</i> Brocchi, 1814 <i>Pecten (Pecten) bipartitus</i> (Foresti, 1876) <i>Limaria (Limaria) tuberculata</i> (Olivieri, 1792) <i>Modiolus intermedius</i> (Foresti, 1874) <i>Striarca (Galatella) lactea</i> (Linné, 1758) endobiontes <i>Anadara (Anadara) turonica</i> (Dujardin, 1837) <i>Acanthocardia (Acanthocardia) echinata</i> (Linné, 1758) <i>Cardites antiquatus pectinatus</i> (Brocchi, 1814) <i>Diplodonta (Diplodonta) rotundata</i> (Montagu, 1799) <i>Dosinia (Pectunculus) orbicularis</i> (Agassiz, 1845) <i>Glycymeris (Glycymeris) bimaculata deshayesi</i> (Mayer, 1868) <i>Linga (Linga) columbella</i> (Lamarck, 1818) <i>Lithophaga (Lithophaga) lithophaga</i> (Linné, 1758) <i>Lutreria (Lutreria) angustior</i> (Philippi, 1844) <i>Panopea menardi</i> (Deshayes, 1829) <i>Paphia (Callistotapes) vetula</i> (Basterot, 1825) <i>Pelecypora (Cordiopsis) islandicoides</i> (Lamarck, 1818) <i>Periglypta miocenica</i> (Michelotti, 1847) <i>Spondylus (Spondylus) crassicauda</i> (Lamarck, 1819) <i>Spondylus (Spondylus) concentricus</i> Bronn, 1831 <i>Tellina (Peronae) planata</i> (Linné, 1758) <i>Thracia (Thracia) convexa</i> (Wood, 1815)	
(C) association "circa-littorale"	pectinidés <i>Amusium (Amusium) cristatum</i> (Bronn, 1828) <i>Chlamys (Chlamys) varia</i> (Linné, 1758) <i>Pecten (Pecten) benedictus</i> (Lamarck, 1819) endobiontes <i>Anadara (Anadara) diluvii</i> (Lamarck, 1805) <i>Anomia (Anomia) ephippium</i> Linné, 1758 <i>Thracia (Thracia) pubescens</i> (Pulteney, 1799)	

Fig. 7. — Tableau répertoriant les différentes associations de bivalves définies dans le Messinien anté-évaporitique du bassin de Sorbas (SE Espagne).

gypses messiniens. Dans cette portion de coupe située entre les diatomites et les gypses, seule la partie médiane renferme de la macrofaune, concentrée dans un niveau conglomératique et limitée à quelques huîtres « libres » ou fixées sur des galets, associées dans ce cas à d'autres épizoaires (serpules, algues encroûtantes). Au-dessus, viennent quatre épisodes de dépôts de gypse sélenite, de puissance respective de 10, 20, 40 et 4 m. Entre chaque masse de gypse, s'intercale un niveau fossilifère plus ou moins riche en bivalves. La première intercalation, sableuse et bioclastique (d), est extrêmement riche en coquilles de bivalves, généralement cassées mais peu ou pas roulées, ce qui témoigne d'un transport *post-mortem* modéré. L'association est dominée par

des pectinidés (*Aequipecten seniensis*, *Chlamys pusio*, *Chlamys* sp.), des spondylidés (*Spondylus crassicauda* et *S. cf. concentricus*), *Glans aculeata* (Poli, 1795) et des huîtres. Des endobiontes très rares sont également présents sous la forme d'empreintes ou de moules internes. Ils n'ont pu être déterminés qu'au rang générique, avec notamment *Anadara* sp., *Glycymeris* sp. et des cardiidés, des formes qui en partie avaient déjà été trouvées par le passé dans les mêmes dépôts par d'autres auteurs (Montenat *et al.* 1980 ; Ott d'Estevou & Montenat 1990 ; Saint Martin *et al.* 2000). Cette faune de bivalves est celle qui est généralement associée dans le Messinien pré-évaporitique aux lithofaciès et aux échinofaunes (Néraudeau *et al.* 2001) de l'étage infralittoral.

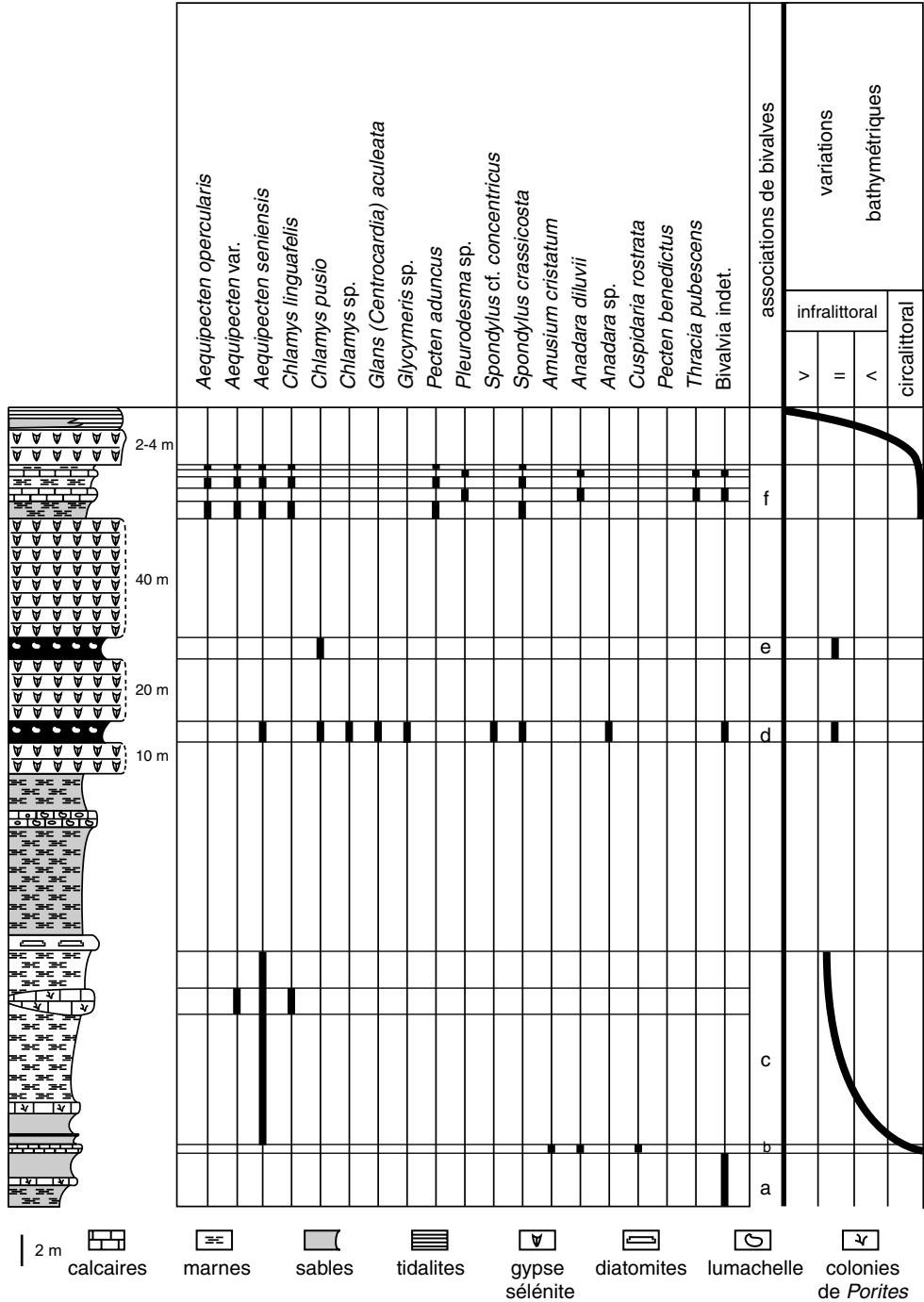


FIG. 8. — Distribution des faunes de bivalves et interprétation en terme de fluctuation du niveau marin pour la coupe de Los Yesos (bassin de Sorbas, SE Espagne).

Dans la deuxième intercalation, également sableuse (e), la malacofaune est un peu moins riche et surtout moins diversifiée. Elle contient essentiellement des huîtres, en assez grande quantité, et des turritelles, ainsi que des fragments de *Chlamys pusio* et des moules internes rapportés à des cérithes.

La troisième et dernière intercalation est une alternance de marnes et de calcaires (f). Les marnes livrent une faune diversifiée de pectinidés (*Aequipecten seniensis*, *A. seniensis* var. *sarmentica*, *A. opercularis*, *Chlamys linguafelis* et *Pecten aduncus*), d'huîtres, et de grandes quantités (des centaines) de tests de l'échinide *Brissopsis lyrifera* (Lacour 1999 ; Lacour & Néraudeau 2000 ; Saint Martin *et al.* 2000 ; Néraudeau *et al.* 2001). Les calcaires sont très riches en bivalves à l'état de moules internes : *Pleurodesma* sp., Tapetinae, Veneridae et Pholadomyoida in Saint Martin *et al.* (2000). Seuls deux taxons ont pu être déterminés au rang spécifique : *Anadara diluvii* et *Thracia pubescens*. Ces calcaires contiennent également en abondance des huîtres pycnodontes et l'échinide *Brissopsis lyrifera* (Lacour 1999 ; Lacour & Néraudeau 2000 ; Saint Martin *et al.* 2000 ; Néraudeau *et al.* 2001). Cette association de bivalves et d'oursins caractérise un environnement d'étage circalittoral profond de plusieurs dizaines de mètres et à salinité normale (Lacour 1999 ; Lacour & Néraudeau 2000 ; Saint Martin *et al.* 2000 ; Néraudeau *et al.* 2001).

La partie supérieure, après la dernière masse de gypses de 2 à 4 m d'épaisseur, montre des calcaires oolithiques et des laminites de milieu littoral dépourvus de macrofaune (Lacour 1999).

INDICATIONS PALÉOENVIRONNEMENTALES

En appliquant le modèle de zonation anté-évaporitique, on remarque que les dépôts de gypses sont interrompus par des sédiments de milieux marins francs : 1) à la base, des dépôts marins francs et profonds d'étage circalittoral à bathyal caractérisés par les bivalves *Amusium cristatum*, *Anadara diluvii* et *Cuspidaria rostrata* ; puis 2) deux événements sableux de milieu marin franc probablement peu profond caractérisé par une faune infralittorale de bivalves ; et 3) une

intercalation calcaréo-marneuse de milieu marin franc et profond d'étage circalittoral dominé par *Amusium cristatum*, *Anadara diluvii* et *Thracia pubescens*. L'ensemble de la faune s'accorde autour d'une caractérisation environnementale franchement marine, de plate-forme relativement profonde, depuis la partie médiane de l'étage infralittoral jusqu'à la partie supérieure de l'étage circalittoral. Le développement de ce milieu de plate-forme externe contemporain de la formation des gypses remet en cause une chute du plan d'eau anté-gypse dans le bassin de Sorbas (Riding *et al.* 1998 ; Martin *et al.* 1999). La présence de cette faune de bivalves au sein de la formation gypseuse de Los Yesos plaide plutôt en faveur du dépôt d'une partie des gypses sous une tranche d'eau relativement importante. Ces organismes sténohalins présents à la fin de l'épisode évaporitique dans le bassin de Sorbas témoignent de connections directes entre le bassin de Sorbas et des zones marines franches.

CONCLUSIONS

La biodiversité des faunes de bivalves messiniennes dans les environnements de plate-forme carbonatée du bassin de Sorbas s'exprime à travers une répartition en trois associations bien individualisées. La première association interne, peu profonde et très agitée d'étage infralittoral supérieur, est caractérisée par de grands *Flabbipecten fraterculus fraterculus* et *Gigantopecten albinus*. Une deuxième association, de milieu infralittoral médian à inférieur, marquée par une influence détritique plus fine, apparaît plus diversifiée avec des épibiontes et des endobiontes, les pectinidés, principalement représentés par *Aequipecten seniensis*, constituant l'essentiel de la biomasse. Enfin, dans l'étage circalittoral, les vasières livrent surtout *Amusium cristatum*. La présence de bivalves dans les niveaux interstratifiés dans les gypses messiniens est un argument en faveur du maintien de communications entre le bassin de Sorbas et des zones marines franches pendant l'épisode évaporitique qui a affecté le bassin de Sorbas.

Remerciement

Les auteurs remercient Elisabeth Schein (Université de Reims) et Pierre Lozouet (Muséum national d'Histoire naturelle, Laboratoire des Invertébrés marins et Malacologie, Paris) qui ont relu le manuscrit et apporté de nombreuses remarques tant constructives que pertinentes. Ils adressent aussi leurs remerciements à Denis Serrette (MNHN, Laboratoire de Paléontologie) qui a réalisé les illustrations photographiques. La rédaction de la note a bénéficié de discussions avec Didier Merle et Jean-Michel Pacaud (MNHN, Laboratoire de Paléontologie). Ce travail est une contribution au projet « Impact de la crise messinienne sur l'évolution du biota méditerranéen entre le Tortonien et l'Actuel » du programme CRISEVOLE. Cet article est une contribution au programme ECLIPSE du CNRS intitulé « La crise de salinité messinienne : modalités, conséquences régionales et globales, quantifications ».

RÉFÉRENCES

- BARRIER P. & MONTENAT C. 1990. — Miscellanées faunistiques. *Documents et Travaux de l'IGAL*, Paris 12-13: 73-80.
- BEN MOUSSA A. 1994. — Les bivalves néogènes du Maroc septentrional (façades atlantique et méditerranéenne). Biostratigraphie, paléobiogéographie et paléoécologie. *Documents du Laboratoire de Géologie*, Lyon 132, 281 p.
- BEN MOUSSA A., DEMARCQ G. & LAURIAT-RAGE A. 1987. — Pectinidés messiniens du bassin de Melilla (NE Maroc): comparaisons inter-régionales paléobiologiques. *Revue de Paléobiologie* 6, 1: 111-129.
- BEN MOUSSA A., BRÉBION P., LAURIAT-RAGE A. & DEMARCQ G. 1988. — Intérêt paléobiologique des mollusques messiniens de Melilla (NE Maroc). *Revue de Paléobiologie* 7, 2: 335-358.
- CONESA G. 1997. — *Géométrie et biosédimentologie d'une plate-forme carbonatée messinienne (Bassin de Sorbas, Sud-Est de l'Espagne)*. Thèse, Université Aix-Marseille 1, Marseille, France, 281 p.
- CONESA G. & BABINOT J.-F. 1999. — Le Messinien inférieur des marges carbonatées du bassin de Sorbas (Sud-Est Espagne): organisation sédimentaire, microfaunes et paléoenvironnements. *Revue de Micropaléontologie* 42, 4: 255-267.
- CONESA G., SAINT MARTIN J.-P., CORNÉE J.-J. & MULLER J. 1999. — Nouvelles contraintes sur la crise de salinité messinienne par l'étude d'une plate-forme carbonatée marginale (bassin de Sorbas, Espagne). *Compte Rendu de l'Académie des Sciences, Paris* 328: 81-87.
- CORNÉE J.-J., SAINT MARTIN J.-P., CONESA G., ANDRÉ J.-P., MULLER J. & BEN MOUSSA A. 1996. — Anatomie de quelques plates-formes carbonatées progradantes messiniennes de Méditerranée occidentale. *Bulletin de la Société géologique de France* 167, 4: 495-507.
- DEMARCQ G. 1990. — Les faunes de pectinidés du Néogène bétique. *Documents et Travaux de l'IGAL*, Paris 12-13: 45-48.
- FRENEIX S., SAINT MARTIN J.-P. & MOISSETTE P. 1987a. — Bivalves Ptériomorphes du Messinien d'Oranie (Algérie occidentale). *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle* 4^e sér., 9, C, 1: 3-61.
- FRENEIX S., SAINT MARTIN J.-P. & MOISSETTE P. 1987b. — Bivalves Hétéronodites du Messinien d'Oranie (Algérie occidentale). *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle* 4^e sér., 9, C, 4: 415-453.
- FRENEIX S., SAINT MARTIN J.-P. & MOISSETTE P. 1988. — Huîtres du Messinien d'Oranie (Algérie occidentale) et paléoécologie de l'ensemble de la faune de bivalves. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle* 4^e sér., 10, C, 1: 1-21.
- GOUBERT E., NÉRAUDEAU D., ROUCHY J.-M. & LACOUR D. 2001. — Foraminiferal record of environmental changes: Messinian of the Los Yesos area (Sorbas basin, SE Spain). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 175, 1-4: 61-78.
- JIMÉNEZ A. P. & BRAGA J. C. 1993. — Occurrence and taphonomy of bivalves from the Nijar reef (Messinian, Late Miocene, SE Spain). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 102: 239-251.
- KOEHLER R. 1921. — *Faune de France*. 1: *Echinodermes*. Lechevalier, Paris, 210 p.
- LACOUR D. 1999. — *Évolution de la biodiversité des échinides et des bivalves méditerranéens du Miocène terminal à l'Actuel: application au Messinien du bassin de Sorbas (Sud-Est de l'Espagne)*. DEA, Université Aix-Marseille 1, Marseille, France, 50 p.
- LACOUR D. & NÉRAUDEAU D. 2000. — Évolution de la diversité des *Brissopsis* (Echinoida, Spatangoida) en Méditerranée depuis la « crise messinienne »: application paléoécologique aux *B. lyrifera* intragyps de Sorbas (SE Espagne). *Geodiversitas* 22 (4): 509-523.
- MARTIN J. M., BRAGA J. C. & SANCHEZ-ALMAZO I. 1999. — The Messinian record of the outcropping marginal Alboran basin deposits: significance and implications, in ZAHN R., COMAS M. C. & KLAUS A. (eds), *Proceeding of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*: 543-551.
- MONTENAT C., OTT D'ESTEVOU P., PLAZIAT J. C. & CHAPEL J. 1980. — La signification des faunes marines contemporaines des évaporites messiniennes dans le Sud-Est de l'Espagne. Conséquences

- pour l'interprétation des conditions d'isolement de la Méditerranée occidentale. *Géologie méditerranéenne* 7, 1: 81-90.
- NÉRAUDEAU D., ROMAN J. & BORCHI E. 1999. — Impact of the Messinian crisis on the Mediterranean echinoid fauna, in CANDIA CARNEVALI D. & BONASORO F. (eds), *Echinoderm Research 1998*. A. A. Balkena, Rotterdam: 355-360.
- NÉRAUDEAU D., GOUBERT E., LACOUR D. & ROUCHY J.-M. 2001. — Changing diversity of Mediterranean irregular echinoids from the Messinian to the Present-Day. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 175, 1-4: 43-60.
- OTT D'ESTÉVOU P. & MONTENAT C. 1990. — Le Bassin de Sorbas-Tabernas. *Documents et Travaux de l'IGAL, Paris* 12-13: 101-128.
- PÉRES J. M. & PICARD J. 1964. — Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Bulletin des Recherches et Travaux de la Station maritime d'Endoume* 31, 47, 137 p., 8 figs.
- ROSE E. P. F. & WOOD J. L. 1999. — *Clypeaster* and *Echinolampas* (Echinoidea: Irregularia) from Neogene basins of south-east Spain, and the Mediterranean Messinian « salinity crisis », in CANDIA CARNEVALI D. & BONASORO F. (eds), *Echinoderm Research 1998*. A. A. Balkena, Rotterdam: 377-382.
- RIDING R., BRAGA J. C. & MARTIN J. M. 1998. — Late Miocene Mediterranean desiccation: topography and significance of the « Salinity Crisis » erosion surface on-land in southeast Spain. *Sedimentary Geology* 123: 1-7.
- RIDING R., BRAGA J. C., MARTIN J. M. & SANCHEZ-ALMAZO I. M. 1998. — Mediterranean Messinian salinity crisis: constraints from a coeval marginal basin, Sorbas, southeastern Spain. *Marine Geology* 146: 1-20.
- SAINT MARTIN J.-P. 1990. — Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle sér. C*, 56, 366 p.
- SAINT MARTIN J.-P., MOISSETTE P. & FRENEIX S. 1985. — Paléocéologie des assemblages de bivalves dans les récifs messiniens d'Oranie occidentale (Algérie). *Bulletin de la Société géologique de France* 8, 1, 2: 280-283.
- SAINT MARTIN J.-P. & ROUCHY J.-M. 1990. — Les plates-formes carbonatées messiniennes en Méditerranée occidentale: leur importance pour la reconstitution des variations du niveau marin du Miocène terminal. *Bulletin de la Société géologique de France* 8, 6, 1: 83-94.
- SAINT MARTIN J.-P., NÉRAUDEAU D., LAURIAT-RAGE A., GOUBERT E., SECRETAN S., BABINOT J.-F., BOUKLI-HACENE S., POUYET S., LACOUR D., PESTREA S. & CONESA G. 2000. — La faune interstratifiée dans les gypses messiniens de Los Yesos (Bassin de Sorbas, SE Espagne): implications. *Geobios* 33, 5: 637-649.
- SAINT MARTIN J.-P., PESTREA S. & CONESA G. 2001. — Les assemblages de diatomées des niveaux infra-gypseux du bassin messinien de Sorbas (Espagne). *Cryptogamie-Algologie* 22 (1): 127-149.
- TEBBLE N. 1976. — *British Bivalve Shells*. Royal Scottish Museum publication, 212 p.
- TORTONESE E. 1965. — Fauna d'Italia, VI. *Echinodermata*. Calderini, Bologna, 422 p.
- VIDET B. 2000. — *Paléoenvironnements à Ostreacea: exemples du Messinien du bassin de Sorbas (Andalousie) et du Cénomanien de Charente-Maritime*. DEA, Université de Montpellier, France, 37 p.

Soumis le 7 juin 2001 ;
accepté le 29 avril 2002.