

L'association microbialite-bryozoaires dans le Messinien de Sicile et de Sardaigne

Pierre MOISSETTE

Université de Lyon I, UMR 5125 CNRS Paléoenvironnement & Paléobiosphère,
27 boulevard du 11 novembre, F-69622 Villeurbanne cedex (France)
Pierre.Moissette@univ-lyon1.fr

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

Jean-Pierre ANDRÉ

Université d'Angers, Laboratoire de Géologie, EA 2644,
2 boulevard Lavoisier, F-49045 Angers cedex 01 (France)
jean-pierre.andre@univ-angers.fr

Simona PESTREA

Université de Bucarest, Faculté de Géologie et Géophysique,
1 bd N.-Balcescu, Bucarest (Roumanie)
Université de Provence, Centre de Sédimentologie-Paléontologie,
3 place Victor-Hugo, F-13331 Marseille cedex 03 (France)
simsaintmartin@yahoo.fr

Moissette P., Saint Martin J.-P., André J.-P. & Pestrea S. 2002. — L'association microbialite-bryozoaires dans le Messinien de Sicile et de Sardaigne, *in* Néraudeau D. & Goubert E. (eds), *l'Événement messinien : approches paléobiologiques et paléo-écologiques*. *Geodiversitas* 24 (3) : 611-623.

RÉSUMÉ

Dans les constructions riches en microbialite du Messinien de Sicile occidentale (bassin de Salemi) et de Sardaigne (péninsule de Sinis), les bryozoaires sont très fréquents. Trois types de relations entre bryozoaires (24 espèces) et microbialites peuvent y être distingués : 1) colonies noduleuses massives de cellépores au sein de pâtés microbiens ; 2) lames plus ou moins contournées appartenant à une espèce encroûtante également au sein de pâtés microbiens ; et 3) colonies de bryozoaires encroûtantes installées en compagnie de serpules sur des croûtes microbiennes tapissant les cavités du bâti corallien. Les deux premiers types correspondent à de véritables constructions dans lesquelles les colonies de bryozoaires et les croûtes microbiennes sont étroitement associées pour constituer un ensemble compact et induré, de taille souvent pluri-

MOTS CLÉS

Microbialite,
bryozoaires,
Messinien,
Sicile,
Sardaïgne.

métrique, sur lequel viendront s'établir ultérieurement diverses communautés d'organismes (bivalves notamment à la partie supérieure, bryozoaires encroûtants et serpules dans les habitats cryptiques). Ces constructions se développent dans un environnement marin normal d'assez faible profondeur, à caractère récifal corallien pour la Sicile. Les relations microbialite-bryozoaires témoignent des interactions entre tapis microbiens et bryozoaires récemment observées dans l'Actuel. Cette association représente une nouvelle modalité dans les processus de bioconstruction déjà remarquablement diversifiés au Messinien.

ABSTRACT

Microbialite-bryozoans association in the Messinian of Sicily and Sardinia.

In the Messinian of western Sicily (Salemi basin) and Sardinia (Sinis peninsula) bryozoans are often associated with microbialite build-ups. Inside these constructions, three types of relationships between bryozoans (24 species) and microbialite are distinguished: 1) massive nodular colonies of cellopores within microbial patches; 2) more or less convoluted sheets belonging to an encrusting species, also within microbial patches; and 3) encrusting bryozoan colonies and serpulid worms covering the microbial crusts lining the cavities of the coral framework. The first two types of associations correspond to real bioherms tightly associating bryozoan colonies and microbial crusts. They constitute a compact and hardened structure, often several metres high, on which various communities of organisms will later settle: bivalves essentially on the top surfaces, encrusting bryozoans and serpulids in cryptic habitats. All these build-ups developed in a shallow-water, normal marine environment, associated with coral reefs in Sicily. The observed bryozoan-microbialite relationships correspond to the kind of interaction between microbial films and bryozoans that has also been identified in the Recent. This type of association represents a new modality among the already diversified biosedimentary events of the Messinian.

KEY WORDS

Microbialite,
bryozoans,
Messinian,
Sicily,
Sardinia.

INTRODUCTION

Longtemps considéré comme restreint à des environnements non franchement marins, le phénomène d'édification de croûtes calcaires par des micro-organismes a également été mis en évidence dans différents milieux marins. Dans ce type de dépôt organosédimentaire, appelé microbialite, l'accrétion résulte du piégeage de particules détritiques et/ou d'une précipitation micritique par des communautés microbiennes benthiques (Burne & Moore 1987). Les organismes responsables de la formation de cette microbialite sont essentiellement des cyanobactéries, auxquelles s'associent plus ou moins fréquemment des bactéries, des diatomées et des champignons.

Un examen détaillé de nombreuses bioconstructions à microbialite actuelles et fossiles révèle également que l'activité microbienne peut s'accompagner du développement d'autres organismes marins épibenthiques. Parmi ceux-ci, divers invertébrés et en particulier des bryozoaires sont souvent bien représentés et peuvent constituer plus de la moitié de la masse calcaire ainsi formée (Bijma & Boekschotten 1985 ; Palinska *et al.* 1999 ; Scholz *et al.* 2000).

Le Messinien est caractérisé par un développement important de microbialites sous diverses formes : stromatolithes, thrombolithes, tapis ou voiles, encroûtements de coraux et édifices isolés de type mud-mounds (Saint Martin *et al.* 1997). Ces derniers édifices n'ont été que récemment

mis en évidence (Saint Martin *et al.* 1996 ; Saint Martin 2001) et leur importance est maintenant soulignée par de nouvelles découvertes, notamment en Sardaigne. Ils sont caractérisés par l'association de microbialites avec des bryozoaires et des serpules. Cet article se propose d'en présenter les principales caractéristiques (dimensions, composition, croissance) et de discuter de leur signification dans le contexte du Messinien en Méditerranée.

LES BIOCONSTRUCTIONS DE SICILE (SALEMI)

CADRE GÉOLOGIQUE ET SÉDIMENTAIRE

Les dépôts messiniens de Sicile occidentale sont surtout représentés dans un secteur qui englobe les localités de Calatafimi, Salemi et Castelverano (Figs 1 ; 2). Entre Calatafimi et Salemi, différents termes de la série néogène affleurent dans un synclinal à orientation ENE-WSW (Fig. 1B). La formation Terravecchia (Tortonien-Messinien inférieur) se compose essentiellement de faciès détritiques et marneux. La Formation Baucina, d'âge messinien (Aruta & Buccheri 1976 ; Di Stefano & Catalano 1976 ; Esteban 1996 ; Lo Cicero *et al.* 1997), est caractérisée par la présence de faciès de plate-forme carbonatée, avec notamment des édifices coralliens bien développés à Calatafimi, au Nord de Vita (Casa Zuaro) et à Salemi. La formation des gypses messiniens occupe le cœur du synclinal, les sédiments du Pliocène recouvrant l'ensemble.

Le secteur de Salemi a été plus particulièrement étudié en raison de la qualité des affleurements (Fig. 2A). Au-dessus des marnes de la Formation Terravecchia et sous la Formation des gypses (Fig. 2B), la Formation Baucina est constituée de trois unités (Saint Martin *et al.* 1996). L'unité 1 est formée de constructions coralliennes passant latéralement vers l'Ouest à une sédimentation détritico-deltaïque. L'unité 2 est formée de marnes sableuses, passant vers le sommet à des sables plus ou moins calcaires à lits argileux intercalés. L'unité 3 renferme des constructions variées, au sein de bancs de calcaires bioclastiques, gréseux, ooli-

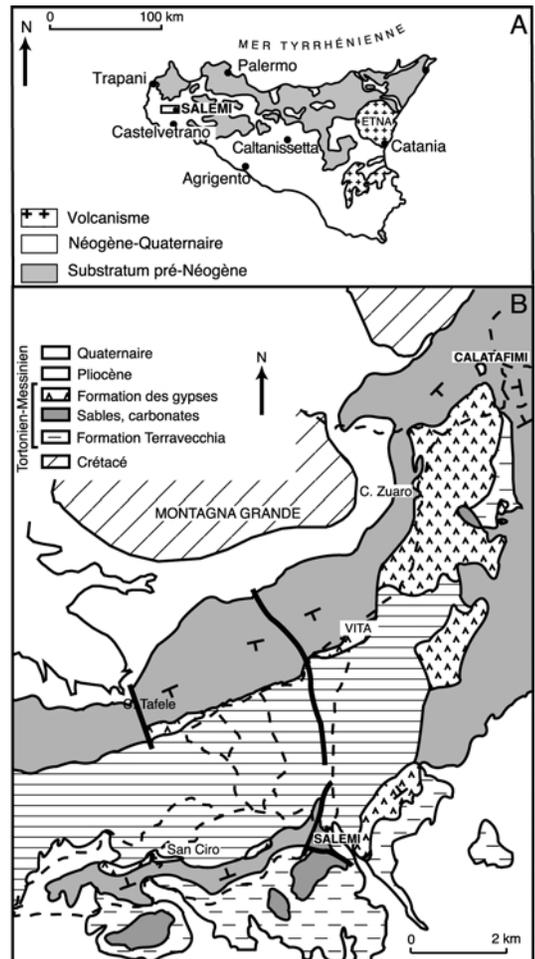


Fig. 1. — A, carte de situation du secteur d'étude en Sicile ; B, carte géologique du synclinal Salemi-Calatafimi.

tiques, marqués par des structures sédimentaires indicatrices de tempêtes (de type hummocky cross stratification) : constructions coralliennes formant des pâtés ou des lentilles métriques à décamétriques et pouvant être associées à des stromatolithes, constructions à corallinacées, en pâtés métriques irréguliers, et constructions microbiennes riches en organismes divers (bryozoaires, serpules, bivalves, foraminifères). Les édifices coralliens sont en général caractérisés par la prédominance des colonies en doigts et en lames de *Porites* dont le réseau est renforcé par des croûtes microbiennes localement très importantes (Saint Martin *et al.* 1996,

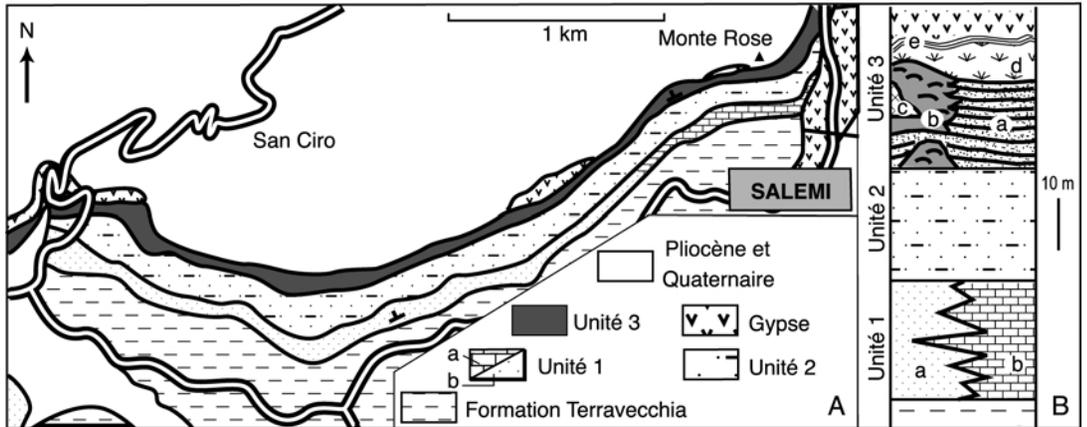


FIG. 2. — **A**, carte géologique du Miocène dans les environs de Sallemi ; **B**, schéma lithostratigraphique ; **unité 1**, **a**, faciès deltaïques, **b**, faciès récifaux ; **unité 2**, bancs mixtes bioclastiques-oolitiques-siliciclastiques ; **unité 3**, **a**, calcaires bioclastiques et gréseux, **b**, constructions à dominante thrombolitique, **c**, constructions à scléractiniaires et stromatolites, **d**, lentilles récifales, **e**, stromatolites.

1997). Les constructions microbiennes se présentent sous des formes variables avec des pâtés métriques, bien individualisés à la base de l'unité 3, décrits par Saint Martin *et al.* (1996), ou des masses de plus grande ampleur, pluridécamétriques, passant latéralement aux diverses autres bioconstructions (Fig. 3). Saint Martin (2001) assimile ces derniers édifices à des mud-mounds microbiens.

LES RELATIONS MICROBIALITE-BRYOZOAIRES

En fonction de la morphologie des colonies de bryozoaires (Fig. 4), on peut distinguer trois types de relations avec les microbialites. Seuls les deux premiers représentent une association active dans les processus de constructions.

Le plus fréquemment, les bryozoaires se présentent sous forme de colonies noduleuses (celléporiformes) dont la taille peut atteindre de 10 à 20 cm de diamètre (chaque colonie pouvant être constituée par plusieurs milliers d'individus enfermés dans des zoécies à parois calcaires et dont seule la couche périphérique est vivante). Le bryzoaire responsable de ces constructions est *Celleporaria palmata* (Michelin, 1847), espèce exclusivement fossile fréquente dans le Néogène de la Méditerranée et de l'Atlantique oriental. Des croûtes microbiennes enveloppent ensuite les bryozoaires et le processus se poursuit jusqu'à la

formation d'édifices de plusieurs mètres de hauteur (Fig. 5). Dans certains cas, des bivalves (huîtres mais surtout *Chama* Linné, 1758 et *Spondylus* Linné, 1758) se fixent enfin sur la surface de ces reliefs calcaires composites (Saint Martin *et al.* 1996).

Une deuxième association, plus rare, est caractérisée par les lames plus ou moins contournées et repliés sur elles-mêmes d'un bryzoaire de type membrani-poriforme, encroûtant habituellement un substrat dur. Ces colonies, appartenant à l'espèce actuelle *Schizobrachiella sanguinea* (Norman, 1868), forment des sortes de cornets verticaux fixés sur le fond. Les colonies de bryozoaires, d'une dizaine de centimètres de hauteur, fonctionnent comme des pièges à sédiment. La microbialite associée à ces constructions, généralement abondante, est caractérisée par une structure thrombolitique (Saint Martin *et al.* 1996) et se développe de la même manière que pour l'association 1 (Fig. 6).

Le troisième type de relations entre microbialite et bryozoaires se rencontre principalement associé aux récifs coralliens, abondants dans le bassin de Sallemi. Les cavités du bâti récifal sont souvent tapissées de croûtes microbiennes (de quelques millimètres à 2-3 cm d'épaisseur), elles-mêmes recouvertes par de nombreux bryozoaires encroûtants coelobiontiques et des tubes de serpulidés



FIG. 3. — Paysage du Monte Rose de Salemi, masses microbialitiques à débit en boules. Abréviations : **CS**, coraux et stromatolites ; **C**, coraux ; **T**, thrombolites.

(Fig. 7). Les mêmes organismes colonisent les surfaces des surplombs qui marquent la limite inférieure des pâtes microbiens.

LES BIOCONSTRUCTIONS DE SARDAIGNE (PÉNINSULE DE SINIS)

CADRE GÉOLOGIQUE ET SÉDIMENTAIRE

En Sardaigne, le Messinien (Carmignani & Rossi 2000) est surtout représenté dans la partie Nord-Ouest de la zone du Campidano dans la péninsule de Sinis, près de la localité d'Oristano (Fig. 8A). De récentes investigations ont révélé l'existence de constructions riches en microbialites de taille imposante (plusieurs mètres de hauteur) se développant à l'intérieur de couches sédimentaires argilocalcarbonatées et silicoclastiques, ainsi que la présence de nombreux pâtes de même composition mais plus petits (d'ampleur décimétrique) et parfois même de dalles subhorizontales. Dans ces édifices carbonatés, la microbialite est associée à des bryozoaires, des algues calcaires, des serpules et des bivalves, sans la moindre colonie corallienne.

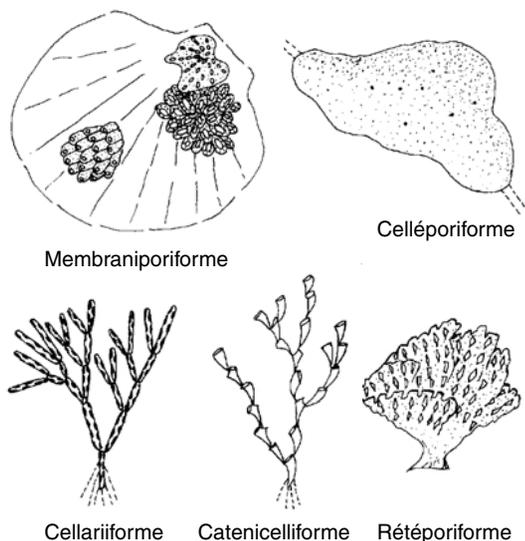


FIG. 4. — Morphologies des colonies de bryozoaires associées à des microbialites dans le Messinien de Sicile et de Sardaigne.

Les principaux affleurements étudiés sont situés au Nord (Torre Scala e Sale) et au Sud (Capo San Marco) de la péninsule de Sinis (Fig. 8A). Le

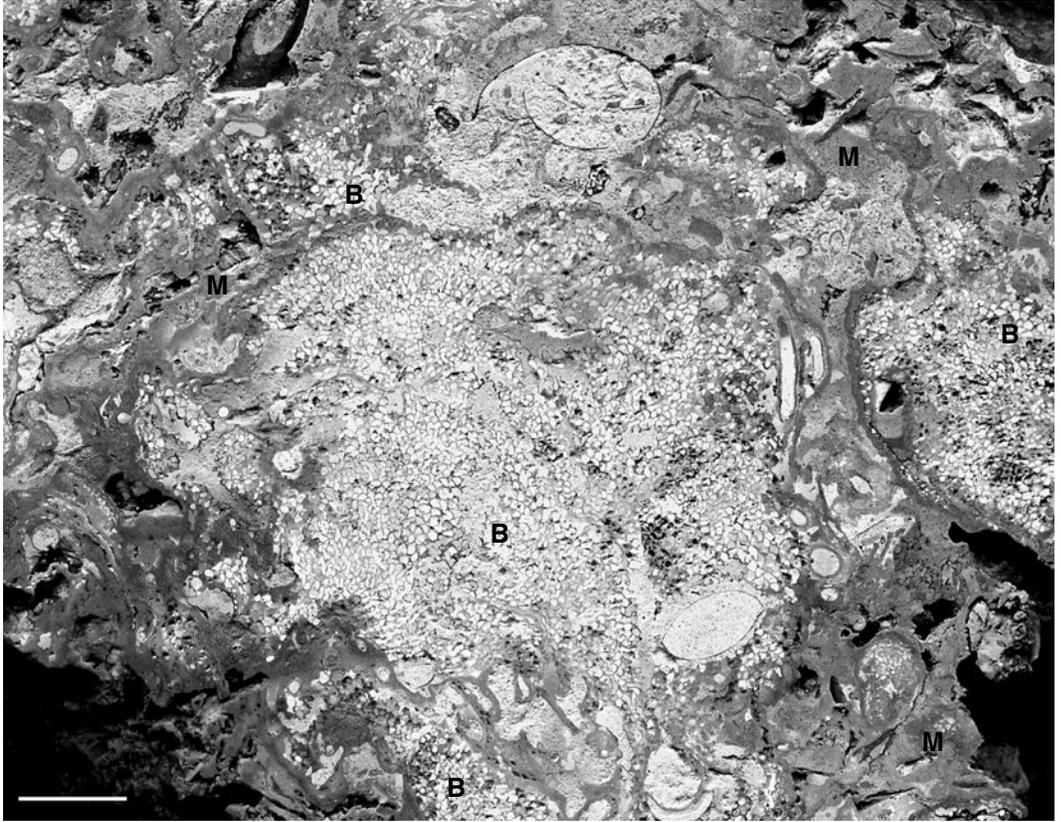


Fig. 5. — Section polie de cellépores (type 1). Abréviations : **B**, bryozoaires ; **M**, microbialite. Échelle : 1 cm.

Messinien de ce secteur montre donc un large développement des constructions microbialitiques sur un vaste champ construit de près de 50 km² de superficie actuellement visible en affleurements.

Les observations ont été principalement réalisées au niveau de la falaise de Capo San Marco qui montre une succession de plus de 20 m d'épaisseur de sédiments dont l'âge messinien a été déterminé biostratigraphiquement (Cherchi 1974 ; Cherchi *et al.* 1978 ; Cherchi & Martini 1981). La série carbonatée (Fig. 8B), observable au-dessus d'un ensemble marneux, peut se décomposer en cinq unités (numérotées de 1 à 5 de bas en haut). L'unité 1 comporte des alternances de mudstones et wackestones bioturbés à bivalves (cardiidés), des marnes silteuses à passées plus argileuses, riches en matière organique et est

limitée au sommet par une barre indurée à gastéropodes et serpules. L'unité 2 est caractérisée par la présence des constructions à microbialite, bryozoaires, vers et vermet, de formes et dimensions variées passant latéralement à des calcaires crayeux tendres et des marnes. L'unité 2 montre à son sommet un niveau (jusqu'à 0,5 m d'épaisseur) riche en thrombolites en coupoles et constructions à annélides tubicoles et bryozoaires. Le reste de la série (unités 3 et 4) ne comporte plus de bioconstructions et évolue vers des marnes grises, puis des mudstones lités blancs azoïques (Fig. 8B). Ces derniers sédiments finement lités ont été interprétés par Cherchi *et al.* (1978) comme des faciès de milieu marin restreint et émerse (« Calcaires de Sinis ») et considérés comme l'équivalent des faciès évaporitiques du Messinien supérieur. L'étude des foramini-

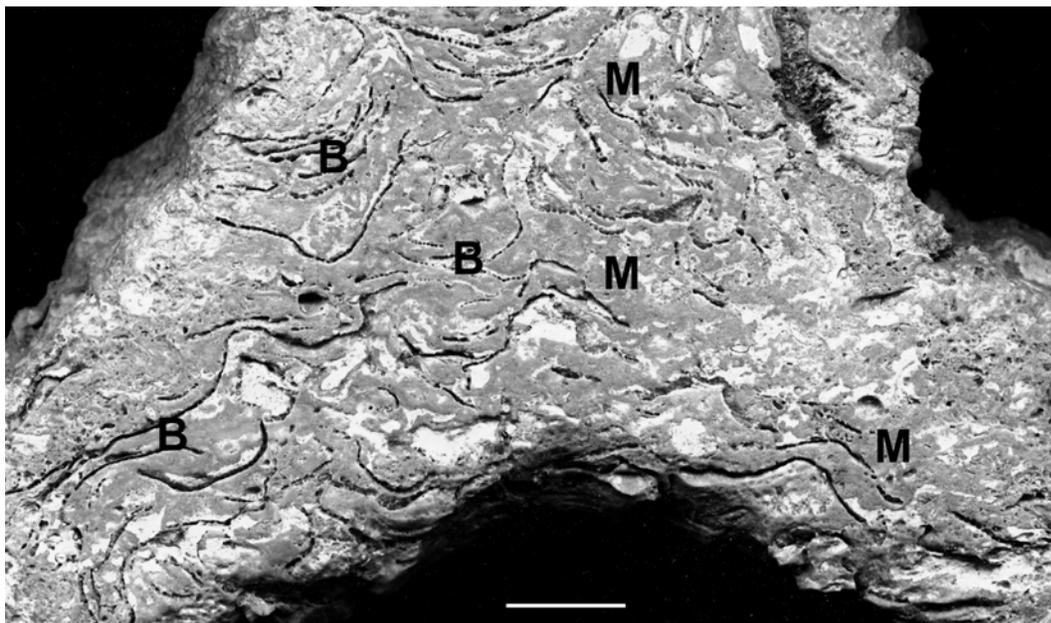


FIG. 6. — Section polie de bryozoaires en cornets (type 2). Abréviations : B, bryozoaires ; M, microbialite. Échelle : 1 cm.

fères par ces mêmes auteurs montre que l'ensemble de la série messinienne de Capo San Marco forme une mégaséquence régressive depuis un domaine marin de rampe ou de plate-forme interne jusqu'à un environnement de milieu restreint dans des conditions d'émersion. La suite de la série messinienne, au-dessus des « Calcaires de Sinis », peut être observée dans d'autres affleurements épars de la péninsule. Il s'agit de sédiments carbonatés lités très bréchifiés (« Formation de Torre del Sevo » de Cherchi *et al.* 1978). Parmi les éléments de cette brèche on observe des niveaux oolitiques et des calcaires à vermet, accumulations de bivalves (*Glycymeris* Da Costa, 1778), coraux solitaires, etc. La polarité du système sédimentaire messinien n'est pas clairement discernable par manque de témoins selon une direction Est-Ouest. Tout juste peut-on observer une influence détritique terrigène plus évidente vers le Nord.

Les principales constructions de l'unité 2 de Capo San Marco constituent des monticules métriques (Fig. 9) à composition parfois exclusi-

vement micritique à l'échelle de la lame mince ; cette micrite admet cependant une fraction variable (30 à 50 %) d'éléments bioclastiques (bryozoaires, serpulidés, vermetes et rares foraminifères benthiques). Certains de ces édifices présentent un développement vertical plus important (Fig. 8B), montrant un épaississement latéral au fur et à mesure de leur croissance. Un banc décimétrique repère, riche en bivalves, serpules et microbialite, peut traverser les constructions de l'unité 2 (Fig. 8B).

L'ASSOCIATION MICROBIALITE-BRYOZOAIRES

Bien que l'étude des bioconstructions de Sardaigne soit pour le moment moins approfondie que celle de Sicile, on peut remarquer l'absence du bryzoaire celléporiforme (*Celleporaria palmata*) qui constitue le cœur de nombreux édifices à microbialite dans le bassin de Salemi. On observe également que les colonies de bryozoaires sont généralement abondantes, mais de petite taille, et que leur rôle dans la construction de ces biohermes est relativement subalterne.

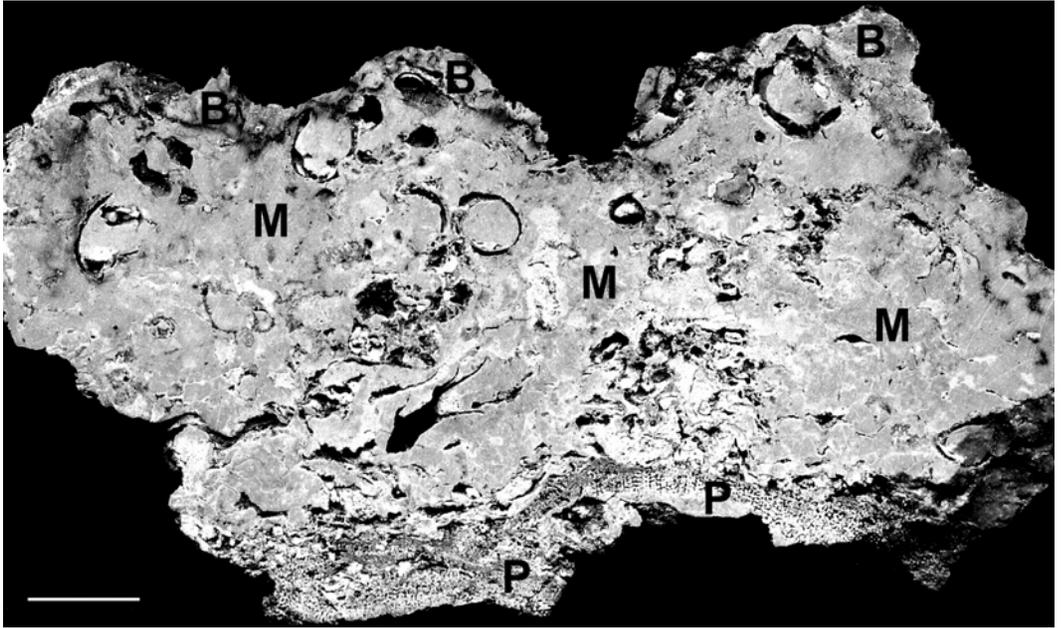


FIG. 7. — Section polie de bryozoaires sur des croûtes microbiennes (type 3). Abréviations : **B**, bryozoaires ; **M**, microbialite ; **P**, *Porites*. Échelle : 1 cm.

DISCUSSION

LES COMMUNAUTÉS BIOLOGIQUES DES BIOCONSTRUCTIONS À MICROBIALITE ET BRYOZOAIRES

Dans les constructions étudiées, l'association dans le processus d'édification des microbialites et des bryozoaires (noduleux et/ou encroûtants) peut être complétée par des sclérectiniales hermatypiques (Sicile), des algues calcaires mélobésiées, des serpules, des vermetes et des foraminifères encroûtants (acervulinidés, nubéculariidés). En dehors de ces organismes constructeurs, le peuplement des constructions à microbialite apparaît assez homogène. Les bivalves cimentés y sont abondants, représentés surtout par *Chama gryphoides* (Linné, 1758), des spondyles, plus rarement des huîtres. La fixation des valves directement sur la microbialite témoigne d'une lithification très précoce. Les anfractuosités étaient peuplés d'oursins du genre *Psammechinus* Agassiz, 1847, communs dans les environnements récifaux coralliens du Messinien (Saint

Martin 1990). Dans le sédiment environnant, les coquilles de bivalves épibyssaux comme *Chlamys pusio* (Linné, 1758) sont très fréquentes, formant souvent de petites accumulations. Parmi le sédiment de remplissage et parmi les objets piégés de la microbialite on trouve des foraminifères libres (nombreux elphiidés), des bryozoaires érigés, des ostracodes, des débris de décapodes et des fragments d'oursins (plaques et radioles) et, plus rarement, des restes de gastropodes et de balanes, des spicules de spongiaires calcaires et des dents de poissons.

Les bryozoaires identifiés au cours de cette étude appartiennent à une vingtaine d'espèces (Tableau 1), toutes littorales et presque toutes encore vivantes dans le domaine Méditerranée-Atlantique oriental. Du point de vue des morphotypes coloniaux ou formes zoariales (Fig. 4), outre le type noduleux massif (celléporiforme) représenté par *Celleporaria palmata* (Michelin, 1847), qui domine largement, et accessoirement par *Celleporina costazii* (Savigny-Audouin, 1826), toujours de petite taille, plus de la moitié des

TABLEAU 1. — Inventaire des espèces de bryozoaires des constructions microbiennes, formes zoariales, répartition dans les trois associations et abondance. Abréviations : ◆, très rare ; ◆◆, rare ; ◆◆◆, commun ; ◆◆◆◆, abondant ; ◆◆◆◆◆, très abondant.

Espèces	Formes zoariales	Nodules	Cornets	Cavités
<i>Aetea sica</i>	membraniporiforme	◆		
<i>Annectocyma major</i>	membraniporiforme	◆◆	◆	◆◆◆◆◆
<i>Celleporaria palmata</i>	celléporiforme	◆◆◆◆◆	◆	
<i>Celleporina costazii</i>	celléporiforme	◆◆		◆
<i>Chlidonia pyriformis</i>	catenicelliforme	◆◆		◆◆
<i>Chorizopora brongniartii</i>	membraniporiforme	◆◆		
<i>Criblilaria innominata</i>	membraniporiforme	◆◆		◆◆◆◆◆
<i>Crisia denticulata</i>	cellariiforme	◆◆◆	◆	◆
<i>Crisia eburnea</i>	cellariiforme	◆◆	◆	◆
<i>Crisia sigmoidea</i>	cellariiforme	◆		◆
<i>Disporella hispida</i>	membraniporiforme	◆		
<i>Escharina vulgaris</i>	membraniporiforme	◆◆		◆
<i>Hagiosynodos latus</i>	membraniporiforme	◆		
<i>Hippothoa flagellum</i>	membraniporiforme	◆		
<i>Microporella ciliata</i>	membraniporiforme	◆◆		
<i>Onychocella angulosa</i>	membraniporiforme	◆◆		
<i>Plagioecia patina</i>	membraniporiforme	◆		◆◆◆◆◆
<i>Savygniella lafontii</i>	catenicelliforme	◆		
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>	membraniporiforme		◆◆◆◆◆	
<i>Scrupocellaria reptans</i>	cellariiforme	◆		
<i>Scrupocellaria scruposa</i>	cellariiforme	◆		
<i>Sertella septentrionalis</i>	rétéporiforme	◆		◆◆
<i>Stomatopora</i> sp.	membraniporiforme	◆		
<i>Tubulipora plumosa</i>	membraniporiforme	◆		

espèces sont des formes encroûtantes (membraniporiformes). Les types érigés correspondent à des fragments de colonies rigides fenestrées (réteporiformes : une espèce), de colonies articulées à grands segments (cellariiformes : cinq espèces) et de colonies articulées à petits segments (catenicelliformes : deux espèces dont l'une, *Chlidonia pyriformis* (Bertolini, 1810), est prépondérante). Cet assemblage de formes zoariales correspond exactement aux environnements de faible profondeur et de substrats durs rencontrés habituellement dans les récifs coralliens, comme cela a été montré pour le Messinien d'Algérie (Moissette 1993, 2000), du Maroc (Moissette & Saint Martin 1995) et de Tunisie (Moissette 1997). Cette interprétation est confirmée par la présence d'espèces qui vivent aujourd'hui en l'absence de récifs mais dans un intervalle bathymétrique littoral relativement restreint ou qui montrent un maxi-

um de développement autour de 0 à 10 ou 20 m. On note par ailleurs qu'à l'exception des deux espèces à l'origine des bioconstructions (*Celleporaria palmata* (Michelin, 1847) et *Schizobrachiella sanguinea* (Norman, 1868)), les autres bryozoaires sont des formes sciaphiles, occupant des habitats cryptiques. Ils n'ont donc eu qu'un faible rôle dans l'édification des biohermes et dans la constitution du sédiment de remplissage des différentes cavités ou fissures.

L'enchevêtrement compact des organismes constructeurs est un phénomène constant qui ne laisse place qu'à de petites cavités à l'intérieur du bâti calcaire. C'est du reste souvent dans ces anfractuosités que se sont accumulés et sont préservés de nombreux restes d'organismes sessiles ou vagiles qui vivaient en étroite relation avec les biohermes et qui nous permettent de proposer une interprétation paléoenvironnementale.

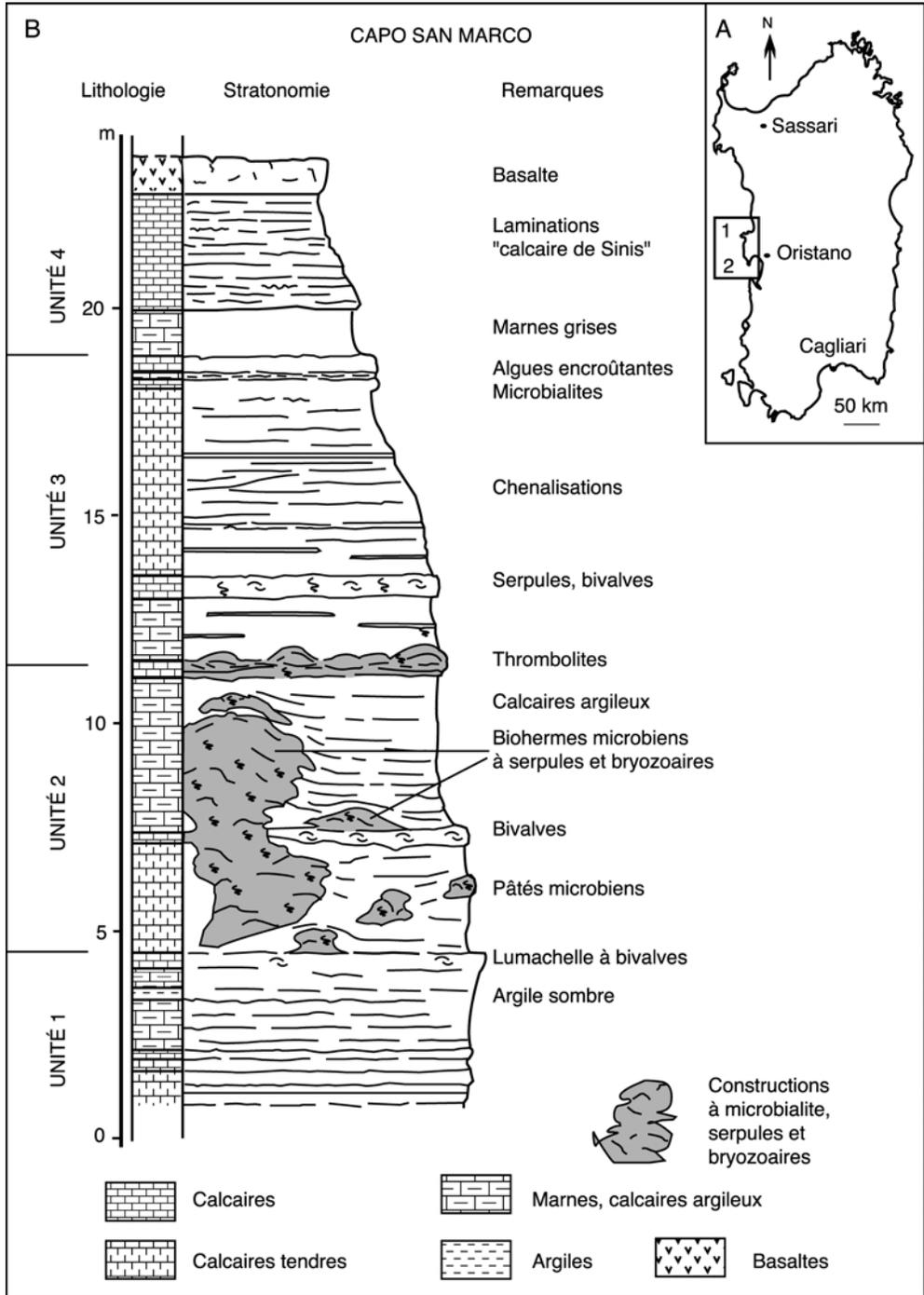


FIG. 8. — A, situation du secteur d'étude (péninsule de Sinis) en Sardaigne ; 1, Capo San Marco ; 2, Torre Scala e Sale ; B, coupe lithostratigraphique de Capo San Marco.

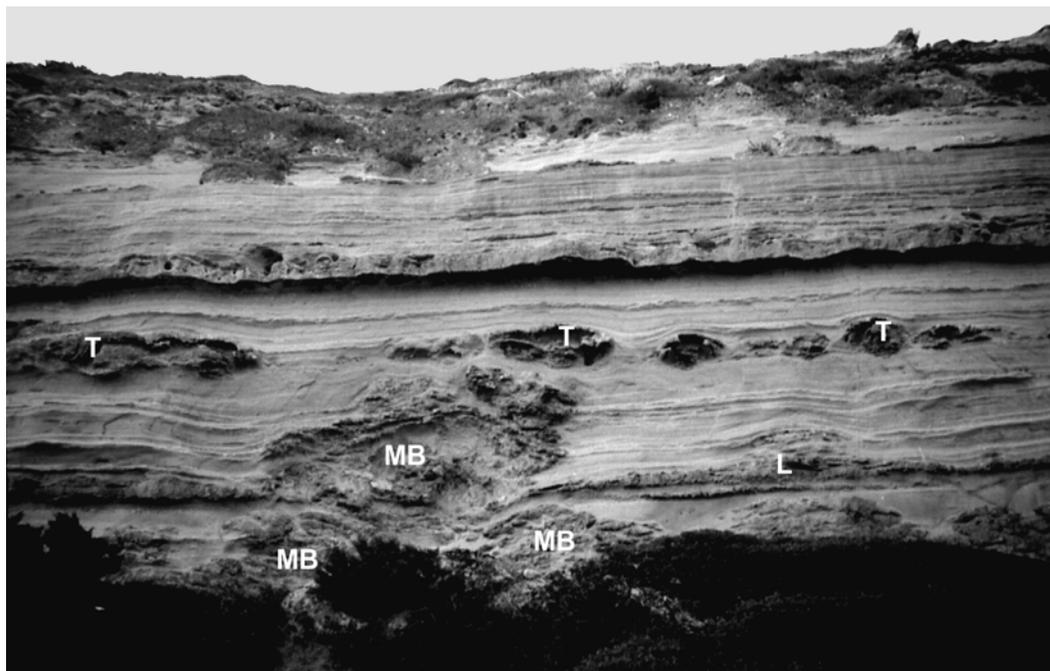


Fig. 9. — Vue des constructions microbiennes de Capo San Marco. Abréviations : **MB**, microbialite associée à des bryozoaires ; **T**, thrombolites ; **L**, lumachelle à bivalves.

LES CONSTRUCTIONS MICROBIENNES DE SICILE ET SARDAIGNE : CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES ET COMPARAISONS

Saint Martin *et al.* (1996) ont décrit, pour la première fois, en Sicile des constructions composites à armature microbialitique dont les caractéristiques biosédimentologiques sont à rapprocher de celles des mud-mounds bien représentés dans les séries anté-cénozoïques (Saint Martin *et al.* 1997 ; Saint Martin 2001). Si la présence de serpules est souvent remarquée dans ce type de construction (Braga & Lopez-Lopez 1989 ; Harris 1993 ; Berra & Jadoul 1996 ; Iannace & Zamparelli 1996 ; Climaco *et al.* 1997), l'association quasi-permanente de la microbialite avec des bryozoaires, selon plusieurs modalités définies plus haut, en constitue cependant un des aspects particuliers.

L'activité constructrice microbienne au Messinien est l'une des plus spectaculaires des archives géologiques cénozoïques et les constructions décrites ici en représentent une manifestation originale. Parmi les constructions microbiennes du Messinien, locale-

ment très développées, on connaît surtout les stromatolites et les thrombolites (Riding *et al.* 1991 ; Saint Martin *et al.* 1997) associés à une forte production oolitique. Cependant, dans ce type d'édifice qui accompagne la phase terminale (Terminal Carbonate Complex *sensu* Esteban 1979) de l'édification des plates-formes carbonatées en Méditerranée occidentale (Cornée *et al.* 1996), on n'a jamais signalé d'association avec des invertébrés, ni dans le processus de croissance, ni dans l'environnement immédiat.

Des constructions à microbialite et bryozoaires sont par contre connues dans le Sarmatien (Miocène moyen) de Paratéthis (Pisera 1995, 1996 ; Jasionowski & Wysocka 1997 ; Saint Martin & Pestrea 1999) où les masses carbonatées ainsi élaborées, par leurs dimensions, leurs morphologies et leurs caractéristiques biosédimentologiques, sont semblables à celles du Messinien de Sicile et de Sardaigne. Cependant, le paléoenvironnement (hydrodynamisme) et les peuplements accompagnateurs montrent des différences. En effet, les constructions du Sarmatien

sont notamment caractérisées par la présence d'abondantes lumachelles à bivalves qui témoignent plutôt d'un milieu saumâtre et très littoral. Les bryozoaires sont représentés par un petit nombre d'espèces, la plupart de type membrani-poriforme, certaines d'entre elles constituant des encroûtements plurilamellaires et plus rarement des cornets ou branches creuses comme à Salemi.

CONCLUSION

Dans le Messinien de Sicile et de Sardaigne, les caractéristiques environnementales des communautés biologiques et des sédiments indiquent que les constructions à microbialite et bryozoaires se sont développées dans un milieu marin franc, peu profond (au plus une dizaine de mètres) et donc dans des conditions littorales tout à fait normales, sans aucun signe précurseur de la crise de salinité, bien qu'elles se situent à quelques mètres sous les barres gypseuses dans le bassin de Salemi.

L'association remarquable de croûtes microbialitiques avec des invertébrés benthiques, dont les bryozoaires, témoigne bien des interactions étroites (de type antagonisme et/ou commensalisme) entre tapis microbiens et bryozoaires mises en évidence récemment dans l'Actuel (Bijma & Boekschotten 1985 ; Scholz 1993 ; Scholz & Krumbein 1996 ; Palinska *et al.* 1999 ; Scholz *et al.* 2000). Notamment, l'existence d'un film microbien sur le substrat favorise la fixation des larves de certaines espèces de bryozoaires, alors qu'elle inhibe l'installation des larves d'autres espèces (Scholz & Krumbein 1996). À l'opposé, la surface poreuse et irrégulière du squelette des bryozoaires permet souvent le développement de riches communautés microbiennes (Bijma & Boekschotten 1985 ; Scholz & Krumbein 1996). Dans d'autres cas, la présence de tapis cyanobactériens peut provoquer une réaction de défense avec auto-recouvrement de lames successives de bryozoaires encroûtants, ce qui peut entraîner la formation de colonies nodulaires (Hillmer & Scholz 1996 ; Scholz & Krumbein 1996).

L'association de la microbialite avec des bryozoaires apparaît donc comme un des événements biosédimentaires remarquables du Messinien et

semble caractériser un moment clé de la fin du Miocène précédant de peu l'établissement de conditions à caractère évaporitique.

Remerciements

Ce travail a été partiellement financé dans le cadre du programme CRISEVOLE « Impact de la crise messinienne sur le biota méditerranéen entre le Tortonien et l'Actuel ». À l'Université de Lyon I, le matériel de cette étude a été préparé par Paula Desvignes et Noël Podevigne a contribué à la mise en forme des images numériques. Qu'ils soient ici remerciés tous les deux pour leur aide. Le manuscrit a été amélioré à la suite des critiques constructives des rapporteurs : Emmanuelle Vennin, Fabienne Orszag-Sperber et Jean-Claude Plaziat. Cet article est une contribution au programme ECLIPSE du CNRS intitulé « La crise de salinité messinienne : modalités, conséquences régionales et globales, quantifications ».

RÉFÉRENCES

- ARUTA L. & BUCCHERI G. 1976. — Biostratigraphy and palaeoecology of the early Messinian carbonates (Baucina Fm) in Western Sicily. *Memorie della Società Geologica Italiana* 16: 141-152.
- BERRA F. & JADOU F. 1996. — Norian serpulid and microbial bioconstructions: implications for the platform evolution in the Lombardy Basin (Southern Alps, Italy). *Facies* 35: 143-162.
- BIJMA J. & BOEKSCOTTEN G. J. 1985. — Recent bryozoan reefs and stromatolite development in brackish inland lakes, SW Netherlands. *Senckenbergiana maritima* 17: 163-185.
- BRAGA J. C. & LOPEZ-LOPEZ J. R. 1989. — Serpulid bioconstructions at the Triassic-Liassic boundary in southern Spain. *Facies* 21: 1-10.
- BURNE R. V. & MOORE L. S. 1987. — Microbialites: organosedimentary deposits of benthic microbial communities. *Palaos* 2: 241-254.
- CARMIGNANI L. & ROSSI P. 2000. — *Carte géologique et structurale de la Corse et de la Sardaigne*. IPZS, Piazza Verdi, Roma.
- CHERCHI A. 1974. — Appunti biostratigrafici sul Miocene della Sardegna (Italia). *Mémoires du BRGM* 78 (1): 433-445.
- CHERCHI A. & MARTINI E. 1981. — Calcareous nannoplankton and planktonic foraminifera of the Messinian and basal Pliocene from Capo San Marco (W. Sardinia). *Geologie méditerranéenne* VII (2): 109-119.
- CHERCHI A., MARINI A., MURRU M. & ROBBA E. 1978. — Stratigrafia e paleoecologia del Miocene

- superiore della Penisola del Sinis (Sardegna occidentale). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 84 (4): 973-1036.
- CLIMACO A., BONI M., IANNACE A. & ZAMPARELLI V. 1997. — Platform margins, microbial/serpulids bioconstructions and slope-to-basin sediments in the Upper Triassic of the "Verbicario Unit" (Lucania and Calabria, Southern Italy). *Facies* 36: 37-56.
- CORNÉE J.-J., SAINT MARTIN J.-P., CONESA G., MULLER J. & ANDRÉ J.-P. 1996. — Anatomie de quelques plates-formes progradantes messiniennes de Méditerranée occidentale. *Bulletin de la Société géologique de France* 167 (4): 495-507.
- DI STEFANO E. & CATALANO R. 1976. — Biostratigraphy, paleoecology and tectono-stratigraphic evolution of the pre-evaporitic and evaporitic deposits of the Cimina Basin (Sicily). *Memorie della Società Geologica Italiana* 16: 95-110.
- ESTEBAN M. 1979. — Significance of the Upper Miocene coral reefs of the Western Mediterranean. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 29: 169-188.
- ESTEBAN M. 1996. — An overview of Miocene reefs from Mediterranean areas. *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology* 5: 3-53.
- HARRIS M. T. 1993. — Reef fabrics, biotic crusts and syndepositional cements of the Latemar reef margin (Middle Triassic, northern Italy). *Sedimentology* 40: 383-401.
- HILLMER G. & SCHOLZ J. 1996. — Structure and dynamics of bryozoan communities and microbial mats, in REITNER J., NEUWEILER F. & GUNKEL F. (eds), Global and regional controls on biogenic sedimentation. I. Reef evolution. Research Reports. *Göttinger Arbeiten für Geologie und Paläontologie* 2: 53-57.
- IANNACE A. & ZAMPARELLI V. 1996. — The serpulid-microbialite bioconstructions of the "Scisti Ittiolitic" basin of Giffoni Vallepiiana (Upper Triassic, Southern Apennines). *Palaeopelagos* 6: 45-62.
- JASIONOWSKI M. & WYSOCKA A. 1997. — Middle Miocene and microbialites of Roztocze (South-Eastern Poland). *3rd IFAA Regional Symposium and IGCP 380 International Meeting*, guidebook: 23-29.
- LO CICERO G., DI STEFANO E., CATALANO R., SPROVIERI R., AGATE M., CONTINO A. & GRECO G. 1997. — The Messinian evaporitic Cimmina basin. Cyclical sedimentation and eustatic control in a transpressive tectonic setting. *Interim-Colloquium RCMNS*, Catania, "Neogene basins of the Mediterranean. Controls and correlation in space and time", abstract: 75-76.
- MOISSETTE P. 1993. — Bryozoan assemblages in Messinian deposits near Oran (western Algeria). *Lethaia* 26: 247-259.
- MOISSETTE P. 1997. — Bryozoaires récoltés dans les unités messiniennes de sondages offshore dans le Golfe de Gabès (Tunisie). *Revue de Micropaléontologie* 40: 181-203.
- MOISSETTE P. 2000. — Changes in bryozoan assemblages and bathymetric variations. Examples from the Messinian of northwest Algeria. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 155: 305-326.
- MOISSETTE P. & SAINT MARTIN J.-P. 1995. — Bryozoaires des milieux récifaux miocènes du sillon sud-rifain au Maroc. *Lethaia* 28: 271-283.
- PALINSKA K. A., SCHOLZ J., STERFLINGER K., GERDES G. & BONE Y. 1999. — Microbial mats associated with bryozoans (Coorong Lagoon, South Australia). *Facies* 41: 1-14.
- PISERA A. 1995. — The role of skeletal and non-skeletal components in the Sarmatian (Miocene) reefs of Poland. *Publications du Service géologique du Luxembourg* 29: 81-86.
- PISERA A. 1996. — Miocene reefs of the Paratethys: a review. *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology* 5: 97-104.
- RIDING R., BRAGA J. C. & MARTIN J. M. 1991. — Oolite stromatolites and thrombolites, Miocene, Spain: analogues of Recent giant Bahamian examples. *Sedimentary Geology* 71: 121-127.
- 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. 2001. — Implications de la présence de mud-mounds microbiens au Messinien (Sicile, Italie). *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Sciences de la Terre et des Planètes* 332: 527-553.
- SAINT MARTIN J.-P., CONESA G. & CORNÉE J.-J. 1996. — A new type of Messinian composite microbialitic build-up (Salemi, Sicily, Italy). *Sedimentary Geology* 106: 51-63.
- SAINT MARTIN J.-P., CORNÉE J.-J., CONESA G. & ANDRÉ J.-P. 1997. — Les constructions microbiennes du Messinien de Méditerranée. *Geobios M.S.* 20: 463-470.
- SAINT MARTIN J.-P. & PESTREA S. 1999. — Les constructions à serpules et microbialites du Sarmatien de Moldavie. *Acta Paleontologica Romaniai* 2: 463-469.
- SCHOLZ J. 1993. — Indications for microbial clues for bryozoans when settling. *Facies* 29: 107-118.
- SCHOLZ J. & KRUMBEIN W. E. 1996. — Microbial mats and biofilms associated with bryozoans, in GORDON D. P., SMITH A. M. & GRANT-MACKIE J. A. (eds), *Bryozoans in Space and Time*. National Institute of Water & Atmospheric Research, Wellington: 283-298.
- SCHOLZ J., STERFLINGER K., JUNGE C. & HILLMER G. 2000. — A preliminary report on bryostromatolites, in HERRERA CUBILLA A. & JACKSON J. B. C. (eds), *Proceedings of the 11th International Bryozoology Association Conference*, Smithsonian Tropical Research Institute, Panama: 376-384.

Soumis le 18 mai 2001 ;
 accepté le 14 janvier 2002.