

Organisation séquentielle de la plate-forme carbonatée messinienne du seuil pélagien à Lampedusa (Méditerranée centrale)

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

Jean-Jacques CORNÉE
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)
jjcornee@newsup.univ-mrs.fr
jpsmart@newsup.univ-mrs.fr

Philippe LAPOINTE

Totalfinaelf, DGEP/DGE/PN, DEF A 2034, tour Coupole,
2 place de la Coupole, F-92078 Paris La Défense cedex (France)
philippe.lapointe@totalfinaelf.com

André J.-P., Cornée J.-J., Saint Martin J.-P. & Lapointe P. 2002. — Organisation séquentielle de la plate-forme carbonatée messinienne du seuil pélagien à Lampedusa (Méditerranée centrale), *in* Néraudeau D. & Goubert E. (eds), *l'Événement messinien : approches paléobiologiques et paléocéologiques*. *Geodiversitas* 24 (3) : 625-639.

RÉSUMÉ

L'île de Lampedusa, sur le seuil siculo-tunisien, présente une série messinienne de dépôts calcaréo-dolomitiques, récifaux, en aggradation sur plus de 120 m d'épaisseur. La partie inférieure s'est déposée en domaine de rampe ou de plate-forme interne, avec un développement maximum de bancs coralliens au Sud-Est. La permanence des conditions paléoenvironnementales suggère une ouverture constante de l'espace disponible compensée par une sédimentation à dominante bioclastique. La partie supérieure des dépôts correspond à l'extension d'une plate-forme corallienne protégée, marquée par l'homogénéité des édifices coralliens, en pâtés isolés et biohermes composites, reflétant des ouvertures successives à haute fréquence de l'espace disponible, avant un comblement marqué par des faciès thrombo-stromatolithiques. Les constructions récifales et l'évolution séquentielle des dépôts de Lampedusa sont très brièvement comparées à celles d'autres plates-formes messiniennes de Méditerranée occidentale.

MOTS CLÉS

Messinien,
Méditerranée centrale,
plate-forme carbonatée,
récifs coralliens,
séquences.

ABSTRACT

Sequence stratigraphy of the Messinian carbonate platform of the Pelagian shoal in Lampedusa (Central Mediterranean).

In the Sicilian-Tunisian shoal, Central Mediterranean, the Lampedusa Island exhibits a 120 m thick Messinian aggradational carbonate sequence with coral reefs. The lower part was deposited in a ramp or inner platform setting, with abundant reef banks especially southeastward. Depositional environments suggest constant accommodation, with accommodation rises mainly balanced by bioclastic production. The upper part of the sequence was deposited in a shallow water inner reefal platform setting, with coral patches or stacked reefs indicating high frequency rising accommodation events. Finally, the reefal platform was infilled by restricted thrombolitic-stromatolitic deposits. Coral reefs and sequential evolution are very briefly compared with those of other Messinian carbonate deposits of the western Mediterranean.

KEY WORDS

Messinian,
Central Mediterranean,
carbonate platform,
coral reefs,
sequences.

INTRODUCTION

Le seuil siculo-tunisien qui a séparé au cours du Messinien les bassins évaporitiques orientaux et occidentaux de Méditerranée (Fig. 1) présente un intérêt majeur pour l'étude des variations du niveau marin, des échanges d'eaux marines, des transits sédimentaires et de l'importance de la production de carbonates au cours de l'histoire pré-évaporitique de ces domaines. Cette zone de seuil est formée par la plate-forme pélagienne, qui s'étend au Mésozoïque et au Cénozoïque sur la Sicile méridionale, la Tunisie et la Tripolitaine, prolongeant vers le Nord le craton saharien. Elle est actuellement presque totalement immergée à faible profondeur (Winnock & Bea 1979 ; Pedley & Grasso 1992). Ce substratum a été profondément tronçonné au Pliocène par un réseau de failles N120, en réponse à un amincissement crustal d'axe WNW-ESE maximal dans la zone de Pantelleria (Reuther 1987), assimilée à une zone de bombement pré-rift d'âge miocène supérieur, en majeure partie effondrée au Plio-Quaternaire. Ainsi, les rares témoins de la sédimentation messinienne ne constituent-ils que des affleurements limités à des zones de horsts actuellement émergés, ceux de l'Archipel maltais d'une part, de l'île de Lampedusa d'autre part (Fig. 1).

À Malte, le Messinien est représenté par un ensemble de faciès bioclastiques et récifaux (Felix

1973 ; Gianelli & Salvatorini 1975 ; Lorenz & Mascle 1984 ; Pedley 1987), récemment réétudié (Saint Martin & André 1992 ; Saint Martin *et al.* 1997a). Au-dessus de niveaux algaires de base, les dépôts s'organisent en corps sédimentaires sigmoïdaux hectométriques à kilométriques progradants, recouverts par une dernière unité bioclastique et oolithique comprenant des passées stromatolithiques et des niveaux subémergents. Cette géométrie observée a conduit à élaborer un modèle en aggradation-progradation qui correspond à des ouvertures d'espace disponible liées à des variations positives du niveau marin relatif, comme on peut le constater dans d'autres localités du Messinien de Méditerranée (Cornée *et al.* 1996).

Le deuxième témoin miocène de Méditerranée centrale est représenté par la petite île de Lampedusa, d'environ 10 km de long sur 2 à 3 de large, située à 110 km à l'Est de la Tunisie et 200 km au Sud de la Sicile (Fig. 1). Elle est formée d'un entablement calcaréo-dolomitique, récifal, très légèrement incliné vers le SE, avec d'abruptes falaises de plus de 100 m de hauteur sur sa côte nord. Grasso *et al.* (1985) puis Grasso & Pedley (1988) ont attribué à ces roches un âge Tortonien supérieur-Messinien. En première approche, et contrairement à Malte, les dépôts récifaux et bioclastiques s'y organisent en une épaisse succession de strates subhorizontales, en

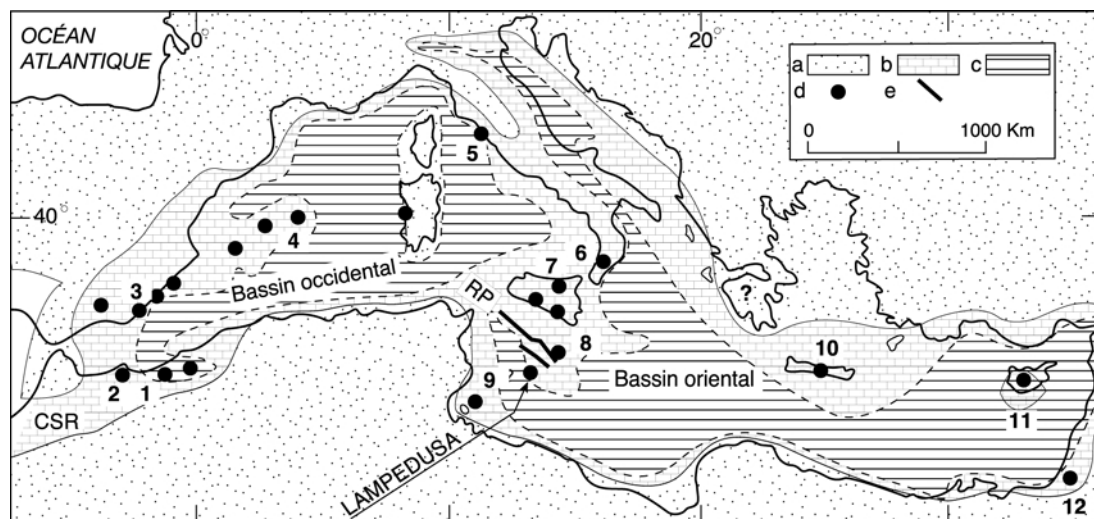


FIG. 1. — Localisation des principales plates-formes carbonatées récifales coralliennes du Messinien de Méditerranée ; 1, Algérie occidentale ; 2, Maroc nord-oriental ; 3, Espagne sud-orientale ; 4, Baléares ; 5, Toscane ; 6, Calabre ; 7, Sicile ; 8, Malte ; 9, golfe de Gabes ; 10, Crète ; 11, Chypre ; 12, Israël ; a, zones émergées ; b, zones marginales avec dépôts continentaux à marins profonds et incluant des plates-formes carbonatées récifales ainsi que des évaporites ; c, dépôts marins profonds puis évaporites ; d, principaux ensembles carbonatés littoraux ; e, failles. Abréviations : CSR, Corridor Sud-Rifain ; RP, rift de Pantelleria.

empilement vertical régulier, conférant à l'ensemble une géométrie agradante.

Dans cet article, nous proposons un découpage séquentiel synthétique de la série sédimentaire de la plate-forme messinienne de Lampedusa, comprenant l'interprétation de la signification des différentes constructions coralliennes dans cette succession. Ces résultats et interprétations sont très différents de ceux proposés par les auteurs antérieurs et suggèrent que Lampedusa ne représente qu'un fragment d'une plate-forme plus vaste développée sur le substratum pélagien et dont la sédimentation carbonatée, exempte de tout apport clastique, est caractérisée par la permanence de conditions récifales au cours du Tortonien supérieur-Messinien.

MÉTHODE D'INVESTIGATION, FACIÈS ET ISOCHRONES

Les dépôts tortono-messiniens de Lampedusa ont été antérieurement étudiés en regroupant des faciès relativement homogènes en unités litho-stratigraphiques hiérarchisées (Grasso *et al.* 1985 ;

Grasso & Pedley 1988). Ce type d'approche a conduit ces auteurs à proposer un schéma où la sédimentation apparaissait contrôlée par le jeu synsédimentaire d'une importante faille NNW-SSE (faille de Cala Creta) induisant des morphologies et des variations de faciès dans son voisinage. Par ailleurs, des systèmes de récifs coralliens frangeants constituant des morphologies accusées ont été décrits. Lampedusa était donc considérée comme faisant partie d'une zone de plate-forme récifale à zonation classique, relativement étroite dans l'espace.

Une nouvelle approche des problèmes posés par la répartition des constructions coralliennes dans un schéma séquentiel de la série messinienne (André *et al.* 1999) a d'abord été basée sur une cartographie à l'échelle du 10 000°. La carte géologique (Fig. 2) définissant les principaux ensembles sédimentaires et leurs structures a été dressée par des levés de terrain, à partir de coupes et d'une cartographie de strates permettant d'établir des isochrones, autorisant des corrélations à très haute résolution sur des distances plurikilométriques, notamment sur la côte sud. Les relations géométriques entre les terrains ont

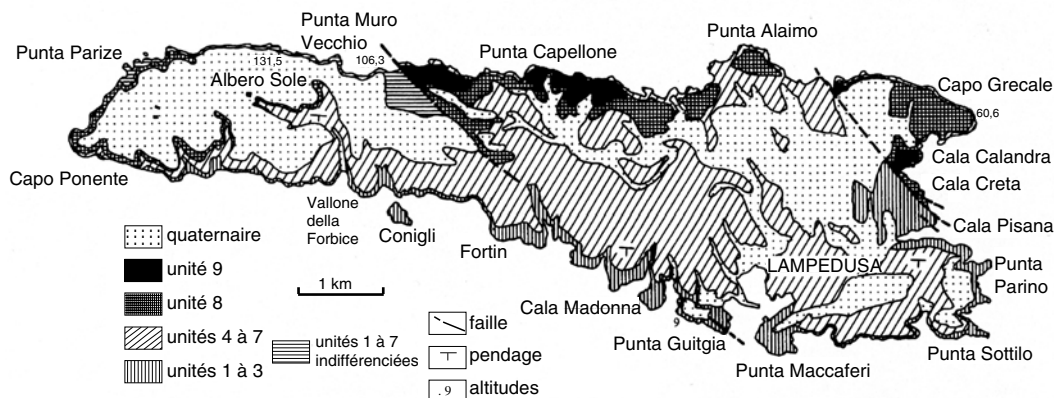


FIG. 2. — Carte géologique de Lampedusa d'après les levés au 1:10 000 et complétée par des données de Grasso & Pedley (1988) ; **unités 1-7**, calcaires bioclastiques et constructions coralliennes ; **unité 8**, faciès bioclastiques en bancs lités et constructions coralliennes en « sapins » ; **unité 9**, faciès thrombo-stromatolithiques. Pour les correspondances avec les séquences, voir Fig. 3.

été confirmées par l'analyse de panoramas en continu tout autour de l'île (en bateau). Par rapport au travail de Grasso & Pedley (1988), la nouvelle carte montre que les assises messiniennes, caractérisées par de nombreuses récurrences de faciès, forment un monoclin à très faible pendage S à SE, compartimenté en trois panneaux. Chacun de ces panneaux a subi une inclinaison vers le SE avec un affaissement plus marqué sur sa bordure SW. Le compartiment le plus oriental montre aussi des gauchissements assimilables à des plis à grands rayons de courbure, d'axes NW-SE, reliés au jeu de la faille de Cala Creta. Les failles majeures, NW-SE, recoupent toute la série messinienne et n'affectent pas les dépôts pléistocènes (Fig. 2) : elles sont probablement d'âge pliocène, c'est-à-dire que leur activité synsédimentaire est à remettre en cause.

L'établissement de la succession lithostratigraphique a été basé sur des levés de coupes détaillées dans chaque ensemble sédimentaire, sur l'analyse pétrographique et minéralogique des roches les composant, sur les indications stratigraphiques de terrain et sur la recherche de limites physiques (surfaces de discontinuité). Les successions de paléoenvironnements de dépôt manifestant des tendances progradantes ou rétrogradantes et la reconnaissance des variations bathymétriques relatives déduites des variations verticales de

faciès permettent de présenter un découpage séquentiel (Fig. 3) qui apporte un nouvel éclairage de la situation des constructions récifales et de leur répartition paléogéographique. Celui-ci pourra servir de base à des corrélations avec d'autres secteurs de Méditerranée centrale, en situation actuellement émergée, ou bien immergée et enfouie sous la couverture pliocène.

LA SÉQUENCE MESSINIENNE DE LAMPEDUSA

Les dépôts de la plate-forme carbonatée de Lampedusa ont été divisés en neuf unités sédimentaires cartographiables, formant une mégaséquence globalement régressive (Fig. 3) à signification, pour partie, d'une séquence de troisième ordre dont les limites ne sont pas strictement reconnues. Cette séquence se trouve fondamentalement constituée par des faciès d'environnements de plate-forme interne très peu profonds, à caractère régressif, identifiés dans l'étude des séquences élémentaires (cycles à haute fréquence ou paraséquences selon Van Wagonner *et al.* [1988]), et cela sur près de 120 m d'épaisseur. La succession générale ne montre pas de surface érosive majeure ni de surface signant une émergence généralisée. En revanche, on note localement

l'existence de surfaces d'abrasion marine ou de lissage du sommet de fonds coralliens par adaptation à la proximité du plan d'eau (« surfacage »). Ces surfaces, d'extension limitée, ne portent pas d'indices d'émersion ; elles sont généralement localisées en fin de cycle haute fréquence, et peuvent coïncider dans certains cas avec des surfaces transgressives, alors soulignées par des remaniements d'intraclastes.

À l'échelle de l'ensemble de la plate-forme, on distingue cinq surfaces d'inondation maximale (= *maximum flooding surface* ou mfs, Fig. 3), seuls repères isochrones fiables, définis sur la base de critères bathymétriques, granulométriques ou de positionnement dans les profils. Ces surfaces permettent de subdiviser la mégaséquence en six séquences de dépôt d'ordre inférieur. Celles-ci sont présentées sur la Fig. 3 en regard de la colonne lithologique, des principales associations biologiques, des différents types de morphologies coralliennes et de la succession des paléoenvironnements. Une courbe de bathymétrie relative suggère l'amplitude relative des variations à partir des surfaces d'inondations maximales.

La séquence 1, dont la limite inférieure est inaccessible, comprend une tranche de sédiments de wackestones et packstones bioclastiques passant au sommet à un banc corallien lissé (« surfacé ») qui correspond, toutes proportions gardées, au cortège de haut niveau marin. Au sommet du banc corallien se placent des wackestones crayeux de la séquence 2 avec quelques foraminifères benthiques, quelques échinides et mollusques bivalves, interprétés comme déposés dans un environnement légèrement plus profond que précédemment. La mfs 1, placée à la base des wackestones de la séquence 2, coïncide pratiquement avec le sommet du banc corallien sous-jacent, ne laissant en fait qu'une place très limitée au cortège transgressif de la séquence 2.

La séquence 2 débute par des wackestones et se termine quelques décimètres au-dessus d'un niveau corallien à *Porites* lissé, sans trace d'émersion.

La séquence 3, au-dessus de la mfs 2, montre une grande extension verticale. Elle débute par des wackestones identiques à ceux précédemment

décrits. Là encore le cortège transgressif présente une épaisseur réduite à quelques décimètres au plus. Elle se caractérise ensuite par des lithologies de wackestones et packstones bioclastiques à foraminifères benthiques et des passées oolithiques localisées, avec des colonies coralliennes isolées associées à des niveaux à *Halimeda* Lamouroux, 1812. Elle se termine dans des niveaux à faciès rétrogradants (bathymétrie relative et textures, bancs plus minces repérables sur le terrain, faciès paléontologique dominé par les fragments d'algues rouges) pouvant se rapporter dans leur ensemble à un intervalle condensé (mfs 3).

La séquence 4 se matérialise par des sédiments à algues rouges, bryozoaires et bivalves, comprenant des constructions coralliennes métriques en bancs et dômes aplatis dans sa partie inférieure, des petits pâtés isolés dans sa partie moyenne et, dans sa partie supérieure, des pâtés coralliens atteignant 4 m de hauteur, manifestant une croissance verticale plus importante que les constructions localisées plus bas, et pouvant déjà traduire une tendance à un approfondissement relatif très modéré avant la mfs 4, placée dans un niveau repère de marnes vertes à pectinidés sus-jacent.

La séquence 5 ne se différencie pas particulièrement par des lithologies contrastées et ne trouve sa réalité que par l'existence de deux surfaces d'inondations maximales correspondant à des passées marneuses repérables sur l'ensemble de l'île (mfs 4 et 5). À la base, la passée marneuse est incontestablement marine puisqu'elle contient en abondance des pectinidés, parfois associés à des pycnodontes. La vire marneuse sommitale, par contre, est azoïque, n'ayant actuellement livré ni macrofaune ni microfaune.

Au-dessus, la séquence 6 montre un changement important dans les conditions de dépôt révélées par un profond changement biologique et par l'anatomie des constructions coralliennes. On note en effet l'apparition de biohermes en lentilles empilées, conduisant à des morphologies « en sapin », avec oolithes, passant vers le haut à des faciès stromatolithiques puis thrombolithiques et stromatolithiques dépourvus de faunes. Cette séquence 6 est incomplète, mais elle manifeste une tendance vers des conditions émergives

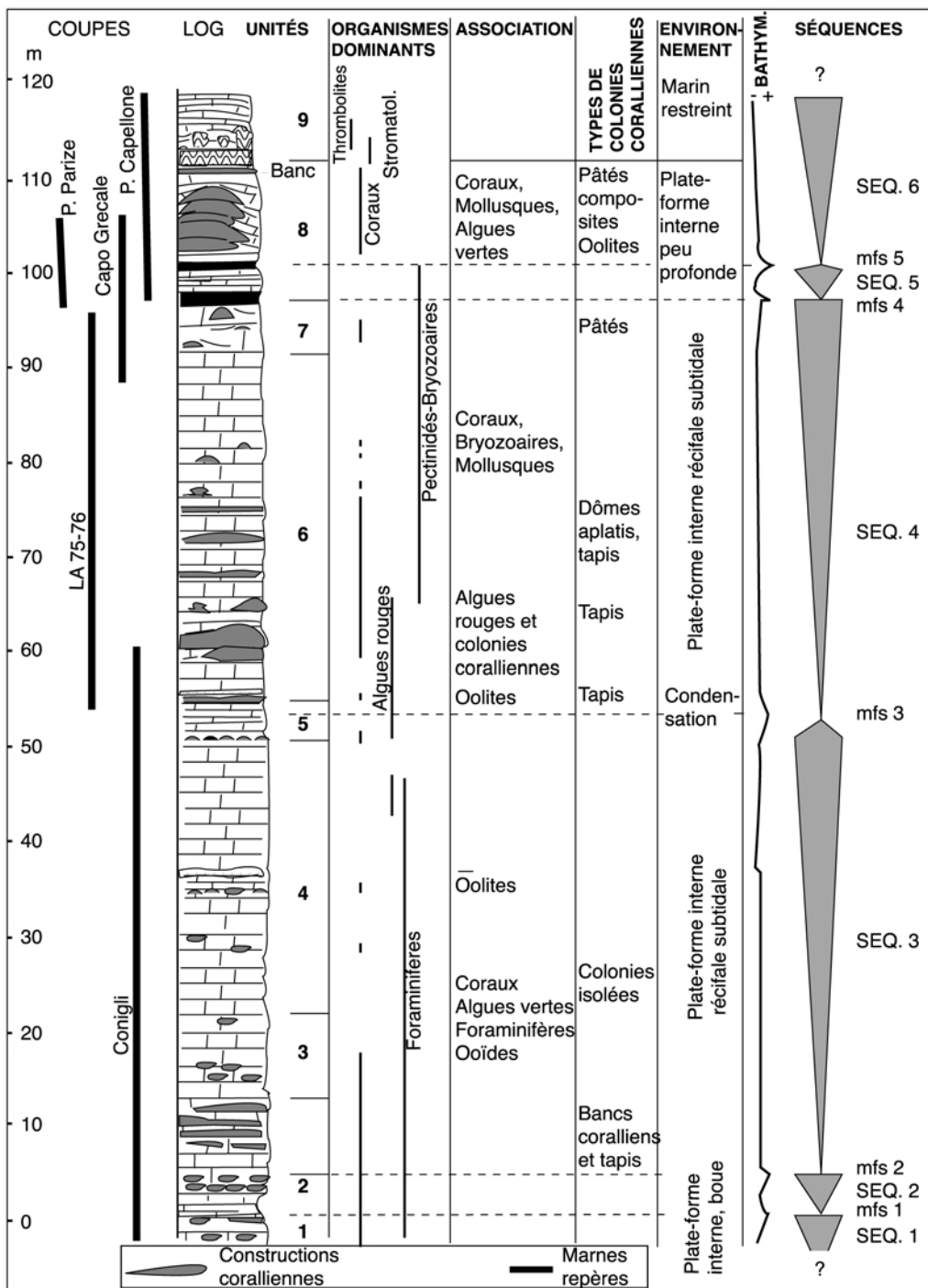


FIG. 3. — Série synthétique du Messinien de Lampedusa et organisation séquentielle. Abréviations : **SEQ.**, séquence ; **mfs**, surface d'inondation maximale.

depuis des faciès marins internes vers des faciès de lagon restreint très peu profonds.

Les trois premières séquences possèdent une composition en matériel bioclastique dominée par les foraminifères benthiques (alvéolines, miliolles, pénéroples) dans un environnement chaud à algues vertes et oïdes. La séquence 4 montre une dominance d'algues rouges passant à une association à bryozoaires et bivalves pouvant traduire une évolution dans les conditions d'environnement marin. Les dernières séquences, d'abord coralliennes très peu profondes avec oolithes puis à dominante microbienne de biotopes restreints, au-dessus d'une mfs 4 régionale, évoquent de près le Terminal Carbonate Complex (*sensu* Esteban 1979). Il faut souligner la permanence des conditions favorables à l'édification de constructions coralliennes, excepté au sommet de la succession, comme dans de nombreuses régions de Méditerranée occidentale (e.g., Esteban *et al.* 1996).

LES PARASÉQUENCES ET LES CONSTRUCTIONS CORALLIENNES

Les séquences figurées sur le log synthétique (Fig. 3) sont formées de l'empilement de séquences élémentaires ou paraséquences au sens de Van Wagoner *et al.* (1988), traduction d'une cyclicité à haute fréquence, dont les caractères faciologiques sont détaillés à titre d'exemple pour les séquences les plus représentatives.

PARASÉQUENCES ET CONSTRUCTIONS CORALLIENNES DE LA PARTIE INFÉRIEURE DE LA SÉRIE (SÉQUENCE 3)

Dans le SE de l'île, entre Punta Parino et Conigli, une étude en continu de l'extension des bancs permet de présenter un schéma de corrélation à haute résolution des paraséquences de la séquence 3, qui révèle des variations d'Est en Ouest sur plus de 7 km (Fig. 4).

Dans le secteur de Punta Sottile à Cala Madonna (Fig. 4), elles sont marquées par l'empilement de vastes fonds coralliens variés (calcaires à *Halimeda*, packstones bioturbés, bancs rhodoli-

thiques) séparés par des lits marneux ou des surfaces d'arrêt de croissance. Les constructions coralliennes, bioérodées par des clones, sont toujours dominées par le genre *Porites* Link, 1807, avec en moindre proportion des colonies de *Tarbellastraea* Alloiteau, 1951 et de *Siderastraea* Blainville, 1830. Elles sont représentées par des tapis onduleux avec un développement local de colonies en gerbes métriques ou des ensembles plus massifs, localement associés à des lumachelles renfermant une faune provenant des substrats coralliens (*Chama* Linné, 1758, *Cypraea* Linné, 1758, etc.) et des zones sableuses inter-récifales (*Diplodonta* Bronn, 1831, *Paphia* Röding, 1798, *Gastrana* Schumacher, 1817, *Leporimetis* Iredale, 1930, *Chlamys* Röding, 1798, *Conus* Linné, 1758, etc.). Dans les zones les plus épaissies, comme par exemple à Punta Maccaferi et Punta Guitgia, les colonies coralliennes à *Porites* peuvent être encroûtées de manchons micritiques comparables aux croûtes microbialithiques fréquemment décrites dans d'autres édifices messiniens de Méditerranée (Riding *et al.* 1991 ; Saint Martin *et al.* 1996, 1997b). Ces constructions peuvent aussi constituer des dômes surbaissés ou des pâtés à plus fort relief. En condition d'énergie plus élevée, au-dessus de surfaces d'abrasion, les paraséquences se composent de la succession de calcaires bioclastiques (packstones-grainstones), grainstones oolithiques à foraminifères et débris coquilliers à litages obliques et entrecroisés. Dans ces cas, la surface de transgression des paraséquences est pratiquement confondue avec la surface d'abrasion antérieure qui marquait une stabilité du plan d'eau.

Dans la partie ouest, en direction de Conigli, les paraséquences débutent par des marnes verdâtres ou des wackestones pouvant comprendre des passées coquillières à leur base, surmontés de packstones bioclastiques bioturbés à mollusques, foraminifères benthiques et algues rouges. Les paraséquences les plus complètes se terminent par des constructions coralliennes, des planchers rhodolithiques ou des lumachelles périrécifales riches en bivalves comme *Arca noae* (Linné, 1758), *Glycymeris bimaculata* (Poli, 1793), *Leporimetis*

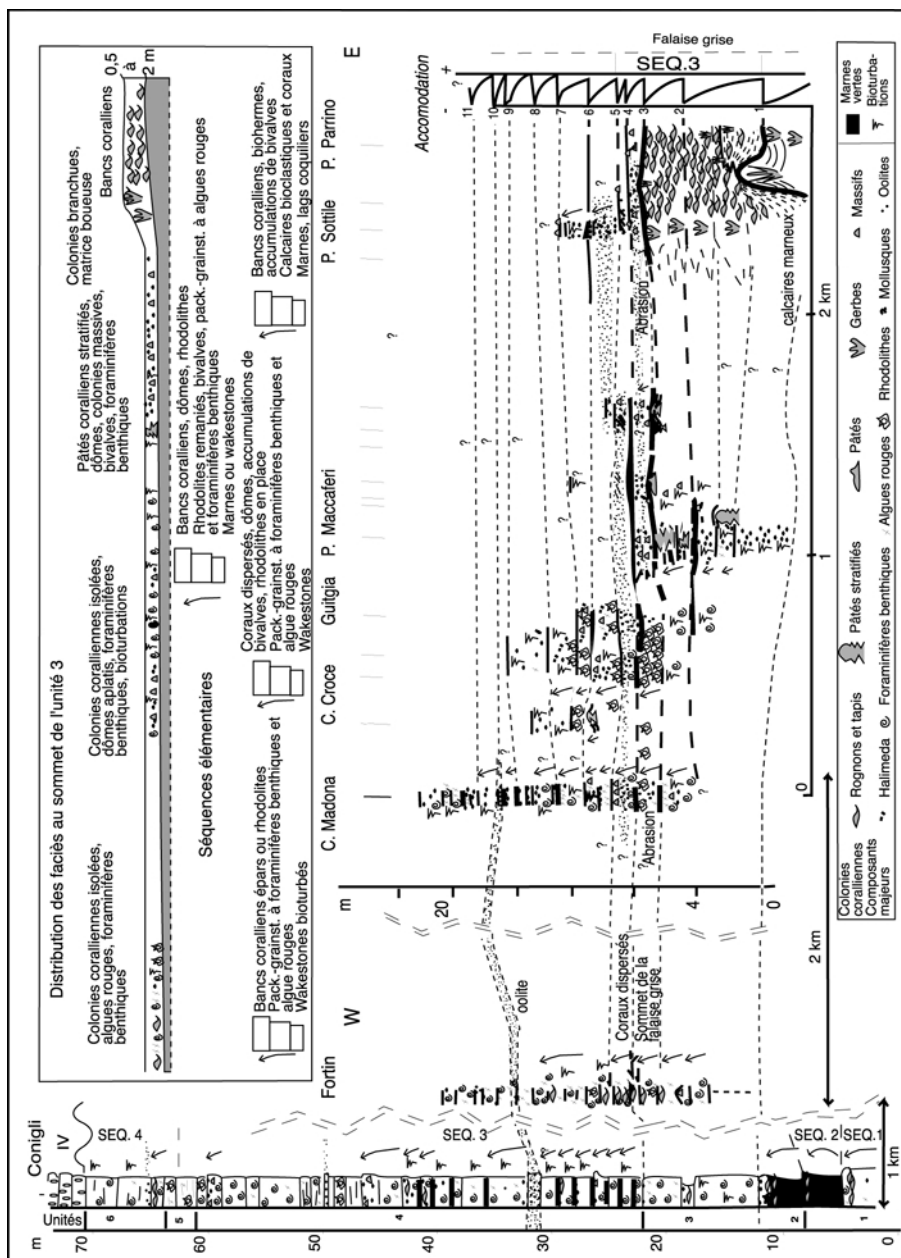


FIG. 4. — Exemple de corrélations à haute résolution dans la séquence 3, sur la côte sud de Lampedusa entre Punta Parrino et la plage de Conigli et reconstitution de la distribution des faciès en 2D. Abréviation : SEQ., séquence.

papyracea (Gmelin, 1791), *Gastrana fragilis* (Linné, 1758). Les bioconstructions forment ici des horizons d'épaisseur décimétrique à métrique

aux limites ondulées contenant des tapis discontinus de colonies en lames à surface bosselée. On rencontre également des constructions massives

et des pâtes coralliens isolés formant des dômes surbaissés d'extension décamétrique pour des hauteurs n'excédant que rarement le mètre. Au final, les paraséquences ont une signification de type ouverture-comblement.

Les faciès semblables, et particulièrement les calcaires oolithiques et les planchers rhodolithiques, se décalent vers l'Ouest en remontant dans la série (Fig. 4). Dans le même temps, les faciès sableux à foraminifères benthiques internes, dominants à l'Ouest, passent à l'Est et au Sud-Est de l'île à des constructions coralliennes bien développées. Cette répartition suggère d'une part une géométrie en rétrogradation apparente vers l'Ouest, au cours d'une extension de la plateforme et, d'autre part, la possible proximité à l'Est d'une zone de « barrière récifale » marginale progradant vers l'Est ou le Sud-Est.

PARASÉQUENCES ET CONSTRUCTIONS CORALLIENNES DE LA SÉQUENCE 4

Dans la séquence 4, les paraséquences ont des épaisseurs décimétriques à plurimétriques et sont séparées par des joints carbonatés blanchâtres correspondant à des horizons de condensation (packstones à foraminifères benthiques et algues rouges, montrant des encroûtements de serpulides et des concentrations en oxydes de fer). Deux types de cyclicité peuvent être distingués :

- des cycles de comblement avec constructions coralliennes peu développées, dans lesquels on observe, de bas en haut (Fig. 5) : des packstones-grainstones à bivalves, algues rouges, *Halimeda*, échinodermes et foraminifères benthiques, avec parfois des colonies coralliennes décimétriques, isolées, dès la base. Ces faciès peuvent être bioturbés et montrent localement des bivalves fousseurs en position de vie (*Panopea* Ménéard, 1807) ; ils sont interprétés comme faisant partie de la fin d'un cortège transgressif. Au-dessus viennent des faciès analogues, localement riches en bivalves fousseurs superficiels (cardiidés), mais montrant un net enrichissement en colonies coralliennes et en algues rouges, pouvant se terminer par des fonds coralliens à colonies éparées, ou par des fonds rhodolithiques. Le sommet de certaines colonies porte les traces de surfaces d'abrasion

marine et de perforations par des lithophages, interprétées comme la marque d'un ralentissement de la sédimentation. Cette association de faciès est interprétée comme un cortège de haut niveau ;

- des cycles de comblement à constructions coralliennes développées qui comprennent des constructions coralliennes à *Porites*, associés parfois à des *Tarbellastraea*, au relief synoptique instantané ayant la forme de dômes aplatis atteignant 25 m de diamètre et développés sur des épaisseurs de 1 à 5 m, ainsi que de nombreuses petites constructions métriques isolées ou bancs coralliens. Dans ce cas, on trouve de bas en haut : 1) des constructions coralliennes et latéralement des packstones-grainstones à algues rouges, interprétés comme partie d'un cortège transgressif. Lorsque ces faciès se développent aux abords de constructions coralliennes antérieures dont le relief est accusé, ils présentent une géométrie en onlap ; ils sont souvent affectés d'une intense bioturbation (*Thalassinoides*). Localement, des niveaux rhodolithiques peuvent aussi se développer dès la base des cycles ; et 2) les constructions coralliennes peuvent perdurer jusqu'au joint suivant (limite supérieure de paraséquence). Latéralement, les faciès bioclastiques montrent un enrichissement en colonies de bryozoaires (parmi lesquelles d'abondants cellépores), bivalves (*Spondylus* Linné, 1758, *Pecten* Müller, 1776), échinides (*Chlypeaster* Lamarck, 1816), algues vertes, avec quelques colonies coralliennes isolées. Les bioturbations sont très fréquentes, majoritairement en tubes subverticaux dont la préservation a été assurée par une cimentation micritique précoce des parois. Cette association de faciès est interprétée comme un cortège de haut niveau.

Le sommet des paraséquences est souvent occupé par des fonds coralliens plus ou moins denses, interprétés comme la partie terminale du cortège de haut niveau.

L'organisation générale des paraséquences peut être perturbée par l'intercalation de niveaux de haute énergie hydrodynamique qui se traduisent par le dépôt de lags coquilliers ou par la présence de grainstones oolithiques et bioclastiques, à litage

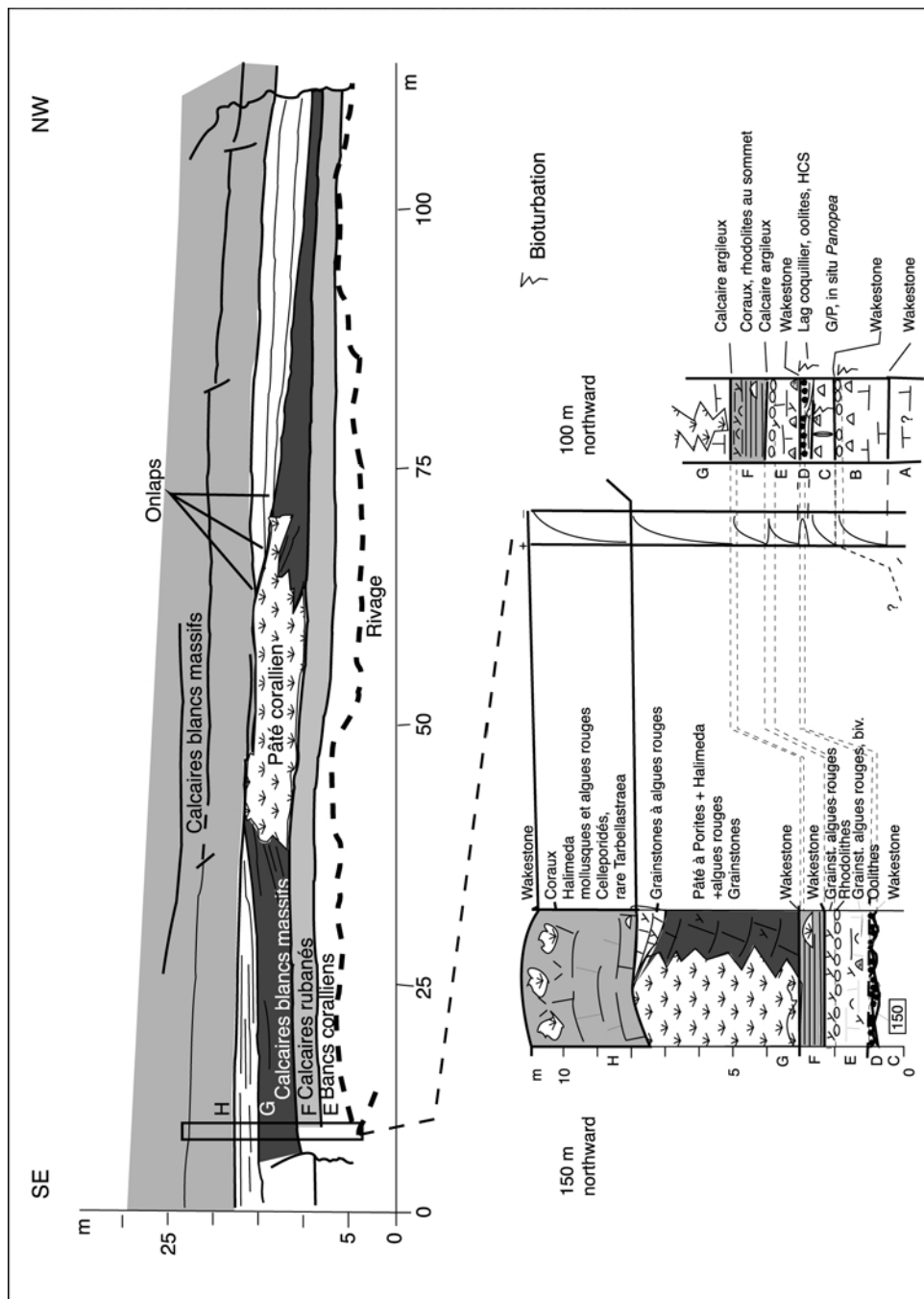


FIG. 5. — Exemple de constructions coralliennes et de paraséquences dans la séquence 3, falaise nord, entre Punta Alaimo et Punta Cappellone. Abréviation : **HCS**, hummocky cross stratification.

horizontal plan ou oblique se recoupant à angle faible, rarement préservés du fait d'une intense bioturbation.

PARASÉQUENCES ET CONSTRUCTIONS

CORALLIENNES DE LA SÉQUENCE TERMINALE

La partie inférieure de la séquence 6, en gros bancs lités, renferme fréquemment des morphologies récifales d'ampleur décamétrique bien exprimées et spectaculaires à l'affleurement. Ces pseudo-biohermes coralliens, à *Porites* (Fig. 6), peuvent aussi se développer dans des niveaux lités supérieurs. Les paraséquences traduisent un empilement vertical de faciès de plate-forme interne plus ou moins confinée, souligné par un empilement de bancs coralliens lenticulaires qui induit des morphologies en sapins, et se terminant par des faciès thrombolithiques et stromatolithiques généralisés à toute l'île.

Constructions coralliennes

Ces pseudo-biohermes apparaissent toujours bien circonscrits et constituent des anomalies bien visibles dans les affleurements en falaise (Fig. 6) avec des tailles comprises en moyenne entre 2 et 10 m de largeur pour des hauteurs cumulées de 2 à 4 m, pouvant cependant atteindre une vingtaine de mètres de hauteur pour une base atteignant une trentaine de mètres de largeur à l'extrémité NE de Lampedusa. Bien qu'il ne soit jamais possible d'observer ces constructions selon plusieurs plans de coupe, on peut estimer qu'elles constituent des morphologies subcirculaires ou légèrement allongées en direction N-S à NNE-SSW. Les pseudo-biohermes caractérisent la permanence d'une activité constructrice corallienne à travers plusieurs épisodes de sédimentation successifs en un même endroit, c'est-à-dire à travers plusieurs limites de paraséquences. Il faut cependant souligner que les édifices successifs n'ont jamais constitué de relief synoptique important, mais tout juste des intumescences sur les bords desquels abondaient des bivalves fixés comme *Chama* et où s'accumulaient des coquilles de mollusques. Les constructions prennent naissance à différents niveaux, certaines débutant dès la base et perdurant pendant le dépôt des bancs

massifs et d'une grande partie des bancs lités supérieurs. La variation de l'extension horizontale de chaque construction confère aux pseudo-biohermes un aspect général en « sapin » caractéristique. Dans la zone de Capo Grecale à l'Est, les plus grandes constructions se développent dans des calcaires micritiques ou dans des calcaires marneux bioturbés à bryozoaires celléporidés et pectinidés, et ils acquièrent des formes en dômes allongés en direction subméridienne. Les morphologies spectaculaires développées par les pseudo-biohermes sont soulignées par la déformation des calcaires lités postérieurs aux édifices. En effet, les constructions qui se retrouvent à travers les limites de paraséquences passent latéralement à différents niveaux à des dépôts marneux plus tendres. La compaction différentielle a eu pour effet d'exagérer le relief au droit des édifices, tandis que les sédiments latéraux et postérieurs étaient ployés sur les flancs. On observe ainsi que les niveaux marneux, soit contemporains de l'édification, soit coiffant les constructions, présentent des déformations (plissements, structures de compaction) dont l'importance décroît en s'éloignant des morphologies. L'armature récifale renfermait une faune assez diversifiée utilisant les substrats durs coralliens, les anfractuosités et les remplissages sédimentaires sableux intercoloniaux avec des gastéropodes habituels des milieux récifaux (*Conus* Linné 1758, *Cypraea*, Linné 1758), des bivalves fixés (*Spondylus*, *Chama*), épibyssaux (*Chlamys* Röding, 1798), fouisseurs superficiels (*Anadara* Gray, 1847, *Gastrana*) ou foreurs (*Lithophaga* Röding, 1798, *Botula* Mörch, 1853, etc.), des échinides (*Psammechinus* Agassiz, 1847). Les accumulations de coquilles latérales aux constructions sont souvent riches en *Gastrana* et cardiidés.

La répartition des pseudo-biohermes et leur fréquence verticale (Fig. 6), bien qu'assez homogène, montre quelques variations. À l'Ouest de l'île, les constructions semblent assez dispersées. Dans la partie centre-nord de l'île, elles sont distantes d'une cinquantaine à une centaine de mètres, apparemment regroupées en zones de concentration privilégiées, de quelques centaines de mètres à 1 km de diamètre. Dans la zone de Capo

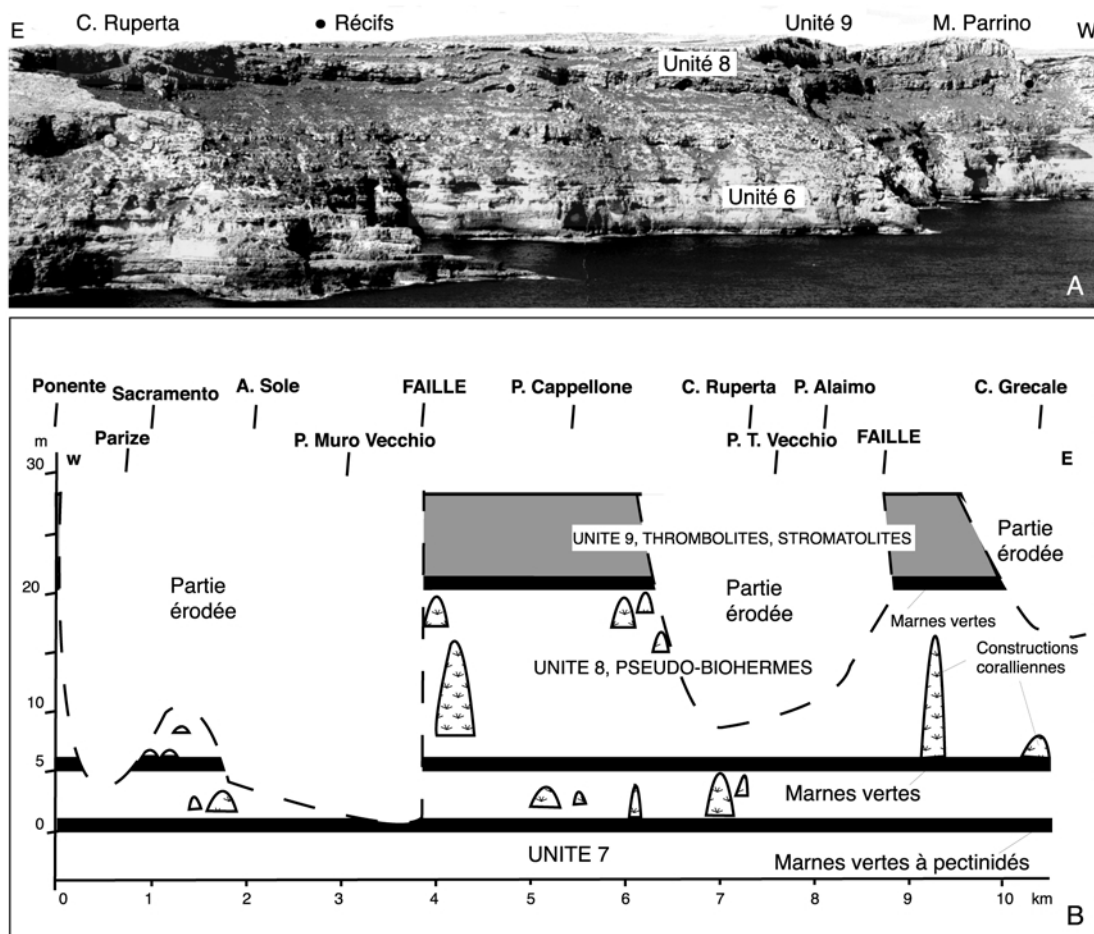


Fig. 6. — Distribution des biohermes dans les falaises nord de Lampedusa dans les séquences 5 et 6 ; **A**, panorama montrant les rebroussements au droit des constructions ; **B**, reconstitution à l'échelle de l'île. Échelle verticale : $\times 135$.

Grecalle-Cala Creta à l'Est, elles apparaissent avec une périodicité comparable mais la taille des édifices et celle des zones de concentration augmente.

Constructions microbiennes

La sédimentation stromatolithique se développe à la fin de la série qui affleure à Lampedusa et montre un caractère constant sur l'ensemble des secteurs, c'est-à-dire depuis Cala Creta à l'extrémité est de l'île jusqu'à Punta Parise sur la falaise nord à l'Ouest de Lampedusa.

L'étude détaillée d'affleurements dans les falaises nord montre que les niveaux stromatolithiques s'inscrivent globalement en environnement

confiné bathydécroissant. Ils succèdent à une sédimentation bioclastique et oolithique dans laquelle s'intercale un banc corallien peu épais (0,5 m), apparemment continu (Fig. 3). Trois niveaux principaux peuvent être alors distingués, tous quasiment dépourvus de faune.

Reposant sur un lit de marnes verdâtres, se développent tout d'abord sur 1 à 2 m d'épaisseur, des constructions stromatolithiques structurées en dômes de longueur d'onde métrique subdivisées secondairement en colonnettes ou dômes décimétriques.

À la surface supérieure des dômes stromatolithiques s'étend un mince niveau encore laminé,

mais très vacuolaire. Au-dessus, sur 2,5 m, des corps thrombolithiques de forme et taille variables, constituant parfois des édifices en pains de sucre d'ampleur métrique, s'individualisent au sein de calcaires à laminations assez grossières (mudstones vacuolaires). Les constructions thrombolithiques présentent une forte porosité originelle (fenestrae) pouvant atteindre 40 %. Les calcaires laminés inter-thrombolithes, dont la nature stromatolithique n'est pas bien exprimée, mais qui renferment de nombreuses vacuoles, devaient correspondre à des tapis microbiens discontinus ou irrégulièrement développés.

CONCLUSION ET COMPARAISONS

La série sédimentaire est divisée en six séquences de quatrième ordre (100 ka) dont la somme des épaisseurs et l'uniformité de répartition conduisent à proposer la création permanente d'espace disponible pour une sédimentation agradante. Cet espace lié à l'élévation du niveau marin relatif, résulte d'un fragile équilibre entre la subsidence et l'eustatisme. On note cependant une très nette tendance à l'émersion en fin de série. L'ensemble recouvre en continuité une durée correspondant à une période estimée du troisième ordre. La surface d'inondation maximale principale peut être placée au milieu de la série sédimentaire, c'est notre mfs 3, associée à un intervalle de condensation qui nous paraît corrélable à l'échelle régionale. Une autre, également remarquable, est notre mfs 4 au-dessus de laquelle se développent des faciès de type « Terminal Carbonate Complex ». Les six séquences superposées témoignent de périodes successives d'ouverture-comblement. Le même dispositif se retrouve au niveau des cycles haute fréquence (paraséquences) qui permettent de circonscrire des espaces de temps très faibles, de l'ordre du cinquième ou sixième ordre (10 à 20 ka). Ces paraséquences paraissent généralement liées à une dynamique de houle, relayée vers la fin par le jeu de courants de marées de faible magnitude mais amplifiés par la grande extension de la plate-forme carbonatée messinienne dont le horst actuellement émergé de Lampedusa ne représente qu'une petite partie.

Les constructions coralliennes, pratiquement monogénériques (à *Porites*), s'inscrivent dans la sédimentation suivant deux modalités : ils peuvent constituer les cortèges de haut niveau dans les paraséquences des ensembles inférieurs et montrer des morphologies en bancs coralliens, tapis, dômes ou colonies isolées suivant la vitesse de création d'espace disponible et suivant les conditions autocyclus de l'environnement marin. Les coraux peuvent ensuite s'édifier en morphologies plus dépendantes des conditions allocycliques, l'architecture en sapin des pseudo-biohermes pouvant relever d'une plus grande régularité dans la fréquence des pulsations transgressives. Enfin, comme à Malte (Saint Martin *et al.* 1997a) et dans d'autres secteurs de Méditerranée (Esteban *et al.* 1996), la partie supérieure de la succession enregistre un épisode de conditions d'environnement biologique plus confiné correspondant aux constructions microbiennes, avec ici un important développement des stromatolithes et thrombolithes.

Les faciès messiniens décrits à Lampedusa ne sont pas courants en Méditerranée centrale et occidentale. La principale raison en est que la plupart des plates-formes récifales messiniennes de ces régions se développent à partir de paléoreliefs relativement escarpés, ce qui n'autorise pas le développement de vastes zones coralliennes protégées (Esteban *et al.* 1996 ; Cornée *et al.* 1996). Le meilleur analogue est représenté par la plate-forme de Llucmajor, à Mallorca dans les Baléares, qui s'est installée sur un haut-fond d'échelle déca-kilométrique (promontoire baléarique). Pomar *et al.* (1996) y ont décrit en détail la plate-forme récifale messinienne, depuis ses parties les plus externes jusqu'à ses parties les plus internes. Les faciès des séquences 1 à 6 de Lampedusa évoquent de près les faciès d'arrière récif (« lagons ») de Mallorca. Ces derniers se présentent en effet sous forme d'un empilement de strates subhorizontales sur plusieurs kilomètres de longueur qui correspondraient essentiellement à des cortèges transgressifs ou à des cortèges de haut niveau déposés au cours de cycles à haute fréquence (quatrième à septième ordre). Dans les parties proches des récifs (« lagon externe ») se trouvent

des pâtés coralliens métriques à *Porites* dominants, bioérodés, des planchers rhodolithiques et une grande abondance de sables bioclastiques riches en débris de mollusques. En position plus interne (« lagon médian »), les faciès correspondent surtout à des grainstones-packstones riches en débris d'algues rouges, de mollusques et d'échinodermes, avec des foraminifères benthiques dominés par les miliolidés. On y trouve aussi, en moindres proportions, des pellets, des pelloïdes, des débris de bryozoaires et des articles d'*Halimeda*. Ces bancs peuvent présenter des structures en stratifications entrecroisées. Enfin, en position encore plus interne (« lagon interne »), se trouvent des grainstones-packstones à foraminifères benthiques (miliolidés, alvéolinidés, soritidés, trochamminidés), pellets, pelloïdes, gastéropodes cérithidés, débris de mollusques et d'échinides. Des niveaux oolithiques s'intercalent dans les sédiments bioclastiques. Ces faciès sont surmontés, comme à Lampedusa, par des horizons stromatolithiques rapportés au « Terminal Carbonate Complex ». La comparaison entre Lampedusa et Lluçmajor tend ainsi à confirmer que Lampedusa ne représente essentiellement qu'un fragment de la partie la plus interne d'une plate-forme corallienne qui devait être beaucoup plus vaste, ses zones marginales n'ayant pas été identifiées.

CONCLUSIONS

Les calcaires messiniens de Lampedusa se sont déposés en permanence dans un environnement corallien peu profond, d'énergie faible à modérée. La série sédimentaire peut être divisée en unités lithostratigraphiques cartographiées sur le terrain. Elle se compose de plus de 120 m de calcaires et dolomies déposés en domaine de plate-forme très peu profonde, dans des conditions paléoenvironnementales toujours favorables à l'édification de constructions coralliennes, se terminant par une unité à contenu biologique restreint (stromatolithes et thrombolithes) proche de l'émersion. La superposition des unités lithostratigraphiques compose une séquence de troisième ordre elle-

même subdivisée en six séquences de quatrième ordre. Deux surfaces d'inondation maximale d'importance ont été identifiées à travers toute l'île, une vers le milieu de la série (mfs 3) et l'autre dans sa partie supérieure (mfs 4).

Ces séquences de quatrième ordre sont formées à partir de l'empilement de séquences d'ordre supérieur (10 à 20 ka) qui traduisent toutes un fonctionnement en ouverture-comblement. Comme les autres plates-formes de Méditerranée, Lampedusa montre une ouverture d'espace disponible constante, par pulsations transgressives successives, sauf au sommet où des faciès microbiens subémergeants peuvent être identifiés comme des niveaux du « Terminal Carbonate Complex » messinien d'autres localités du bassin méditerranéen.

Remerciements

M. Esteban et un rapporteur anonyme sont remerciés pour leur contribution à l'amélioration du texte. J. Muller a participé à la première mission à Lampedusa. Les lames minces ont été en partie réalisées par L. Marié et P. Papi (Marseille). Cet article est une contribution au programme ECLIPSE du CNRS intitulé « La crise de salinité messinienne : modalités, conséquences régionales et globales, quantifications ».

RÉFÉRENCES

- ANDRÉ J.-P., CORNÉE J.-J., SAINT MARTIN J.-P. & LAPOINTE P. 1999. — The Lampedusa carbonate platform: original features of reefs positioning in the messinian stratigraphical framework of Mediterranean. *International Symposium on Paleooceanology of Reefs and Carbonate Platforms: Miocene to Modern*. 27-30 septembre 1999, Aix-en-Provence. Poster.
- 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.
- ESTEBAN M. 1979. — Significance of the Upper Miocene coral reefs of the Western Mediterranean. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 29: 169-188.
- ESTEBAN M., BRAGA J. C., MARTIN J. & SANTISTEBAN C. 1996. — Western Mediterranean reef complexes,

- in FRANSEEN E. K. *et al.* (eds), Models for carbonate stratigraphy from Miocene reef complexes of Mediterranean regions. Concepts in sedimentology and paleontology. *SEPM* 5: 55-72.
- FELIX R. 1973. — Oligo-Miocene stratigraphy of Malta and Gozo. *Mededelingen. Landbouwhogesh. Wageningen* 73-20: 1-104.
- GIANELLI L. & SALVATORINI G. 1975. — I. Foraminiferi planctonici dei sedimenti terziari dell'arcipelago Maltese. II. Biostratigrafia di Blue Clay, Greensand e Upper coralline limestone. *Memoria delli Atti de la Società toscana di Scienze naturali* Ser. A, 82: 1-24.
- GRASSO M. & PEDLEY H. M. 1988. — *Carta geologica dell'isola di Lampedusa (Isole Pelagie, Mediterraneo Centrale)* 1/10 000. S.E.L.C.A, Florence, carte.
- GRASSO M., PEDLEY H. M. & REUTHER C. D. 1985. — The geology of the Pelagian islands and their structural settings related to the Pantelleria rift (Central Mediterranean Sea). *Centro* 1-2: 1-19.
- LORENZ C. & MASCLE G. 1984. — Le point sur la géologie de l'archipel maltais. *Revue de Géologie dynamique et de Géographie physique* 25, 2: 63-68.
- PEDLEY H. M. 1987. — Controls on Cenozoic carbonate deposition in the Maltese Islands: review and reinterpretation. *Memorie della Società Geologica Italiana* 38: 81-94.
- PEDLEY H. M. & GRASSO M. 1992. — Miocene syn-tectonic sedimentation along the western margins of the Hyblean-Malta Platform: a guide to plate margin processes in the Central Mediterranean. *Journal of Geodynamics* 15: 19-37.
- POMAR L., WARD W. C. & GREEN D. G. 1996. — Upper Miocene reef complex of the Llucmajor area, Mallorca, Spain, in FRANSEEN E. K. *et al.* (eds), Models for carbonate stratigraphy from Miocene reef complexes of Mediterranean regions. Concepts in sedimentology and paleontology. *SEPM* 5: 191-225.
- REUTHER C. D. 1987. — Extensional tectonics within the Central Mediterranean segment of Afro-European zone of convergence. *Memorie della Società Geologica Italiana* 38: 68-80.
- 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. & ANDRÉ J.-P. 1992. — Les constructions coralliennes de la plate-forme carbonatée messinienne de Malte. *Géologie méditerranéenne* XIX, 3: 145-163.
- 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., ANDRÉ J.-P., MULLER J. & LAPOINTE P. 1997a. — Géométrie de la plate-forme carbonatée d'âge messinien de Malte: mise en évidence de l'élévation du plan d'eau méditerranéen au cours du Messinien. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris* 324, II a: 729-736.
- SAINT MARTIN J.-P., CORNÉE J.-J., MULLER J., CONESA G. & ANDRÉ J.-P. 1997b. — Activité microbienne et bioconstructions: l'exemple du Messinien (Méditerranée). *Geobios* mémoire spécial 20: 463-470.
- VAN WAGONER J. C., POSAMENTIER H. W., MITCHUM R. M., VAIL P. R., SARG J. F., LUOTIT T. S. & HARDENBOL J. 1988. — An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions, in WILGUS C. *et al.* (eds), Sea level changes. An integrated approach. *SEPM* 42: 39-45.
- WINNOCK E. & BEA F. 1979. — La mer pélagienne. Structure de la mer pélagienne. *Géologie méditerranéenne* VI-I: 35-49.

Soumis le 18 mai 2001 ;
accepté le 13 décembre 2001.