

# Biodiversité dans les calcaires micritiques blancs des plates-formes messiniennes d'Algérie

Jean-Paul SAINT MARTIN

Muséum national d'Histoire naturelle,  
Département Histoire de la Terre, UMR 5143,  
case postale 38, 57 rue Cuvier, F-75231 Paris cedex 05 (France)  
jpsmart@mnhn.fr

Saint Martin J.-P. 2008. — Biodiversité dans les calcaires micritiques blancs des plates-formes messiniennes d'Algérie. *Geodiversitas* 30 (1): 165-179.

## RÉSUMÉ

Dans de nombreuses plates-formes de Méditerranée occidentale (Algérie, Maroc, Espagne, etc.) les dépôts du Terminal Carbonate Complex qui succèdent directement aux récifs progradants à *Porites* se présentent, sur la bordure des édifices et en position distale, sous forme d'un carbonate micritique blanc affecté de déformations et pouvant renfermer des masses de gypses. Le contenu fossilifère de ce calcaire a été inventorié pour la première fois en Algérie, dans la région d'Oran. Selon les niveaux et les différents gisements, on remarque la dominance d'huîtres de l'espèce *Neopycnodonta navicularis* formant des agrégats ou de pectinidés tels qu'*Aequipecten macrotis*. Les échinides sont représentés par *Brissothis lyrifera*. Hormis ces espèces, les autres fossiles sont recueillis sous forme de moules internes ou externes parfois délicats à déterminer spécifiquement. Parmi les bivalves, on peut relever la présence de *Chama gryphoides*, *Ctena decussata*, de Lucinidae, Cardiidae, etc. Les gastéropodes sont représentés par *Gibbula* sp., *Alvania* gr. *venus*, *Theridium* cf. *europium*, *Bittium reticulatum*, *Conus* cf. *dujardini*, des Cerithidae indéterminés, des Vermetidae, des Epitonidae, des Nassariidae, etc. Des petits agglomérats d'algues rouges ne sont pas rares. Les spongiaires sont abondamment représentés par des spicules siliceux omniprésents donnant localement à la roche l'aspect d'une spiculite. Cette association benthique témoigne de conditions marines dans un milieu calme, turbide, infralittoral à circalittoral. Un tel assemblage est très similaire à celui relevé dans les autres plates-formes, notamment à celui des calcaires argileux intragypseux d'Espagne. Il témoigne de la continuité, sur les marges occidentales et méridionales de la Méditerranée d'un biota bien adapté à des fonds peu oxygénés et amènent des interrogations sur la signification de certaines masses de gypse.

## MOTS CLÉS

Plates-formes  
carbonatées,  
Messinien,  
Méditerranée,  
Algérie.

**ABSTRACT**

*Biodiversity of the white micritic limestones from the Messinian carbonate platforms of Algeria.*

In numerous carbonate platforms of western Mediterranean (Algeria, Morocco, Spain, etc.) the deposits of the Terminal Carbonate Complex, directly following the *Porites* prograding reefs, are characterized, on the reef slopes and in distal position, by a white micritic deformed limestone. In Algeria, near Oran, the fossiliferous content of this limestone, that can contain gypsum masses, has been inventoried. According to layers and to the different outcrops, the dominant fauna is represented by oysters, with the species *Neopycnodonta navicularis* forming aggregations, or pectinids as *Aequipecten macrotis*. The echinoid *Brisopsis lyrifera* is also present. The other fossils collected are internal or external casts and their determination at the specific level is consequently difficult. Thus, among the other molluscs, have been sampled several specimens of *Chama gryphoides*, *Ctena decussata*, Cardiidae, Lucinidae, *Gibbula* sp., *Alvania* gr. *venus*, *Theridium* cf. *europium*, *Bittium reticulatum*, *Conus* cf. *dujardini*, Vermetidae, Epitonidae, Nassariidae, etc. Small red algae agglomerates are not rare. Sponges are represented abundantly by omnipresent siliceous spicules, giving locally a true spiculite. This association testifies marine conditions in a turbid quiet environment that can reach circalittoral environment. Such population is very similar of the one observed in the other platforms but also of the one of intragypse clayey limestones of Spain. These facts testify a continuity of a biota well adapted of poorly oxygenated bottom and raise questions about the significance of certain messinian gypsum lenses.

**KEY WORDS**

Carbonate platforms,  
Messinian,  
Mediterranean,  
Algeria.

**INTRODUCTION**

Bien que la crise de salinité du Messinien reste un grands thèmes de controverse, peu de travaux ont été consacrés en réalité à l'évolution des peuplements de macrofaune des fonds méditerranéens. À ce jour aucun recensement exhaustif global de ces peuplements n'a été effectué de manière à suivre pas à pas les modifications survenues dans leur structure et leur composition. Un consensus s'est établi pour fixer le début de la crise aux alentours de -5,96 Ma (Gautier *et al.* 1994; Clauzon *et al.* 1996; Krijgsman 1999; Cornée *et al.* 2002) : quelle en est la traduction immédiate sur le biota des fonds littoraux méditerranéens ?

Le développement des plates-formes carbonatées est assez uniforme dans tous les bassins de Méditerranée

occidentale (Cornée *et al.* 2004). Après les récifs coralliens progradants à *Porites* et leurs équivalents distaux, les calcaires à *Halimeda*, les plates-formes enregistrent le dépôt de sédiments agradants constituant le « Terminal Carbonate Complex » défini par Esteban (1979) et qui se décomposent en constructions coralliennes, calcaires micritiques blanchâtres, calcaires oolitiques, formations stromatolitiques, etc. Le faciès des calcaires micritiques blancs n'a été jusqu'ici que très peu abordé, sans doute en raison du caractère monotone des dépôts, en apparence peu riches en fossiles. Dans certains cas, des masses ou des niveaux de gypse s'intercalent dans ce faciès. C'est notamment le cas en Algérie où quelques travaux mentionnent la présence, entre deux niveaux de gypse, de fossiles comme des algues et des bryozoaires (Cornée *et al.* 1994; Saint Martin *et al.* 1995) sans

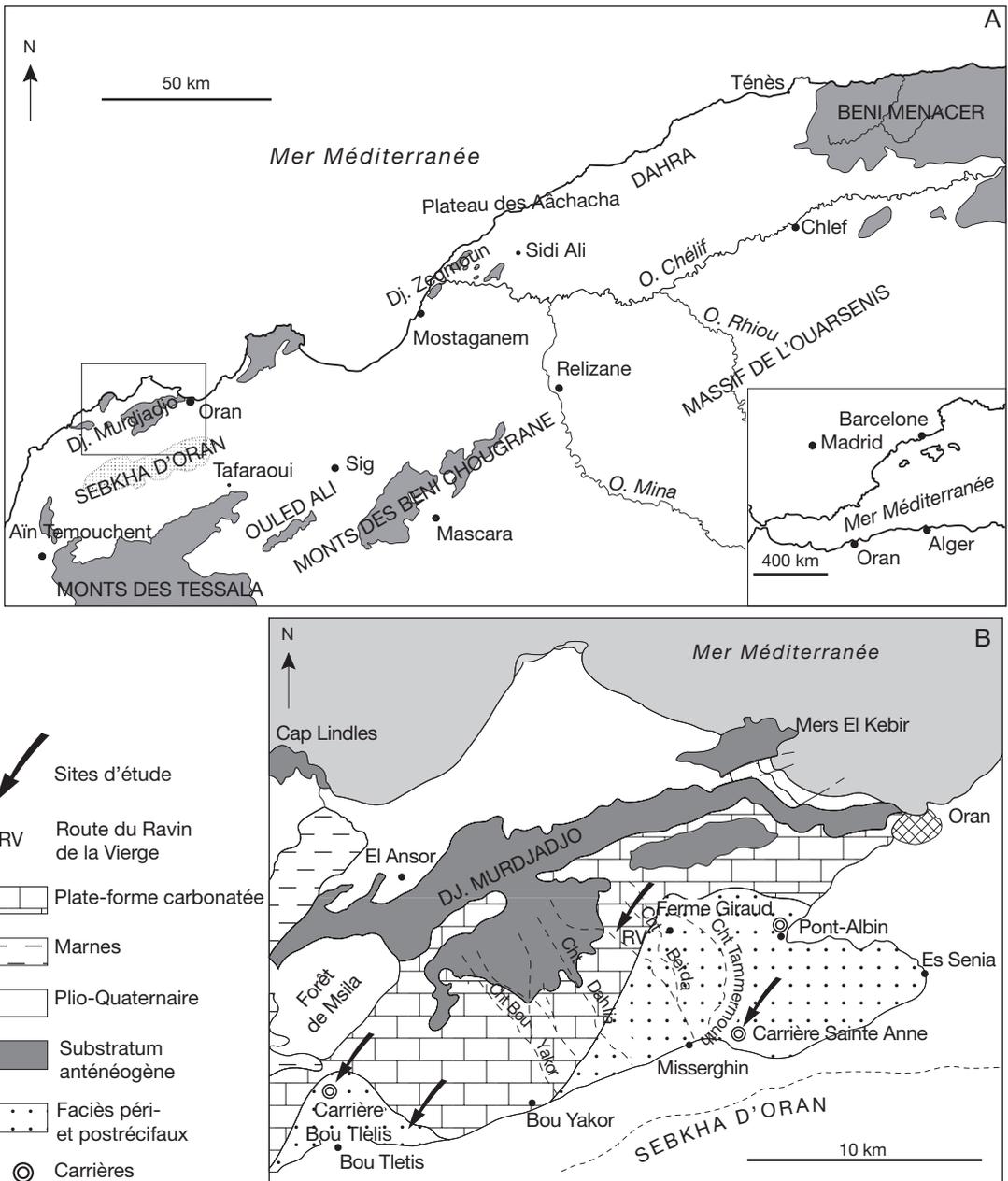


FIG. 1. — **A**, Situation de la zone d'étude dans le Bassin méditerranéen ; **B**, carte géologique simplifiée de la zone d'étude. Abréviations : Dj., Dejbel ; O., oued.

plus de précision. S'agissant d'un moment particulier de l'histoire des plates-formes, il nous a paru intéressant d'en identifier au mieux le contenu fossilifère,

de définir précisément les relations avec les gypses et de déterminer les peuplements distaux des dernières plates-formes carbonatées de Méditerranée.

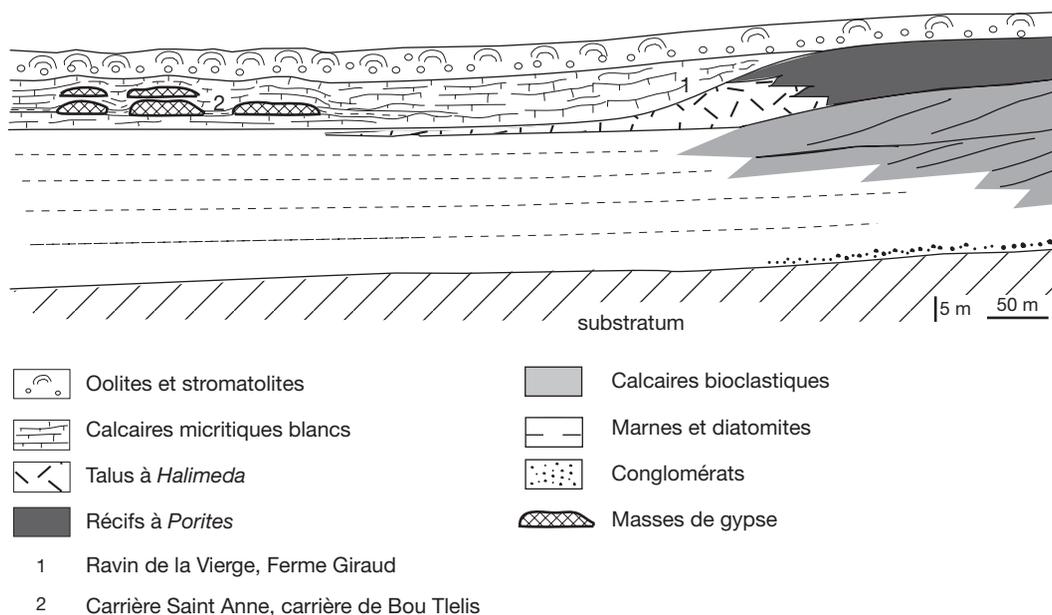


Fig. 2. — Coupe synthétique de la plate-forme messinienne du Murdjadjo (Algérie) et situation des gisements étudiés.

## CADRE GÉOLOGIQUE

La série messinienne qui recouvre le versant méridional du massif du Murdjadjo est caractérisée par le développement d'une plate-forme carbonatée passant distalement, vers le sud, à une sédimentation marno-diatomitique (Fig. 1). La plate-forme du Murdjadjo comporte les termes habituels de celles de Méditerranée occidentale (Rouchy 1982; Rouchy *et al.* 1982; Saint Martin 1990, 1996; Saint Martin & Rouchy 1990; Rouchy & Saint Martin 1992; Cornée *et al.* 1994, 1996, 2004; Saint Martin *et al.* 1995; Mansour & Saint Martin 1999). Au dessus des conglomerats transgressifs de base et des corps progradants bioclastiques à rhodophycées, la partie supérieure de la plate-forme comporte successivement les termes suivants (Fig. 2):

- complexe récifal progradant à *Porites* et talus bioclastiques riches en articles d'*Halimeda*;
- calcaires micritiques blancs déposés en bordure du complexe carbonaté;
- calcaires oolitiques et stromatolitiques recouvrant partiellement en position interne le complexe récifal corallien.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le présent travail est consacré plus particulièrement au faciès des calcaires micritiques blancs et repose sur des relevés effectués sur plusieurs secteurs de la plate-forme messinienne (Fig. 1B). Le contenu fossilifère a été inventorié sur la base d'investigations de terrain et d'échantillonnages. Des lames minces pétrographiques ont été systématiquement confectionnées pour chaque échantillon et observées en détail pour déterminer les microfaciès et les microfossiles. L'ensemble du matériel étudié est déposé au Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.

Dans les environs de la Ferme Giraud (Fig. 1B), la succession des unités sédimentaires (Mansour & Saint Martin 1999) est bien caractérisée. Au-dessus des talus à *Halimeda* reposent des calcaires argileux peu épais à spicules de spongiaires. Ces calcaires sont surmontés de laminites diatomitiques plus ou moins marneuses à restes de poissons (Gaudant *et al.* 1997) et renfermant des nodules et des pellicules d'épaisseur millimétrique de sel. Au-dessus se développent les calcaires blancs crayeux à spicules de spongiaires et à traces et/ou nodules de sels,

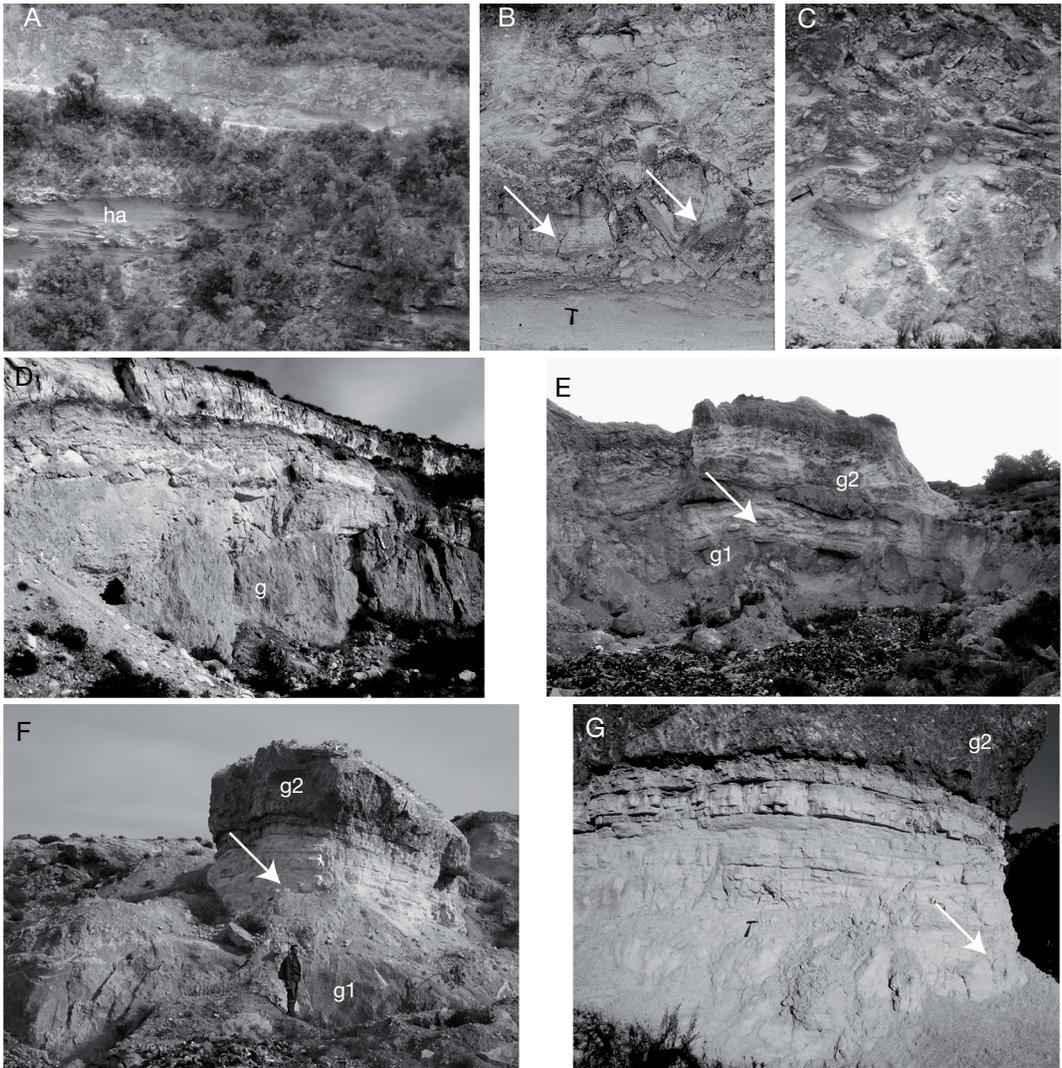


FIG. 3. — **A-C**, Route du Ravin de la Vierge; **A**, affleurements des calcaires micritiques blancs au dessus des calcaires à *Halimeda*; **B**, détail des affleurements montrant la bréchification des calcaires blancs et l'accumulation de *Aequipecten macrotis* (Sowerby, 1847) (flèche); **C**, calcaires micritiques blancs désorganisés; **D**, carrière de Boutlelis, calcaires blancs surmontant les masses de gypse; **E-G**, carrière Sainte Anne; **E**, intercalations des deux niveaux à masses de gypse g1 et g2 dans le calcaire micritique blanc (flèche: niveau fossilifère); **F**, autre affleurement; **G**, détail de la photographie précédente montrant les calcaires blancs micritiques. Abréviations: **g**, **g1**, **g2**, masses de gypses; **ha**, *Halimeda*.

affectés de phénomènes de bréchification, puis des calcaires oolitiques.

Les meilleures conditions d'affleurement sont réunies le long de la route du Ravin de la Vierge (Figs 1B; 3A) où le calcaire blanc apparaît très nettement lité, bréchifié, l'agencement des bancs étant

très perturbé (Machhour *et al.* 1993) (Fig. 3B, C). Plusieurs niveaux, certains contenant des spicules siliceux de spongiaires en quantité, ont fourni du matériel paléontologique. Plus à l'ouest, à proximité de Bou Tlelis et en bordure de la Sebkhia d'Oran, les rapports géométriques entre la plate-forme récifale

et les faciès distaux sont assez distincts. Les calcaires micritiques blancs y sont bien représentés et sont, là aussi, affectés de déformations.

À la périphérie de la plate-forme, les calcaires blancs renferment des masses de gypses qui étaient exploitées dans diverses carrières, à Sainte Anne à proximité de Misserghin ou au nord de Bou Tlelis (Fig. 1B). À Sainte Anne, deux masses de gypses se développent dans des niveaux marneux et s'intercalent dans un calcaire lité blanc. Au sommet de la carrière apparaissent les calcaires oolitiques. Le principal niveau fossilifère est intercalé entre les deux niveaux à gypse (Fig. 3E-G). La croissance du gypse a nettement déformé l'encaissant, provoquant un bombement de l'ensemble et une fracturation des calcaires blancs. Le même phénomène caractérise les couches dans la carrière de Bou Tlelis (Fig. 3D).

## ASSEMBLAGE FOSSILE DES CALCAIRES BLANCS

### FAUNE ET FLORE

#### *Algues*

Dans les calcaires blancs du Ravin de la Vierge et dans le gisement de la carrière Sainte Anne, on observe des petits agglomérats centimétriques de rhodophycées permettant la constitution d'une sole irrégulière sur laquelle s'implantent des populations d'huîtres (Fig. 4E). Les rhodophycées peuvent également encroûter les coquilles dégradées de pycnodontes (Fig. 5A).

#### *Foraminifères*

Les foraminifères représentés sont apparemment assez peu diversifiés et généralement de petite taille.

Indéterminables au niveau spécifique, les miliolides, surtout fréquents dans les niveaux concrétionnés, sont représentés par des formes triloculines et quinqueloculines (Fig. 5B-D). L'assemblage est cependant dominé par plusieurs espèces d'*Elphidium* (Fig. 5E) et *Ammonia beccarii* (Linnaeus, 1758). De très petits buliminacés sont également constamment présents dans le sédiment, mais de manière plus isolée (Fig. 5F, G).

#### *Spongiaires*

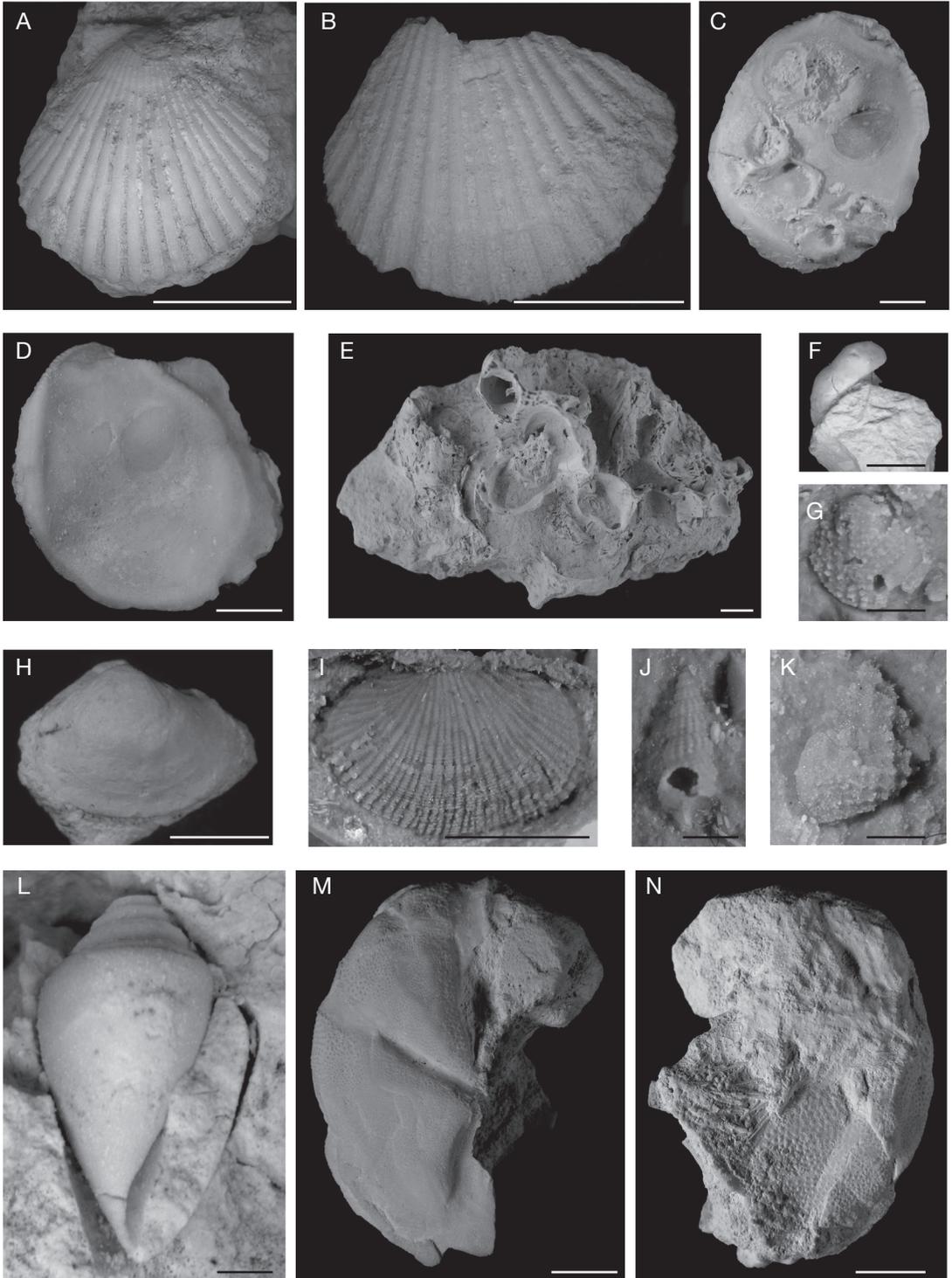
La présence d'éponges est révélée par l'abondance de spicules dans le sédiment (Fig. 5H, I). Localement, leur densité est si importante que la roche est une véritable spiculite provoquant au toucher d'innombrables piqûres. Les spicules sont de différents types, monaxones et triaxones. Dans les niveaux à macrofaune, les spicules semblent de plus grande taille et ne subsistent que sous forme de « fantômes ».

Des chambres caractéristiques de cliones sont repérables à l'état de moulages, marquant l'emplacement de coquilles de bivalves dissoutes.

#### *Bivalves*

Les bivalves à coquille calcitique sont les mieux préservés et les plus aisément déterminables. Présents surtout vers la base de la série, les Pectinidae ne semblent représentés que par *Aequipecten macrotis* (Sowerby, 1847) (Fig. 4A, B). C'est une espèce peu citée au Messinien. Assez proche d'*Aequipecten seniensis* (Lamarck, 1819) (= *A. scabrella*), elle s'en distingue par le nombre plus élevé des côtes (autour de 20) et le nombre réduit de costules (en moyenne trois) sur les côtes et les espaces intercostaux.

Fig. 4. — **A**, Valve droite d'*Aequipecten macrotis* (Sowerby, 1847) (MNHN A26653), Ravin de la Vierge; **B**, fragment de coquille d'*A. macrotis* (MNHN A26654) montrant les costulations secondaires, Ravin de la Vierge; **C**, valve operculaire de *Neopycnodonta navicularis* (Brocchi, 1814) (MNHN A26655), avec une nouvelle génération fixée, carrière Sainte Anne; **D**, valve operculaire de *N. navicularis* (MNHN A26656), carrière Sainte Anne; **E**, agglomérat de coquilles fixées de *N. navicularis*, carrière Sainte Anne; **F**, moule interne de *Chama gryphoides* Linnaeus, 1758 (MNHN A26657), carrière Sainte Anne; **G**, contre-empreinte en élastomère de *C. gryphoides* (MNHN A26658) montrant la sculpture de la coquille operculaire, carrière Sainte Anne; **H**, moule interne de *Ctena decussata* (Costa, 1829) (MNHN A26659), Ravin de la Vierge; **I**, contre-empreinte en élastomère montrant l'ornementation externe de la coquille de *C. decussata*, MNHN A26659, Ravin de la Vierge; **J**, contre-empreinte en élastomère de *Bittium reticulatum* (da Costa, 1778) (MNHN A26660), Ravin de la Vierge; **K**, contre-empreinte en élastomère d'*Alvania gr. venus* (d'Orbigny, 1852) (MNHN A26661), Ravin de la Vierge; **L**, *Conus cf. dujardini* Deshayes, 1845 (MNHN A26662) Ravin de la Vierge; **M**, vue apicale de *Brissopsis lyrifera* (Forbes, 1841) (MNHN A26663), Ravin de la Vierge; **N**, vue basale de *B. lyrifera* montrant des soies en connexion (flèche), Ravin de la Vierge. Échelles : A, B, E, J, M, N, 1 cm; C, G, 2 mm; D, E, 5 mm; H, I, 0,5 cm; K, L, 1 mm.



Les coquilles d'huîtres (Fig. 4C, D) appartenant à l'espèce *Neopycnodonte navicularis* (Brocchi, 1814) sont surtout caractéristiques de quelques niveaux où les coquilles ont constitué des crassats. Plusieurs générations de fixations d'huîtres y sont présentes (Fig. 4E).

Bien que souvent difficiles à déterminer car préservés à l'état de moulages, les autres bivalves sont représentés par des exemplaires de petite taille de *Chama gryphoides* Linnaeus, 1758 (Fig. 4 F), des contre-empreintes en élastomères en révélant la sculpture caractéristique (Fig. 4 G). Des empreintes internes et externes permettent d'identifier un exemplaire de *Ctena decussata* (Costa, 1829) (Fig. 4 H, I). On relève également des restes de Cardiidae nombreux, de *Glycymeris* sp. et de Lucinidae.

#### Gastéropodes

Tous les gastéropodes sont préservés sous formes de moulages ou d'empreintes. Du fait de la médiocre qualité de la préservation, les contre-empreintes réalisées en élastomère ne permettent pas toujours une identification beaucoup plus précise. L'inventaire, nécessairement incomplet, de la faune de gastéropodes conduit probablement à en sous-estimer la biodiversité. Un exemplaire de petite taille de Conidae pourrait être rapporté à *Conus* cf. *dujardini* Deshayes, 1845 (Fig. 4L). Parmi les Cerithidae on peut identifier *Theridium europeum* Mayer 1878. La liste est complétée avec *Gibbula* sp., *Alvania* gr. *venus* (d'Orbigny, 1852) (Fig. 4K), *Calliostoma* (?) sp., *Bittium reticulatum* (da Costa, 1778) (Fig. 4J), des Epitonidae, des Nassariidae (*Hinia* ?) et des Caenogastropoda indet. Quelques moules internes correspondent, avec leur enroulement irrégulier, à des Vermetidae, ce que confirment également quelques empreintes externes de coquilles.

#### Échinides

Compte tenu des conditions taphonomiques, peu d'exemplaires d'échinides ont pu être dégagés complètement. On peut identifier cependant *Brissopsis lyrifera* (Forbes, 1841) avec un spécimen montrant des radioles préservés en connexion (Fig. 4M, N). Par ailleurs, les mêmes radioles (soies de spatanges) ne sont pas rares dans le sédiment.

#### Autres organismes

Des tubes de vers serpulidés sont présents, observables aussi bien en dégagé qu'en lame mince. Quelques articles de crustacés décapodes ont été également récoltés.

Les ostracodes, indéterminables en lames minces (Fig. 5I, J), sont relativement bien représentés dans le sédiment, avec des formes lisses dominantes.

#### RÉPARTITION

Si les coquilles de pycnodontes sont présentes dans la plupart des sites, on ne remarque la présence d'*Aequipecten macrotis* que vers la base des calcaires blancs de la Ferme Giraud et du Ravin de la Vierge. Les concrétions et encroûtements de rhodophycées ne sont reconnus qu'au Ravin de la Vierge et à la carrière Saint Anne. Par contre les divers types de foraminifères recensés plus haut ainsi que les spicules d'éponges forment le fond commun des assemblages de tous les niveaux et sites étudiés.

#### DISCUSSION

##### LE MILIEU DES CALCAIRES MICRITQUES BLANCS D'ALGÉRIE D'APRÈS LES FOSSILES

Les calcaires micritiques blancs succèdent généralement au calcaires bioclastiques à articles d'*Hali-medea*, qui représentent l'équivalent latéral distal des derniers récifs coralliens progadants à *Porites*, par l'intermédiaire de quelques niveaux de calcaires bioclastiques à débris d'algues. Par leurs caractéristiques pétrographiques, ils marquent une rupture avec la sédimentation antérieure. À la Ferme Giraud, ils surmontent un niveau diatomitique correspondant à un environnement de fond de baie propice à l'installation de frayères de poissons marins (Gaudant *et al.* 1997; Mansour & Saint Martin 1999). Ils caractérisent un milieu de faible énergie favorisant la décantation de boue carbonatée, suggérant une eau assez trouble, laiteuse. Les caractéristiques du peuplement recensé correspondent bien à ces conditions.

L'huître *Neopycnodonta navicularis*, dominante au niveau de la macrofaune, est considérée comme une forme typique des fonds de milieux euhalins infralittoraux à circalittoraux, de profondeur

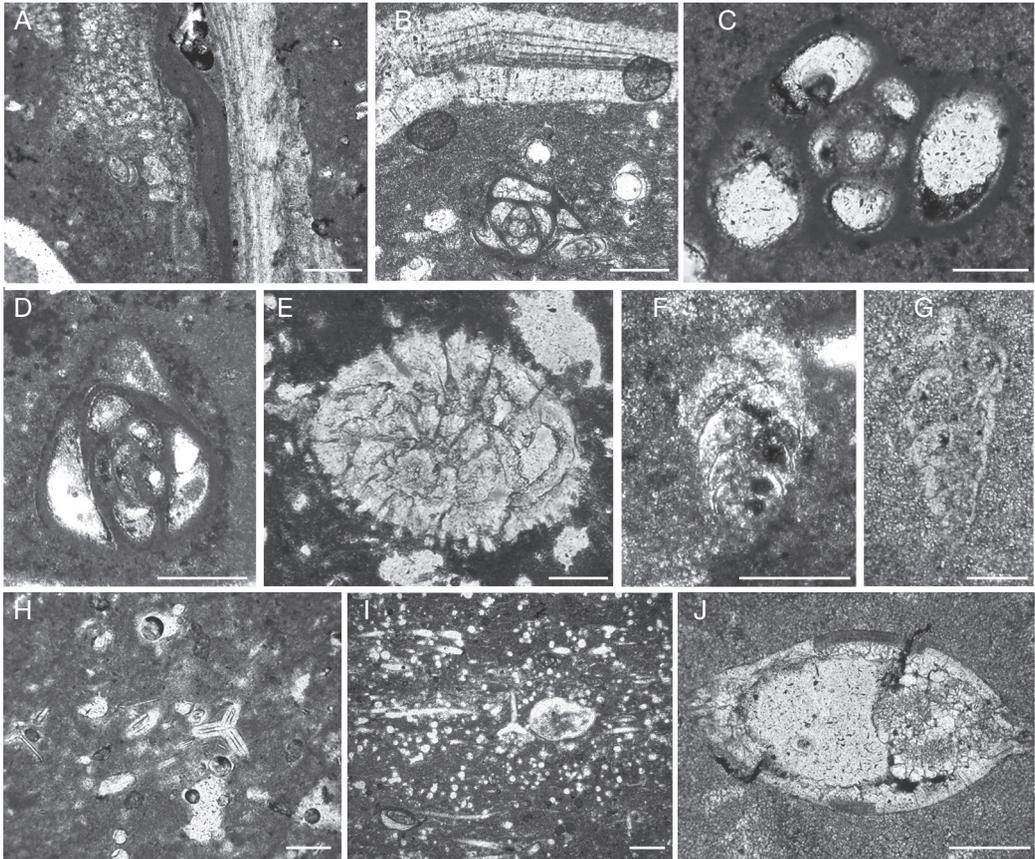


FIG. 5. — **A**, Coquille de *Neopycnodonta navicularis* (Brocchi, 1814) et encroûtements d'algues calcaires rhodophycées, carrière Sainte Anne; **B**, coquille de *Neopycnodonta navicularis* et miliole de type quinquéloculine, Ravin de la Vierge; **C**, test de miliole de type quinquéloculine; **D**, test de miliole de type triloculine, carrière Sainte Anne; **E**, test d'*Elphidium*, Bou Tlelis est; **F**, test de foraminifère de type buliminacé, Bou Tlelis est; **G**, test de foraminifère de type buliminacé, carrière Sainte Anne; **H**, spicules de spongiaires, dont certains triaxones, Ravin de la Vierge; **I**, spicules de spongiaires et ostracode, Ravin de la Vierge; **J**, section d'ostracode, Ferme Giraud. Échelles : A, B, D-F, H, J, 200 µm; C, G, 100 µm; I, 400 µm.

généralement comprise entre 50 et 100 m (Freneix *et al.* 1988; Videt 2004) en référence avec l'espèce actuelle *Neopycnodonta cochlear* (Poli, 1795) dont elle est très proche. Dans le contexte de la plateforme du Murdjadjo, elle caractérise donc des fonds vaseux distaux et peut constituer, comme dans le Messinien d'Espagne (Videt & Néraudeau 2002), des crassats qui permettent la formation de lentilles ou niveaux peu épais à caractère lumachellique. Ces agrégats bien développés à la carrière Saint Anne correspondraient selon la typologie utilisée par Videt (2007) à des assemblages 3D autochtones,

plus précisément des « 3D Census assemblages », c'est-à-dire des peuplements *in situ* sans remaniements temporels, pouvant se résumer à une courte tranche de temps (Fig. 4E).

Malgré son abondance, *Aequipecten macrotis* n'apporte que peu d'informations paléocéologiques. C'est en effet une espèce qui semble être restreinte au Miocène. Elle est bien connue dans le Tortonien du Portugal, d'où provient le type. Elle est également décrite dans le domaine paratéthysien au Miocène moyen (Badénien), mais elle ne semble pas fréquente au Messinien. L'espèce proche,

*Aequipecten seniensis*, est par contre bien représentée dans les dépôts messiniens pré-évaporitiques et dans les niveaux fossilifères intercalés dans la formation évaporitique du SE de l'Espagne (Saint Martin *et al.* 2000; Lacour *et al.* 2002; Néraudeau *et al.* 2002). D'après Mandic & Harzhauser (2003), le développement du ctenolium de la valve droite indique un mode de vie byssal. Plus généralement, les jeunes individus du genre *Aequipecten* vivraient plutôt fixés sur le substrat tandis que les adultes reposeraient sur le sédiment (Mandic & Harzhauser 2003).

L'échinide *Brissopsis* gr. *lyrifera* se rencontre ponctuellement entre 60 et 200 m de profondeur et n'est abondant qu'à partir de 200 m, caractérisant l'étage circalittoral à bathyal (Lacour & Néraudeau 2000; Néraudeau *et al.* 2001). Étant donné le nombre peu élevé d'exemplaires, de fragments ou de radioles récoltés, on peut ici considérer qu'il s'agit de spécimens isolés appartenant encore à la partie assez proximale de la plate-forme.

Les concrétionnements d'algues rouges, la présence de gibbules et de bivalves fixés liés aux substrats durs comme *Chama gryphoides* vont dans le même sens. Les niveaux indurés plus riches en macrofaune, plus grossiers, indiqueraient ainsi des périodes de ralentissement de la sédimentation propices à la formation d'un substrat « rocheux » irrégulier. *Ctena decussata* indique quant à elle des sédiments meubles détritiques infralittoraux (Freneix *et al.* 1987b). Il est à noter qu'elle est abondante dans les remplissages sédimentaires des constructions coralliennes à *Porites* du Murdjadjo (Saint Martin 1990).

La population de gastéropodes, avec de nombreuses petites formes herbivores comme *Alvania*, indique un environnement à caractère littoral et suggère la présence d'herbiers de type posidonies.

La géométrie du dispositif, après élimination des déformations postérieures (Cornée *et al.* 1994, 1996), permet d'envisager, selon la situation plus ou moins distale des sites, une profondeur de quelques dizaines de mètres. La faible diversité relative dans les populations de foraminifères ainsi que la prédominance des genres *Elphidium* et *Ammonia* semblent indiquer des fonds inhospitaliers pour la microfaune benthique.

#### RAPPORT AVEC LES GYPSES, BRÉCHIFICATION ET CHRONOLOGIE

Les calcaires micritiques blancs des environs d'Oran sont très bien circonscrits, entre les calcaires à *Halimeda* à la base et les calcaires oolitiques et stromatolitiques au dessus (Fig. 2). Si le milieu de dépôt peut être bien caractérisé, notamment grâce à l'inventaire des assemblages fossiles, les rapports avec le gypse et la bréchification posent quelques questions.

La formation des brèches a été d'abord interprétée comme résultant de dissolution de matériel évaporitique (Delfaud *et al.* 1973). Pour Rouchy (1982), les calcaires blancs bréchiques apparaissent comme l'équivalent des évaporites et la bréchification pourrait correspondre à un « démantèlement de l'édifice pendant une phase de dénudation liée à la restriction du domaine de sédimentation ». Dans ce cas, les lentilles gypseuses de la carrière Saint Anne et de celle de Bou Tlelis marqueraient l'extension maximum de la formation évaporitique, avec un retrait du domaine sédimentaire contre l'édifice du Murdjadjo. Ces lentilles sont mises en relation par cet auteur avec les gypses du secteur de Sig et, plus largement, avec les gypses du bassin du Chélif (Fig. 1A). Pour Saint Martin (1990), la formation des « marno-calcaires blanchâtres » correspondrait à un dépôt de pente instable marquée par des glissements gravitaires synsédimentaires et des figures de séismes (Machhour *et al.* 1993) au droit d'une flexure tectoniquement active. Des calcaires bréchiques identiques sont également présents dans le complexe de plates-formes qui prolongent celle du Murdjadjo vers l'ouest (Saint Martin *et al.* 1995). On y observe des pellicules ou filonnets de sel s'insinuant, à partir de joints argileux, dans des réseaux de diaclases conjuguées qui préludent à la bréchification des bancs. Selon toutes ces données, le faciès des calcaires micritiques blancs correspondrait à une phase de remplissage sédimentaire dans un régime de communications marines restreintes à des couloirs ou des seuils étroits. Cette stagnation favoriserait alors la concentration épisodique de saumures sur le fond et leur dépôt sous forme de nodules ou de fines pellicules. La bréchification pourrait résulter des mêmes phénomènes d'instabilité des marges.

Les masses de gypse de la carrière Sainte Anne sont discontinues et correspondent en fait à la dilatation de deux niveaux d'argiles vertes ou sombres. La croissance très irrégulière de gypse sélénite déforme les calcaires blancs encaissants et surincombants, notamment les sédiments fossilifères intercalés entre les deux niveaux à gypse. Elle provoque également des bombements repérables cartographiquement en topographie. Cette croissance est donc postérieure au dépôt des vases carbonatées à l'origine du calcaire micritique. Il est à noter que de tels phénomènes sont observés dans le massif des Dahra (Belhadji *et al.* 2008, ce volume). Des données de terrain inédites montrent que le Pliocène inférieur se dépose en discordance contre les calcaires micritiques blancs subverticalisés sur les flancs des masses de gypse et recouverts d'une croûte ferrugineuse.

#### COMPARAISONS ET CONSÉQUENCES

Des calcaires micritiques blancs identiques à ceux développés en bordure de la plate-forme du Murdjajo sont observables dans divers bassins messiniens de Méditerranée occidentale.

Au Maroc, dans le bassin de Melilla, l'équivalent latéral des derniers récifs agradants et des thrombostromatolites qui les englobent est représenté par des calcaires blancs fins reposant sur des calcaires à *Halimeda* par l'intermédiaire d'un niveau marneux (Cornée *et al.* 2004 ; Garcia *et al.* 2004). Ils sont corrélés à la première partie du Terminal Carbonate Complex (Esteban 1979 ; 1996). Ils sont affectés de diverses déformations qui ont amené les auteurs à les qualifier de brèches, voire de mégabrèches (Cunningham *et al.* 1997 ; Cunningham & Collins 2002). La datation de cinérites intercalées dans la sédimentation de la plate-forme et les analyses paléomagnétiques ont permis de définir le cadre chronologique des calcaires micritiques. Ils couvriraient une tranche de temps allant de 6,00 Ma à 5,82 Ma au moins (Cunningham *et al.* 1997 ; Roger *et al.* 2000 ; Cunningham & Collins 2002 ; Cornée *et al.* 2002). Par la suite, la découverte d'un niveau cinéritique à la base des calcaires blancs a permis d'affiner cette chronologie et de lui attribuer un âge postérieur à  $5,87 \pm 0,02$  Ma (Münch *et al.* 2005). Ils renferment des échinides de l'espèce *Brissopsis lyrifera*, des pectinidés

indéterminés, quelques foraminifères vasicoles (buliminacés) et des ostracodes. Ils sont riches en spicules de spongiaires monaxones et en soies d'échinides (provenant probablement de *Brissopsis*). D'après Garcia *et al.* (2004), l'environnement de dépôt correspond à un milieu de plaine d'avant récif calme et envasé, situé en dessous de l'action moyenne des vagues de beau temps (offshore supérieur) voire des tempêtes (offshore inférieur), en position distale par rapport aux talus des récifs agradants. Cunningham *et al.* (1997) interprètent les « mégabrèches » comme résultant d'effondrements consécutifs à la dissolution d'évaporites. Selon ces mêmes auteurs, une discordance majeure subaérienne séparerait le complexe récifal progradant du Terminal Carbonate Complex qui débute justement, en position distale, par les calcaires blanchâtres. Le dépôt des évaporites se produirait alors durant cette phase subaérienne datée à  $5,82 \pm 0,02$  Ma. Cependant le lien réel entre cette phase de dénudation, la formation d'évaporites et le dépôt du calcaire micritique blanc fossilifère n'apparaît pas très clairement selon cette hypothèse. Par contre de nombreux signes de séismicité synsédimentaire sont décelables (Machhour *et al.* 1993) et, là aussi, l'instabilité d'une bordure de plate-forme pourrait être invoquée pour expliquer la désorganisation des bancs de calcaires micritiques blancs.

En Espagne, dans le bassin de Sorbas, en bordure de la plate-forme de Cariatiz, des calcaires micritiques blancs affectés de déformations surmontent les marnes diatomitiques et les niveaux à *Halimeda* latéraux aux récifs progradants à *Porites* (Conesa *et al.* 1999 ; Saint Martin *et al.* 2001). Dans divers autres secteurs du bassin de Sorbas, les mêmes marnes diatomitiques sont surmontées plus ou moins directement par la formation des gypses (Azagador member). Au sein de cette formation, plusieurs niveaux fossilifères ont été mis en évidence dont un niveau de calcaires crayeux renfermant une faune franchement marine maintenant bien connue (Montenat *et al.* 1980 ; Lacour & Néraudeau 2000 ; Saint Martin *et al.* 2000 ; Néraudeau *et al.* 2001, 2002 ; Goubert *et al.* 2001 ; Lacour *et al.* 2002 ; Videt & Néraudeau 2002 ; Videt 2004, 2007). Cette faune possède manifestement des affinités avec celle des calcaires micritiques blancs d'Algérie. Elle est ainsi caractérisée

par la dominance de l'huître *Neopynodonta navicularis*, du pectinidé *Aequipeecten seniensis*, et de l'échinide *Brissopsis lyrifera*. Le reste de l'association apparaît plus diversifié avec notamment des crustacés décapodes et des bivalves attestant un milieu plutôt circalittoral. Selon Goubert *et al.* (2001), la microfaune de foraminifères benthiques des marnes sous-jacentes à ce niveau calcaire est dominée par trois espèces (*Ammonia tepida*, *Haynesina germanica* et *Porosonion granosum*) actuellement abondantes dans des environnements paraliques. La position géométrique et stratigraphique de cet assemblage, situé sous des calcaires oolitiques, est globalement la même que celle des calcaires micritiques blancs d'Algérie, mais elle lui est probablement postérieure notamment en raison de l'épaisseur importante des sédiments gypseux sous-jacents. Il est à remarquer que l'assemblage des foraminifères benthiques semble nettement plus diversifié dans le bassin de Sorbas, ce qui peut correspondre à une plus grande diversité des biotopes offerts dans un environnement plus distal et plus profond.

De même, la plate-forme messinienne de Malorca présente, au dessus des talus à *Halimeda*, des calcaires argileux blancs soumis à des déformations, à des phénomènes de remobilisation des niveaux vaseux tendres. De manière seulement indicative, on y trouve des bivalves de type *Cardita*, des *Cardiidae* et des gastéropodes peu identifiables.

Un faciès similaire, tant du point de vue de la stratigraphie que de la pétrographie, est celui des « calcaires de Sinis » connus dans le Messinien de Sardaigne (Cherchi *et al.* 1978 ; André *et al.* 2004). Réputés azoïques, ils renferment cependant ponctuellement des restes de petits bivalves.

La généralisation du faciès des calcaires micritiques blancs, avec un contenu fossilifère comparable, contemporain de l'histoire des plates-formes carbonatées messiniennes correspond donc à un événement environnemental marquant. La mise en suspension dans l'ensemble des bassins occidentaux de particules carbonatées fines ne peut s'expliquer uniquement par l'érosion éventuelle de la plate-forme interne. Un tel phénomène n'est pas sans analogie avec celui des eaux laiteuses souvent appelé « whiting » qui survient autant en milieu marin qu'en milieu lacustre (Robbins & Blackwelder 1992). On

sait que ce phénomène peut être souvent relié à une précipitation dans des eaux sursaturées en  $\text{CaCO}_3$  induite par des organismes de type cyanobactérie. Un tel bloom cyanobactérien interviendrait juste au début du Terminal Carbonate Complex, c'est-à-dire au moment où commencent à se développer les stromatolites et où se forment des oolites en position de plate-forme interne.

L'identité des peuplements des fonds méditerranéens de plate-forme juste après le début de la crise de salinité, jusque dans les sédiments intercalés dans les formations gypseuses pose le problème de la continuité de leur environnement. Dans le bassin de Sorbas la présence de plusieurs intercalations marines franches au sein des gypses, renfermant une faune proche de celle des calcaires blancs micritiques d'Algérie, a été interprétée comme caractérisant un complet rétablissement d'un environnement marin normal après la formation des gypses (Goubert *et al.* 2001 ; Néraudeau *et al.* 2002). En effet, si l'on considère que chaque épisode de gypse se termine par une dessiccation du bassin, il est nécessaire d'envisager des incursions marines, des remises en eau parfois importantes. Ces variations du plan d'eau n'auraient en fait qu'une valeur locale et seraient sous dépendance d'une conjonction d'effets tectoniques conditionnant les seuils du bassin de Sorbas et de faibles mouvements eustatiques. Dans ce cas, les bassins marginaux comme celui de Sorbas ne seraient déconnectés que de manière épisodique du bassin principal resté constamment rempli. Cependant, la pérennité d'un environnement de plate-forme externe sans fluctuations importantes du plan d'eau (Ott d'Estevou & Montenat 1990 ; Saint Martin *et al.* 2000) a été également suggérée. Les données fournies par les plates-formes messiniennes d'Algérie ne permettent pas d'envisager d'importantes variations du plan d'eau. On a vu que les masses de gypse se développaient essentiellement postérieurement au dépôt des calcaires micritiques à faunes marines. Des investigations généralisées dans les bassins à sédimentation gypseuse seraient donc nécessaires pour déterminer l'aspect continu ou non des peuplements et mesurer ainsi le caractère régional de l'évolution de chacun de ces bassins en rapport avec une obligatoire et réelle continuité d'une vie marine méditerranéenne à cette période.

## CONCLUSION

Les calcaires micritiques blancs, qui se sont déposés à la périphérie des plates-formes récifales messiniennes d'Algérie, sont corrélables avec le début du Terminal Carbonate Complex et aussi de la crise de salinité. Ils peuvent admettre des niveaux de gypse et sont affectés secondairement de déformations plastiques et cassantes provoquant une désorganisation des couches et une bréchification. Ils succèdent sans discontinuité majeure aux épandages bioclastiques à *Halimeda*, équivalents distaux des récifs progradants à *Porites*, et correspondent à un net changement du régime de sédimentation. Résultant de la décantation de boues carbonatées dans une eau calme et probablement trouble, ils peuvent renfermer, lors de périodes de ralentissement de la sédimentation, un assemblage franchement marin où dominent des huîtres et des pectinidés. La généralisation d'un tel type de faciès en Méditerranée occidentale (Algérie, Maroc, Espagne, etc.) et l'homogénéité des peuplements correspondants permettent de mieux comprendre l'évolution du biota méditerranéen à un moment clé de l'histoire du Messinien. Plusieurs conséquences sont à envisager :

- le faciès des calcaires blancs micritiques et son contenu biotique peuvent représenter un repère chronologique dans l'histoire de la sédimentation messinienne ;
- les biotas de plate-forme externe des bassins messiniens de Méditerranée occidentale sont homogènes et on ne remarque pas de rupture correspondant au début de la crise de salinité, la présence de gypses n'affectant en rien la continuité des communautés benthiques ; c'est le cas notamment des communautés à *Neopycnodonta navicularis* présentes sous forme de crassats ou d'accumulations tant dans les alternances marno-diatomitiques infragypses que dans les calcaires blancs micritiques ou les niveaux fossilifères intercalés dans les gypses ; ces faits indiquent qu'à ce moment du Messinien, les bassins marginaux restent en communication, permanente ou temporaire, avec un bassin « central » à caractère franchement marin ;
- des investigations précises doivent être menées pour suivre les peuplements postérieurement au milieu des vasières carbonatées envisagées ici pour

déterminer les moments où disparaissent les dernières populations marines benthiques euhalines de Méditerranée avant la phase d'abaissement du plan d'eau et d'érosion qui caractériserait la partie terminale du Messinien ;

- il convient sans doute de revoir selon les cas la signification de la formation de certaines masses de gypse qui, en Algérie, déforment localement les calcaires micritiques blancs et résulteraient ainsi d'une croissance postérieure au dépôt mais antérieure au début du Pliocène ;

- la bréchification qui affecte les calcaires micritiques blancs semble n'avoir aucun rapport direct avec leur dépôt mais plutôt avec l'instabilité des marges.

## Remerciements

L'auteur remercie tous les collègues qui ont pu récemment l'accompagner et l'aider sur le terrain en Algérie : M. Bessedik, L. Belkebir, B. Mansour, M. H. Mansouri, A. Belhadji, G. Conesa, S. Saint Martin. Ce travail est aussi redevable aux collègues qui ont contribué aux déterminations du matériel récolté et apporté des informations sur sa signification, Didier Néraudeau pour les échinides et Didier Merle pour les gastéropodes. Le texte a largement bénéficié des remarques des rapporteurs, A. Ribaud et D. Néraudeau. Les lames minces ont été réalisées par M. Lemoine (MNHN). Ce travail a été mené dans le cadre de l'Accord-Programme franco-algérien 03MDU584 et du Programme national Eclipse II « Vers une évaluation spatio-temporelle détaillée de l'impact de la Crise de Salinité messinienne et de ses facteurs de contrôle ».

## RÉFÉRENCES

- ANDRÉ J. P., SAINT MARTIN J.-P., MOISSETTE P., GARCIA F., CORNÉE J. J. & FERRANDINI M. 2004. — An unusual Messinian succession in the Sinis Peninsula, western Sardinia, Italy. *Sedimentary Geology* 167: 41-55.
- BELHADJI A., BELKEBIR L., SAINT MARTIN J.-P., MANSOUR B., BESSEDIK M. & CONESA G. 2008. — Apports des foraminifères planctoniques à la biostratigraphie du Miocène supérieur et du Pliocène de Djebel Diss (bassin du Chélif, Algérie). *Geodiversitas*, 30 (1): 79-96.
- 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: 973-1036.
- CLAUZON G., SUC J.-P., GAUTIER F., BERGER A. & LOUTRE M.-F. 1996. — Alternate interpretation of the Messinian salinity crisis: controversy resolved? *Geology* 24: 363-366.
- CONESA G., SAINT MARTIN J.-P., CORNÉE J. J. & MÜLLER J. 1999. — Nouvelles contraintes sur la crise de salinité messinienne par l'étude d'une plate-forme carbonatée marginale (bassin de Sorbas, Espagne). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris 328: 81-87.
- CORNÉE J. J., SAINT MARTIN J.-P., CONESA G. & MULLER J. 1994. — Geometry, palaeoenvironments and relative sea-level (accommodation space) changes in the Messinian Murdjadjo carbonate platform (Oran, western Algeria): consequences. *Sedimentary Geology* 89 (1): 143-158.
- CORNÉE J. J., ROGER S., MÜNCH P., SAINT MARTIN J.-P., FÉRAUD G., CONESA G., PESTREA-SAINTE MARTIN S. 2002. — Messinian events: new constraints from sedimentological investigations and new  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages in the Melilla-Nador Basin (Morocco). *Sedimentary Geology* 151: 127-147.
- CORNÉE J. J., SAINT MARTIN J.-P., CONESA G., ANDRÉ J. P., MULLER J., BENMOUSSA A. 1996. — Anatomie de quelques plates-formes carbonatées progradantes messiniennes de Méditerranée occidentale. *Bulletin de la Société géologique de France* 167 (4): 495-507.
- CORNÉE J. J., SAINT MARTIN J.-P., CONESA G., MÜNCH P., ANDRÉ J. P., SAINT MARTIN S. & ROGER S. 2004. — A proposal to correlate the Late Tortonian-Messinian marine carbonate platforms of the western and central Mediterranean. *International Journal of Earth Sciences* 93: 621-633.
- CUNNINGHAM K. J., BENSON R. H., RAKIC EL BIED K., MCKENNA L. W. 1997. — Eustatic implications of late Miocene depositional sequences in the Melilla Basin, northeastern Morocco. *Sedimentary Geology* 107: 147-165.
- CUNNINGHAM K. J. & COLLINS L. S. 2002. — Controls on facies and sequence stratigraphy of an upper Miocene carbonate ramp and platform, Melilla basin, NE Morocco. *Sedimentary Geology* 146: 285-304.
- DELFAUD J., MICHAUX M., NEURDIN J. & REVERT J. 1973. — Un modèle paléogéographique de la bordure méditerranéenne: évolution de la région oranaise (Algérie) au Miocène supérieur. Conséquences stratigraphiques. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Afrique du Nord*, Alger 64 (1-2): 219-241.
- ESTEBAN M. 1979. — Significance of the upper Miocene reefs in the western Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 29: 169-188.
- ESTEBAN M. 1996. — An Overview of Miocene Reefs from Mediterranean Areas: General Trend and Facies Models, in FRANSEEN E. K., ESTEBAN M., WARD W. C., ROUCHY J. M. (eds), Models for Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of Mediterranean Region. *Concepts in Sedimentology and Paleontology*. SEPM Society for Sedimentary Geology, Tulsa 5: 3-53.
- FRENEIX S., SAINT MARTIN J.-P. & MOISSETTE P. 1987b. — Bivalves hétérodontes du Messinien d'Oranie (Algérie occidentale). *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris, 4<sup>e</sup> série, section section C, 9 (4): 415-453.
- FRENEIX S., SAINT MARTIN J.-P. & MOISSETTE P. 1988. — Huîtres du Messinien d'Oranie (Algérie occidentale) et paléocéologie de l'ensemble de la faune de bivalves. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris, 4<sup>e</sup> série, C, 10 (1): 1-21.
- GARCIA F., CONESA G., MÜNCH P., CORNÉE J. J. & SAINT MARTIN J.-P. 2004. — Évolution des environnements littoraux du bassin de Melilla-Nador (Nord-Est Maroc) au Messinien entre 6,0 et 5,77 Ma. *Geobios* 37: 23-36.
- GAUDANT J., SAINT-MARTIN J.-P., BESSEDIK M., MANSOUR M., MOISSETTE P. & ROUCHY J. M. 1997. — Découverte d'une frayère de poissons téléostéens dans des diatomites messiniennes du Djebel Murdjadjo (environs d'Oran, Algérie). *Journal of African Earth Sciences* 24 (4): 511-529.
- GAUTIER F., CLAUZON G. SUC, J. P., CRAVATE J. & VIOLANTI D. 1994. — Âge et durée de la crise de salinité messinienne. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris 318: 1103-1109.
- GOUBERT E., NÉRAUDEAU D. & LACOUR D. 2001. — Foraminiferal record of environmental changes: Messinian of the Sorbas Basin (Betic Cordilleras, SE Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 175: 61-78.
- KRIJGSMAN W., HILGEN F. J., RAFFI I., SIERRO F. J. & WILSON D. S. 1999. — Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature* 400: 652-655.
- LACOUR D. & NÉRAUDEAU D. 2000. — Évolution de la diversité des *Brisopsis* (Echinoida, Spatangoida) en Méditerranée depuis la « crise messinienne »: application paléocéologique aux *B. lyrifera* intragypsés de Sorbas (SE Espagne). *Geodiversitas* 22 (4): 509-523.
- LACOUR D., NÉRAUDEAU D., SAINT-MARTIN J.-P., LAURIAT-RAGE A. & GOUBERT E. 2002. — Les associations de bivalves du Messinien du bassin de Sorbas (SE Espagne). *Geodiversitas* 24 (3): 641-657.
- 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). *Geodiversitas* 24 (3): 641-657.
- MACHHOUR L., CORNÉE J. J., SAINT MARTIN J.-P., LEHMANN P. & MULLER J. 1993. — Enregistrement de l'activité sismique dans les sédiments: exemple, le Messinien d'Afrique du Nord. *Eclogae Geologicae Helveticae* 86 (1): 265-281.
- MANDIC O. & HARZHAUSER M. 2003. — Molluscs from

- the Badenian (Middle Miocene) of the Graindorf Formation (Alpine Molasse basin, NE Austria) – Taxonomy, paleoecology and biostratigraphy. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* 104A: 85-127.
- MANSOUR B. & SAINT MARTIN J.-P. 1999. — Conditions de dépôt des diatomites messiniennes en contexte de plate-forme carbonatée d'après l'étude des assemblages de diatomées : exemple du Djebel Murdjadjo (Algérie). *Geobios* 32 (3): 395-408.
- 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.
- MÜNCH P., ROGER S., CORNÉE J. J., SAINT MARTIN J.-P., FÉRAUD G. & BENMOUSSA A. 2001. — Restriction des communications entre l'Atlantique et la Méditerranée au Messinien : apport de la téphrochronologie dans la plate-forme carbonatée et le bassin de Melilla-Nador (Rif nord-oriental, Maroc). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, série Sciences de la Terre et des Planètes 332: 569-576.
- NÉRAUDEAU D., GOUBERT E., LACOUR D. & ROUCHY J. M. 2001. — Changing biodiversity of Mediterranean irregular echinoids from the Messinian to the Present-Day. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 175: 43-60.
- NÉRAUDEAU D., VIDET B., COURVILLE P., GOUBERT E. & ROUCHY J. M. 2002. — Corrélation des niveaux fossilifères marins interstratifiés dans les gypses messiniens, entre la carrière de Los Yesos et la carrière de Molinos de Aguas (bassin de Sorbas, SE Espagne). *Geodiversitas* 24 (3): 659-667.
- OTT D'ESTEVOU P. & MONTENAT C. 1990. — Le Bassin de Sorbas-Tabernas. *Documents et travaux de l'IGAL*, Paris, 12-13: 101-128.
- ROBBINS L. L. & BLACKWELDER P. L. 1992. — Biochemical and ultrastructural evidence for the origins of whittings: a biologically induced calcium carbonate precipitation mechanism. *Geology* 20: 464-468.
- ROGER S., MÜNCH P., CORNÉE J. J., SAINT MARTIN J.-P., FÉRAUD G., PESTREA S., CONESA G. & BENMOUSSA A. 2000. —  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of the pre-evaporitic Messinian marine sequences : a proposal for some bio-sedimentary events as isochrons around the Alboran Sea. *Earth and Planetary Science Letters* 179: 101-113.
- ROUCHY J. M. 1982. — La genèse des évaporites messiniennes de Méditerranée. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris, série C, Sciences de la Terre 50: 1-280.
- ROUCHY J. M., CHAIX C. & SAINT MARTIN J.-P. 1982. — Importance et implications de l'existence d'un récif corallien messinien sur le flanc sud du Djebel Murdjadjo (Oranie, Algérie). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, série II, 294: 813-816.
- ROUCHY J. M. & SAINT MARTIN J.-P. 1992. — Late Miocene events in the Mediterranean as recorded by carbonate-evaporite relations. *Geology* 20 (7): 629-632.
- SAINT-MARTIN J.-P. 1990. — Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, Série C, 56: 1-366.
- SAINT MARTIN J.-P. 1996. — Messinian coral reefs of Western Oranie (Algeria), in FRANSEEN E. K., ESTEBAN M., WARD W. C., ROUCHY J. M. (eds), Models for Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of Mediterranean Region. *Concepts in Sedimentology and Paleontology*. SEPM Society for Sedimentary Geology, Tulsa 5: 239-246.
- 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 au Miocène terminal. *Bulletin de la Société géologique de France* (8), VI, 1: 83-94.
- SAINT MARTIN J.-P., CORNÉE J. J. & MULLER J. 1995. — Nouvelles données sur le système de plate-forme carbonatée du Messinien des environs d'Oran (Algérie). Conséquences. *Comptes Rendus de l'Académie des sciences*, Paris, série IIa, 320: 837-843.
- SAINT MARTIN J.-P., NÉRAUDEAU D., LAURIAT-RAGE A., GOUBERT E., SECRÉTAN 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 infragypseux du bassin messinien de Sorbas (Espagne). *Cryptogamie-Algologie* 21 (3): 218-219.
- VIDET B. 2004. — Dynamique des paléoenvironnements à huîtres du Crétacé supérieur nord-aquitain (SO France) et du Mio-Pliocène andalou (SE Espagne) : biodiversité, analyse séquentielle, biogéochimie. *Mémoire Géosciences*, Rennes 108: 1-261.
- VIDET B. 2007. — Typologie des assemblages d'ostréidés (Bivalvia) et interprétations paléoenvironnementales. *Comptes Rendus Palevol* 6: 47-58.
- VIDET B. & NÉRAUDEAU D. 2002. — Distribution paléoenvironnementale des huîtres dans le Messinien du bassin de Sorbas (Andalousie, SE Espagne). *Annales de Paléontologie* 88: 147-166.

Soumis le 25 avril 2007;  
accepté le 13 octobre 2007.