

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)

Didier NÉRAUDEAU

Blaise VIDET

Philippe COURVILLE

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

Evelyne GOUBERT

Université d'Angers, Laboratoire de Géologie, EA 2644,
boulevard Lavoisier, F-49045 Angers cedex (France)

Jean-Marie ROUCHY

Muséum national d'Histoire naturelle, Laboratoire de Géologie,
FRE 2400 du CNRS, 8 rue Buffon, F-75231 Paris cedex 05 (France)

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), in Néraudeau D. & Goubert E. (eds), l'Événement messinien : approches paléobiologiques et paléoécologiques. *Geodiversitas* 24 (3) : 659-667.

RÉSUMÉ

Deux niveaux fossilifères marins ont été récemment découverts intercalés dans la série évaporitique messinienne de la carrière de Molinos de Aguas (bassin de Sorbas, SE Espagne). Le plus ancien correspond à des marnes noires riches en poissons Clupeidae appartenant à l'espèce *Sardina crassa* (Sauvage, 1873), alors que le plus récent est constitué de marnes et calcaires gris pâle contenant le bivalve *Neopycnodonte navicularis* (Brocchi, 1814) et l'échinide *Brissopsis lyrifera* (Forbes, 1841). Ces interruptions de la série évaporitique par des niveaux marins fossilifères signent des remises en eau locale de l'Est du bassin de Sorbas, dans un contexte marin de salinité peu différente de la normale. Sur le plan stratigraphique et paléoenvironnemental, ces intercalations marines sont interprétées comme les équivalents latéraux de deux des trois niveaux à fossiles marins précédemment découverts interstratifiés dans la série évaporitique de Los Yesos, à l'Ouest du bassin de Sorbas : 1) les argiles noires à poissons de Molinos de Aguas pourraient constituer l'équivalent de l'un des deux faciès de sables noirs à huîtres et pectinidés de Los Yesos ; et 2) les marnes et calcaires gris à *Neopycnodonte* et *Brissopsis* de Molinos de Aguas seraient l'équivalent des marnes et calcaires gris à *Neopycnodonte* et *Brissopsis* de Los Yesos.

MOTS CLÉS

Messinien,
Sardina crassa,
Neopycnodonte navicularis,
Brissopsis lyrifera,
Sorbas,
Ouest Méditerranée,
paléoenvironnements,
évaporites.

ABSTRACT

Stratigraphical correlation of the fossiliferous deposits interbedded in the Messinian evaporites, between the quarry of Los Yesos and the quarry of Molinos de Aguas (Sorbas basin, SE Spain).

Two fossiliferous levels interbedded in the Messinian evaporitic series have been recently discovered in the Molinos de Aguas quarry (Sorbas basin, SE Spain). The older level corresponds to black marls containing fossils fishes of the species *Sardina crassa* (Sauvage, 1873), when the younger level is a succession of grey marls and limestones with the bivalve *Neopycnodonte navicularis* (Brocchi, 1814) and the echinoid *Brissopsis lyrifera* (Forbes, 1841). These interruptions of the evaporitic series by marine fossiliferous levels mark two floodings of the eastern part of the Sorbas basin. On a stratigraphical and palaeoenvironmental point of view, these marine facies of Molinos de Aguas are interpreted as the lateral equivalents of two of the three marine fossiliferous facies previously discovered in the evaporitic series of Los Yesos, in the western part of the Sorbas basin: 1) the black marls with fishes of Molinos de Aguas could constitute the equivalent of one of the two black "sands" with oysters and pectinids of Los Yesos ; and 2) the grey marls and limestones with *Neopycnodonte* and *Brissopsis* from Molinos de Aguas could be the equivalent of the grey marls and limestones with *Neopycnodonte* and *Brissopsis* of Los Yesos.

KEY WORDS

Messinian,
Sardina crassa,
Neopycnodonte navicularis,
Brissopsis lyrifera,
Sorbas,
Western Mediterranean,
palaeoenvironments,
evaporites.

INTRODUCTION

La présence de faunes marines non remaniées dans les séries évaporitiques des Cordillères bétiques orientales a été attestée pour la première fois par Schleich (1977) et Montenat *et al.* (1980). Dans le bassin de Sorbas (SE Espagne) (Fig. 1), ces niveaux marins fossilifères interstratifiés dans les évaporites ont été décrits dans les séries gypseuses des coupes des carrières de Los Molinos, de Los Yesos et dans les microfalaises de la route de Lucainena (Montenat *et al.* 1980 ; Ott d'Estevou & Montenat 1990 ; Saint Martin *et al.* 2000). Les faunes recensées apparaissaient généralement riches en bivalves (Lacour *et al.* 2002 ; Videt & Néraudeau 2002), plus localement en échinides (Lacour & Néraudeau 2000 ; Néraudeau *et al.* 2001) ou en microfaune (Saint Martin *et al.* 2000 ; Goubert *et al.* 2001). Alors que les campagnes d'échantillonnage menées au cours des sept dernières années par les auteurs avaient permis de récolter de riches assemblages d'invertébrés benthiques dans la coupe de Los Yesos, la coupe de Molinos de

Aguas apparaissait en comparaison, jusqu'à présent, beaucoup plus pauvre. Pourtant, aux printemps 2000 et 2002, furent mises à jour dans les gypses de la carrière de Molinos de Aguas des marnes noires à poissons, interstratifiées dans le premier tiers de la série gypseuse, et des marnes grises à bivalves et échinides, dans le tiers supérieur de la même série.

Cette note propose de corréler deux des faciès marins fossilifères présents à la fois à Los Yesos et à Molinos de Aguas, les deux sites étant respectivement représentatifs de l'Est et de l'Ouest du bassin messinien de Sorbas.

CADRE GÉOGRAPHIQUE
ET GÉOLOGIQUE

Les deux séries évaporitiques qui servent de support aux analyses stratigraphiques et paléocéologiques sont situées dans le bassin de Sorbas, au Nord-Est de la ville d'Almería, au Sud-Est de l'Espagne (Fig. 1). Ces deux coupes, situées aux deux extrémités du bassin de Sorbas (Fig. 1), sont

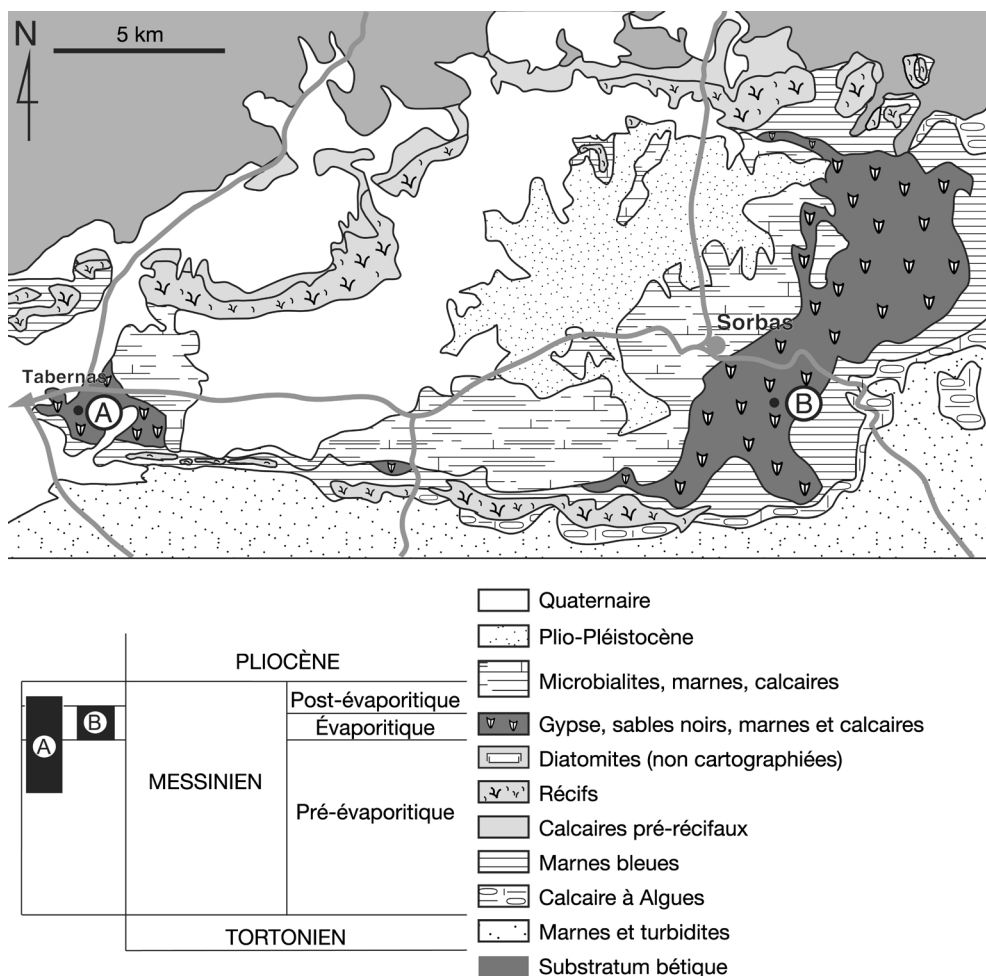


FIG. 1. — Localisation du bassin de Sorbas dans le SE de l'Espagne et des coupes de Los Yesos (A) et Molinos de Aguas (B) (gisement de poissons intraévaporitiques) dans ce bassin. Carte géologique simplifiée, d'après Ott d'Estevou & Montenat (1990).

distantes d'une vingtaine de kilomètres. Il s'agit de :

- la carrière de Molinos de Aguas (Fig. 2A), où a été découvert un niveau d'argiles feuilletées bleu-noir, contenant des fossiles de poissons, intercalé dans la série gypseuse ; cette carrière est située à environ 4 km au Sud/Sud-Est de Sorbas et plus précisément à 1 km au Sud-Ouest du hameau de Molinos de Aguas ;

- la carrière de Los Yesos (Fig. 2B) qui a déjà fait l'objet d'études sédimentologiques, stratigraphiques et fauniques détaillées (Lacour 1999 ;

Lacour & Néraudeau 2000 ; Saint Martin *et al.* 2002 ; Goubert *et al.* 2001 ; Néraudeau *et al.* 2001 ; Lacour *et al.* 2002 ; Videt & Néraudeau 2002) et qui est prise ici à titre de référence en raison de ses riches niveaux fossilifères intra-évaporitiques ; cette carrière est située à une quinzaine de kilomètres à l'Ouest de la ville de Sorbas, le long de la route de Tabernas.

CARRIÈRE DE LOS YESOS (FIG. 2A)

La coupe de Los Yesos, déjà étudiée par Montenat *et al.* (1980) puis Ott d'Estevou &

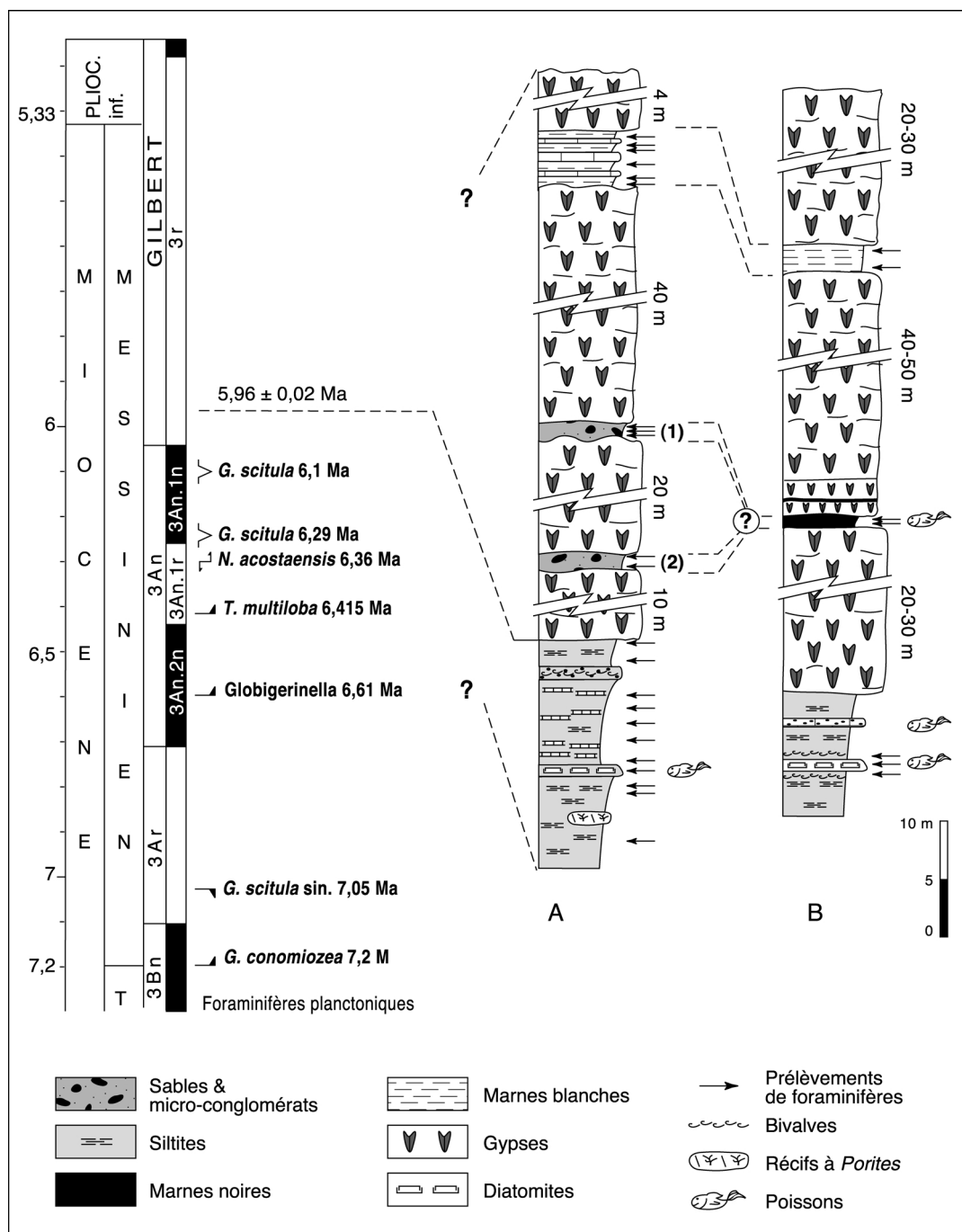


FIG. 2. — Coupes du Messinien évaporitique des carrières de Los Yesos (A) et de Molinos de Aguas (B). Échelles stratigraphiques d'après Krijgsman et al. (2001) et Sierro et al. (2001).

Montenat (1990), montre en continuité à l'affleurement des faciès allant des derniers niveaux du Messinien pré-évaporitique au Messinien post-évaporitique en passant par plusieurs dizaines de mètres de gypses (Goubert *et al.* 2001 ; Néraudeau *et al.* 2001). Cette coupe présente, de bas en haut : 1) des marnes à intercalations diatomitiques ; 2) des alternances marno-calcaréo-sableuses pauvres en faune à leur sommet (deux derniers mètres), mais renfermant quelques niveaux fossilifères dans leur moitié inférieure, notamment des marnes sableuses à foraminifères et des bancs conglomératiques à bivalves (*Ostrea lamellosa offreti* Kilian, 1889, *N. navicularis* (Brocchi, 1814), *Glycymeris* sp.), contenant localement des petites constructions de *Porites* et des échinides du genre *Psammechinus* Agassiz & Desor, 1846 ; 3) trois masses gypseuses, respectivement de 10, 20 et 40 m d'épaisseur, séparées par deux intercalations métriques de sédiments noirs à bivalves (*N. navicularis*, *O. lamellosa offreti*, *Cardita* sp., *Glycymeris* sp., *Aequipecten seniensis* (Lamarck, 1819), *Chlamys pusio* (Linné, 1758), *Spondylus* sp.), gastéropodes (*Turritella* sp.) et échinides (*Schizechinus* sp.) mais dépourvus de microfaunes ; 4) des calcaires et des marnes à échinides (*B. lyrifera*, *Schizechinus* sp.), pycnodontes (Videt & Néraudeau 2002), pectinidés (Lacour 1999 ; Lacour *et al.* 2002) et microfaunes (Saint Martin *et al.* 2000 ; Goubert *et al.* 2001) ; 5) un dernier ensemble gypseux (2-4 m) ; et 6) des laminites et calcaires gréseux oolithiques.

CARRIÈRE DE MOLINOS DE AGUAS (FIG. 2B)

La coupe de la carrière de Molinos de Aguas, très similaire à celle de Los Yesos, montre également une série complète depuis les derniers faciès pré-évaporitiques jusqu'au sommet des évaporites, une série en partie décrite par Montenat *et al.* (1980), Ott d'Estevou (1980) et Ott d'Estevou & Montenat (1990). On retrouve, de bas en haut : 1) des marnes riches en mollusques et en petits débris végétaux intercalées avec des niveaux diatomitiques qui représentent l'équivalent local de la partie terminale de la Formation Abad (épaisseur totale de 120 m) décrite par Sierro *et*

al. (1999, 2001), Vazquez *et al.* (2000) et Krijgsman *et al.* (2001) ; 2) des alternances marno-calcaréo-sableuses quasi-azoïques (4 m), qui correspondent à la partie sommitale de la Formation Abad, appelée « Transition to the gypsum » par Sierro *et al.* (2001) ; 3) deux formations gypseuses majeures (20-30 m, 40-50 m) séparées par une intercalation fossilifère de marnes bleu-noir riches en poissons de l'espèce *Sardina crassa*, mais ne contenant ni microfaune ni autre élément de macrofaune ; 4) des calcaires et des marnes à *Neopycnodonte*, pectinidés et échinides (*B. lyrifera*) ; et 5) un dernier ensemble gypseux massif (20-30 m).

La carrière où a été levée cette coupe est située à l'Ouest du village de Molinos de Aguas où affleure, dans les gorges du Rio de Aguas, une série gypseuse sensiblement différente de celle de la carrière et comportant selon les auteurs 13 ou 14 bancs de gypse (Ott d'Estevou 1980 ; Dronkert 1985 ; Rosell *et al.* 1998 ; Krijgsman *et al.* 2001). Les études bio-, magnéto- et cyclostratigraphiques menées par Sierro *et al.* (2001) et Krijgsman *et al.* (2001), sur des coupes du secteur de Molinos, indiquent une limite entre l'unité pré-évaporitique et les évaporites à 5,96 Ma.

Le lit fossilifère contenant les poissons fossiles n'est accessible qu'à la partie inférieure du front de taille de la carrière. Compte tenu des conditions très défavorables d'affleurement, seul un très faible volume d'argiles feuilletées (moins de 1 m³) a pu être échantillonné. Toutefois, plusieurs dizaines de spécimens complets ont pu être dégagés et peuvent être rapportés à *Sardina crassa* (dét. J. Gaudant). Les argiles sont également très riches en fragments squelettiques de poissons et en écailles.

DISCUSSION PALÉOÉCOLOGIQUE ET STRATIGRAPHIQUE

SIGNIFICATION PALÉOÉCOLOGIQUE LOCALE DU NIVEAU À POISSONS DE MOLINOS

Sardina crassa est une espèce marine qui a déjà été identifiée dans plusieurs gisements messiniens

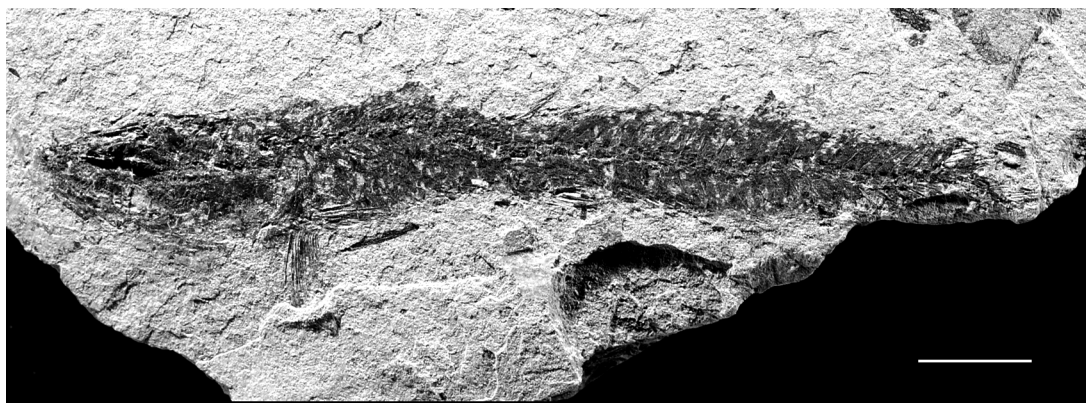


FIG. 3. — Spécimen de *Sardina crassa* (Sauvage, 1873) complet récolté dans les marnes noires intragypses de Molinos de Aguas. Échelle : 1 cm.

pré-évaporitiques, notamment au Maroc, aux environs de Melilla-Nador (Gaudant *et al.* 1994b), en Algérie, à Oran (Arambourg 1927), en Espagne, à Lorca, Campos del Río et Hurchillo (Gaudant *et al.* 1994a ; Gaudant 1995 ; Gaudant *et al.* sous presse). Elle a également été identifiée dans des niveaux messiniens intra-évaporitiques, en Crète occidentale, associée à *Aphanius crassicaudus* (Agassiz, 1839) (Gaudant 1980), en Algérie, dans les diatomites d'une série à évaporites du Djebel Murdjadjo (Gaudant & Meunier 1996 ; Gaudant *et al.* 1997 ; Mansour & Saint Martin 1999), en Espagne, à Abanilla, dans la province de Murcia (comm. pers. de J.-M. Rouchy).

La découverte de *Sardina crassa* dans un lit d'argiles noires intercalé dans les gypses sélénites exploités dans la carrière de Molinos de Aguas témoigne d'un retour de la mer dans le bassin de Sorbas pendant l'épisode évaporitique. Cependant, le caractère monospécifique de l'ichthyofaune pourrait témoigner d'eau marine relativement anormale dans le secteur de Molinos, en termes de salinité, de température, d'oxygénation ou de ressources trophiques. Cette découverte est une nouvelle preuve de l'existence d'oscillations du niveau marin pendant le Messinien évaporitique, des oscillations déjà mises en évidence par des faciès intra-évaporitiques à poissons à Castagnito, dans le Piémont (Fourtanier *et al.*

1991) et au Djebel Murdjadjo, en Algérie (Gaudant *et al.* 1997).

CORRÉLATION DES DEUX COUPES ET PALÉOGÉOGRAPHIE DU BASSIN DE SORBAS

Deux points communs majeurs permettent de proposer des corrélations entre les coupes de Los Yesos et de Molinos de Aguas (*cf.* Fig. 2) :

- des calcaires et marnes fossilifères (marnes à *Brissopsis* et *Neopycnodonte*) à faune benthique marine de type circalittoral ou infralittoral inférieur (Lacour & Néraudeau 2000 ; Goubert *et al.* 2001 ; Néraudeau *et al.* 2001 ; Videt & Néraudeau 2002) sont intercalés dans les gypses vers le sommet de la série évaporitique.

À Los Yesos, ces marnes et calcaires fossilifères viennent au-dessus des trois formations gypseuses majeures (et avant un quatrième niveau gypseux peu développé) alors que dans la carrière de Molinos ce même faciès calcaréo-marneux fossilifère est situé sous la dernière formation gypseuse majeure et donc après les deux premières. Faut-il corréler préférentiellement les trois formations gypseuses massives présentes sur les deux coupes ou bien donner plus d'importance au rétablissement, à Los Yesos et à Molinos, de conditions marines de plate-forme distale au sein de la série évaporitique ? Compte-tenu de l'importante remise en eau dont ces faciès fossilifères marneux apportent la signature (Goubert *et al.* 2001 ;

Néraudeau *et al.* 2001), il apparaît vraisemblable que les marnes à *Brissopsis* et *Neopycnodonte* témoignent d'un même épisode transgressif exprimé tant à l'Est du bassin de Sorbas (Molinos) qu'à l'Ouest (Los Yesos). Selon cette hypothèse, c'est le quatrième ensemble gypseux de Los Yesos qui, quoique peu développé, peut être corrélé avec le dernier de Molinos. Toutefois, il est très difficile de découper de manière homologue et de corréler les masses gypseuses d'une coupe à l'autre. Le découpage en deux (Molinos) ou en trois (Los Yesos) des formations gypseuses situées sous les marno-calcaires fossilifères est en fait dépendant du développement plus ou moins important d'autres intercalations fossilifères intragypse ;

- des faciès noirs fossilifères, à faune marine peu profonde à Los Yesos (Lacour & Néraudeau 2000 ; Goubert *et al.* 2001 ; Néraudeau *et al.* 2001 ; Videt & Néraudeau 2002), à cachet marin plus limité à Molinos, sont intercalés dans les gypses dans la partie inférieure de la série évaporitique.

À Los Yesos, deux niveaux de « sables » noirs à mollusques marins (huîtres, pectinidés, spondyles, notamment) sont intercalés dans la partie inférieure de la série gypseuse alors que dans la carrière de Molinos, un seul niveau noir (argiles à poissons), s'intercale dans les premiers gypses. Il est probable que l'une des deux intercalations de « sables noirs » à mollusques de Los Yesos est l'équivalent latéral des marnes noires à poissons de Molinos. Toutefois, il est difficile d'être plus précis. Selon cette hypothèse, un autre épisode de remise en eau, outre celui matérialisé par les marnes fossilifères à *Brissopsis* et *Neopycnodonte*, serait exprimé pendant l'épisode évaporitique aux deux extrémités du bassin de Sorbas.

CONCLUSIONS

Après que Goubert *et al.* (2001) et Néraudeau *et al.* (2001) aient mis en évidence trois épisodes de remise en eau de l'Ouest du bassin de Sorbas (site de Los Yesos) pendant le dépôt des évaporites messiniennes, la découverte de deux intercala-

tions fossilifères marines dans la série évaporitique de Molinos de Aguas plaide en faveur de l'extension de ces incursions marines jusque dans l'Est de ce bassin.

La phase la plus importante de remise en eau du bassin de Sorbas a eu lieu vers la fin du dépôt des gypses, comme en témoignent, tant à l'Est (Molinos de Aguas) qu'à l'Ouest (Los Yesos), les marnes et calcaires à faune circalittorale (*N. navicularis*, *B. lyrifera*) intercalés dans le dernier tiers des séries évaporitiques. L'identité de faciès et d'occurrence stratigraphique de ces niveaux fossilifères aux deux extrémités du bassin de Sorbas signe une oscillation positive majeure du niveau marin avec homogénéisation de milieux marins francs sur de vastes étendues et arrêt de la sédimentation évaporitique.

Une phase de remise en eau de moindre importance a eu lieu vers le début du dépôt des gypses, l'Est et l'Ouest du bassin de Sorbas manifestant une extension marine sur l'ensemble du bassin mais sous des faciès différents : argiles noires à *Sardina crassa* à l'Est (Molinos de Aguas), « sables » noirs à mollusques et échinides à l'Ouest (Los Yesos). Cet épisode s'apparente plus à une inondation modérée du bassin conduisant à une mosaïque d'environnements infralittoraux et margino-littoraux qu'à un ennoïement important homogénéisant les milieux.

Enfin, la présence à l'Ouest du bassin de Sorbas (Los Yesos) d'un troisième niveau marin fossilifère, intercalé dans le premier tiers des gypses, signe un autre épisode de remise en eau qui n'est pas clairement enregistré à l'Est du bassin. L'existence dans la série évaporitique de Molinos de Aguas d'un second niveau argileux noir, apparemment azoïque, pourrait cependant signer cette troisième phase d'inondation dans l'Est du bassin de Sorbas.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Jean Gaudant (Université Paris 7) qui a réalisé la détermination des poissons découverts à Molinos de Aguas et J.-P. Saint Martin pour ses critiques constructives. Nous remercions également les personnes

qui ont participé aux campagnes de fouille, à savoir F. Chavaillon, A. Sauvage, E. Thuet et E. Vincent. Cet article est une contribution au programme ECLIPSE du CNRS intitulé « La crise de salinité messinienne : modalités, conséquences régionales et globales, quantifications ».

RÉFÉRENCES

- ARAMBOURG C. 1927. — Les poissons fossiles d'Oran. *Matériaux pour la Carte géologique d'Algérie*, 1^{re} sér., Paléontologie 6: 1-298, atlas.
- DRONKERT H. 1985. — Evaporite models and sedimentology of Messinian and recent evaporites. *Gua Papers of Geology* 24: 1-283.
- FOURTANIER E., GAUDANT J. & CAVALLO O. 1991. — La diatomite de Castagnito (Piémont): une nouvelle preuve de l'existence d'oscillations modérées du niveau marin pendant le Messinien évaporitique. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 30: 79-95.
- GAUDANT J. 1980. — Sur la présence d'*Alosa crassa* Sauvage (Poissons téléostéens, Clupeidae) dans les gypses messiniens de Crète occidentale. *Proceedings of the koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (B)* 83: 263-268.
- GAUDANT J. 1995. — Nouvelles recherches sur l'ichthyofaune messinienne de Lorca (Murcia, Espagne). *Revista española de Paleontología* 10: 175-189.
- GAUDANT J. & MEUNIER F. 1996. — Observation d'un cas de pachyostose chez un Clupeidae fossile du Miocène terminal de l'ouest algérien, *Sardina ? crassa* (Sauvage, 1873). *Cybium* 20: 169-183.
- GAUDANT J., COURME M.-D. & MARÍN FERRER J. M. sous presse. — Hurchillo (Province d'Alicante, Espagne): un gisement de poissons messiniens d'un type nouveau. *Compte Rendu de l'Académie des Sciences*.
- GAUDANT J., LOISEAU J. & OTT D'ESTEVOU PH. 1994a. — Découverte d'une frayère fossile de poissons téléostéens dans le Messinien des environs de Campos del Río (Province de Murcia, Espagne). *Revista española de Paleontología* 9: 37-50.
- GAUDANT J., SAINT MARTIN J.-P., BENMOUSSA A., CORNÉE J.-J., EL HAJJAJI K. & MULLER J. 1994b. — L'ichthyofaune messinienne à la périphérie de la plateforme carbonatée de Melilla-Nador (Nord-Est du Maroc). *Géologie méditerranéenne* 21: 25-35.
- GAUDANT J., SAINT MARTIN J.-P., BESSEDIK M., MANSOUR B., 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: 511-529.
- GOUBERT E., NÉRAUDEAU D., ROUCHY J.-M. & LACOUR D. 2001. — Foraminiferal record of environmental changes: Messinian of the Los Yesos area (Sorbas basin, SE Spain). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 175 (1-4): 61-78.
- KRIJGSMAN W., FORTUIN A. R., HILGEN F. J. & SIERRO F. J. 2001. — Astrochronology for the Messinian Sorbas basin (SE Spain) and orbital (precessional) forcing for evaporite cyclicity. *Sedimentary Geology* 140: 43-60.
- LACOUR D. 1999. — Évolution de la biodiversité des échinides et des bivalves méditerranéens du Miocène terminal à l'Actuel: application au Messinien du bassin de Sorbas (Sud-Est de l'Espagne). DEA, Université d'Aix-Marseille I, France, 50 p.
- LACOUR D. & NÉRAUDEAU D. 2000. — Évolution de la diversité des *Brissopsis* (Echinoida, Spatangoida) en Méditerranée depuis la « crise messinienne »: application paléocéologique aux *B. lyrifera* intragypses de Sorbas (SE Espagne). *Geodiversitas* 22 (4): 509-523.
- LACOUR D., LAURIAT-RAGE A., SAINT MARTIN J.-P., VIDET B., NÉRAUDEAU D., GOUBERT E. & BONGRAIN M. 2002. — Les associations de bivalves (Mollusca, Bivalvia) du Messinien du bassin de Sorbas (SE Espagne), in NÉRAUDEAU D. & GOUBERT E. (eds), l'Événement messinien: approches paléobiologiques et paléocéologiques. *Geodiversitas* 24 (3): 641-657.
- 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: 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: 81-90.
- NÉRAUDEAU D., GOUBERT E., LACOUR D. & ROUCHY J.-M. 2001. — Changing diversity of Mediterranean irregular echinoids from the Messinian to the Present-Day. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 175 (1-4): 43-60.
- OTT D'ESTEVOU P. 1980. — Évolution dynamique du bassin néogène de Sorbas (Cordillères bétiques orientales, Espagne). *Documents et Travaux de l'IGAL* 1: 1-264.
- OTT D'ESTEVOU P. & MONTENAT C. 1990. — Le Bassin de Sorbas-Tabernas. *Documents et Travaux de l'IGAL* 12-13: 101-128.
- ROSELL L., ORTI F., KASPRZYK A., PLAYA E. & PERYT T. M. 1998. — Strontium geochemistry of Miocene primary gypsum: Messinian of southeastern Spain and Sicily and Badenian of Poland. *Journal of Sedimentary Research* 68: 63-79.

- SAINT MARTIN J.-P., NÉRAUDEAU D., LAURIAT-RAGE A., GOUBERT E., SECRETAN S., BABINOT J.-F., BOUKLI-HACENE S., POUYET S., LACOUR D., PESTREA S. & CONESA G. 2000. — La faune interstratifiée dans les gypses messiniens de Los Yesos (Bassin de Sorbas, SE Espagne): implications. *Geobios* 33 (5): 637-649.
- SCHLEICH H. H. 1977. — *Feinstratigraphische und paläontologische Untersuchungen der neogenen Gipsablagerungen und ihrer Begleitsedimente bei Tabernas (Almeria, S-Spanien)*. Diplomarbeit, Institut für Geologie und Mineralogie der Technischen Universität München, Germany, 77 p.
- SIERRO F. J., FLORES J. A., ZAMARRENO I., VAZQUEZ A., UTRILLA R., FRANCES G., HILGEN F. J. & KRIJGSMAN W. 1999. — Messinian pre-evaporitic sapropels and precession-induced oscillations in western Mediterranean climate. *Marine Geology* 153: 137-146.
- SIERRO F. J., HILGEN F. J., KRIJGSMAN W. & FLORES J. A. 2001. — The Abad composite (SE Spain): a Messinian reference section for the Mediterranean and the APTS. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 168: 141-169.
- VAZQUEZ A., UTRILLA R., ZAMARRENO I., SIERRO F. J., FLORES J. A., FRANCES G. & BARCENA M. A. 2000. — Precession-related sapropelites of the Messinian Sorbas Basin (South Spain): paleoenvironmental significance. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 158: 353-370.
- VIDET B. & NÉRAUDEAU D. 2002. — Distribution paléoenvironnementale des huîtres dans le Messinien du bassin de Sorbas (Cordillères bétiques, SE Espagne). *Annales de Paléontologie*.

Soumis le 7 juin 2001 ;
accepté le 10 juillet 2002.