

Avant-propos / Foreword

L'ÉVÈNEMENT MESSINIEN... TRENTE ANS APRÈS

L'événement évaporitique messinien constitue depuis une trentaine d'années ce que Busson (1990) a considéré comme l'un des problèmes majeurs de la géologie sédimentaire. Le « Géant salifère messinien » (Hsü 1972 ; Busson 1979), de par son épaisseur et son extension phénoménales, fascine les sédimentologues et les géomorphologues et constitue à l'échelle limitée de la Méditerranée un sujet aussi polémique que l'explication de la crise Crétacé/Tertiaire. La crise messinienne et la crise K/T partagent, en effet, la même ampleur d'interrogations et d'incertitudes, notamment en ce qui concerne les réponses aux questions « Pourquoi ? », « Comment ? » et « Quand exactement ? ».

Bien sûr, depuis une quinzaine d'années, nombreux sont les auteurs qui pensent avoir balayé ces interrogations et présentent le problème messinien comme un problème résolu. La controverse commentée à son apogée par Biju Duval *et al.* (1976) dans les années 1970 a progressivement fait place à un quasi consensus présentant l'événement évaporitique messinien comme dû à une régression majeure du niveau marin de l'ordre de 1000 à 2000 m (Hsü *et al.* 1978 ; Clauzon 1979). La synthèse de Warren (1989) illustre les principales oppositions antérieures à 1990 qui ont jalonné cette phase de l'histoire du « cas messinien », en présentant les différentes interprétations du mode de dépôt des évaporites en fonction de la tranche d'eau et de l'ampleur du dénivelé entre Atlantique et Méditerranée.

Durant cette première phase, le processus de dépôt des évaporites messiniennes était majoritairement perçu comme un événement unique, en dépit de quelques oscillations. Désormais, depuis quelques années, la perception que l'on a du « géant salifère messinien » est plus complexe et l'on s'attache notamment à séparer dans les interprétations le bassin méditerranéen central, qui contient la masse la plus colossale d'évaporites, et les bassins marginaux, dont les dépôts évaporitiques sont beaucoup plus modestes. Très récemment, Clauzon *et al.* (1996) puis Beaudoin *et al.* (1999) ont clairement distingué une première étape de sédimentation évaporitique, entre 5,8 et 5,55 Ma, pendant laquelle l'abaissement maximal du niveau marin ne fut que de quelques centaines de mètres, et une seconde étape, entre 5,55 et 5,35 Ma, marquée par un abaissement spectaculaire du niveau marin, de l'ordre de 1500 m. Pendant la première étape, il est largement admis que des conditions marines franches alternaient dans les bassins marginaux avec des dépôts salifères (Goubert *et al.* 2001 ; Néraudeau *et al.* 2001), alors que durant la seconde étape les bassins marginaux puis le bassin central tendaient à un assèchement plus drastique. L'alternance de dépôts marins francs et de dépôts évaporitiques dans les bassins marginaux a principalement été mise en évidence dans le bassin de Sorbas, dans le Sud-Est de l'Espagne, où ont été découverts de riches assemblages de mollusques et d'échinodermes sténohalins, infralittoraux à circalittoraux, interstratifiés dans les gypses (Lacour & Néraudeau 2000 ; Saint Martin *et al.* 2000). Selon le calendrier événementiel proposé par

Clauzon *et al.* (1996), la survivance de telles faunes marines en Méditerranée occidentale pendant le dépôt des gypses s'inscrit dans un épisode évaporitique antérieur à celui du bassin central, et cela n'enlève rien à l'aspect catastrophiste de l'événement messinien. C'est cette vision catastrophiste qui suscite encore l'expression « crise de salinité messinienne ». Pourtant le mot crise n'est légitime que lorsqu'un événement géologique possède un impact majeur sur la faune et la flore, notamment en termes de disparitions d'espèces. Or l'ampleur de ces extinctions, relativement bien mesurée et connue pour la crise K/T, n'a jamais été véritablement discutée dans le cas de la « crise » messinienne. D'une certaine manière, les études paléobiologiques, en dehors des aspects micropaléontologiques, ont toujours constitué le « parent pauvre » des analyses du cas messinien. Des inventaires fauniques plus ou moins exhaustifs ont été coordonnés par Montenat (1990), mais aucune discussion approfondie n'y a été menée sur l'ampleur des extinctions à la limite Messinien/Pliocène. En macropaléontologie, seul le cas précis des échinides a été analysé. Néraudeau *et al.* (1999, 2001) montrent que pour ces organismes benthiques sténohalins les deux tiers des espèces ont survécu à l'événement messinien tout en se maintenant clairement en Méditerranée occidentale, pour certaines d'entre elles, pendant le dépôt des évaporites du bassin central. Les mêmes analyses indiquent que les refroidissements plio-pléistocènes ont eu un effet plus catastrophique sur les faunes marines que les événements évaporitiques messiniens. Toutes proportions gardées, la crise biologique qui est intervenue au Messinien en Méditerranée, en réponse à une chute vertigineuse du niveau marin de l'ordre de 1500 m et à une détérioration de la qualité des eaux, serait donc très faible par rapport à celles qui sont intervenues au Permo-Trias et à la limite K/T, où la chute du niveau marin, certes mondiale, était cinq à dix fois plus faible et les disparitions d'espèces trois fois plus importantes. Ce paradoxe ne pourra véritablement être explicité et compris que lorsqu'une analyse exhaustive de l'écosystème méditerranéen, avant, pendant et après le Messinien évaporitique, aura été réalisée.

Le présent volume thématique de *Geodiversitas* a donc pour vocation de faire le point sur la connaissance des écosystèmes messiniens, à partir des approches paléobiologique et paléocéologique développées ces dernières années dans les programmes de recherche CRISEVOLE et ECLIPSE du CNRS. Les articles correspondent en partie aux communications présentées au congrès de Rennes (décembre 2000) sur « l'événement messinien : approches paléobiologiques et paléocéologiques », organisé par l'Association paléontologique française et le Groupe français d'Étude du Néogène.

Tous ceux qui ont travaillé sur le Messinien connaissent l'importance historique et physique des dépôts diatomitiques dans les séries pré- ou intra-évaporitiques. Pestrea *et al.* font donc le bilan des assemblages de diatomées des niveaux infra-gypseux du Messinien de Méditerranée, depuis l'Espagne jusqu'à Chypre, tandis que Pestrea & Saint Martin focalisent sur la microflore de diatomées du Messinien de Gibellina en Sicile occidentale (Italie). Par ailleurs, le Messinien des bassins périphériques est également remarquable par l'extension de ses plateformes carbonatées, les bioconstructions représentant le support privilégié de la plupart des études paléoenvironnementales du Néogène final. À ce titre, André *et al.* présentent les carbonates récifaux messiniens du seuil pélagien à Lampedusa (Méditerranée centrale) et Moissette *et al.* analysent l'association microbialite-bryozoaires dans le Messinien de Sicile et de Sardaigne. Lorsqu'on cherche des faunes marines messiniennes intra-évaporitiques, le bassin de Sorbas, dans le Sud-Est de l'Espagne, s'impose comme un site privilégié. Deux articles présentent ainsi les découvertes réalisées ces dernières années dans ce bassin, d'une part les associations de mollusques bivalves du Messinien du bassin de Sorbas, par Lacour *et al.*, d'autre part, la découverte d'un niveau à poissons dans les gypses messiniens de la carrière de Molinos de Aguas, près de Sorbas, par Néraudeau *et al.* Par ailleurs, afin d'appréhender l'ensemble du biota méditerranéen messinien, il est nécessaire de prospecter non seulement dans la partie occidentale, comme

à Sorbas, mais également dans la partie orientale. De ce point de vue, les recherches paléontologiques menées sur le Messinien de Méditerranée orientale sont encore rudimentaires par rapport à ce qui été fait en Espagne ou au Maroc. Merle *et al.* donnent une première synthèse des paléopeuplements marins du Messinien pré-évaporitique de Pissouri, à Chypre, en dégagant les aspects paléoécologiques locaux de la « crise de salinité » messinienne. Gaudant propose une étude plus exhaustive sur l'événement messinien et ses effets sur l'ichtyofaune néogène de la Méditerranée, notamment à l'échelle des poissons téléostéens.

Enfin, même si l'événement messinien est associé intuitivement à la Méditerranée, le Messinien est avant tout un étage géologique. Par conséquent, dans le temps où se sont développées les évaporites en Méditerranée, il est important de connaître quelles étaient les caractéristiques des faunes marines de l'Est et du Nord de l'Atlantique afin de mieux cerner les relations paléogéographiques et océanographiques entre Atlantique et Méditerranée. Ces éléments sont prépondérants pour reconnaître les éventuels échanges fauniques via le détroit de Gibraltar avant, pendant et après les épisodes évaporitiques.

Didier NÉRAUDEAU & Evelyne GOUBERT
Coordinateurs

THE MESSINIAN EVENT...
THIRTY YEARS AFTER

The evaporitic Messinian event constitutes, for about thirty years, what Busson (1990) named one of the main problems of sedimentary geology. The "Giant messinian Salt Deposit" (Hsü 1972; Busson 1979), according to its phenomenal thickness and extension, fascinates the sedimentologists and the geomorphologists and constitutes at the scale of the Mediterranean a problem as disputed as the K/T crisis explanation. Indeed, the Messinian and K/T crises share the same fullness of questioning and uncertainty, especially regarding the questions "Why?", "How?" and "When?".

Of course, for a dozen years, many authors think they have answered these questions and present the Messinian problem as resolved. The controversy, commented at its apogee by Biju Duval et al. (1976) during the seventies, has progressively led to a quasi consensus presenting the evaporitic Messinian event as the consequence of a major marine regression with a fall of the marine level about 1000 to 2000 m (Hsü et al. 1978; Clauzon 1979). Warren (1989) has illustrated the main interpretations of the evaporites deposit proposed from 1970 to 1990, according to different patterns of Mediterranean and Atlantic respective sea levels. During this first period, the deposit of Messinian evaporites was mainly considered as a unique event. For a few years, the interpretation of the Messinian Mediterranean gypsum is more complex with a separation of the conclusions made on the central basin, which contains a colossal quantity of evaporites, and the conclusions made on the marginal basin, which contains moderate quantity of evaporites. Recently, Clauzon et al. (1996) and Beaudoin et al. (1999) clearly distinguished a first step of evaporitic sedimentation, between 5.8 and 5.55 Ma, marked by a sea level fall of a few hundred metres, and a second step, between 5.55 and 5.35 Ma, marked by a spectacular sea level fall about 1500 m. During the first step, it is currently admitted that real marine conditions alternated with gypsum deposit in the marginal basins (Goubert et al. 2001; Néraudeau et al. 2001), when during the second step, the marginal basins and then the central basin were affected by a

drastic drying. The alternance of marine deposits and evaporites in the marginal basins has mainly been pointed out in the Sorbas basin, in South-East Spain, where have been discovered, interbedded in the gypsum, rich stenohaline molluscs and echinoids assemblages from shallow and deep shelf (Lacour & Néraudeau 2000; Saint Martin et al. 2000). According to the succession of two evaporitic events proposed by Clauzon et al. (1996), the survival of such marine faunas in western Mediterranean during the gypsum deposit corresponds to a first evaporitic event, anterior to the major event occurring later in the central basin, and it does not change the catastrophic characteristic of the Messinian event. That catastrophist view incites always to the expression "Messinian salinity crisis". However, the word "crisis" is justified only when a geological event has a major impact on the flora and the fauna, especially in terms of species extinctions. But the extent of the extinctions, relatively well known and quantified for the K/T crisis, has never been discussed in the case of the Messinian "crisis". In fact, palaeobiological studies, apart from the micropalaeontological ones, have never been really investigated in the case of the Messinian. More or less exhaustive faunistic inventories have been coordinated by Montenat (1990), but no discussion has been realized on the magnitude of species extinctions at the Messinian/Pliocene boundary. In macropalaeontology, only the precise case of echinoids has been analyzed. Néraudeau et al. (1999, 2001) show that for these stenohaline benthic organisms, the two thirds of the species have survived to the Messinian event, a few ones staying in western Mediterranean during the evaporites deposit in the central basin. The same analyses indicate that the Plio-Pleistocene coolings had a more catastrophic impact on the Mediterranean marine faunas than the Messinian evaporitic event. Proportionally, the biological crisis that took place during the Messinian in the Mediterranean, consequently to a sea level fall of about 1500 m and changes of water salinity, will be very faint in comparison to the biological crises that took place during the Permo-Triassic and K/T boundaries, when the sea level fall was five to ten times smaller and the species disappearances three times less numerous. That paradox will be explained

and understood only when an exhaustive study of the Mediterranean ecosystem of before, during and after the Messinian evaporites deposit will be realized.

This issue of *Geodiversitas* is devoted to our knowledge of Messinian ecosystems using palaeobiological and palaeoecological approaches. They have been developed in the context of two national programs, CRISEVOLE and ECLIPSE, promoted by the CNRS. A large part of the papers corresponds to the communications presented at the congress of Rennes (december 2000) on "the Messinian event: palaeobiological and palaeoecological approaches", organised by the French Palaeontological Association (APF) and the French Group of Neogene Study (GFEN).

The physical and historical importance of diatom deposits into pre- or intra-evaporitic series is well known in our scientific community. Pestrea et al. give an assessment of diatom assemblages from the Messinian of infra-gypsum Mediterranean levels from Spain to Cyprus, while Pestrea & Saint Martin focus on the Messinian microflora of diatoms from Gibbelina in Sicily (Italy). Occurrence of carbonate platform reaches a remarkable extension in peripheral Messinian basins and their bioconstructions have been the main topic for palaeoenvironmental studies for the whole Late Neogene. A study of Messinian carbonate reefs from the pelagic proximity of Lampedusa (central Mediterranean) is given by André et al., while Moissette et al. develop an analysis of the microbialite-bryozoan association from the Messinian of Sicily and Sardinia. The Sorbas basin (SE Spain) has to be considered as the most privileged site concerning the marine Messinian intra-evaporitic fauna. Two papers are devoted to the description of the most recent new finds. The first one by Lacour et al. concerns the description of a molluscs association from Sorbas basin and the second by Néraudeau et al. the discovery of a fish level (Teleostean) in the Messinian gypsum of Molinos de Aguas quarry near Sorbas. In order to fulfil our knowledge of the Mediterranean biota one has to integrate field studies in both its western and eastern parts. Accordingly, it must be recognized that palaeontological

results concerning the eastern part of the Messinian Mediterranean do not reach the same level as the western part involving Moroccan and Spanish data. Nevertheless, the paper by Merle et al. provides a first fruitful synthesis on locally palaeoecological conditions of a marine fauna during the pre-evaporitic Messinian from Pissouri (Cyprus). The Messinian event is also evolved to what concerns marine vertebrates and Gaudant synthesizes the consequences of the Messinian crisis on the Teleost fauna. Intuitively the Messinian event is restrictively associated to the Mediterranean Sea, but one has to remember that it is also a geological stage. Consequently during the time when evaporites come to develop in the Mediterranean it appears important to consider the history of marine fauna in western and northern Atlantic regions, in order to set what were the palaeogeographic and oceanographic relations between the Atlantic ocean and the Mediterranean. This is a way to get a more precise content of faunal exchanges before, during and later after the evaporitic episodes via the Strait of Gibraltar.

RÉFÉRENCES / REFERENCES

- 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.
- BEAUDOIN B., ACCARIE H., BERGER E., BRULHET J., COJAN I., HACCARD D., MERCIER D. & MOUROUX B. 1999. — Les enseignements de la crise « finimessinienne ». *Actes des Journées scientifiques CNRS/ANDRA, Bagnols-sur-Cèze, octobre 1997*, EDP Sciences, chapitre 6: 115-135.
- BIJU-DUVAL B., DERCOURT J. & LE PICHON X. 1976. — La genèse de la Méditerranée. *La Recherche* 7 (71): 811-822.
- BUSSON G. 1979. — « Le Géant salifère » messinien du domaine méditerranéen: interprétation génétique et implications paléogéographique. *Annales géologiques des Pays helléniques hors série* 1: 227-238.
- BUSSON G. 1990. — Le Messinien de la Méditerranée... vingt ans après. *Géologie de la France* 3-4: 3-58.
- CLAUZON G. 1979. — Le canyon messinien de la Durance (Provence, France): une preuve paléogéographique du bassin profond de dessiccation. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 29: 15-40.

- CLAUZON G., SUC J.-P., GAUTIER F., BERGER A. & LOUTRE M. F. 1996. — Alternate interpretation of the Messinian salinity crisis: controversy resolved? *Geology* 24 (4): 363-366.
- GAUDANT J. 2002. — La crise messinienne et ses effets sur l'ichthyofaune néogène de la Méditerranée : le témoignage des squelettes en connexion de poissons téléostéens, in NÉRAUDEAU D. & GOUBERT E. (eds), l'Événement messinien: approches paléobiologiques et paléocéologiques. *Geodiversitas* 24 (3): 691-710.
- 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: 61-78.
- HSÜ K. J. 1972. — Origin of salinity giants: a critical review after the discovery of the Mediterranean evaporites. *Earth Science Review* 8: 371-396.
- HSÜ K. J., MONTADERT L., BERNOUILLI D., CITA M. B., ERICKSON A., GARRISON R. E., KIDD R. B., MELIÈRES F., MULLER C. & WRIGHT R. 1978. — History of the Mediterranean salinity crisis, in HSÜ K. J., MONTADERT L. et al. (eds), *Initial Report of the Deep Sea Drilling Project* 42 (1): 1053-1078.
- LACOUR D. & NÉRAUDEAU D. 2000. — Évolution de la diversité des *Brissopsis* (Echinoïda, 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.
- MERLE D., LAURIAT-RAGE A., GAUDANT J., PESTREA S., COURME-RAULT M.-D., ZORN I., BLANC-VALLERON M.-M., ROUCHY J.-M., ORSZAG-SPERBER F. & KRIJGSMAN W. 2002. — Les paléopeuplements marins du Messinien pré-évaporitique de Pissouri (Chypre, Méditerranée orientale): aspects paléocéologiques précédant la crise de salinité messinienne, in NÉRAUDEAU D. & GOUBERT E. (eds), l'Événement messinien: approches paléobiologiques et paléocéologiques. *Geodiversitas* 24 (3): 669-689.
- MOISSETTE P., SAINT MARTIN J.-P., ANDRÉ J.-P. & PESTREA S. 2002. — L'association microbialite-bryozoaires dans le Messinien de Sicile et de Sardaigne, in NÉRAUDEAU D. & GOUBERT E. (eds), l'Événement messinien: approches paléobiologiques et paléocéologiques. *Geodiversitas* 24 (3): 611-623.
- MONTENAT C. (coord.) 1990. — Les bassins néogènes du domaine bétique oriental (Espagne). Tectonique et sédimentation dans un couloir de décrochement. Première partie: étude régionale. *Documents et Travaux de l'Institut géologique Albert-de-Lapparent* 12-13: 1-392.
- NÉRAUDEAU D., ROMAN J. & BORGHI E. J. M. 1999. — Impact of the Messinian crisis on the Mediterranean echinoid fauna, in CANDIA CARNEVALI D. & BONASORO F. (eds), *Echinoderm Research*. Balkema, Rotterdam: 355-360.
- NÉRAUDEAU D., GOUBERT E., LACOUR D. & ROUCHY J.-M. 2001. — Changing diversity of Mediterranean irregular echinoids from the Messinian to the Present-Day. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 175, 1-4: 43-60.
- 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 paléocéologiques. *Geodiversitas* 24 (3): 659-667.
- PESTREA S. & SAINT MARTIN J.-P. 2002. — La microflore de diatomées du Messinien de Gibellina (Sicile occidentale, Italie), in NÉRAUDEAU D. & GOUBERT E. (eds), l'Événement messinien: approches paléobiologiques et paléocéologiques. *Geodiversitas* 24 (3): 585-610.
- PESTREA S., BLANC-VALLERON M.-M. & ROUCHY J.-M. 2002. — Les assemblages de diatomées des niveaux infra-gypseux du Messinien de Méditerranée (Espagne, Sicile, Chypre), in NÉRAUDEAU D. & GOUBERT E. (eds), l'Événement messinien: approches paléobiologiques et paléocéologiques. *Geodiversitas* 24 (3): 543-583.
- 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: 637-649.
- VAN VLIET-LANOË B. et al. 2002. — Palaeogeographic evolution of northwestern Europe during the Upper Cenozoic, in NÉRAUDEAU D. & GOUBERT E. (eds), l'Événement messinien: approches paléobiologiques et paléocéologiques. *Geodiversitas* 24 (3): 511-541.
- WARREN J. K. 1989. — *Evaporite Sedimentology. Importance in Hydrocarbon Accumulation*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 285 p.