

# DICTIONNAIRE DE LA MÉDITERRANÉE

sous la direction de  
Dionigi Albera, Maryline Crivello et Mohamed Tozy  
en collaboration avec Gisèle Seimandi

*ACTES SUD*

Cet événement hors normes s'est produit de 5 960 000 à 5 332 000 ans (ou 5,96-5,332 Ma = millions d'années), dans l'étage géologique « Messinien » (7,246-5,332 Ma : fin du Miocène) qui précède l'étage « Zancéen » (5,332-3,600 Ma : début du Pliocène). Il fut appelé « Crise de salinité messinienne » (Hsü *et al.*, 1973) en raison des quantités de roches résultant de l'évaporation de l'eau de mer (évaporites : gypse, halite, anhydrite, sels de potassium) qui se sont déposées sur les bords de la Méditerranée (bassins périphériques où on les connaît à l'affleurement et en mines), puis dans les domaines profonds (bassins centraux où elles ont été mises en évidence par les profils sismiques puis par des forages).

L'intérêt envers la crise de salinité messinienne n'est pas seulement la compréhension de cet événement extraordinaire et de ses conséquences géologiques et biologiques. Bien des paysages, notamment des vallées mortes résultant de l'érosion fluviale, comme la cluse des Hôpitaux en région lyonnaise, lui doivent leur façonnage. D'autres intérêts, sociétaux, justifient aussi l'investigation scientifique aussi poussée de cette crise. La recherche d'hydrocarbures en Méditerranée lui est étroitement associée, comme le champ égéen de Prinos près de l'île de Thasos ou les découvertes récentes au large du delta du Nil. Les potentialités de capture de résurgences d'eau douce en domaine marin sud-méditerranéen à grande profondeur sont en cours d'évaluation et constituent un espoir pour les régions de climat aride. Enfin, rappelons l'exploitation des sels messiniens des bassins périphériques (Sicile surtout, Andalousie, etc.), notamment pour la construction (plâtre à partir du gypse), la cuisine et la protection routière (chlorure de sodium), l'agriculture (sels de potassium).

### Cause et processus

Les conditions climatiques sur le pourtour méditerranéen, définies à partir de l'étude des pollens, étaient chaudes (subtropicales) et très sèches (surtout aux

basses latitudes) avant la crise (Clauzon *et al.*, 1996 ; Fauquette *et al.*, 2006). La Méditerranée était prédestinée à s'assécher, comme aujourd'hui d'ailleurs, si la connexion avec l'océan Atlantique venait à s'interrompre. La cause de sa dessiccation est d'ordre tectonique avec l'avancée de la plaque africaine sous la plaque européenne.

Le déroulement en deux temps de la crise de salinité messinienne a été établi par Clauzon *et al.* (1996).

*Premier temps : les prémices de la crise (5,96-5,60 Ma)*

Alors que la Méditerranée communiquait avec l'océan Atlantique par un corridor et un seuil peu profond situés au sud du Rif (planche IIa – le détroit de Gibraltar n'existait pas), une baisse d'environ 50 m du niveau océanique intervint à 5,96 Ma dans un contexte de refroidissement global et, par effet de seuils, induisit des chutes du niveau marin de l'ordre de 150 m dans les bassins à la périphérie de la Méditerranée où des évaporites se déposèrent en milieu isolé (planche IIb). Ces couches évaporitiques marginales sont bien connues à l'affleurement, notamment au Levant espagnol, en Algérie, dans la plaine du Pô, au nord de la mer Égée, en Crète, à Chypre, où elles alternent avec des couches argileuses franchement marines. Précédemment, la Méditerranée était connectée par un corridor intrabalkanique avec des bassins saumâtres résiduels (pannonique, dacique, euxinique) d'une ancienne mer adjacente appelée Paratéthys (planche IIa). La connexion avec la Paratéthys s'est interrompue lors de cette phase d'assèchement marginal durant laquelle le bassin méditerranéen est toutefois demeuré relié à l'océan Atlantique (planche IIb). Un haut niveau océanique concrétisant la fin du refroidissement global permit la remise en eau des bassins périphériques et la reconnexion avec la Paratéthys (planche IIIc).

*Deuxième temps : le paroxysme de la crise (5,60-5,46 Ma ; planche IIIa)*

La fermeture tectonique du corridor rifain interrompt subitement l'alimentation en eau océanique de la Méditerranée qui, isolée de l'Océan, s'assécha presque complètement de façon quasiment instantanée. Les fleuves méditerranéens entamèrent aussitôt une intense érosion à la recherche du niveau de base par le biais de leur vallée ou de systèmes karstiques en milieu carbonaté. Les fleuves déposèrent leurs sédiments fins et grossiers en bordure des plaines abyssales asséchées. Simultanément, l'érosion subaérienne entamait le seuil émergé de Gibraltar. Après la chute du niveau marin, certains bassins méditerranéens se retrouvèrent immergés grâce à un bilan hydrologique régional positif et à la présence de seuils en surrection qui les isolaient : par exemple, l'avant-fosse apenninique et le bassin dacique, alimentés respectivement par les rivières des Alpes

et des Carpates, qui persistèrent comme lacs suspendus pendant le paroxysme de la crise. C'est l'aridité climatique accrue par la dessiccation méditerranéenne (Murphy *et al.*, 2009) qui causa une chute conséquente du niveau de la mer Noire (Gillet *et al.*, 2007). Le volume évalué des évaporites alors déposées sous les bassins méditerranéens centraux (de l'ordre de 1 million de km<sup>3</sup>) équivaut à l'évaporation de huit fois le volume en eau de la Méditerranée actuelle, ce qui implique des apports d'eau océanique pour permettre leur précipitation. Ces apports en eau salée ont dû provenir du seuil de Gibraltar où l'érosion a probablement permis un écoulement d'eau atlantique qui est allé croissant (Blanc, 2002). Ainsi la modeste élévation du niveau méditerranéen qui s'ensuivit a-t-elle permis le dépôt de la grande masse des évaporites, en particulier la halite très reconnaissable sur les profils sismiques. Toutefois, cette élévation de l'eau au centre des bassins méditerranéens s'est poursuivie en raison de l'augmentation du déversement à Gibraltar (océan global revenu à haut niveau) jusqu'à arrêter la précipitation évaporitique puis favoriser le développement de surfaces planes d'abrasion marine (action des vagues), bien documentées par les profils sismiques comme dans le golfe du Lion, signature de la montée progressive (~ 900 m) du niveau méditerranéen (Bache *et al.*, 2012).

*La remise en eau (5,46-5,30 Ma ; planche IVe)*

C'est alors que survint l'effondrement subit du seuil de Gibraltar, à la suite de l'intense érosion par les eaux atlantiques (Blanc, 2002). Un véritable déluge cataclysmique provoqua l'inondation du bassin méditerranéen (élévation du niveau de ~ 600 m) en quelques mois seulement (*ibid.*), ennoyant les vallées et canyons fluviaux creusés pendant le maximum de la crise et les transformant instantanément en rias (jusqu'à Beaune pour le Rhône, au-delà du barrage d'Assouan pour le Nil). Grâce à la hauteur élevée du niveau marin global qui persistait, ces rias se remplirent rapidement de dépôts deltaïques de construction, pour partie sous-marine, pour partie subaérienne, typique, que l'on appelle Gilbert deltas (du nom du géologue américain qui les a décrits). En raison du retour foudroyant de la mer, les sédiments s'y déposèrent en système progradant (sédiments sableux à conglomératiques avec une pente naturelle non déformée, appelés *foreset beds*, vases argileuses riches en microfossiles marins, appelées *bottomset beds*, s'étalant progressivement de l'exutoire du fleuve vers le bassin avant de croître verticalement en aggradation comme les deltas subaériens une fois que l'espace sous-marin est rempli de dépôts (ce sont les *topset beds* sableux à conglomératiques, équivalents de la nappe alluviale des deltas communs). Ces édifices sédimentaires en Gilbert deltas sont la signature *a posteriori* de la crise de salinité messinienne, facilement identifiables dès

lors qu'ils reposent sur une surface d'érosion et que leurs *bottomset beds* livrent les fossiles du Zancéen.

Le niveau marin global continuant de s'élever, les seuils périméditerranéens seront successivement franchis par les eaux marines jusqu'à ce que celles-ci atteignent la mer Noire à 5,30 Ma (planches II-IV).

## Les effets

Le paroxysme de la crise de salinité messinienne a eu des effets immédiats et des effets différés à court, moyen et long terme.

### *Effets immédiats*

Ceux-ci ont pour l'essentiel déjà été énoncés. Rappelons-les brièvement :

- chute extrêmement rapide d'environ 1 500 m du niveau marin (estimée s'être produite en 1 600 ans seulement) ;
- transport fluvial des sédiments fins et grossiers vers les bassins centraux où ils s'accumulent sous forme d'épais cônes détritiques ;
- intense érosion fluviale et karstique ;
- dépôt d'un huitième des évaporites au fond des bassins centraux.

Mais il est une autre conséquence majeure : la disparition quasiment instantanée des organismes marins qui peuplaient la mer Méditerranée (poissons, mollusques, plancton, etc.) et qui ne purent survivre aux conditions hypersalées.

### *Effets à court terme*

À l'échelle de la dizaine de milliers d'années, on doit mentionner l'augmentation de xéricité sur l'ensemble des espaces préalablement occupés par la mer, modification qui s'étendit aux régions riveraines comme l'Anatolie et mit en déficit le bilan hydrologique de la mer Noire (Murphy *et al.*, 2009) dont le niveau s'effondra simultanément (Gillet *et al.*, 2007). Outre le début de l'érosion du seuil de Gibraltar et l'isolement rapide de bassins suspendus immergés comme l'avant-fosse apenninique (planche IIIId), deux conséquences essentielles sont à signaler : la migration latitudinale de mammifères qui ont pu traverser le bassin « à pied sec » dans les deux sens et le réajustement (ou rebond) isostasique de la lithosphère légèrement rehaussée du fait de la suppression de la charge en eau. Si le premier phénomène a été déduit de l'étude des faunes fossiles, le second reste difficile à évaluer mais a pu être perçu dans quelques secteurs avec le concours de la modélisation numérique, comme en vallée du Rhône, dans les Pyrénées orientales et en mer Noire. Ce réajustement a probablement joué un rôle important au niveau des seuils qui séparaient les différents sous-bassins méditerranéens.

*Effets à moyen terme*

À l'échelle de la centaine de milliers d'années, rappelons l'avancée de l'érosion du seuil de Gibraltar qui, par un apport significatif en eau salée, a permis le dépôt continu de la masse d'évaporites dans des conditions climatiques hyperarides. Le caractère exponentiel de l'afflux d'eau océanique franchissant le seuil de Gibraltar va arrêter la sédimentation évaporitique et remplir en partie le bassin méditerranéen jusqu'à l'effondrement du seuil et au « déluge » zancéen qui franchira tous les seuils intraméditerranéens les uns après les autres. Sous l'effet de la surcharge due aux évaporites puis au retour de l'eau, la lithosphère réagira par un enfoncement aussi difficile à mesurer que le premier réajustement isostatique, mais qui a été décelé dans la région de Gibraltar.

Un des phénomènes postcrise les plus surprenants est la rapidité de la restauration à environ 75 % de l'ensemble des espèces marines (biota) qui peuplaient auparavant la Méditerranée. La soudaineté et l'ampleur de cette récupération suggèrent, après comparaison avec les bassins atlantiques avoisinants (Espagne, Maroc), que des zones refuges ont pu persister dans le bassin méditerranéen ou à proximité pendant la phase de dessiccation (Néraudeau et Saint-Martin, 2003).

*Effets à long, voire très long terme*

À l'échelle du million d'années, les appareils sédimentaires des Gilbert deltas, si caractéristiques, vont combler les rias et permettre la régularisation du trait de côte et son retour aux conditions ante-crise. La puissance de la remontée de l'eau a aussi amplifié l'étendue des galeries karstiques.

La Crise de salinité messinienne a également eu des effets à plus longue échéance qui ont affecté le cours des fleuves et leur bassin de drainage, les résurgences d'eau douce en domaine sous-marin au débouché des conduits karstiques. Les incidences sur les peuplements floristiques et faunistiques (aquatiques comme continentaux) commencent à peine à être perçues.

*Épisodes Lago Mare*

Il est un épisode, appelé *Lago Mare* (« lac – mer » en français), qui est étroitement associé à la crise de salinité messinienne. La dénomination vient de la découverte, dans les mêmes couches sédimentaires du pourtour méditerranéen, de fossiles d'eaux saumâtres et marines. Il a été établi que les organismes saumâtres étaient des immigrants originaires du domaine paratéthysien voisin (mollusques endémiques du groupe des congéries, ostracodes, dinoflagellés). Plusieurs hypothèses de déversement des eaux paratéthysiennes par le système karstique ouest-égéen ou par-dessus le seuil d'Istanbul ont été testées. Mais l'abaissement du

niveau quasiment concomitant de la mer Noire et la découverte en Paratéthis de microfossiles planctoniques méditerranéens synchrones (nanofossiles calcaires, foraminifères, dinoflagellés) ont montré qu'il s'agissait de deux épisodes à haut niveau marin qui encadrèrent le paroxysme de la crise (Popescu *et al.*, 2009). Des échanges d'eaux de surface se sont donc produits juste avant 5,60 Ma et juste après 5,46 Ma à travers un corridor dont les études de terrain ont établi qu'il traversait la zone encore peu élevée des Balkans (Popescu *et al.*, 2009 ; Bache *et al.*, 2012 ; planches IIIc et IVe). En outre, la littérature fait état d'un épisode *Lago Mare* totalement disjoint topographiquement et chronologiquement des deux précédents car il ne concerne que la couche argileuse surmontant immédiatement les évaporites dans les bassins centraux (vers 5,5 Ma). Cet épisode *Lago Mare*, seulement défini à ce jour par des ostracodes, doit être plus précisément étudié afin de percer sa signification.

### La polémique : crise dans la communauté scientifique

922

MESSINIEN

La découverte des évaporites dans les bassins centraux méditerranéens (Hsü *et al.*, 1973) a suscité une vive polémique de plus de vingt ans, qui a rendu cet événement encore plus célèbre. Pour ses découvreurs, la crise de salinité messinienne affecta une Méditerranée déjà profonde quoiqu'un peu moins qu'actuellement (scénario du « bassin profond asséché »). Pour certains, la crise assécha une Méditerranée peu profonde ; pour d'autres, la Méditerranée ne s'est pas asséchée. Aujourd'hui, après bien des études, les scientifiques s'accordent sur le scénario d'une mer profonde qui s'est asséchée momentanément (CIESM, 2008).

Cependant, la controverse reste ardente mais concerne des points qui peuvent désormais être regardés comme plutôt secondaires (CIESM, 2008) : détails de chronologie, statut du bassin sicilien (périphérique ou central ?), relations avec la Paratéthis, etc. Il faut espérer que la sérénité retrouvée favorisera de nouvelles avancées exploitables par l'exploration pétrolière (cônes détritiques de bas niveau comme roches réservoirs) ou la recherche d'aquifères sur les rivages méridionaux subdésertiques.

En conclusion, la crise de salinité messinienne fut un événement très bref à l'échelle des temps géologiques mais d'ampleur extraordinaire. Cette crise commence à être bien connue après plus de quarante ans de recherches intensives, mais elle n'a pas encore livré tous ses secrets. Un pas important sera franchi lorsqu'un forage scientifique traversera pour la première fois les couches évaporitiques sous les bassins centraux et lèvera les hypothèques entravant les progrès

à venir. La maîtrise de cet événement est essentielle car, outre les intérêts sociétaux et économiques qui lui sont liés, il est reproductible dans le devenir très lointain de la Méditerranée.

JEAN-PIERRE SUC ET SPERANTA-MARIA POPESCU

► Géologie, mer, paysage, plage, sel

MOTS-CLÉS

Dessiccation, érosion, évaporites, niveau marin, ré-ennoisement, seuils

RÉFÉRENCES

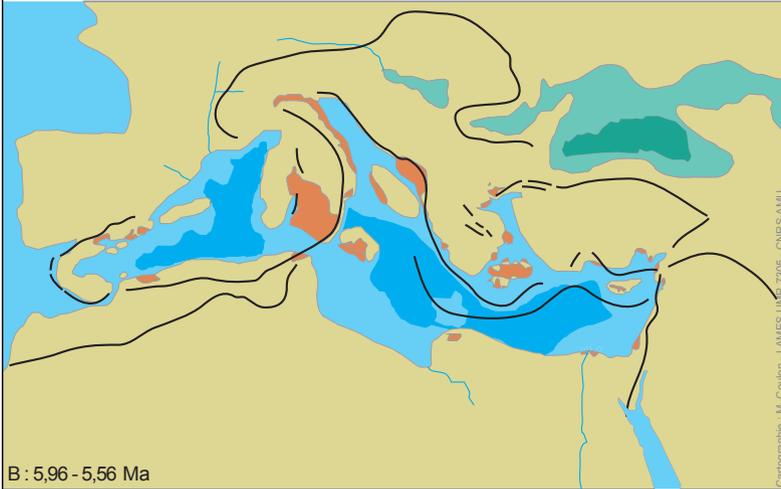
- BACHE, François, POPESCU, Speranta-Maria, RABINEAU, Marina, GORINI, Christian, SUC, Jean-Pierre, CLAUZON, Georges, OLIVET, Jean-Louis, RUBINO, Jean-Loup, MELINTE-DOBRINESCU, Mihaela Carmen, ESTRADA, Ferran, LONDEIX, Laurent, ARMIGO, Rolando, MEYER, Bertrand, JOLIVET, Laurent, JOUANNIC, Gwénaél, LEROUX, Estelle, ASLANIAN, Daniel, DOS REIS, Antonio Tadeu, MOCOCHAIN, Ludovic, DUMURDŽANOV, Nikola, ZAGORCHEV, Ivan, LESIĆ, Vesna, TOMIĆ, Dragana, ÇAĞATAY, M. Namik, BRUN, Jean-Pierre, SOKOUTIS, Dimitrios, CSATO, Istvan, UCARKUS, Gülsen et ÇAKIR, Ziyadin, « A Two-Step Process for the Reflooding of the Mediterranean after the Messinian Salinity Crisis », *Basin Research*, 24, 2, 2012, p. 125-153.
- BLANC, Paul-Louis, « The Opening of the Plio-Quaternary Gibraltar Strait: Assessing the Size of a Cataclysm », *Geodinamica Acta*, 15, 2002, p. 303-317.
- CIESM (ROVERI, Marco, KRIJGSMAN, Wout, SUC, Jean-Pierre, LUGLI, Stefano, LOFI, Johanna, SIERRA, Francisco J., MANZI, Vinicio, FLECKER, Rachel...), « Executive Summary », in Frédéric Briand (dir.), *The Messinian Salinity Crisis from Mega-Deposits to Microbiology – A Consensus Report*, CIESM, « Workshop Monographs, 33 », 2008, p. 7-28.
- CLAUZON, Georges, SUC, Jean-Pierre, GAUTIER, François, BERGER, André et LOUTRE, Marie-France, « Alternate Interpretation of the Messinian Salinity Crisis: Controversy Resolved? », *Geology*, 24, 4, 1996, p. 363-366.
- FAUQUETTE, Séverine, SUC, Jean-Pierre, BERTINI, Adele, POPESCU, Speranta-Maria, WARNY, Sophie, BACHIRI TAOUFIQ, Naima, PEREZ VILLA, Maria-Jesus, CHIKHI, Hafida, SUBALLY, Danica, FEDDI, Najat, CLAUZON, Georges et FERRIER, Jacqueline, « How Much did Climate Force the Messinian Salinity Crisis? Quantified Climatic Conditions from Pollen Records in the Mediterranean Region », *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238, 1-4, 2006, p. 281-301.
- GILLET, Hervé, LERICOLAIS, Gilles et RÉHAULT, Jean-Pierre, « Messinian Event in the Black Sea: Evidence of a Messinian Erosional Surface », *Marine Geology*, 244, 2007, p. 142-165.
- HSÜ, Kenneth J., CITA, Maria B. et RYAN, William B. F., « The Origin of the Mediterranean Evaporites », in Leg 13, éd. par A. G. Kaneps, *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, US Government Printing Office, 13, 2, 1973, p. 1203-1231.

923

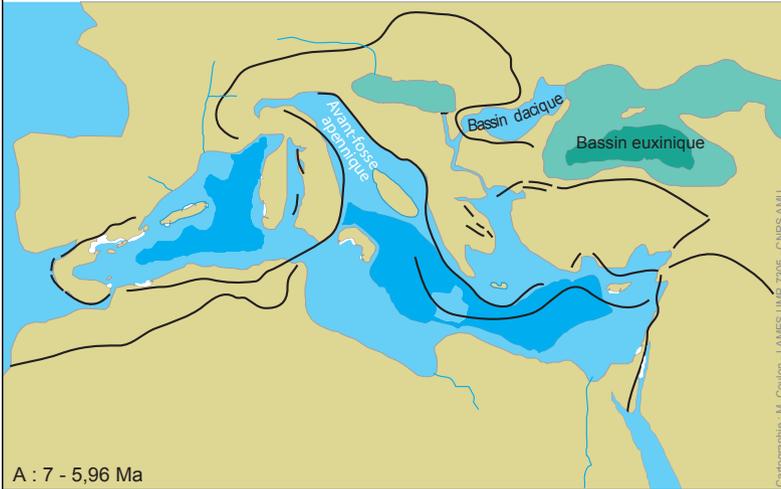
MESSINIEN

- MURPHY, Lisa N., KIRK-DAVIDOFF, Daniel B., MAHOWALD, Natalie et OTTO-BLIESNER, Bette L., « A Numerical Study of the Climate Response to Lowered Mediterranean Sea Level during the Messinian Salinity Crisis », *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 279, 2009, p. 41-59.
- NÉRAUDEAU, Didier et SAINT-MARTIN, Jean-Paul, « La Méditerranée à sec », *La Recherche*, hors série, 11, *La Terre*, 2003, p. 52-55.
- POPESCU, Speranta-Maria, DALESME, Florent, JOUANNIC, Gwénaél, ESCARGUEL, Gilles, HEAD, Martin J., MELINTE-DOBRINESCU, Mihaela Carmen, SÜTŐ-SZENTAI, Mária, BAKRAC, Koraljka, CLAUZON, Georges et SUC, Jean-Pierre, « *Galeacysta etrusca* Complex, Dinoflagellate Cyst Marker of Paratethyan Influxes into the Mediterranean Sea before and after the Peak of the Messinian Salinity Crisis », *Palynology*, 33, 2, 2009, p. 105-134.

# Messinien : périodes A et B



Cartographie : M. Couzon - LAMES UMR 7305 - CNRS AMU

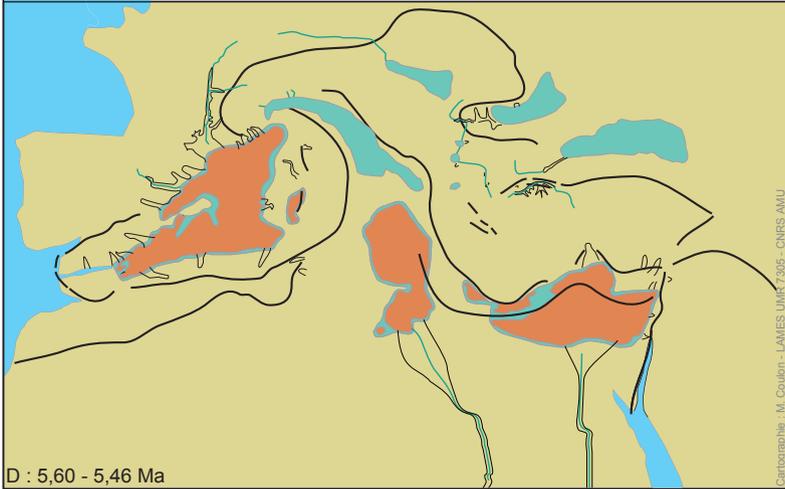


Cartographie : M. Couzon - LAMES UMR 7305 - CNRS AMU

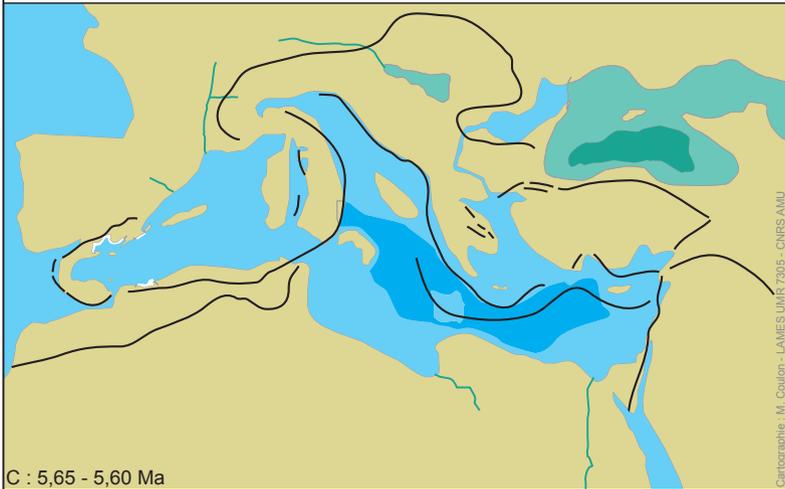
Domaines			
	terrestre		hypersalin
	d'eau douce		marin
			s'approfondissant
			Récif corallien
			Fleuve
			Canyon fluvialite
			Structure tectonique majeure

Sources : J.-P. Suc et S.-M. Popescu ; ESR1

Messinien : périodes C et D



Cartographie : M. Coulin - LAMES UMR 7305 - CNRS AMU



Cartographie : M. Coulin - LAMES UMR 7305 - CNRS AMU



# Messinien : périodes E et F

