

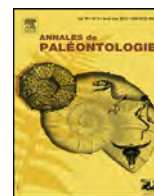


Disponible en ligne sur

**ScienceDirect**  
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

**EM|consulte**  
www.em-consulte.com



Article original

# Évolution des microfaunes pléistocènes le long de la bordure sud du lac de Bizerte (coupe de Sidi Mansour, Nord-est de la Tunisie) : interprétation paléoenvironnementale



*Pleistocene microfauna evolution along the southern side of the Bizerte Lake (Sidi Mansour section, northeast Tunisia): Palaeoenvironmental interpretation*

Sameh Bejaoui<sup>a</sup>, Francesco Sciuto<sup>b,\*</sup>, Narjess Karoui-Yaakoub<sup>a</sup>, Agatino Reitano<sup>c</sup>, Nebiha Bel Haj Ali<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Département des Sciences de la Terre Jarzouna, faculté des sciences, université de Bizerte, université de Carthage, Bizerte 7021, Tunisie

<sup>b</sup> Department of Biological, Geological and Environmental Sciences–Earth Sciences Section (Palaeoecological Research Group), University of Catania, Corso Italia, 55, 95129 Catania, Italie

<sup>c</sup> Musée d'Histoire Naturelle, via degli Studi 9, 97013 Comiso, Italie

<sup>d</sup> Département des sciences de la terre, faculté des sciences de Tunis, université de Tunis El Manar, 2092 Tunis, Tunisie

## INFO ARTICLE

Historique de l'article :

Reçu le 1<sup>er</sup> juin 2016

Accepté le 9 août 2016

Mots clés :

Évolution paléoenvironnementale

Milieu marin

Milieu lagunaire

Ostracodes

Foraminifères

Pléistocène

Tunisie

Keywords:

Palaeoenvironmental evolution

Marine environment

Lagoon environment

Hypersaline environment

Ostracods

Foraminifers

Pleistocene

Tunisia

## RÉSUMÉ

Nous avons étudié les associations d'ostracodes et de foraminifères benthiques d'une série sédimentaire d'âge Pléistocène inférieur affleurant à Sidi Mansour le long de la rive sud du lac de Bizerte (Tunisie). L'analyse microfaunistique des échantillons a permis de reconstituer l'évolution du paléoenvironnement de cette région de Tunisie septentrionale au cours du Pléistocène. Ainsi le paléoenvironnement a évolué depuis un milieu lagunaire peu profond et ouvert sur la mer, à la base de la série, vers des environnements progressivement moins profonds, de transition et saumâtres, dans les niveaux intermédiaires, jusqu'aux environnements hypersalins et monotypiques (sebkha). Au sommet de la série, le paléoenvironnement redevient marin côtier et peu profond.

© 2016 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## ABSTRACT

We studied ostracod associations and benthic foraminifera of an Early Pleistocene sedimentary succession cropping out at Sidi Mansour along the southern side of the Bizerte Lake (Tunisia). The microfaunistic analysis allowed us to reconstruct the evolution of the palaeoenvironment during the Pleistocene in this region of northern Tunisia. Thus, the palaeoenvironment evolved from a shallow water lagoon open to the sea, represented in the basal levels of the section, towards progressively shallower environments, from transitional and brackish in the intermediate levels, to hypersaline and monotypic environments (sebkha) in the upper levels. Towards the top of the series the palaeoenvironmental conditions become again coastal and shallow marine.

© 2016 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

## 1. Introduction

La répartition écologique de la faune benthique marine dépend non seulement des facteurs biotiques, mais aussi de plusieurs paramètres physicochimiques et climatiques de l'environnement. En

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : fsciuto@unict.it (F. Sciuto).

conséquence, certains organismes ou groupes d'organismes, tels que certaines espèces ou groupes d'espèces d'ostracodes, sont considérés comme représentatifs de conditions écologiques spécifiques dans les milieux actuels car présentant un large éventail d'adaptations écologiques et pouvant être typiquement marin, d'eau saumâtre ou d'eau douce.

Dans les environnements franchement marins, la répartition des ostracodes dépend de plusieurs facteurs qui varient avec la profondeur comme la température de l'eau, la salinité, le substrat végétal, la texture des sédiments du fond, l'énergie hydrodynamique locale, la disponibilité en nourriture et en oxygène. Dans ce contexte, il est possible de distinguer des espèces et/ou groupes d'espèces qui sont respectivement typiques des milieux infralittoral, circalittoral, bathyal et intermédiaires (Guernet et Lethiers, 1989 ; Montenegro et al., 1996 ; Smith et Horne, 2002).

Dans les milieux côtiers deltaïques, la distribution des ostracodes dépend presque exclusivement de la salinité (Carbonel, 1987 ; Hoibian et al., 2000 ; Smith et Horne, 2002, inter alia). Ce paramètre devient encore plus important dans les bassins d'eaux continentales ou littorales où le niveau de l'eau et l'existence même du bassin dépendent de l'équilibre entre les flux des eaux alimentés par les précipitations et les fleuves et les pertes par l'évaporation et donc, plus généralement, des conditions climatiques (Boomer et al., 1996). Dans ce contexte, conformément à Boomer et al. (1996), on peut distinguer les ostracodes qui ont une affinité pour l'eau douce mais qui sont capables de résister à un certain degré d'influence saumâtre, les ostracodes qui ont une affinité pour l'eau de mer mais qui peuvent être considérés euryhalins et, enfin, un ostracode, *Cyprideis torosa*, qui est considéré holoeuryhalin (Frenzel et Boomer, 2005) capable de survivre à des variations de salinité considérables (0–60‰).

Sur la base d'une interprétation actualiste, les ostracodes peuvent donc être utilisés pour reconstituer les paléoenvironnements anciens et permettent de suivre l'évolution d'un environnement marin vers des environnements de transition et/ou continentaux (Frenzel et Boomer, 2005 ; Gliozzi et Grossi, 2008 ; Mischke et Holmes, 2008 ; Zaïbi et al., 2011 ; Sciuto et al., 2015b).

Dans la présente étude, qui comprend l'analyse de la microfaune d'ostracodes et de foraminifères benthiques, la méthode proposée par les auteurs précédemment cités a été adoptée afin de définir l'évolution du bassin sédimentaire de Sidi Mansour au Pléistocène inférieur via la série sédimentaire affleurant le long la bordure Sud du lac de Bizerte (région de Manzel Bourguiba, Nord-Est de la Tunisie).

## 2. Matériel et méthodes

La région de la rive sud du lac de Bizerte (Nord-est de la Tunisie, Fig. 1, 2) est géologiquement caractérisée par des formations sédimentaires qui s'étalent du Messinien à l'Actuel (Fekih, 1975). Les sédiments quaternaires se sont déposés en discordance au-dessus de tous les terrains sédimentaires antérieurs (Messinien et Pliocène) affleurant autour du lac. Ils peuvent être différenciés en deux faciès : le premier, sous-jacent, est marin et constitué par des grès et des sables (Formation Porto Farina), le second est continental et formé par des paléosols et des éboulis.

La présente étude est consacrée à une succession sédimentaire de 7,50 m d'épaisseur (Fig. 3, 4), affleurant à Sidi Mansour sur la rive sud du Lac de Bizerte (Lat. 37° 08' 06,19" ; Long. 9°53' 28,47").

Pour l'analyse de la faune, 17 échantillons ont été prélevés le long la coupe (Fig. 4).

À partir de chaque échantillon, une aliquote de 300 g de sédiment a été lavée et séchée. Les échantillons renfermant une microfaune très abondante ont été subdivisés en quatre fractions dont une seule a été analysée. Les microfossiles ont été regroupés en catégories d'abondance (Tableaux 1 et 2).

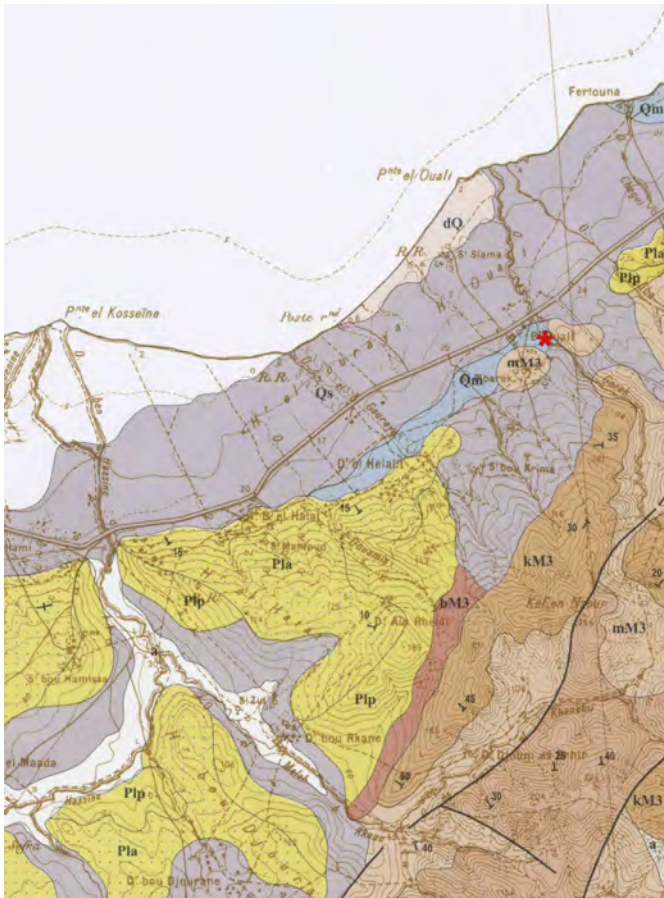
Les spécimens d'ostracodes et de foraminifères étudiés ont été choisis à partir de la fraction supérieure à 63 microns. Ils ont été déterminés à l'échelle de l'espèce lorsque cela était possible. Les espèces d'ostracodes ont été plus particulièrement examinées, et mesurées sous un stéréomicroscope. Certains spécimens ont été photographiés en utilisant un microscope électronique à balayage LMU Tescan Vega II. Le matériel fossile est conservé à la faculté des Sciences de Bizerte.

L'interprétation paléoécologique, ainsi que la distinction entre les espèces autochtones et les espèces allochtones, ont été réalisées en tenant compte de l'information autoécologique des espèces survivant actuellement, et sur la base des données de la littérature et notamment des synthèses de Guernet et Lethiers (1989), Montenegro et al. (1996) et Smith et Horne (2002). Pour les espèces éteintes, des déductions ont été faites sur la base des caractères des taxa analogues du même genre. Les ostracodes ont ainsi été regroupés en associations selon leur répartition actuelle dans les différentes zones du domaine benthique, définies par Pérès et Picard (1964) et appliquées avec succès à l'interprétation des communautés fossiles (Di Geronimo, 1985 ; Di Geronimo et al., 1994).

Les associations d'ostracodes ont donc été classées en groupes d'espèces respectivement typiques de l'étage infralittoral, de l'étage circalittoral et de milieux de transition. Un groupe supplémentaire



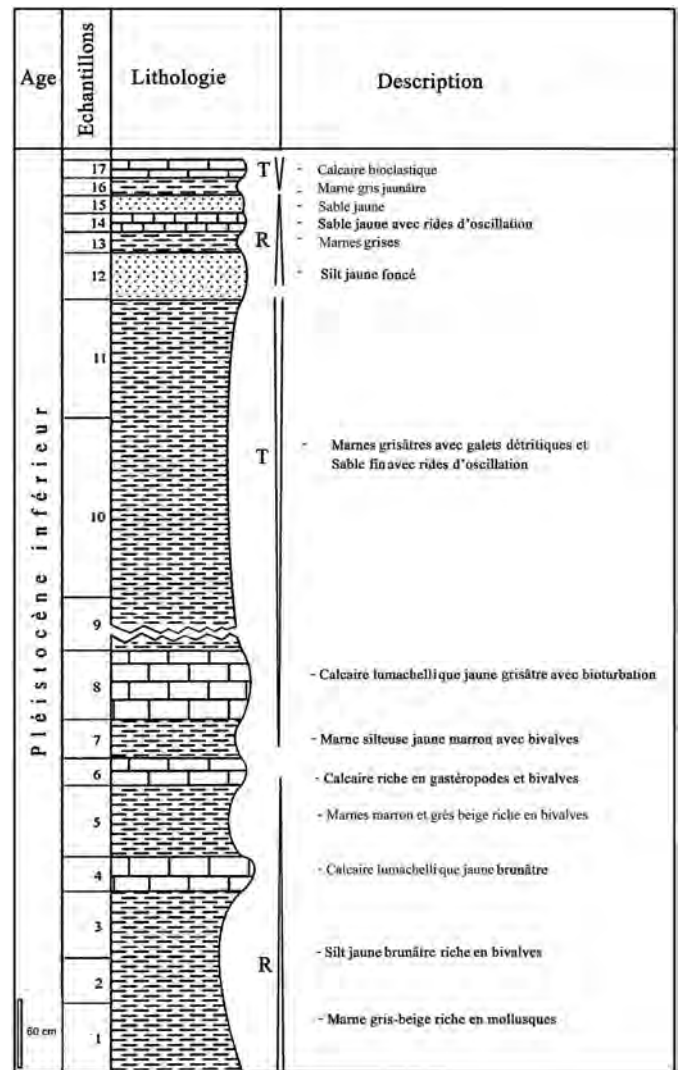
Fig. 1. Localisation géographique de la coupe étudiée.  
Location of the study area.



**Fig. 2.** Carte géologique de la région de Sidi Mansour et localisation de la coupe (\*) (d'après Carte géologique de la Tunisie échelle 1:50 000). a : alluvions récentes, dQ : dunes côtières récentes, Qs : sols anciens, Qm : grès et sables, Pla : grès fossilifères, Plp : marnes grises, bM3 : marnes gypseuses, KM3 : marnes et grès, mM3 : marnes gypseuses grises.  
 Geological map of the Sidi Mansour area and localization of the section (\*) (from geological map of Tunisia 1:50,000). a: recent alluvium, dQ: recent coastal dunes, Qs: ancient soils, Qm: sandstone and sand, Pla: fossiliferous sandstone, Plp: gray marl, bM3: gypsum marl, KM3: marl and sandstone, mM3: gypsum gray marl.



**Fig. 3.** Vue générale de l'affleurement de Sidi Mansour et localisation de la coupe. Les nombres correspondent aux échantillons.  
 General view of the Sidi Mansour hill and location of the section with samples numbers.



**Fig. 4.** Stratigraphie de la coupe de Sidi Mansour. Les flèches indiquent les cycles régressifs (R)–transgressifs (T).  
 Stratigraphic log of the Sidi Mansour section. The arrows show transgressive (T)–regressive (R) cycles.

qui inclut les espèces sans signification particulière et/ou mal représentées et les espèces remaniées a été ajouté.

### 3. Résultats

La série débute par 1,50 m de marnes grises riches en gastéropodes et en lamellibranches, souvent en moules internes. La faune est dominée par *Glycymeris* sp., *Ostrea* sp., *Clamys* sp., *Lucinoma* sp., *Sinum halioideoideum* (Linnaeus, 1758). Ces fossiles sont des marqueurs de la transgression du Pliocène inférieur.

Vers le haut, se dépose une alternance de calcaires à lumachelle et de marnes, épaisse de 1,50 m, suivie de 2,20 m de marnes grisâtres. Au sommet, une alternance de silts et de marnes épaisses d'environ 1,50 m est visible.

Les sédiments examinés contiennent des grains de sable de dimensions variables, presque exclusivement fins à très fins, et du limon. Le teneur en argile est généralement très faible. Ces sédiments ont une proportion variable d'éléments terrigènes et biogènes. La composante terrigène est principalement constituée de grains de quartz de forme arrondie. Les carbonates sont exclusivement biogéniques et se composent de tests de foraminifères, de



**Tableau 1**

Liste des ostracodes : \* rare, &lt; 5 ; \*\* peu fréquent, &gt; 5 &lt; 10 ; \*\*\* fréquent, &gt; 10 &lt; 50 ; \*\*\*\* abondant, &gt; 50.

List of the ostracods: \* rare, &lt; 5; \*\* infrequent, &gt; 5 &lt; 10; \*\*\* frequent, &gt; 10 &lt; 50; \*\*\*\* abundant, &gt; 50.

Espèces échantillons	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>Acanthocythereis hystrix</i>	*		*					*	**	*							*
<i>Aurila cephalonica</i>								*									*
<i>Aurila</i> cf. <i>A. puncticrucciata</i>			*														
<i>Aurila cruciata</i>					*												
<i>Aurila</i> gr. <i>convexa</i>					*			*	*	*	*						
<i>Aurila hesperiae</i>											*						
<i>Aurila</i> gr. <i>punctata</i>			**														
<i>Aurila puncticrucciata</i>					*												
<i>Aurila</i> sp.			*				*										
<i>Bairdia mediterranea</i>									*	*							
<i>Bairdia formosa</i>									*								
<i>Bythocythere puncticulata</i>	*																
<i>Callistocythere</i> sp.	*																
<i>Callistocythere</i> cf. <i>flavidofusca</i>							*										
<i>Carinocythereis carinata</i>					*												
<i>Carinocythereis whitei</i>	*				*		*										*
<i>Celtia cephalonica</i>					*		*										
<i>Celtia rugosa</i>			*		*												
<i>Celtia</i> sp. 1					*												
<i>Cimbourila cimbaeformis</i>	*		*		***		*	*	*	*							***
<i>Cistacythereis cebrenidos</i>					*		*										
<i>Cistacythereis</i> sp.											*						
<i>Cistacythereis carthaginensis</i>								*	*		*						
<i>Costa batei</i>	*	*	*		*			*	*								*
<i>Cyprideis torosa</i>								*				****	**		*	*	*
<i>Cytherella circumpunctata</i>											*						*
<i>Cytherella</i> sp. 1	*																
<i>Cytherella scutulum</i>					*												
<i>Cytherella vandenboldi</i>					*												
<i>Cytherella vulgatella</i>							*										
<i>Cytheretta adriatica</i>	*																
<i>Cytheridea neapolitana</i>	*		*		*												
<i>Falunia</i> cf. <i>rugosa</i>								*									
<i>Kroemmelbeinella coae</i>					*												
<i>Loculicytheretta pavonia</i>			*		*				*	*							
<i>Protocytheretta obtusa</i>	*				*												
<i>Loxoconcha</i> spp.	**	*															
<i>Loxoconcha minima</i>							**										
<i>Loxoconcha tumida</i>	*																
<i>Miocyprideis italiana</i>			*		**		*	*	*								*
<i>Mutilus laticancellatus</i>	*		*		**		*	*	***	***	*						*
<i>Candonopsis</i> sp.					*		*	*	*		*						
<i>Ruggieria tetraptera</i>			*		*			*	*								*
<i>Semicytherura</i> cf. <i>robusta</i>					*												
<i>Semicytherura</i> cf. <i>sulcata</i>							*										
<i>Tenedocythere salebrosa</i>	*		*		*			*	**	**	***						*
<i>Triebelina raripila</i>	*																
<i>Urocythereis favosa</i>			*														*
<i>Verrucocythereis bulbospinata</i>	*		*					*	*	**							*
<i>Xestoleberis communis</i>					*				*								
<i>Xestoleberis dispar</i>	*						*										
<i>Xestoleberis plana</i>	*																

valves d'ostracodes, de fragments de bryozoaires et de mollusques, et des radioles d'échinides. Les ostracodes et les foraminifères sont souvent bien préservés alors que la majorité de la macrofaune est extrêmement fragmentée et usée et indéterminable ; seulement deux échantillons (8, 10) ont montré une malacofaune abondante et bien conservée.

L'analyse micropaléontologique de la coupe de Sidi Mansour a permis d'identifier 52 espèces d'ostracodes appartenant à environ 27 genres (Tableau 1) et 17 espèces de foraminifères appartenant à 13 genres (Tableau 2). Dans le Tableau 3, sont indiquées les espèces de mollusques récoltées dans l'échantillon 10.

La faune d'ostracodes est plutôt pauvre à la fois qualitative-ment et quantitativement. Les échantillons montrent une richesse spécifique faible, variable entre 1 et 23. En général il n'y a aucune correspondance entre abondance et richesse spécifique. L'échantillon le plus riche en spécimens est aussi le plus pauvre en espèces (12).

En comparant les associations d'ostracodes (Tableau 1), il est possible de distinguer quatre groupes d'échantillons qui peuvent être rapportés à quatre parties de la coupe.

Les cinq premiers échantillons prélevés dans la partie inférieure de la coupe livrent 100 spécimens répartis en 38 espèces, dont les plus fréquentes et les plus abondantes sont *Cimbourila cimbaeformis* (Seguenza, 1883), *Cytheridea neapolitana* (Kolmann, 1960), *Mutilus laticancellatus* (Neviani, 1928), et *Miocyprideis italiana* Moos, 1962. Les espèces les moins abondantes et les moins fréquentes sont *Carinocythereis whitei* (Baird, 1850), *Acanthocythereis hystrix* (Reuss, 1850), *Costa batei* (Brady, 1866), *Ruggieria* sp.1, *Tenedocythere salebrosa* (Uliczny, 1969). En outre, il existe d'autres espèces (Tableau 1) qui sont très rares et représentées par un seul spécimen.

Le deuxième groupe, représenté par les échantillons 7 à 11, contient 100 spécimens répartis en 30 espèces. Les espèces les plus abondantes et les plus fréquentes sont *Mutilus laticancellatus* et *T. salebrosa*, avec *A. hystrix* (Reuss, 1850) en moindre proportion.

**Tableau 2**

Liste des foraminifères : \* rare, < 5 ; \*\* peu fréquent, > 5 < 10 ; \*\*\* fréquent, > 10 < 50 ; \*\*\*\* abondant, > 50.  
 List of the foraminifers: \* rare, < 5; \*\* infrequent, > 5 < 10; \*\*\* frequent, > 10 < 50; \*\*\*\* abundant, > 50.

Espèces échantillons	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>Asterorotalia gaimardi</i> (d'Orbigny, 1826)	**		***				*	*		***	****						
<i>Elphidium maioricense</i> Colom, 1942	***		****		****		**			****	****						
<i>Adelosina longirostra</i> (d'Orbigny, 1846)					****					*	**						****
<i>Quinqueloculina bosci</i> d'Orbigny, 1839.										*	*						
<i>Quinqueloculina vulgaris</i> d'Orbigny, 1826										*	*						
<i>Eponides repandus</i> (Fichtel et Moll, 1798)	*		*					*		*	*						
<i>Fursenkoina schreibersiana</i> (Czjzek, 1848)			*							*	*						
<i>Cibicidoides cicatricosus</i> (Schwager, 1866)										*	*						
<i>Cancris auriculus</i> (Fichtel et Moll, 1798)					*					*	*						
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker et Jacob, 1798)										*	**						*
<i>Elphidium fabum</i> (Fichtel et Moll, 1798)	*				*												*
<i>Amphistegina lessonii</i> d'Orbigny in Guerin-Meneville, 1843								*									
<i>Discorbina planorbis</i> (d'Orbigny, 1846)								*									
<i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny, 1826								*									
<i>Guttulina</i> sp.										*							
<i>Rosalina obtusa</i> d'Orbigny, 1846										*							
<i>Cibicides refulgens</i> de Montfort, 1808										*							*

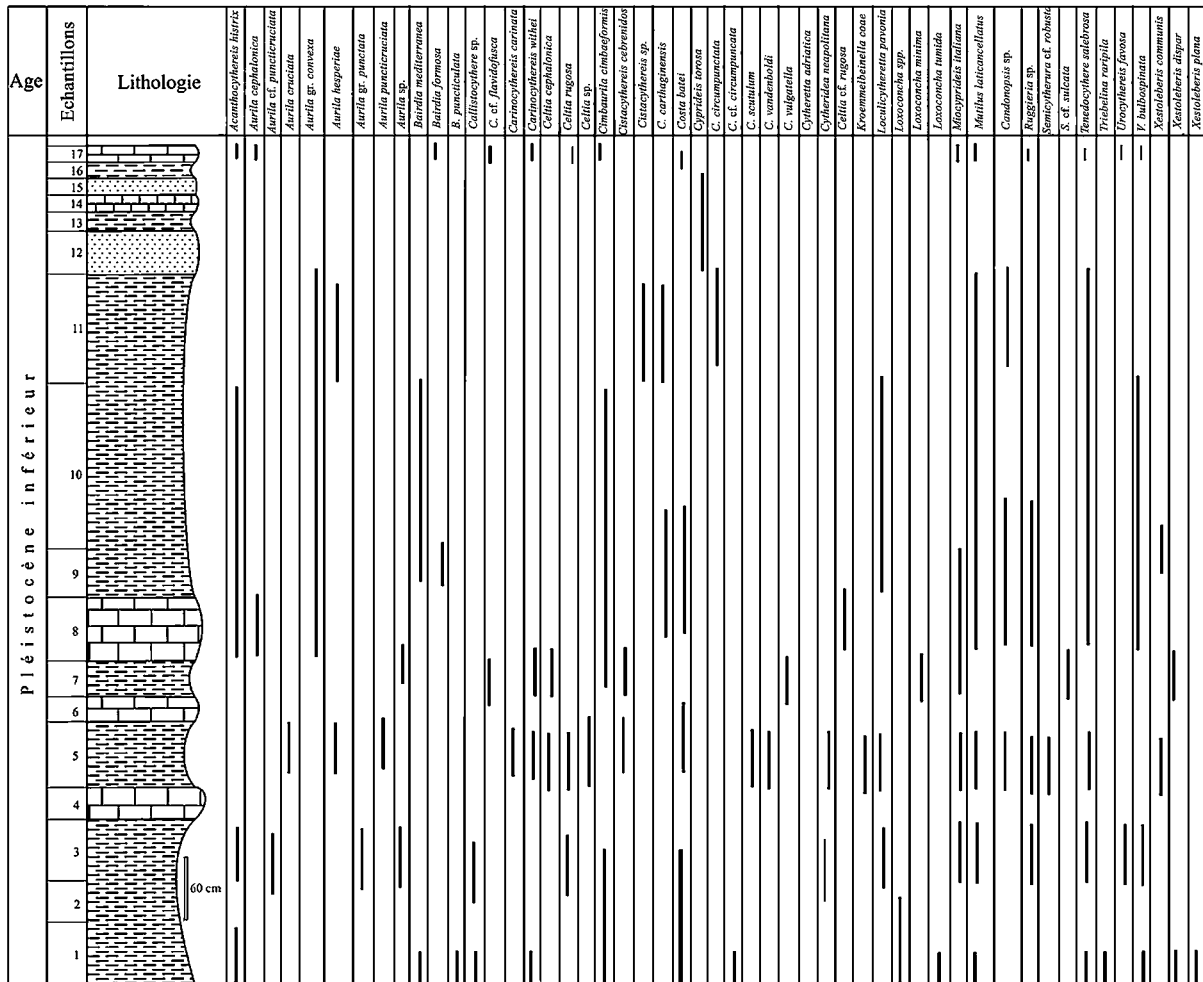
La troisième partie de la coupe, qui correspond à l'intervalle des échantillons 12 à 16, montre une seule espèce dominante et très abondante : *Cyprideis torosa*.

Le sommet de la coupe, qui correspondant à l'échantillon 17, comprend 13 espèces parmi lesquelles *C. cimbaeformis* est la plus abondante.

Les foraminifères de la coupe de Sidi Mansour sont peu nombreux et faiblement diversifiés (Tableau 2). Les espèces benthiques

sont présentes dans les échantillons 1, 3, 5, 7, 8, 10, 11 et 17 alors que les espèces planctoniques sont presque totalement absentes le long de la coupe.

Les foraminifères benthiques (Fig. 6) sont surtout représentées par *Asterorotalia gaimardi* (d'Orbigny, 1826), *Elphidium maioricense* Colom, 1942 et *Adelosina longirostra* (d'Orbigny, 1846) qui sont abondants jusqu'à l'échantillon 11, les autres espèces sont rares ou peu abondantes. À partir du dernier échantillon (17) du sommet



**Fig. 5.** Répartition des ostracodes dans la série sédimentaire de Sidi Mansour.  
*Ostracod distribution in the Sidi Mansour section.*

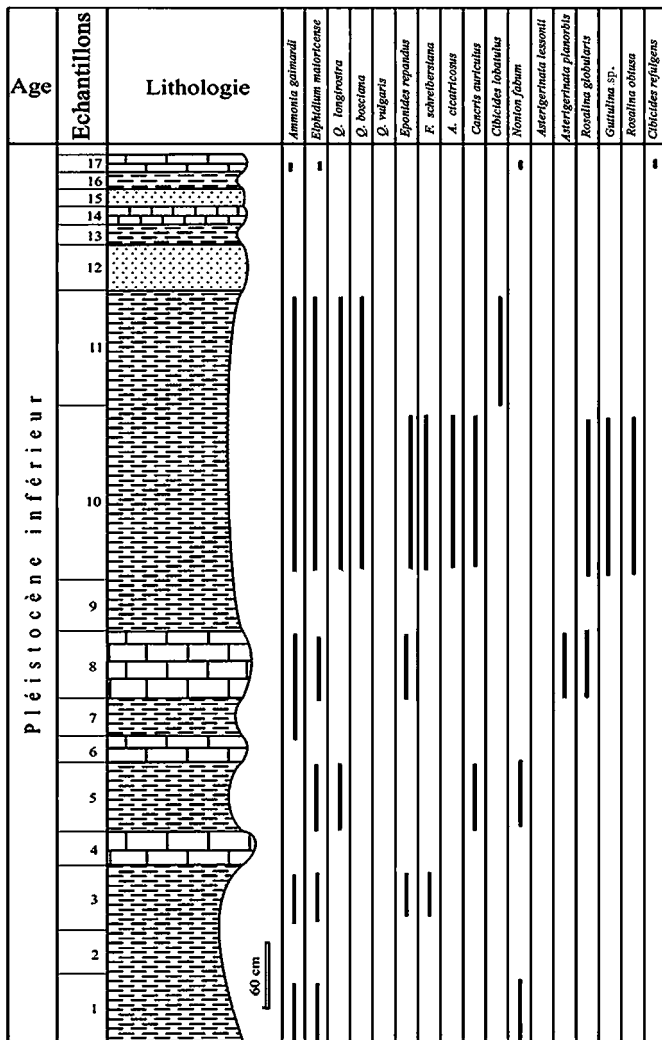


Fig. 6. Répartition des foraminifères dans la série sédimentaire de Sidi Mansour.  
Foraminifer distribution in the Sidi Mansour section.

Tableau 3

Liste des mollusques de l'échantillon 10.

List of the molluscs of the sample 10.

<i>Acanthochitona fascicularis</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Haliotis</i> sp.,
<i>Aclis ascaris</i> (Turton, 1819)	<i>Hexaplex truncatulus</i> (Foresti, 1868)
<i>Acteocina knockeri</i> (Smith E.A., 1872)	<i>Jujubinus</i> sp.
<i>Aequipecten opercularis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Lembulus pellus</i> (Linnaeus, 1767)
<i>Alvania</i> cfr. <i>obliquistoma</i>	<i>Limea crassa</i> (Forbes, 1844)
<i>Alvania</i> sp. 1	<i>Mangelia</i> sp.
<i>Alvania</i> sp. 2	<i>Megastomia conoidea</i> (Brocchi, 1814)
<i>Anadara</i> sp.	<i>Mitrella</i> sp.
<i>Arca noae</i> Linnaeus, 1758	<i>Mitromorpha</i> sp.
<i>Aspella anceps</i> (Lamarck, 1822)	<i>Monophorus</i> sp.
<i>Bittium spina</i> Partsch, 1856	<i>Muricopsis cristatus</i> (Brocchi, 1814)
<i>Bolma</i> cfr. <i>rugosa</i>	<i>Nassarius</i> cfr. <i>cuvieri</i> (Payraudeau, 1827)
<i>Cerithiopsis</i> sp.	<i>Odostomia</i> sp.
<i>Cerithium varicosum</i> (Brocchi, 1814)	<i>Parthenina</i> sp.
<i>Cerithium vulgatum</i> Bruguiere, 1792	<i>Payraudeautia intricata</i> (Donovan, 1804)
<i>Chauvetia turritellata</i> (Deshayes, 1835)	<i>Plicatula mytilina</i> Philippi, 1836
<i>Clanculus jussieui</i> (Payraudeau, 1827)	<i>Ringicula auriculata</i> (Menard de la Groye, 1811)
<i>Clavatula</i> cfr. <i>rustica</i> (Brocchi, 1814)	<i>Rissoa</i> sp. 1
<i>Colubraria reticulata</i> (de Blainville, 1829)	<i>Rissoa</i> sp. 2
<i>Conus</i> cfr. <i>mediterraneus</i> Hwass, 1792	<i>Rissoina bruguieri</i> (Payraudeau, 1826)
<i>Crassispira</i> sp.	<i>Tenagodus obtusus</i> (Schumacher, 1817)
<i>Gibberula</i> sp. 1	<i>Tricolia tenuis</i> (Michaud, 1829)
<i>Gibberula</i> sp. 2	<i>Turbonilla</i> sp.
<i>Gibbula guttadauri</i> (Philippi, 1836)	<i>Turritella decipiens</i> Monterosato, 1878
<i>Gibbula</i> sp.	<i>Turritella erronea</i> Friedberg, 1914 ex Cossmann ms.
<i>Gibbula substrigosa</i> (d'Orbigny, 1852)	<i>Typhinellus labiatus</i> (De Cristofori et Jan, 1832)
<i>Granulina</i> cfr. <i>boucheti</i> Gofas, 1992	<i>Vexillum tricolor</i> (Gmelin, 1790)
<i>Granulina clandestina</i> (Brocchi, 1814)	<i>Volvarina mitrella</i> (Risso, 1826)

de la coupe, apparaît une association caractérisée par l'abondance des deux espèces *A. longirostra* et *Q. bosciiana* d'Orbigny, 1839.

Parmi les très rares foraminifères planctoniques, ont été reconnues les espèces *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny, 1839), *Globigerinoides elongatus* (d'Orbigny, 1839), *Globigerina apertura* Cuschman, 1918 et *Globorotalia inflata* (d'Orbigny, 1839) (échantillons 1, 3, 10).

#### 4. Discussion

Selon les associations d'ostracodes trouvées, il est possible de subdiviser la coupe de Sidi Mansour en au moins quatre parties.

Dans la partie inférieure (échantillons 1–6), ont été trouvés principalement un groupe d'espèces d'ostracodes typiques des niveaux plus superficiels de l'étage infralittoral et un groupe d'espèces dont l'habitat s'étend jusqu'à des niveaux un peu plus profonds du type circalittoral supérieur. Le premier groupe contient les espèces *Cytheretta adriatica* Ruggieri, 1952, *C. batei* (Brady, 1866), *Kroemmelbeinella coae* Mostafawi, 1983 (Fig. 7, E–F), *Loculicytheretta pavonia* (Brady, 1866), *Triebelina raripila* Muller, 1894, *M. italiana* Moos, 1962 (Fig. 7, J). *K. coae* est actuellement présente dans la Méditerranée orientale et en Afrique de l'Ouest. Cette espèce est typique des milieux peu profonds et/ou intertidaux (Keen, 2004), et est connue du Pliocène supérieur jusqu'à l'Actuel (Mostafawi, 1983, Sciuto et al., 2003). *L. pavonia* vit actuellement dans les eaux côtières peu profondes (0–13 m) de la Méditerranée et est connue du Pliocène jusqu'à l'Actuel (Bossio, 1992; Külköylüoğlu et al., 2005).

Une autre espèce, *M. italiana*, est très intéressante sur le plan paléoécologique. Le genre semble vivre actuellement dans les eaux peu profondes des côtes atlantiques des régions africaines tropicales, mais on ne peut exclure que les spécimens trouvés le long de la côte atlantique du Sénégal aient été transportés à partir de l'estuaire du Sine Saloum (Carbonnel, 1985). Aujourd'hui, l'espèce n'existe plus en région méditerranéenne. Elle n'a pas survécu au refroidissement climatique qui a eu lieu à la limite Plio-Pléistocène (Lisiecki et Raymo, 2007). Sa présence dans le Pléistocène de Tunisie pourrait donc indiquer un climat local plus chaud qu'aujourd'hui (Aiello et al., 2005).



**Fig. 7.** Espèces d'ostracodes représentatives de la série sédimentaire de Sidi Mansour. Abréviations utilisées. VD : valve droite, VG : valve gauche, VI : vue interne. A. *Cytherella circumpunctata* Ciampo, 1976, VD, RV. B. *Cytherella* sp.1, VD, RV. C. *Anchistrocheles* sp. 1, VD, RV. D. *Anchistrocheles* sp. 1, VD, VI, RV, IV. E. *Kroemmelbeinella coae* Mostafawi, 1983, VG, LV. F. *K. coae*, canaux de pores normaux (la barre correspond à 20  $\mu\text{m}$ ). G. *Cyprideis torosa* (Jones, 1850), VG, LV. H. *C. torosa*, VG, VI, LV, IV. I. *C. torosa*, VG, VI, LV, IV. E. J. *Miocyprideis italiana* Moos, 1962, VG, LV. K. *Celta quadridentata* (Baird, 1850), VG, LV. L. *Ruggieria* sp. 1, VG, LV. M. *Ruggieria* sp. 1, VD, RV. N. *Protocytheretta obtusa* Ruggieri, 1962, VD, RV. O. *Protocytheretta obtusa* Ruggieri, 1962, VD, RV. P. *Cimbourila cimbaeformis* (Seguenza, 1883), VD, RV. Q. *Hemicythere (Urocythereis) favosa* (Roemer, 1838), VG, LV. R. *Mutilus laticancellatus* (Neviani, 1928), VG, LV. Quand cela n'est pas indiqué la barre d'échelle correspond à 200  $\mu\text{m}$ .

Representative ostracod species of the sedimentary succession of Sidi Mansour. Used abbreviations. RV: right valve, LV: left valve, IV: internal view. A. *Cytherella circumpunctata* Ciampo, 1976, VD, RV. B. *Cytherella* sp.1, VD, RV. C. *Anchistrocheles* sp. 1, VD, RV. D. *Anchistrocheles* sp. 1, VD, VI, RV, IV. E. *Kroemmelbeinella coae* Mostafawi, 1983, VG, LV. F. *K. coae*, Sieve porecanals (scale bar corresponds to 20  $\mu\text{m}$ ). G. *Cyprideis torosa* (Jones, 1850), VG, LV. H. *C. torosa*, VG, VI, LV, IV. I. *C. torosa*, VG, VI, LV, IV. J. *Miocyprideis italiana* Moos, 1962, VG, LV. K. *Celta quadridentata* (Baird, 1850), VG, LV. L. *Ruggieria* sp. 1, VG, LV. M. *Ruggieria* sp. 1, VD, RV. N. *Protocytheretta obtusa* Ruggieri, 1962, VD, RV. O. *Protocytheretta obtusa* Ruggieri, 1962, VD, RV. P. *Cimbourila cimbaeformis* (Seguenza, 1883), VD, RV. Q. *Hemicythere (Urocythereis) favosa* (Roemer, 1838), VG, LV. R. *Mutilus laticancellatus* (Neviani, 1928), VG, LV. When it is not indicated the scale bar corresponds to 200  $\mu\text{m}$ .

Le deuxième groupe comprend surtout des espèces qui sont réparties tout au long de la coupe ; elles sont abondantes et représentées par *Aurila* gr. *punctata*, *C. cimbaeformis* (Seguenza, 1882), *Mutilus laticancellatus*, *Loxoconcha* spp. *C. neapolitana*, et *T. salebrosa*.

Parmi toutes ces espèces, *C. cimbaeformis* (Seguenza, 1883) (Fig. 7, P) ne vit plus en Méditerranée, mais dans le Pliocène d'Emilie caractérise toujours les sédiments déposés dans des environnements marins peu profonds. Elle a été récemment observée dans la série Pliocène-Pléistocène de Monte Mario (Faranda et Gliozzi,

2008), dans la série Pléistocène inférieur de Vittoria (Sciuto et al., 2015b) et dans celles de la Sicile sud orientale (Sciuto et Meli, 2015) et Castoreale (Messina et al., 2007).

L'espèce *C. neapolitana* Kollmann, 1960 a été identifié à Bou Ismail Bay (Algérie) à une profondeur de 100 m (Yassini, 1980), dans le plateau tunisien à une profondeur de 24–175 m (Bonaduce et al., 1988), dans l'archipel de la Maddalena à 32 m (Arbulla et al., 2004) ; dans la mer Adriatique, elle a atteint 166 m (Bonaduce et al., 1976) et dans la mer Ionienne jusqu'à 100 m (Sciuto et al., 2015a). Elle caractérise ainsi l'étage infralittoral à circalittoral supérieur.



Sa répartition stratigraphique est Tortonien-Actuel (Guernet, 2005).

Les données recueillies permettent donc de rapporter l'association d'ostracodes découverte dans cette partie de la coupe à un paléoenvironnement à substrats meubles caractérisant des eaux peu profondes et chaudes relatives à l'étage infralittoral (probablement à moins de 20 m de profondeur). Ce type de milieu pourrait être une lagune, ouverte aux influences marines et alimentée par des apports fluviaux, caractérisés par la présence de l'espèce *Candonopsis* sp.

La partie médiane de la coupe (échantillons 7–11) est marquée par une diminution de la diversité spécifique (qui passe de 38 à 30). *Mutilus laticancellatus* (Fig. 7, R), *Verrucocythereis bulbospinata* (Uliczny, 1969), *Acanthocythereis histrix* et *T. salebrosa* prolifèrent et abondent tandis que *C. cimbaeformis*, *M. italiana* sont devenues moins abondantes.

On note la disparition des espèces du genre *Cytherella*, de toutes les espèces du genre *Aurila*, sauf *A. punctata* ainsi que *C. adriatica*, *K. koeae* et *T. raripila*. Les espèces *Cyprideis torosa* (Fig. 7, G–I) et *Cistacythereis carthaginensis* Barra et Bonaduce, 1996, apparaissent pour la première fois, mais elles sont peu nombreuses. La première espèce est répandue dans les lacs, les lagunes, les estuaires, les deltas de toute l'Europe, l'Asie occidentale et centrale, les régions méditerranéennes, et en Afrique (Athersuch et Whittaker, 1989). Elle est très importante sur le plan écologique parce qu'elle est holoeuryhaline, répandue et dominante dans les environnements d'eau peu profonde et saumâtre, mais aussi dans les eaux hypersalines (Herman et Heip, 1982). Dans l'Actuel, c'est l'unique espèce d'ostracode qui peuple le Lac d'Aral (en Asie centrale), lequel a montré au cours des dernières trente années, une augmentation de la salinité de 10 à 20‰ (Boomer et al., 1996).

L'association d'ostracodes trouvée dans cette partie de la coupe indiquerait ainsi une évolution environnementale vers un milieu lagunaire avec des échanges réduits avec la mer.

Cette hypothèse semble également être confirmée par les mollusques de l'échantillon 10 qui peuvent être attribués à des environnements peu profonds de l'étage infralittoral. Les espèces les plus abondantes sont *T. tenuis*, *A. cfr. obliquistoma*, *Anadara* sp. et *A. knockeri*.

La troisième partie de la coupe (échantillons 12–16) est caractérisée par un net changement faunistique. On peut noter l'extinction de tous les taxons précédents exceptés l'espèce *Cyprideis torosa* qui reste très abondante et largement répartie dans presque tous les échantillons (Fig. 8).

L'abondance et la dominance remarquable de *Cyprideis torosa*, seule espèce holoeuryhaline survivante, dénote le caractère instable du milieu qui devait devenir hypersalin (sebkha), et rappelle ainsi les conditions environnementales notées dans le Lac d'Aral par Boomer et al. (1996).

La série de Sidi Mansour se termine par l'échantillon 17, qui est marneux et grisâtre, très riche en fragments de lamellibranches, de gastéropodes, d'ostracodes (à caractère marin dominant), foraminifères benthiques et planctoniques. Parmi les ostracodes, les espèces *C. cimbaeformis* et *M. laticancellatus* sont les plus abondantes. Ces caractères indiquent un retour à des conditions environnementales de type lagune ouverte vers un milieu franchement marin, dont les espèces marines témoignent de l'ouverture du milieu (Carbonel, 1987). La profondeur du bassin serait d'environ 20 m, caractérisant l'étage infralittoral supérieur.

Les foraminifères benthiques associés (*Asterorotalia gaimardi*, *Elphidium maioricense*, *Quinqueloculina boschiana*, *Eponides repandus* (Fichtel et Moll, 1798), *Cibicoides cicatricosus* (Schwager, 1866), *Cibicides lobatulus* (Walker et Jacob, 1798), *Rosalina obtusa* d'Orbigny, 1846, *Cibicides refulgens* de Montfort, 1808, qui sont parfois abondants, confirment bien cette hypothèse puisque la plupart des espèces sont typiques des environnements d'eaux peu profonde

(Murray, 1991). *Cibicides* spp. et *Rosalina* spp. sont des épiphytes souvent limités à la zone photique, où ils vivent sur les macroalgues et sont dépendants de la lumière.

## 5. Considérations stratigraphiques

L'analyse stratigraphique de la coupe de Sidi Mansour est rendue difficile par le caractère littoral détritique et biodétritique des sédiments qui montrent de très rares foraminifères planctoniques. Concernant les ostracodes, la plupart des espèces retrouvées ont une large distribution stratigraphique, s'étendant généralement du Pliocène au Pléistocène ou à l'Actuel (Guernet, 2005). En ce qui concerne les espèces sténothermes comme *M. italiana*, qui semble disparaître de Méditerranée suite au refroidissement du Pléistocène, on ne peut pas exclure leur survie dans des régions climatiques restreintes (cf. Thunell, 1978 ; Khélifi et al., 2014). Des constatactions similaires ont été appliquées aux mollusques exclusifs du Pliocène comme *G. substrigosa*, *T. erronea*, *A. anceps*, *H. truncatulus*, *A. knockeri* qui ont été trouvés mélangés avec la faune du Pléistocène dans l'échantillon 10. Malgré ces difficultés, la découverte de très rares spécimens de *Globorotalia inflata* nous a permis d'attribuer approximativement la série sédimentaire de Sidi Mansour au Pléistocène inférieur (*sensu* Gibbard et Cohen, 2008).

## 6. Conclusion

L'analyse des associations d'ostracodes de la coupe de Sidi Mansour (Tunisie septentrionale), a mis en évidence une évolution du milieu de dépôt. Au départ, les conditions étaient de type lagune ouverte aux influences marines (échantillons 1–6). Puis il y a eu un passage progressif vers une lagune fermée (échantillons 7–11), et ensuite vers une sebkha (échantillons 12–16). Au sommet, il y a eu un retour vers un bassin ouvert à la mer (échantillon 17).

Ce type d'évolution de l'environnement au cours du Pléistocène a été indiqué dans d'autres domaines analogues existant le long de la côte tunisienne. Ben Mosbah et al. (2010) ont mis en évidence dans les séries quaternaires de la lagune de l'Ariana la présence de conditions similaires à celles observées à Sidi Mansour. En fait, dans le cadre d'une évolution régressive générale, il y a plusieurs épisodes de transgression et de régression qui ont abouti à l'instauration des milieux lagunaires ouverts sur la mer, lagune fermée et sebkha.

Une tendance générale régressive est également mise en évidence par Temani et al. (2016) dans le Pléistocène de la bordure Est du Cap Bon. Dans cette région, les auteurs identifient des environnements légèrement plus profonds que ceux étudiés à Sidi Mansour, liés certainement aux différentes conditions physiographiques de la côte tunisienne au cours du Pléistocène.

Le sommet de la série de Sidi Mansour (Figs. 4, 5, 6) est caractérisé par la réapparition de microfaunes typiquement sténohalines qui témoignent de la restauration des conditions marines suite à l'augmentation eustatique du niveau marin liée à la transgression du Pléistocène moyen (Ioniano).

Les causes de ce type d'évolution du bassin sont nombreuses et probablement concomitantes : il pourrait s'agir de la présence d'un cordon littoral obstruant progressivement l'ouverture d'une lagune préexistante, et entraînant une diminution du niveau marin. Il en résulte la formation d'un bassin fermé et sans aucun échange avec la mer. Un assèchement climatique aurait favorisé l'augmentation de la salinité et engendré l'extinction complète de quasiment tous les organismes marins. La seule espèce survivante, *C. torosa*, se serait adaptée aux nouvelles conditions et aurait proliféré énormément dans ce milieu. À ce stade, les sédiments biogènes sont presque totalement remplacés par des sédiments silicoclastiques, parmi lesquels le quartz, rare au départ, devient le composant essentiel dans les sédiments les plus récents (Fig. 8).





Fig. 8. L'échantillon 12.  
View of the sample 12.

La ligne de côte tunisienne continue également à se modifier au cours de l'Holocène comme cela a été indiqué précédemment par Zaïbi et al. (2011) dans leur étude sur Sebkhia El-Guettiate au Sud-est (Golfe de Gabès) et généralement dans toutes les zones humides littorales tunisiennes.

#### Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

#### Remerciements

Les auteurs remercient l'éditeur et les deux reviewers anonymes pour les corrections et les commentaires apportés au manuscrit. Leurs remerciements vont également à M. Alfio Viola du Département des Sciences Biologiques, Géologiques et de l'Environnement de l'Université de Catania pour la réalisation des photos au microscope électronique.

#### Références

- Aiello, G., Barra, D., Ciarcia, S., Torre, M., 2005. Pliocene paralic environments of Irpinia-Daunia basin (Baronia mountains, south Apennines, Italy). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 111 (2), 317–328.
- Arbulla, D., Pugliese, N., Russo, A., 2004. Ostracods from the National Park of La Maddalena Archipelago (Sardinia, Italy). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 43, 91–99.
- Athersuch, J.D.J., Whittaker, J.E., 1989. *Marine and Brackish Water Ostracods*. Synopses of the British Fauna. The Linnean Society of London 43, 1–343.
- Ben Mosbah, C.Z., Ben Ismail-Lattrache, K., Gueddai, M., Reyss, J.-L., 2010. Évolution biosédimentaire du dépôt quaternaire de la lagune de l'Awriana, Tunisie (une zone humide du Maghreb nord). *Quaternaire* 21 (2), 181–194.
- Bonaduce, G., Ciampo, G., Masoli, M., 1976. Distribution of Ostracoda in the Adriatic Sea. *Pubblicazione della Stazione Zoologica di Napoli* 40, 1–304.
- Bonaduce, G., Masoli, M., Pugliese, N., 1988. Remarks on the benthic Ostracoda of the Tunisian shelf. In: Hanai, T., Ikeia, N., Ishizaki, K. (Eds.), *Evolutionary Biology of Ostracoda*. Developments in Palaeontology and Stratigraphy, 11. Shizuoka, Japan, pp. 449–466.
- Boomer, I., Whatley, R., Aladin, N.V., 1996. Aral Sea Ostracoda as environmental indicators. *Lethaia* 29, 77–86.
- Bossio, A., 1992. Sulla presenza di *Loculicytheretta pavonia* (Brady) nel Pliocene della Toscana. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 30, 265–267.
- Carbonel, P., 1987. Les ostracodes indicateurs des milieux et paléomilieux littoraux. *Bulletin de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine* 41, 85–93.
- Carbonnel, P., 1985. Ostracodes. In: Unesco (Ed.), *L'estuaire et la mangrove du Sine Saloum*. Rapports de l'Unesco sur les sciences de la mer 32. Résultats d'un Atelier régional Unesco-COMAR tenu à Dakar (Sénégal) du 28 février au 5 mars 1983. France, 150 p.
- Di Geronimo, I., 1985. La bionomie benthique appliquée à l'étude des peuplements fossiles de la Méditerranée : contribution des chercheurs italiens. *Téthys* 11 (3–4), 243–248.
- Di Geronimo, I., Costa, B., La Perna, R., Randazzo, G., Rosso, A., Sanfilippo, R., 1994. The Pliocene "Case Catarinicchia" section (Belice, SW Sicily). In: Matteucci, R., Carboni, M.G., Pignatti, J.S. (Eds.), *Studies on Ecology and Paleocology of Benthic communities*, spec. vol. 2. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, Modena, pp. 93–115.
- Faranda, C., Gliozzi, E., 2008. The ostracod fauna of the Plio-Pleistocene Monte Mario succession (Roma, Italy). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 47, 215–267.
- Fekih, M., 1975. Paléocologie du Pliocène marin au Nord de la Tunisie. *Annales des Mines et de la Géologie* 27, 1–193.
- Frenzel, P., Boomer, I., 2005. The use of ostracods from marginal marine brackish waters as bioindicators of modern and Quaternary environmental change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 225, 68–92.
- Gibbard, P., Cohen, K.M., 2008. Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years. *Episodes* 31, 243–247.
- Gliozzi, E., Grossi, F., 2008. Multivariate analysis as a tool to infer the autoecology of extinct ostracods: an example from two Italian late Messinian lago-mare assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 264, 288–295.
- Guernet, C., 2005. Ostracodes et stratigraphie du Néogène et du Quaternaire méditerranéens. *Revue de Micropaléontologie* 48, 83–121.
- Guernet, C., Lethiers, F., 1989. Ostracodes et recherche des milieux anciens : possibilités et limites. *Bulletin de la Société Géologique de France* 8 (5), 577–588.
- Herman, P.M., Heip, C., 1982. Growth and respiration of *Cyprideis torosa* Jones 1850 (Crustacea Ostracoda). *Oecologia* 54, 300–303.
- Hoibian, T., Ayress, M., Allenbach, M., 2000. Ostracod (Crustacea) populations as environmental indicators of inter-tropical transitional deltaic environments. An example from the Néra Delta, New Caledonia, South-West Pacific. *Revue de Paleobiologie* 19 (1), 207–225.
- Keen, M.C., 2004. The origin of the modern tropical West African marine Ostracod Fauna, with a description of the *Ruggieriini* n. tribe. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 43 (1), 201–216.
- Khéli, N., Sarnthein, M., Frank, M., Andersen, N., Garbe Schonberg, D., 2014. Late Pliocene variations of the Mediterranean outflow. *Marine Geology* 357, 182–194.
- Küçüköylüoğlu, O., Coplin, J.-P., Filic, N., 2005. New observation on live *Loculicytheretta pavonia* (Brady, 1866) (Ostracoda) from Turkey. *Crustaceana* 78 (3), 311–321.
- Lisiecki, L.E., Raymo, M.E., 2007. Plio-Pleistocene climate evolution: trends and transitions in glacial cycle dynamics. *Quaternary Science Reviews* 26, 56–69.
- Messina, C., Rosso, A., Sciuto, F., Di Geronimo, I., Nemeč, W., Di Dio, T., Di Geronimo, R., Maniscalco, R., Sanfilippo, R., 2007. Anatomy of a transgressive systems tract revealed by integrated sedimentological and palaeoecological study: the Barcellona Pozzo di Gotto Basin, northeastern Sicily, Italy. In: Nichols, G., Paola, W.C. (Eds.), *Sedimentary processes, Environments and Basins. A tribute to Peter Friend*, 38 (1). International Association of Sedimentology, Oxford, Spec. Publ., Kingston upon Thames, pp. 367–400.
- Mischke, S., Holmes, J., 2008. Applications of lacustrine and marginal-marine Ostracoda to palaeoenvironmental reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 264, 211–212.
- Montenegro, M.E., Pugliese, N., Bonaduce, G., 1996. Shelf ostracods distribution in the Italian seas. In: Crasquin-Soleau, S., Braccini, E., Lethiers, F. (Eds.), *What about Ostracoda!* Bulletin du Centre de recherches Elf Exploration Production, 20. Pau, pp. 91–101.
- Mostafawi, N., 1983. *Kroemmelbeinia* n. g., eine neue Ostracoden-Gattung aus dem marinen Oberpliozan der Insel Kos (Griechenland). *Paläontologische Zeitschrift* 57 (1/2), 69–74 (2 Abb.).
- Murray, J.W., 1991. *Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera*. Longman Scientific and Technical, New York.
- Pérès, J.M., Picard, J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume. Marseille 31 (47), 1–137.
- Sciuto, F., Meli, A., 2015. Ostracod association from Pleistocene sediments along the Ionian coast of SE Sicily. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 54 (3), 229–241.
- Sciuto, F., Rosso, A., Torrisi, S., 2003. Associazioni ad ostracodi del Pliocene di Centuripe (Sicilia): interpretazione paleoambientale. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 42 (3), 267–280.
- Sciuto, F., Rosso, A., Sanfilippo, R., Di Martino, E., 2015a. Ostracods from mid-outer shelf bottoms of the Ciclopi Islands Marine Protected Area (Ionian Sea, Eastern Sicily). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 54 (2), 91–99.
- Sciuto, F., Rosso, A., Sanfilippo, R., Maniscalco, R., 2015b. New faunistic data on the Pleistocene environmental evolution of the south-western edge of the Hyblean Plateau (SE Sicily). *Carnets de Géologie* 15 (5), 41–87.
- Smith, A.J., Horne, D.J., 2002. Ecology of marine, marginal marine and nonmarine Ostracodes. In: Holmes, J.A., Chivas, A.R. (Eds.), *The Ostracoda: Application in Quaternary Research*, 131. Geophysical Monograph, Washington, pp. 37–64.
- Temani, R., Nachite, D., Sciuto, F., Razgallah, S., Bekkali, R., Hayet, K., Gaaloul, N., 2016. Les ostracodes plio-pléistocènes des séries sédimentaires de la bordure Est du Cap Bon (coupe de l'Oued Lebna, Tunisie orientale). *Carnets de Géologie* 16 (18) (in press).
- Thunell, R.C., 1978. Climatic evolution of the Mediterranean Sea during the last 5.0 million years. *Sedimentary Geology* 23, 67–79.
- Yassini, I., 1980. Répartition des ostracodes dans une série marine régressive d'âge Pliocène dans la région d'Alger, Algérie. *Revue de Micropaléontologie* 22, 89–124.
- Zaïbi, C., Kamoun, F., Carbonel, P., Montacer, M., 2011. Distribution des ostracodes dans les sédiments de subsurface de la Sebkhia el-Guettiate (Skhira, Golfe de Gabès). Intérêt pour la reconstitution des paléo-environnements de l'Holocène. *Carnets de Géologie* 3, 63–81.