

JEAN GAUDANT¹ - ORESTE CAVALLO² - MARIE-DENISE COURME-RAULT³
ELIANA FORNACIARI⁴ - AGNÈS LAURIAT-RAGE⁵

Paléontologie du gisement de poissons fossiles du Messinien préévaporitique de Roddi, près d'Alba (Piémont, Italie)

ABSTRACT - *Palaeontology of the preevaporitic Messinian fossil fish locality of Roddi, near Alba (Piedmont, Italy).*

The palaeontological excavations carried out by the Museum "F. Eusebio" during the construction of the housing estate Roddi Cadonia have produced several hundred more or less complete fish skeletons and some molluscs. The Messinian age of this locality was determined using the nannoplankton. Like in the Tortonian fish fauna of Tanaro, Myctophids are, together with the Clupeid species *Alosa elongata* Agassiz, the dominant taxa. This association is indicative of an environment of moderate depth which, probably, did not exceed 200 metres, as suggested by the occurrence of a school of the epipelagic species *Alosa elongata* Agassiz in the lower part of the fossiliferous strata. Like for the fish fauna, the malacofauna is strongly reminiscent of that from the Tortonian of Tanaro, especially if we take also into consideration the molluscs found in the levels directly overlying the strata which has yielded the fishes.

KEY WORDS - Fishes, Teleosts, Molluscs, Messinian, Piedmont, Italy.

RESUME - Les fouilles paléontologiques réalisées par le Musée "F. Eusebio" d'Alba sur le chantier de construction du complexe résidentiel de Roddi Cadonia

¹ 17, rue du Docteur Magnan - F-75013 Paris, France (USM 203 du Muséum national d'Histoire naturelle et UMR 5143 du CNRS). E-mail: jean.gaudant@orange.fr

² Civico Museo Archeologico e di Scienze Naturali, via Vitt. Emanuele 19 - I-12051 Alba (CN), Italia. E-mail: museo@comune.alba.cn.it

³ 6, rue Porte vendomoise - F-45190 Beaugency, France. E-mail: mdcourme@free.fr

⁴ Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica, Università di Padova, via Giotto 1 - I- 35137 Padova, Italia. E-mail: eliana.fornaciari@unipd.it

⁵ Département Histoire de la Terre, Muséum national d'Histoire naturelle, C.P. 38, 8, rue Buffon - F-75231 Paris Cedex 05 (UMR 5143 du CNRS). E-mail: alaurage@mnhn.fr

ont permis de récolter plusieurs centaines de squelettes plus ou moins complets de poissons et quelques mollusques. L'âge messinien de ce gisement a été déterminé à l'aide du nannoplancton. Comme dans le Tortonien du Tanaro, l'ichthyofaune est dominée par les Myctophidae et par l'espèce *Alosa elongata* Agassiz, qui appartient à la famille des Clupeidae. Cette association indique une profondeur de dépôt qui n'excédait probablement pas 200 mètres, comme le confirme la présence, à la base de la couche fossilifère, d'un banc de l'espèce épipelagique *Alosa elongata* Agassiz. Comme l'ichthyofaune, la malacofaune présente une grande similitude avec celle du Tortonien du Tanaro, notamment si l'on prend en considération les mollusques provenant des niveaux situés immédiatement au-dessus de la couche qui renferme les poissons.

RIASSUNTO - Le ricerche paleontologiche effettuate dal Museo "F. Eusebio" di Alba nel cantiere edilizio del complesso residenziale Cadonia di Roddi hanno permesso di raccogliere varie centinaia di scheletri più o meno completi di pesci e alcuni molluschi. L'età messiniana del giacimento è stata determinata grazie all'analisi del nannoplancton. Come nel Tortoniano del Tanaro, l'ittiofauna è dominata dai Myctophidae e dalla specie *Alosa elongata* Agassiz, che appartiene alla famiglia Clupeidae. Questa associazione sta ad indicare una profondità di sedimentazione che, probabilmente, non superava 200 metri, come è dimostrato dalla presenza di un banco della specie *Alosa elongata* Agassiz alla base dei livelli fossiliferi. Analogamente all'ittiofauna, anche la malacofauna presenta una notevole somiglianza con quella tortoniana del Tanaro, soprattutto se si prendono in considerazione i molluschi raccolti nei livelli immediatamente superiori agli strati contenenti

INTRODUCTION (O. C.)

Il y a une trentaine d'années, Sturani (1973, 1978) avait attiré l'attention sur l'ichthyofaune découverte dans la «Formazione gessoso-solfifera» aux environs d'Alba. Cette ichthyofaune fut ensuite réexaminée par l'un de nous (Gaudant, 1979a). A la même époque, nous signalâmes en outre la présence de poissons fossiles dans le Messinien évaporitique de Cherasco (Gaudant, 1979b; Cavallo & Gaudant, 1987). La composition de l'ichthyofaune du Messinien préévaporitique de l'Albese était en revanche totalement inconnue.

Une information fournie par M. Carlo Bosso, de Moncalieri, nous permit de visiter à Roddi, à partir d'avril 1985, le chantier de construction de plusieurs maisons du complexe résidentiel nommé "Borgata Cadonia" (fig. 1), avec l'autorisation de l'entrepreneur, le géomètre Prando que nous remercions vivement. Nous y trouvâmes exposée une série de couches marneuses renfermant de nombreux squelettes de poissons et un grand nombre d'empreintes de feuilles.

Au cours de nombreuses visites sur le terrain, il nous fut possible de réaliser, avec l'autorisation de la Soprintendenza Archeologica per il Piemonte, une fouille de sauvetage avant le début de la construction des habitations, ce qui nous permit de récolter plusieurs centaines de fossiles qui sont désormais conservés dans les collections paléontologiques du Musée "Federico Eusebio" d'Alba.

Les couches fossilifères affleuraient alors à mi-hauteur de la colline, le long de la route intérieure du complexe résidentiel Cadonia, à la faveur

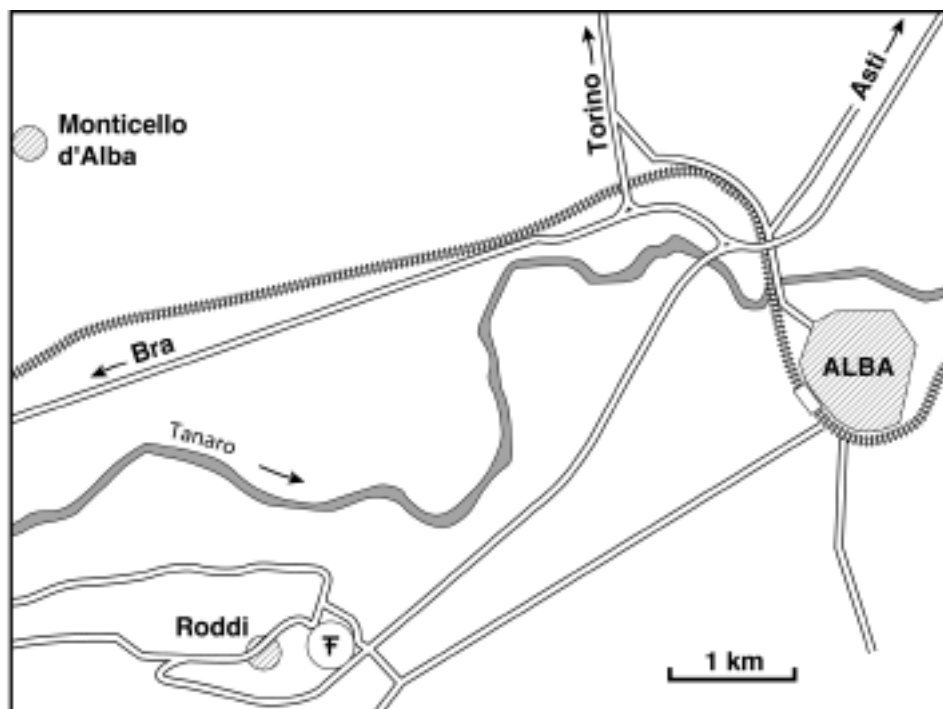


Fig. 1 - Carte de localisation du gisement fossilifère messinien de Roddi.

d'excavations faites pour les fondations des habitations. Elles ont une épaisseur totale d'environ 1,50 m et sont constituées d'alternances de niveaux marneux épais d'un à quatre centimètres, de couleur brun grisâtre à brun rosé, renfermant des intercalations de passées sableuses plus claires. Dans la partie inférieure des couches fossilifères existe un horizon de marne grisâtre épais d'un centimètre, au-dessous duquel se trouve une surface de sédimentation qui, sur toute la surface explorée (environ 20 m²), s'est montrée riche en squelettes d'*Alosa elongata* Agassiz (Cavallo & Pavia, 1985). Cette espèce y est représentée par des individus de longueur variée (comprise le plus souvent entre 10 et 20 cm de longueur) dont la fréquence est d'environ 6 à 8 au m² (Pl. 2).

Sur toute la longueur de l'affleurement (environ 50 m), les couches fossilifères sont parfaitement planes et régulières et présentent un léger pendage d'environ 7° vers le NNW. La régularité de la sédimentation conduit à penser que le dépôt a dû se produire à une certaine profondeur, à l'abri de l'action des courants et des turbulences produites par l'action des vagues.

Outre les squelettes de poissons étudiés dans le présent article, de nombreux restes végétaux ont été récoltés. La flore autochtone, marine, est constituée de nombreux restes d'algues appartenant certainement à plusieurs espèces, et de fragments de feuilles de *Posidonia oceanica*. La flore terrestre est représentée par de nombreux rameaux ou petits troncs fortement comprimés et carbonifiés et d'un grand nombre de feuilles souvent en bon état de conservation, bien que dépourvues de cuticule. Un rapide examen de ces feuilles a permis d'y reconnaître la présence des formes suivantes: *Sequoia*, *Pinus* (groupe *Strobus*), *Equisetum*, *Quercus*, *Juglans*, *Cinnamomum*, *Ocotea*, *Fagus*, *Acer*, *Zelkova*, *Myrica*, Lauraceae indet., Graminaceae indet., Palmaceae (*Sabal?*).

Dans ces niveaux ont également été recueillis, outre les squelettes de poissons téléostéens dont certains ont été figurés par Cavallo *et al.* (1986, fig. 446-448 et 451-452), une dent de requin: *Carcharhinus* sp. (fig. 2), de petites huîtres épiphytes fixées sur des feuilles de Posidonies, un gastéropode (Rissoïdæ indet.), des crustacés cirripèdes pédonculés (*Lepas* cf. *anatifera*), souvent fixés sur des rameaux végétaux (Cavallo *et al.*, 1986, fig. 194). Citons enfin un squelette presque complet d'oiseau (échassier?) découvert par M. Domenico Brizio, collaborateur du Musée Craveri de Bra.

Rappelons enfin que les plus beaux spécimens de poissons ont été habilement préparés par le regretté Mario Macagno (1927-2004), chercheur honoraire du Musée d'Alba.

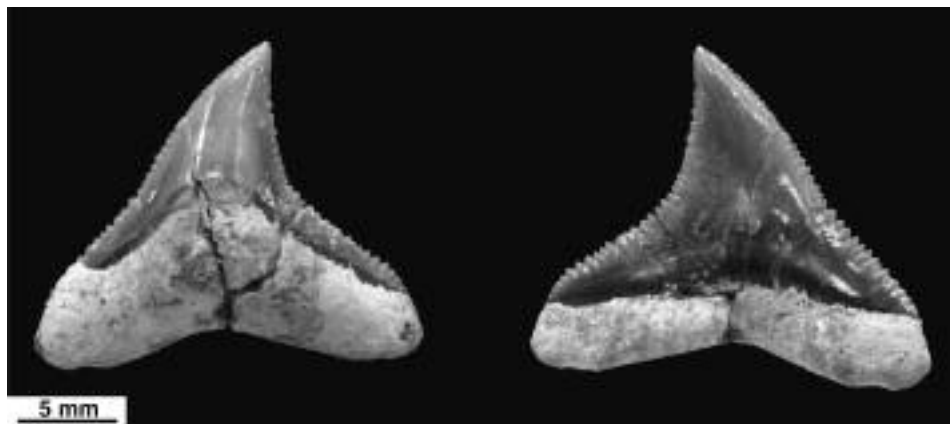


Fig. 2 - Dent de *Carcharbinus* sp. découverte à Roddi parmi les squelettes de poissons téléostéens. [Cliché O. Cavallo]

NANNOPLANCTON (E. F.)

L'étude du nannoplancton de Roddi a été réalisée sur les frottis de plusieurs échantillons provenant de la partie supérieure de l'horizon fossilifère. Ceux-ci ont été examinés au microscope polarisant au grossissement d'environ 1250x. Ils renferment d'abondants nannofossiles calcaires dont l'état de conservation est satisfaisant. Les échantillons montrent des associations semblables dans lesquelles dominent placolithes et hélicolithes, tandis que les discoastérides varient de rares à communs.

Des analyses quantitatives destinées à vérifier la présence des marqueurs zonaux ont été pratiquées. Celles portant sur 100 hélicolithes montrent la présence (rare à commune) de *Helicosphaera* cf. *sellii* dont l'apparition se situe au Messinien (zone MNN 11) selon Raffi *et al.* (2003). Les rarissimes *Helicosphaera stalis* (1 à 6%) sont au contraire considérées comme remaniées. On notera que l'extinction de cette espèce s'est produite dans la partie supérieure de la zone MNN 11a, immédiatement avant l'apparition du genre *Amaurolithus* qui coïncide approximativement avec la limite Tortorien-Messinien. Ces données, ainsi que la présence commune de *Reticulofenestra pseudoumbilicus* permettent d'attribuer les échantillons de Roddi à la zone MNN 11b/MNN 11c indistincte (Messinien), qui correspond à la zone NN 11b/NN 11c de Martini (1971), cela en dépit de l'absence du genre *Amaurolithus* (cf. Raffi *et al.*, 2003, fig. 1 et 11).

L'étude de l'abondance des hélicolithes réalisée sur au moins 100 exemplaires a révélé les pourcentages suivants:

<i>Helicosphaera carteri</i>	92-98%
<i>Helicosphaera stalis</i>	1-6%
<i>Helicosphaera</i> cf. <i>sellii</i>	≥ 6%
<i>Helicosphaera walbersdorfensis</i>	≤ 1%
<i>Helicosphaera pacifica/orientalis</i>	≤ 2%

Le comptage d'au moins 300 exemplaires a produit les résultats suivants:

<i>Coccolithus pelagicus</i>	Rares
<i>Sphenolithus abies/neoabies</i>	Rares
<i>Reticulofenestra pseudoumbilicus</i>	2-4%
<i>Reticulofenestra</i> spp.	Communs
<i>Dictyococcites</i> spp.	Communs

Pourcentages des espèces de *Discoaster* calculés sur au moins 30 *Discoasteridae*:

	Echantillon A	Echantillon B
<i>Discoaster brouweri</i>	66,7%	73,3%
<i>Discoaster calcaris</i>	—	6,7%
<i>Discoaster variabilis</i>	3,3%	—
<i>Discoaster</i> spp.	26,7%	20%
<i>Discoaster</i> à 5 rayons	3,3%	—

FORAMINIFERES (M.-D. C.-R.)

Les foraminifères planctoniques appartiennent à quatre genres représentés par vingt taxons:

- Globigerinoides bulloideus* Crescenti,
- G. gr. sacculifer* (Brady),
- G. obliquus obliquus* Bolli,
- G. seigliei* Bermudez & Bolli,
- G. gr. ruber* (d'Orbigny),
- Globigerina bulloides* d'Orbigny,
- G. decoraperta* Takayanagi & Saito,
- G. quinqueloba* Natland,

G. apertura Cushman,
Orbulina universa d'Orbigny,
O. bilobata (d'Orbigny),
Globorotalia acostaensis acostaensis Blow,
G. humerosa Takayanagi & Saito,
G. gr. miozea Finlay,
G. aff. praemargaritae Catalano & Sprovieri,
G. ventriosa Ogniben,
G. scitula (Brady),
G. suterae Catalano & Sprovieri (abondants),
G. continuosa Blow,
G. obesa Bolli.

Interprétation stratigraphique

On notera que les espèces du groupe *Globorotalia scituloides* (*G. scitula*, *G. ventriosa* et *G. praemargaritae*) sont faiblement représentées alors qu'au contraire *Globorotalia suterae* est très abondante. L'association *Globorotalia humerosa*, *G. acostaensis acostaensis* et *G. praemargaritae* – dont les individus sont identiques à ceux observés dans le Messinien de la côte méditerranéenne du Maroc (Wernli, 1980) – permet d'attribuer le gisement de Roddi au Messinien.

Vingt-deux espèces de foraminifères benthiques ont été identifiées:

Biasterigerina planorbis (d'Orbigny),
Bolivina pseudoplicata Heron-Allen & Earland,
B. subexcavata Cushman & Wickenden,
Bolivinoides miocenicus Giannotti,
Brizalina dilatata (Reuss),
Bulimina elongata d'Orbigny,
Cancris auriculus (Fichtel & Moll),
Cassidulina crassa d'Orbigny,
C. neocarinata Thalmann,
Cassidulinoides bradyi (Norman),
Cibicides lobatulus (Walker & Jacob),
Cibicidoides dutemplei (d'Orbigny),
Elphidium fichtelianum (d'Orbigny),
Hanzawaia boueana (d'Orbigny),
Hopkinsina bononiensis bononiensis Fornasini,
Oolina squamosa (Montagu),
Oridorsalis stellatus (Silvestri),
Siphonina reticulata (Czjzek),

Stainforthia complanata (Egger),
Trifarina bradyi Cushman,
Uvigerina parviformis Papp,
U. rutila Cushman & Todd.

La microfaune benthique montre une association d'espèces épiphytes (*Biasterigerina planorbis*, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium fichtelianum*) peu nombreuses et tolérant des conditions dysoxiques, abondantes en individus mais peu variées en espèces. La plupart de ces espèces préfèrent des eaux moyennement profondes (entre 200 et 600 m). *Bulimina elongata* est actuellement une espèce vivant en milieu vaseux de mer ouverte. Son abondance caractérise un milieu riche en matière organique. On peut donc penser à un bassin de profondeur moyenne, avec des périodes de stagnation, parfois entrecoupées de périodes caractérisées par le retour de conditions relativement normales. La faune d'épiphytes semble avoir été transportée par des courants.

MOLLUSQUES (Pl. 1) (A. L.-R.)

Liste des espèces:

Solemya (s.s.) *doderleini* (Mayer, 1861)
Lentipecten (s.s.) *denudatus* (Reuss, 1867)
Ostrea cf. *neglecta* Michelotti, 1847
Veneridae indet.

Solemya doderleini (Mayer) (Pl. 1, fig. 4) provient des régions périalpines du Miocène moyen d'Autriche (bassin de Vienne), de Suisse et d'Italie du Nord (collines de Turin) (Sacco, 1901). Toutefois, dans ce der-

Planche 1

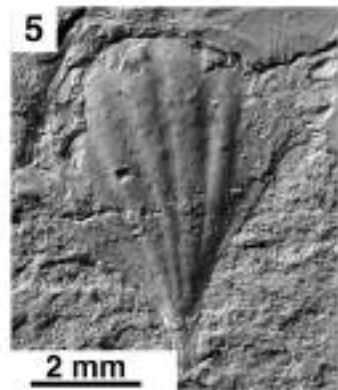
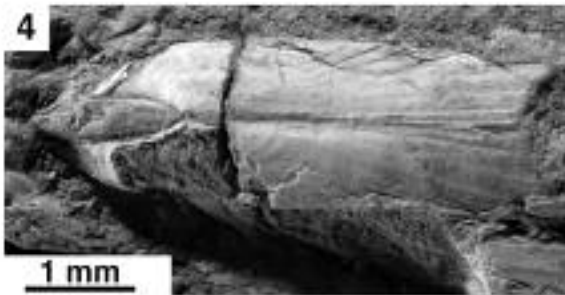
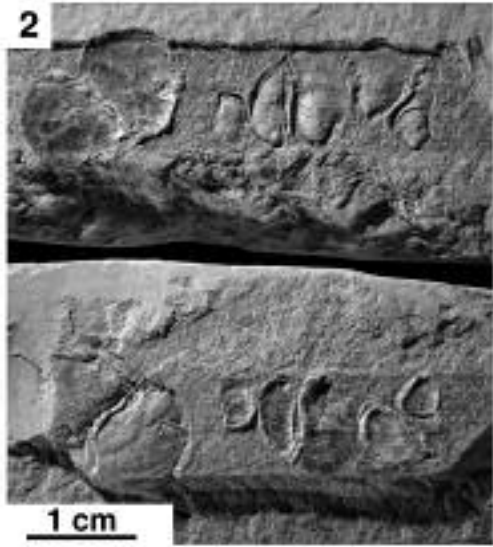
Fig. 1 - *Lentipecten denudatus* (Reuss, 1867).

Fig. 2-3 - *Ostrea* cf. *neglecta* Michelotti, 1847. Colonie d'individus fixés sur des bois flotté ou des feuilles de posidonies.

Fig. 4 - *Solemya doderleini* (Mayer, 1861).

Fig. 5 - *Diacria trispinosa* (Blainville, 1821).

[Cliché D. Serrette]



nier cas, il a été récemment démontré qu'il s'agit en réalité de Miocène inférieur (cf. Merlini, 2007). Cette espèce semble avoir été relayée au Pliocène par *Solemya togata* (Poli), qui a survécu jusqu'à l'actuel dans le domaine atlanto-méditerranéen. *S. doderleini* est aisément reconnaissable par sa forme subquadrangulaire allongée, baillante à l'avant et à l'arrière, toujours ornée de stries rayonnantes espacées partant du sommet, à bord antérieur beaucoup plus développé que le bord postérieur et à bord dorsal rectiligne, parallèle au bord ventral.

Lentipecten denudatus (Reuss) (Pl. 1, fig. 1) est une espèce néogène, plus étendue stratigraphiquement et géographiquement que la précédente. Reconnue dans le Burdigalien de la vallée du Rhône et de la Paratéthys (Schlier d'Ottang, en Autriche) (Steininger *et al.*, 1990), elle se prolonge dans le Miocène "moyen" (qui appartient en réalité au Miocène inférieur) du Piémont (collines de Turin) (Sacco, 1897) et, ponctuellement, dans les environs de Parme, de Vence et, plus au sud, près de Cagliari, en Sardaigne (Depéret & Roman, 1928). Plus récemment, elle a été récoltée dans le Tortonien du lit du Tanaro, aux environs d'Alba (Gaudant *et al.*, 2007). Elle est également présente dans le Miocène supérieur d'Espagne (Demarcq, 1990) et du Maroc (Ben Moussa, 1994). *L. denudatus* est une coquille de forme arrondie, aux valves dépourvues d'ornementation (faces externe et interne), avec des oreilles nettement séparées du reste de la coquille par un sillon fortement marqué, qui rend cette espèce bien reconnaissable. Le genre appartient à un groupe de Pectinidae proche des *Amusium*, mais s'en distingue par une taille plus petite et une charnière encore plus réduite (Depéret & Roman, 1928; Hertlein, 1969).

Ostrea cf. neglecta Michelotti (Pl. 1, fig. 2-3) est une huître de petite taille, décrite par Michelotti dans le Miocène de l'Italie du Nord. Elle est bien représentée au Piémont (collines de Turin), de l'Aquitainien ou Burdigalien au Tortonien, où l'on peut même observer l'empreinte du support sur les valves gauches (Sacco, 1897). Deux gisements tortoniens du Piémont (Pecetto di Valenza près d'Alessandria et le lit du Tanaro près d'Alba) ont livré de nombreuses valves de cette petite espèce, fixées et regroupées sur divers fragments végétaux flottés (Sturani & Sampò, 1973; Gaudant *et al.*, 2007).

Enfin, l'empreinte d'une valve droite d'un hétérodonte peut être attribuée à une Veneridae.

L'étude du nannoplancton a permis de rapporter les quelques bivalves récoltés à Roddi au Messinien. Dans cette partie du Piémont s'observe une certaine continuité des dépôts entre le Tortonien du lit du Tanaro (Gaudant *et al.*, 2007) et le Messinien de Roddi. La présence dans ces deux gise-

ments de *Lentipecten denudatus* suggère une bathymétrie correspondant à l'étage circalittoral (ou plus profond). Ajoutons que *Solemya doderleini*, seulement présente à Roddi, est aussi un indicateur de faciès profond (dépôts marneux et sables vaseux), tout comme certaines Veneridae. On ne peut réellement savoir si les populations épiphytes d'*Ostrea cf. neglecta* sont des stades juvéniles ou des adultes de petite taille, mais l'augmentation de leur poids au cours de la croissance peut avoir entraîné leur immersion dans un milieu plus profond que leur milieu de vie normal qui correspond à l'étage infralittoral (Sturani & Sampò, 1973).

Il est à noter qu'une coquille de Rissoidae et quelques individus du ptéropode *Diacria trispinosa* (Blainville) ont été récoltés dans la couche fossilifère à poissons (Pl. 1, fig. 5).

Des mollusques ont également été recueillis dans les quelques mètres de marnes surmontant les couches qui ont livré l'ichthyofaune de Roddi. Outre des bivalves appartenant à l'espèce *Lentipecten denudatus* (Reuss), il s'agit principalement de gastéropodes, décalcifiés et écrasés par la compaction sédimentaire, qui ont été déterminés par Didier Merle: *Xenophora* sp., fragments de Tonnidae, nombreux Nassariidae (*Nassarius* ?) et un Turridae (*Surcula* ?). Cette association suggère un milieu de vie correspondant probablement à l'étage circalittoral.

POISSONS DESCRIPTION ANATOMIQUE ET ETUDE SYSTEMATIQUE (J. G.)

Famille Congridae KAUP, 1856

Genre *Conger* OKEN, 1817

Conger sp.

(Fig. 3)

Trois spécimens très fragmentaires indiquent la présence d'un Congridae dans le Messinien de Roddi. La pièce la plus significative est le spécimen Ro-41 (fig. 3), sur lequel est fossilisée une tête très allongée dont manque seulement l'extrémité des mâchoires. On distingue un toit crânien très allongé et étroit. Le maxillaire, long et étroit, porte sur son bord oral rectiligne une série de dents pointues. La mandibule, très longue, dont la hauteur maximale devait évaluer environ 1/5 de la longueur, devait s'articuler avec le crâne sous la partie postérieure de l'orbite. Son bord oral



Fig. 3 - *Conger* sp. Spécimen Ro-41A. [Cliché D. Serrette]

rectiligne porte, comme celui du maxillaire, une rangée d'assez fortes dents pointues comprimées latéralement. L'hyomandibulaire est incliné vers l'arrière. Plus en arrière on reconnaît le préopercule étroit et arqué, dont les deux branches déterminent un angle légèrement obtus. L'opercule est sensiblement plus large que haut. Au-dessous de l'opercule, dont la largeur excède sensiblement la hauteur, prend place le sousopercule, arqué, relativement étroit. Au moins sept rayons branchiostèges aciniformes ont pu être dénombrés sur le spécimen Ro-42.

Quelques vertèbres dont les centra allongés présentent une forte constriction en leur milieu sont observables sur le spécimen Ro-42.

Remarque: bien que ces fossiles soient fragmentaires, il est possible de les rapporter à la famille des Congridae qui diffèrent des Muraenidae par le fait que, dans cette famille, la nageoire dorsale débute au-dessus de l'arrière de la tête, ce qui n'est pas le cas sur les fossiles de Roddi. Ceux-ci diffèrent en outre des Anguillidae qui sont caractérisés par leur mandibule proéminente. Enfin, au sein de la famille des Congridae, la possession de dents pointues comprimées latéralement a permis d'identifier le genre *Conger* Oken.

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Ce genre était jusqu'à présent inconnu dans le Messinien méditerranéen.

Famille Clupeidae Cuvier, 1817
Genre *Alosa* LINCK, 1790
Alosa elongata AGASSIZ, 1843
(Pl. 2; Pl. 3, fig. 1-2)

L'espèce *Alosa elongata* Agassiz est abondante dans le Messinien de Roddi. Nous y avons dénombré 58 individus fossilisés isolément (soit 20,7% du nombre de spécimens inventoriés). Cette espèce est principalement fossilisée sur un niveau qui témoigne d'un phénomène de mortalité massive ayant affecté tout un banc d'aloses (Pl. 2).

La population d'aloses est constituée d'individus dont la longueur standard varie de 104 à 265 mm, ce qui correspond à la fois à des individus encore jeunes et à des adultes dont la taille équivaut à celle de certains spécimens du Messinien d'Oran (gisement de Raz el Aïn) figurés par Arambourg (1927, pl. I, fig. 1-2). Ce sont des poissons au corps allongé dont la hauteur maximale du corps est comprise de 4 à 4,5 fois dans la longueur standard.

La tête est sensiblement allongée, sa hauteur maximale mesurant environ les 2/3 de sa longueur, laquelle égale approximativement le quart de la longueur du corps. Elle est principalement caractérisée par la forme, allongée verticalement, de l'opercule dont la largeur maximale, qui égale généralement 55 à 60% de la hauteur, prend place approximativement au niveau de la cavité permettant l'articulation avec le processus opercularis de l'hyomandibulaire. De ce point rayonnent des rides disposées en éventail qui ornent la partie antéro-ventrale de l'os.

La colonne vertébrale se compose d'une cinquantaine de vertèbres (généralement 51 ou 52), dont 17 ou 18 constituent la région postabdominale. Des epineuralia sont présents tout le long de la colonne vertébrale. Des epipleuralia leur font pendant dans la région postabdominale. Une série de dorsospinalia est présente en avant de l'endosquelette de la nageoire dorsale. Les côtes pleurales, au nombre d'environ 20 paires, sont longues et robustes. A l'exception des dernières paires, leur extrémité distale atteint le bord ventral de la cavité abdominale.

La nageoire caudale est profondément fourchue. Sa longueur égale approximativement 1/5 de la longueur standard. Elle est composée de 19 rayons principaux, dont 17 sont à la fois articulés et bifurqués, en avant desquels prennent place, dorsalement et ventralement, 4 ou 5 rayons marginaux.

La nageoire dorsale est insérée un peu en avant du milieu de la longueur du corps, mesurée de la pointe du museau au bord postérieur des



Planche 2

Alosa elongata Agassiz, 1843

Fragment du banc d'aloses montrant la densité et la disposition des squelettes d'*Alosa elongata* Agassiz. [Cliché O. Cavallo]

Planche 3

Fig. 1 - *Alosa elongata* Agassiz, 1843. Vue générale du spécimen Ro-240.

Fig. 2 - *Alosa elongata* Agassiz, 1843. Vue générale du spécimen Ro-228. [Clichés D. Serrette]



hypuraux: la distance antédorsale égale généralement 45 à 48% de la longueur standard. Elle est composée d'une quinzaine de rayons. Son endosquelette comporte généralement 16 à 18 axonostes proximaux.

La nageoire anale occupe une position reculée puisqu'elle débute nettement en arrière de la verticale passant par la base du dernier rayon de la dorsale: la distance antéanale égale environ 75% de la longueur standard. Elle est composée d'environ 17 ou 18 rayons. Son endosquelette comporte 14 ou 15 axonostes proximaux.

Les nageoires pectorales, qui occupent une position basse sur le flanc, sont de taille médiocre. Elles sont formées d'environ 17 rayons.

Les nageoires pelviennes sont insérées sensiblement plus près de l'origine de l'anale que de la base des pectorales. Elles prennent place sous la partie postérieure de la nageoire dorsale. Elles comportent 7 ou 8 rayons.

Le corps est recouvert de grandes écailles dont la surface est divisée par des sillons et dont la région centrale est ornée de ponctuations.

La carène ventrale, formée d'écussons articulés à l'extrémité des côtes sternales, se compose d'une quinzaine d'écussons entre les nageoires pectorales et les pelviennes et d'une douzaine entre les pelviennes et l'origine de l'anale.

Remarque: la description précédente s'accorde parfaitement avec celle de cette espèce publiée par Arambourg (1927), ce qui permet de s'assurer de l'identité spécifique de cette espèce.

Observations sur le banc d'aloses

La fossilisation d'un banc d'aloses dans la partie inférieure des couches fossilifères à poissons revêt une importance considérable pour l'interprétation des conditions de dépôt de ces niveaux car les aloses sont des poissons épipélagiques qui vivent préférentiellement à proximité relative des côtes. La surface exposée sur la planche 2 porte des cadavres de poissons de taille relativement homogène qui sont disposés de manière quelconque, si bien que l'on observe la présence de squelettes disposés perpendiculairement ou obliquement par rapport à d'autres. Cela traduit l'existence d'un milieu calme, dépourvu de courants, sur le fond du bassin où régnaient des conditions anoxiques.

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Cette espèce est largement répandue dans le Messinien du bassin méditerranéen: en Algérie (Oran, Sig et Sidi Brahim) (Arambourg, 1927; Gau-

dant, 2008), en Espagne (Lorca, Columbares et Hurchillo) (Gaudant, 1995a, 1995b; Gaudant *et al.*, 2001) et en Italie (Senigallia, Bessima et Masseria il Salto) (d'Erasmus, 1930; Leonardi, 1959; Gaudant *et al.*, 1996).

Famille Gonostomatidae GILL, 1893
Genre *Vinciguerria* JORDAN & EVERMANN, 1896
Vinciguerria sp.
(Pl. 4, fig. 1)

Un unique spécimen en double empreinte portant le numéro de catalogue Ro-47A+B indique la présence du genre *Vinciguerria* Jordan & Evermann dans le Messinien de Roddi. La longueur standard de cet individu égale 90 mm. Le corps est allongé, sa hauteur maximale étant comprise 4,5 fois dans la longueur standard.

La tête, relativement grande, constitue plus du tiers de la longueur du corps. L'orbite est assez grande: son diamètre égale environ le tiers de la longueur de la tête. Elle est traversée dans sa région médiane par le parasphénoïde qui s'abaisse légèrement vers l'arrière. La cavité buccale est relativement grande: l'articulation de la mandibule avec le crâne se situe approximativement sous le milieu de l'orbite. La longueur de la mandibule excède de ce fait la moitié de la longueur de la tête. Le dentaire possède un bord oral rectiligne qui porte une rangée de petites dents coniques. Le maxillaire, long et étroit, entre dans la constitution du bord oral de la mâchoire supérieure. Il porte également une série de petites dents coniques. Relativement mal conservé, le préopercule est caractérisé par sa branche verticale beaucoup plus longue que la branche horizontale. L'opercule est relativement grand, sa largeur étant à peine inférieure au tiers de la longueur de la tête.

La colonne vertébrale paraît avoir été constituée d'une quarantaine de vertèbres partagées à parts égales entre les régions abdominale et postabdominale. Les centra des vertèbres abdominales et postabdominales antérieures supportent des neurapophyses dont les moitiés droite et gauche ne sont pas réunies dans le plan sagittal. Leur extrémité distale prend place approximativement à mi-distance entre la région dorsale des centra et le bord dorsal de l'animal. Dans la région postabdominale, les neurapophyses et les hémaphyses présentent un développement comparable. Des epineuralia sont présents dans la région abdominale et à l'avant de la région postabdominale. Des epipleuralia sont également observables contre la base des vertèbres abdominales. Une série de dorsospinalia était présente

en avant de la nageoire dorsale.

La nageoire caudale est relativement petite: sa longueur n'égale pas le 1/5 de la longueur standard. Elle est profondément fourchue, la longueur de ses rayons axiaux excédant à peine la moitié de celle du plus long rayon du lobe dorsal. Elle comporte 19 rayons principaux dont 17 sont à la fois articulés et bifurqués. En avant prennent place, dorsalement et ventralement, respectivement environ 12 et 7 rayons marginaux. La nageoire caudale est soutenue par un squelette axial constitué de six éléments: le complexe uro-terminal et cinq centra préuraux libres qui portent des neurapophyses et des hémurapophyses très longues.

La nageoire dorsale est insérée sensiblement en arrière du milieu du corps mesuré de la pointe du museau au bord postérieur des hypuraux: la distance antédorsale égale environ 60% de la longueur standard. Elle débute par quatre rayons courts en arrière desquels on dénombre 13 rayons articulés et bifurqués dont la longueur du plus grand égale la moitié de la hauteur maximale du corps. L'endosquelette de la nageoire dorsale est constitué de 15 axonostes proximaux plus ou moins rectilignes relativement courts puisque leur extrémité proximale ne s'intercale pas entre les extrémités distales des neurapophyses correspondantes.

La nageoire anale débute nettement en arrière de la verticale passant par l'origine de la dorsale. On y dénombre trois ou quatre rayons courts en arrière desquels prend place un nombre indéterminé de rayons articulés et bifurqués. L'endosquelette de la nageoire anale comporte une dizaine d'axonostes proximaux relativement courts.

Les nageoires pectorales occupent une position basse sur le flanc. Elles semblent avoir été composées d'une quinzaine de rayons. Leur longueur était apparemment inférieure à la moitié de la distance séparant leur base de l'origine des pelviennes.

Les nageoires pelviennes sont insérées un peu en avant de la verticale passant par l'origine de la dorsale. Leur composition et leur taille ne sont pas connues.

Le corps est couvert d'écailles cycloïdes.

Planche 4

Fig. 1 - *Vinciguerria* sp. Vue générale du spécimen Ro-47A.

Fig. 2 - *Mauroliticus muelleri* (Gmelin, 1789). Vue générale du spécimen Ro-10.

[Clichés D. Serrette]



Remarque: les caractères décrits ci-dessus permettent d'attribuer ce fossile à la famille des Gonostomatidae. Au sein de celle-ci, la position de la nageoire dorsale, qui débute en avant de l'anale, et celle des nageoires pelviennes, qui sont insérées en avant de l'origine de la dorsale, conduisent à attribuer ce fossile au genre *Vinciguerria* Jordan & Evermann.

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Il s'agit du premier signalement du genre *Vinciguerria* Jordan & Evermann dans le Messinien méditerranéen.

Famille Sternoptychidae DUMÉRIL, 1806

Genre *Maurolicus* COCCO, 1838

Maurolicus muelleri (GMELIN, 1789)

(Pl. 4, fig. 2)

Cette espèce n'est pas rare dans le Messinien de Roddi où nous en avons dénombré 48 spécimens (soit 17,1% du nombre de spécimens provenant de ce gisement). Leur longueur standard varie de 33 à 52 mm. Ils sont caractérisés par leur corps allongé dont la hauteur maximale est comprise un peu moins de quatre fois dans la longueur standard. La tête, massive, constitue un peu moins du tiers de cette dimension. L'orbite est assez grande: son diamètre horizontal égale environ un tiers de la longueur de la tête. La cavité buccale est modérée: la mandibule, dont la longueur égale environ les 3/5 de la longueur de la tête, s'articule avec le crâne approximativement sous le milieu de l'orbite. La région operculaire, relativement large, constitue environ le tiers de la tête.

La colonne vertébrale est composée de 32 ou 33 vertèbres qui se décomposent généralement en 14 abdominales et 18 ou 19 postabdominales. Les centra vertébraux supportent dorsalement des neurapophyses qui, relativement courtes dans la région abdominale, sont beaucoup plus développées dans la région postabdominale où leur extrémité distale atteint pratiquement le bord dorsal du corps. Les centra postabdominaux supportent également des hémaphyses de taille comparable.

Les côtes pleurales, au nombre d'une dizaine de paires, sont à la fois longues et robustes, leur extrémité distale atteignant le bord ventral de la cavité abdominale. Des epineuralia sont présents contre la base des neurapophyses jusque dans la partie antérieure de la région postabdominale. Des epipleuralia sont également observables contre les premières hémaphyses vertébrales. On notera également la présence de dorsospinalia en

avant de la nageoire dorsale.

La nageoire caudale est profondément fourchue: la longueur de ses rayons axiaux égale approximativement la moitié de celle des plus longs rayons de chaque lobe.

Le squelette caudal axial comporte trois éléments: le complexe uro-terminal à l'arrière, précédé de deux centra préuraux libres dont les neurapophyses et les hémaphyses allongées soutiennent les rayons marginaux de la caudale.

La nageoire dorsale est insérée un peu en arrière du milieu de la longueur du corps, mesurée de la pointe du museau au bord postérieur des hypuraux. Elle est composée d'une douzaine de rayons. La longueur du plus grand égale approximativement la moitié de la hauteur maximale du corps.

La nageoire anale débute juste en arrière de la verticale passant par la base du dernier rayon de la dorsale. Sa composition n'a pas pu être précisée.

Les nageoires pectorales, insérées en position basse sur le flanc, sont composées d'une quinzaine de rayons dont la longueur excède la moitié de la distance séparant leur base de l'origine des pelviennes.

Les nageoires pelviennes, composées de 6 ou 7 rayons, sont situées sur la verticale passant par l'origine de la nageoire dorsale et approximativement aux $2/3$ de la distance séparant la base des pectorales de l'origine de l'anale. Leurs plus longs rayons atteignent pratiquement l'origine de celle-ci.

Le corps est couvert d'écailles cycloïdes dont la surface est ornée de cercles concentriques. Sur certains spécimens, une bande sombre est visible tout le long du bord ventral du corps.

Remarque: dans ses grandes lignes, la description précédente s'accorde fort bien avec celle proposée par Landini & Menesini (1980).

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Cette espèce est largement représentée dans le Messinien du bassin méditerranéen: en Algérie (Oran et Sidi Brahim) (Arambourg, 1927; Gaudant, 2008), en Espagne (Nijar, Lorca, Columbares et Hurchillo) (de la Chapelle & Gaudant, 1987; Gaudant, 1995a, 1995b; Gaudant *et al.*, 2001), en Italie (Gabbro, Mondaino, Senigallia, Licata, Bessima et Masseria il Salto) (Bradley & Landini, 1984; Bedini *et al.*, 1986; d'Erasmus, 1930; Arambourg, 1925; Leonardi, 1959; Gaudant *et al.*, 1996) et en Grèce (Mires et Gavdos) (Gaudant *et al.*, 1997, 2006).

Famille Myctophidae GILL, 1893
Genre *Myctophum* (s.l.) RAFINESQUE, 1810
Myctophum (s.l.) *licatae* (SAUVAGE, 1870)
(Fig. 4; Pl. 5, fig. 1)

Avec 112 individus recensés, soit 40% de l'ensemble de l'ichthyofaune, cette espèce est la plus abondante de celles que nous avons identifiées dans le Messinien de Roddi. Elle y est représentée par des individus dont la longueur standard varie de 21 à 72 mm, la fréquence maximale se situant entre 40 et 65 mm. Ce sont des poissons au corps élancé dont la hauteur maximale est comprise entre 4,5 et 6 fois dans la longueur standard.

La tête, grande, constitue approximativement le tiers de la longueur du corps. Assez massive, puisque sa hauteur égale environ les 3/4 de la longueur, elle est caractérisée par la grande taille de sa cavité buccale, la lon-

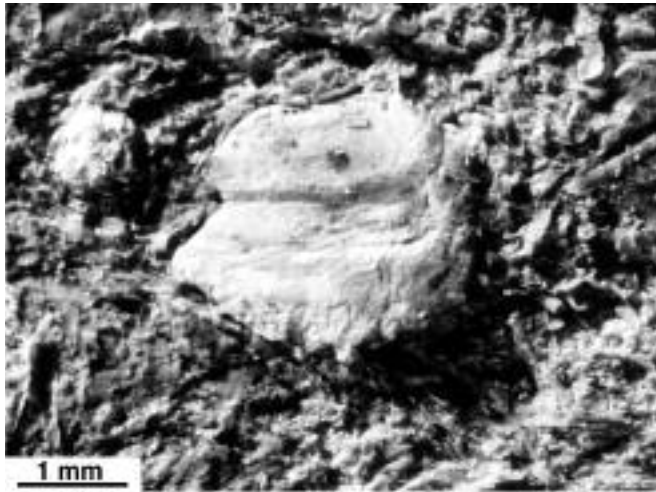


Fig. 4 - *Myctophum* (s.l.) *licatae* (Sauvage, 1870). Otolithe (sagitta) fossilisée *in situ* sur le spécimen Ro-144.
[Cliché D. Serrette]

Planche 5

Fig. 1 - *Myctophum* (s.l.) *licatae* (Sauvage, 1870). Vue générale du spécimen Ro-12.
Fig. 2 - *Myctophum* (s.l.) *dorsale* (Sauvage, 1870). Vue générale du spécimen Ro-218A.

[Clichés D. Serrette]



gueur de la mandibule égalant environ 80% de celle de la tête. De ce fait, l'articulation de la mandibule avec le crâne prend place nettement en arrière de la verticale passant par le bord postérieur de l'orbite. Le bord oral de la mâchoire supérieure est uniquement constitué par le prémaxillaire, long et très étroit.

Il est possible d'observer sur quelques spécimens des otolithes *in situ*. Celles-ci sont toutefois plus ou moins érodées comme c'est le cas de la sagitta fossilisée sur le spécimen Ro-144 (fig. 4). Celle-ci est visible par sa face interne. Elle est caractérisée par la possession d'un rostrum pointu de taille modérée et d'un antirostrum réduit. Le sulcus, rectiligne, est divisé en deux parties par un léger rétrécissement qui sépare l'ostium de la cauda. Une faible dépression occupe la partie centrale du champ supérieur. Le bord ventral de la sagitta est orné par une série de petites protubérances.

La colonne vertébrale est le plus souvent composée de 34 ou 35 vertèbres, dont 18 ou 19 postabdominales. Les centra vertébraux supportent des neurapophyses bien développées dont l'extrémité distale atteint, dans la région abdominale, les 3/4 de la distance séparant la région distale des centra du bord dorsal de l'animal. Des hémapophyses de taille comparable leur font pendant dans la région postabdominale.

Des epineuralia sont présents tout le long de la colonne vertébrale. Des epipleuralia sont également observables dans la région postabdominale. Plusieurs dorsospinalia prennent place en avant de la nageoire dorsale.

La nageoire caudale, profondément fourchue, est de taille modérée: sa longueur égale approximativement le quart de la longueur standard. Elle est formée de 19 rayons principaux, dont 17 à la fois articulés et bifurqués, en avant desquels prennent place, dorsalement et ventralement, quelques rayons marginaux.

Le squelette caudal axial est composé de quatre éléments: le complexe uro-terminal, qui supporte le parhypural et les hypuraux, et trois centra préuraux libres, dont les neurapophyses et hémapophyses allongées supportent les rayons situés à l'avant de chaque lobe de la nageoire caudale.

La nageoire dorsale est insérée un peu en avant du milieu du corps, mesuré de la pointe du museau au bord postérieur des hypuraux: la distance antédorsale égale 43 à 45% de la longueur standard. Elle débute par deux ou trois courts rayons articulés auxquels fait suite un long rayon articulé dont la longueur égale approximativement la hauteur maximale du corps. Plus en arrière prennent place 10 ou 11 rayons à la fois articulés et bifurqués. L'endosquelette de la nageoire dorsale est composé de 11 ou 12 axonostes proximaux.

La nageoire anale occupe une position reculée puisqu'elle débute sensiblement en arrière de la verticale passant par la base du dernier rayon de la dorsale. La distance antéanale égale 65 à 67% de la longueur standard. La nageoire anale comporte deux ou trois rayons courts à l'avant puis un long rayon articulé, en arrière duquel prennent place 10 à 12 rayons à la fois articulés et bifurqués. Son endosquelette se compose de 12 ou 13 axonostes proximaux.

Les nageoires pectorales, qui sont composées d'environ 13 rayons, sont insérées en position basse sur le flanc. L'extrémité de leurs plus longs rayons atteint pratiquement la base des pelviennes.

Les nageoires pelviennes prennent place sensiblement plus près de la base des pectorales que de l'origine de l'anale: la distance pectoro-pelvienne égale environ 35 à 40% de la distance pectoro-anale. Elles sont insérées au-dessous de la base des premiers rayons de la nageoire dorsale. De taille relativement grande, puisque la longueur de leurs plus grands rayons égale approximativement les 3/4 de la distance pectoro-anale, elles sont composées d'environ 8 rayons.

Le corps est couvert d'écailles cycloïdes très fines dont la surface est ornée de circoli concentriques et dont le champ antérieur est festonné par plusieurs radii. De petits photophores ont été observés sur certains spécimens.

Remarque: les Myctophidae décrits ci-dessus possèdent normalement de très petits photophores qui ne sont que rarement observables sur les fossiles. Ils ne diffèrent en rien de ceux de Licata attribués par Gaudant & Ambroise (1999) à l'espèce *Myctophum licatae* (Sauvage).

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Cette espèce est présente dans un très grand nombre de gisements messiniens du bassin méditerranéen: en Algérie (Oran, Sig et Sidi Brahim) (Arambourg, 1927; Gaudant, 2008), en Espagne (Nijar, Lorca, Columbares et Hurchillo) (de la Chapelle & Gaudant, 1987; Gaudant, 1995a, 1995b; Gaudant *et al.*, 2001), en Italie (Mondaino, Senigallia, Licata, Besima et Masseria il Salto) (Bedini *et al.*, 1986; d'Erasmus, 1930; Arambourg, 1925; Leonardi, 1959; Gaudant *et al.*, 1996), en Grèce (Mires et Gavdos) (Gaudant *et al.*, 1997, 2006) et à Chypre (Merle *et al.*, 2002).

Myctophum (s.l.) *dorsale* (SAUVAGE, 1870)
(Fig. 5; Pl. 5, fig. 2)

Cette espèce n'est pas très fréquente dans le Messinien de Roddi où elle n'est représentée que par 14 individus, soit 5,0% de l'ensemble de l'ichthyofaune. Leur longueur standard varie de 31 à 64 mm. Ce sont des poissons au corps allongé dont la hauteur maximale est comprise 3,5 à 4 fois dans la longueur standard.

La tête, massive, constitue généralement environ un tiers de la longueur standard. Elle est caractérisée, comme chez tous les Myctophidae, par sa cavité buccale très longue due au fait que la longueur de la mandibule excède sensiblement la moitié de la longueur de la tête (sa longueur égale environ 60% de celle de la tête).

Une sagitta gauche, visible par sa face interne, est fossilisée *in situ* sur le spécimen Ro-206 (fig. 5). Sa hauteur maximale se situe dans sa partie postérieure. Le rostrum est pratiquement effacé, de même que l'antirostrum. Le sulcus est divisé par un rétrécissement marqué qui sépare l'ostium et la cauda. Le champ supérieur porte une faible dépression allongée longitudi-

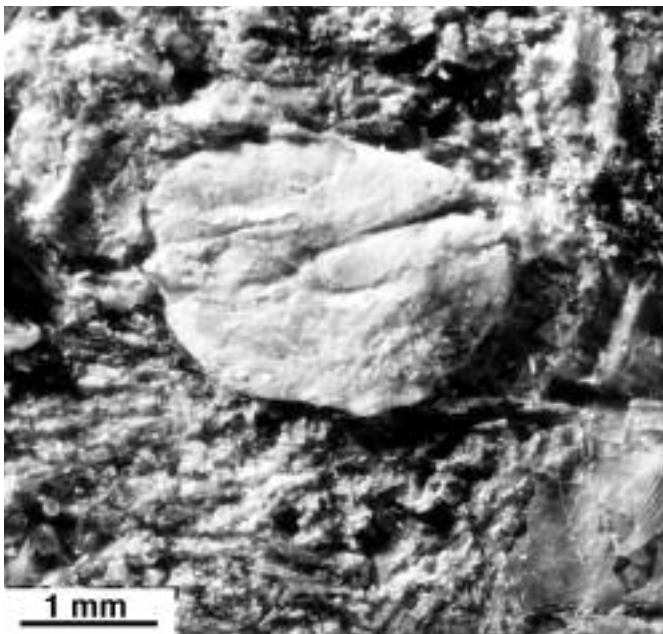


Fig. 5 - *Myctophum* (s.l.) *dorsale* (Sauvage, 1870). Otolithe (sagitta) fossilisée *in situ* sur le spécimen Ro-206.

[Cliché D. Serrette]

nalement.

La colonne vertébrale est composée de 32 ou 33 vertèbres, dont 20 ou 21 postabdominales.

La nageoire dorsale est insérée approximativement au milieu de la longueur du corps, mesurée de la pointe du museau au bord postérieur des hypuraux (la distance antédorsale égale 47-51% de la longueur standard). Elle est constituée d'une dizaine de rayons, dont environ 6 ou 7 articulés et bifurqués. Leur longueur égale approximativement la moitié de la hauteur maximale du corps.

La nageoire anale débute en arrière de la verticale passant par la base du dernier rayon de la dorsale, la distance antéanale égalant 63-70% de la longueur standard. Elle se compose d'une quinzaine de rayons dont deux ou trois courts situés à l'avant, auxquels font suite un long rayon articulé non bifurqué et une douzaine de rayons à la fois articulés et bifurqués.

Les nageoires pectorales, insérées un peu au-dessous du milieu du flanc, sont longues puisque l'extrémité distale de leurs plus longs rayons dépasse la verticale passant par l'origine de la dorsale et des pelviennes. Elles comptent une quinzaine de rayons.

Le corps est couvert d'écailles cycloïdes dont la surface est ornée de cercles concentriques et dont le champ antérieur est divisé en plusieurs radii. Certaines écailles des parties médiane et inférieure du flanc portent d'assez gros photophores, comme l'a montré Arambourg (1925).

Remarque: les Myctophidae pourvus de gros photophores décrits ci-dessus ne diffèrent en rien de ceux du Messinien de Licata attribués par Gaudant & Ambroise (1999) à l'espèce *Myctophum dorsale* (Sauvage).

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Cette espèce est assez largement représentée dans le Messinien: au Maroc (Melilla-Nador) (Gaudant *et al.*, 1994b), en Algérie (Oran, Sig et Sidi Brahim) (Arambourg, 1927; Gaudant, 2008), en Espagne (Columbares et Hurchillo) (Gaudant, 1995b; Gaudant *et al.*, 2001), en Italie (Mondaino, Senigallia, Licata, Bessima et Masseria il Salto) (Bedini *et al.*, 1986; d'Erasmus, 1930; Arambourg, 1925; Leonardi, 1959; Gaudant *et al.*, 1996), en Grèce (Mires et Gavdos) (Gaudant *et al.*, 1997, 2006) et à Chypre (Pisouri) (Merle *et al.*, 2002).

Famille Hemiramphidae GILL, 1861
Genre *Hyporhamphus* GILL, 1859 (?)
Hyporhamphus ? sp.
(Pl. 6, fig. 1-2)

Nous rapportons sous réserve au genre *Hyporhamphus* Gill deux des spécimens (Ro-19A+B et Ro-20) récoltés dans le Messinien de Roddi. Le second d'entre eux est pratiquement complet à l'exception du museau. Sa longueur standard égalait environ 330 mm. Ce poisson possède un corps très allongé dont la hauteur maximale est comprise environ dix fois dans la longueur standard. La longueur de la tête sans le rostre, qui n'est pas conservé, est comprise environ six fois dans cette dimension.

La tête est allongée: sa hauteur égale environ les 3/5 de sa longueur. L'orbite est relativement petite: son diamètre égale le quart de la longueur de la tête. Du toit crânien on distingue principalement les frontaux très allongés. A l'avant de l'orbite prend place un lacrymal de grande taille. La cavité buccale est longue, l'articulation de la mandibule avec le crâne prenant approximativement place sur la verticale passant par le bord postérieur de l'orbite. Le préopercule possède deux branches de longueur comparable. Son contour postéro-ventral est projeté vers l'arrière, la branche horizontale de l'os portant une série de canalicules du canal préoperculaire disposés en éventail. La largeur de l'opercule est un peu supérieure à sa hauteur, comme le montre le spécimen Ro-19B.

La colonne vertébrale du spécimen Ro-20 comporte 65 vertèbres, dont 22 abdominales. Toutes les vertèbres possèdent des centra sensiblement allongés dotés de prézygapophysés développés. A l'exception de la première qui en est dépourvue, les six premières vertèbres abdominales portent des neurapophysés aplaties dans le plan sagittal. Les neurapophysés suivantes ont une morphologie normale. Elles sont relativement longues, leur extrémité distale atteignant au moins les 2/3 de la distance séparant la région dorsale des centra du bord dorsal du corps. Dans la région postab-

Planche 6

Fig. 1 - *Hyporhamphus* ? sp. Vue générale du spécimen Ro-19.

Fig. 2 - *Hyporhamphus* ? sp. Vue générale du spécimen Ro-20.

[Clichés D. Serrette]



dominale, les hémaphyses présentent un développement comparable.

Les côtes pleurales sont approximativement au nombre d'une quarantaine de paires. A l'exception des 8 ou 9 paires antérieures qui sont les plus longues, elles sont grêles et relativement courtes, leur extrémité distale atteignant le tiers inférieur de la cavité abdominale.

Sur le spécimen Ro-19A, quelques epineuralia peu développés sont observables entre les bases des neurapophyses un peu en avant de la verticale passant par la base des nageoires pelviennes. Quelques epipleuralia de petite taille sont également visibles sur le spécimen Ro-20 à l'arrière de la région abdominale.

La nageoire caudale est profondément fourchue: la longueur de ses rayons axiaux n'excède pas la moitié de celle du plus long rayon du lobe ventral. Elle est composée de 17 rayons principaux dont 15 sont à la fois articulés et bifurqués. En avant de chaque lobe prennent place, dorsalement et ventralement, respectivement quatre et six rayons marginaux.

Le squelette caudal axial est constitué de quatre éléments: le complexe uro-terminal et trois centra préuraux libres dont les neurapophyses et les hémaphyses allongées soutiennent les rayons marginaux et le premier rayon principal de chaque lobe de la caudale.

La nageoire dorsale occupe une position très reculée, la distance anté-dorsale égalant 73 % de la longueur standard. Bien que sa composition ne soit pas connue avec précision, on peut estimer à une quinzaine son nombre de rayons. Son endosquelette est composé de 12 ou 13 axonostes proximaux (constitués d'une seule pièce) qui s'intercalent profondément entre les extrémités distales des neurapophyses correspondantes.

La nageoire anale débute légèrement en avant de la verticale passant par l'origine de la dorsale. On distingue à l'avant deux courts rayons en arrière desquels prend place un long rayon articulé et 13 rayons à la fois articulés et bifurqués. Son endosquelette comporte 15 ou 16 axonostes proximaux semblables à ceux de la dorsale, qui s'intercalent profondément entre les hémaphyses correspondantes.

Les nageoires pectorales sont insérées approximativement à mi-flanc. Elles devaient être composées d'une douzaine de rayons dont la longueur est inconnue.

Les nageoires pelviennes prennent place approximativement aux 2/3 de la distance séparant la base des pectorales de l'origine de l'anale. Elles paraissent avoir été formées de six rayons. Elles sont petites, l'extrémité distale de leurs plus longs rayons n'atteignant pas la moitié de la distance séparant leur base de l'origine de l'anale. Elles sont soutenues par des os pelviens qui sont bifides vers l'avant.

Comme le montre le spécimen Ro-19A+B, le corps est couvert de grandes écailles cycloïdes dont le nombre devait être d'une centaine environ dans la ligne latérale. Leur surface est ornée de nombreux cercles concentriques dont la densité est approximativement de 25 au millimètre.

Remarque: bien que les deux individus recueillis à Roddi soient dépourvus de leur région rostrale, leur détermination a été rendue possible par l'observation de leurs nageoires dorsale et anale, pratiquement opposées l'une à l'autre, et par le fait que leurs nageoires pelviennes occupent une position abdominale.

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Aucun Hemiramphidae n'a été signalé jusqu'à ce jour dans le Messinien du bassin méditerranéen. En effet, celui dont fait état Sorbini (1988, p. 9) dans le Messinien d'Oranie est une tête de *Scomberesox* Lacepède (ou de *Belone* Cuvier ?) provenant de Sidi Brahim, dont les deux mâchoires sont fortement allongées.

Famille Belonidae BONAPARTE, 1837

Genre *Belone* CUVIER, 1817

Belone sp.

(Fig. 6)

Nous rapportons au genre *Belone* Cuvier trois spécimens fragmentaires constitués principalement par des débris de têtes. Sur l'un d'eux (Ro-35), cependant, une partie importante de la région abdominale fait suite à la tête. Le spécimen Ro-34 (fig. 6) montre un toit crânien étroit et allongé, caractérisé par le grand développement des frontaux prolongés antérieurement par un rostre.

Des écailles cycloïdes sont présentes sur l'empreinte des frontaux.

Remarque: la possession d'un rostre allongé à la mâchoire supérieure conduit à considérer ces fossiles comme des représentants du genre *Belone* Cuvier.

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Le genre *Belone* Cuvier a été signalé dans plusieurs gisements messiniens: en Espagne (Campos del Río) (Gaudant *et al.*, 1994a) et en Italie (Mondaino, Licata et Masseria il Salto) (Bedini *et al.*, 1986; Arambourg,

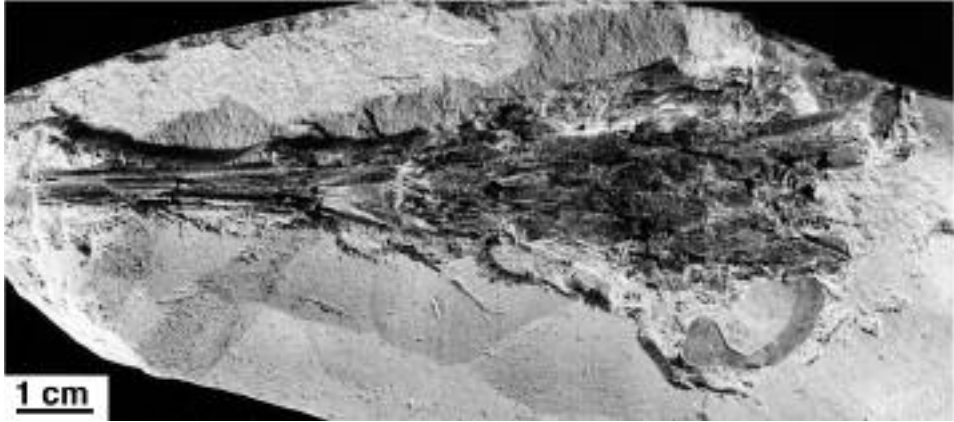


Fig. 6 - *Belone* sp. Tête du spécimen Ro-34. [Cliché D. Serrette]

1925; Gaudant *et al.*, 1996).

Famille Bregmacerotidae GILL, 1872
Genre *Bregmaceros* THOMPSON, 1840
Bregmaceros albyi (SAUVAGE, 1880)
(Pl. 7, fig. 1)

Six individus, soit 2,1% de l'ichthyofaune, indiquent la présence de cette espèce dans le Messinien de Roddi. Leur longueur standard est comprise entre 16,5 et une quarantaine de millimètres.

Comme le montre le spécimen Ro-40, le corps est élancé, sa hauteur maximale étant comprise environ neuf fois dans la longueur standard. La tête, relativement petite, constitue environ 1/6 de celle-ci. Deux otolithes sont fossilisées *in situ*, la sagitta, qui est la plus visible, étant observable par sa face latéro-externe. La cavité buccale est grande, l'articulation de la mandibule avec le crâne se situant sur la verticale passant par le bord postérieur de l'orbite.

La colonne vertébrale est composée d'une dizaine de vertèbres abdominales et de 36 vertèbres postabdominales. Les neurapophyses abdominales

Planche 7

Fig. 1 - *Bregmaceros albyi* (Sauvage, 1880). Vue générale du spécimen Ro-40.

Fig. 2 - *Syngnathus albyi* Sauvage, 1870. Vue générale du spécimen Ro-52.

[Clichés D. Serrette]



sont très développées puisque leur extrémité distale atteint le bord dorsal du corps. Les vertèbres abdominales supportent des côtes pleurales grêles relativement courtes. Les centra postabdominaux portent des neurapophyses et des hémaphyses très longues dont les plus antérieures atteignent respectivement les bords dorsal et ventral du corps.

La nageoire caudale, échancrée à son extrémité distale, est très courte: sa longueur égale environ 1/8 de la longueur standard. Elle est soutenue par le squelette caudal axial composé de huit éléments: en avant du complexe uro-terminal, sept centra préuraux libres concourent par leurs neurapophyses et hémaphyses très allongées au soutien des rayons caudaux.

La nageoire dorsale est divisée en trois parties. Elle est précédée par un filament nuchal relativement long. La dorsale antérieure comporte une douzaine de rayons dont la longueur du plus grand égale approximativement une fois et demie la hauteur maximale du corps. La dorsale médiane n'a pas laissé de trace. La dorsale postérieure paraît avoir été composée d'une dizaine de rayons. L'anale antérieure est opposée à la dorsale antérieure. On y dénombre une quinzaine de rayons dont la longueur égale celle des rayons de la dorsale antérieure. La nageoire anale médiane n'est pas conservée. En revanche, nous avons observé une douzaine de rayons à l'anale postérieure.

Les nageoires pectorales occupent une position élevée sur le flanc, au-dessus du niveau de la colonne vertébrale. Elles sont composées d'une quinzaine de rayons dont la longueur des plus grands excède la moitié de la distance séparant leur base de l'origine de la dorsale antérieure.

Les nageoires pelviennes, insérées en position jugulaire, sont caractérisées par la possession d'un long rayon filamenteux articulé dont l'extrémité distale dépasse sensiblement l'origine de l'anale antérieure.

Le corps est couvert d'écailles cycloïdes ornées de circuli concentriques.

Remarque: la composition de la colonne vertébrale des *Bregmaceros* de Roddi s'accorde parfaitement avec celle du matériel messinien de Licata (Sicile) décrit par Arambourg (1925) comme *Bregmaceros albyi* (Sauvage).

Distribution dans le Messinien méditerranéen

L'espèce *Bregmaceros albyi* (Sauvage) est très largement répandue dans le Messinien: au Maroc (Melilla-Nador) (Gaudant *et al.*, 1994b), en Algérie (Oran et Sig) (Arambourg, 1927), en Espagne (Columbares) (Gaudant, 1995b), en Italie (Mondaino, Senigallia, Licata, Bessima et Masseria il Salto) (Bedini *et al.*, 1986; d'Erasmus, 1930; Arambourg, 1925; Leonardi, 1959; Gaudant *et al.*, 1996) et en Grèce (Psalidha et Gavdos) (Gaudant *et al.*, 1997, 2006).

Famille Syngnathidae BONAPARTE, 1832
Genre *Syngnathus* LINNAEUS, 1758
Syngnathus albyi SAUVAGE, 1870
(Pl. 7, fig. 2)

Six individus, représentant 2,1% de l'ichthyofaune, indiquent la présence de cette espèce dans le Messinien de Roddi. Trois d'entre eux sont pratiquement complets, à l'exception de la partie antérieure du museau et de la région caudale. Le plus grand d'entre eux (Ro-52), dont le museau est brisé au niveau de l'articulation mandibulaire, a une longueur standard qui excédait légèrement 520 mm.

La nageoire dorsale, qui est insérée sensiblement en avant du milieu du corps, est composée d'environ 35 rayons dont la longueur des plus grands égale pratiquement la hauteur du corps mesurée à l'avant de la nageoire.

Le corps est couvert d'écussons ossifiés présentant une ornementation caractéristique faite de rides transversales sur lesquelles prennent appui des crêtes secondaires déterminant un réseau en nid d'abeille.

Remarque: cette espèce est reconnue dans de nombreux gisements messiniens grâce à l'ornementation des écussons ossifiés recouvrant le corps.

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Cette espèce est présente dans de nombreux gisements messiniens du bassin méditerranéen: en Algérie (Oran et Sidi Brahim) (Arambourg, 1927; Gaudant, 2008), en Espagne (Nijar et Lorca) (de la Chapelle & Gaudant, 1987; Gaudant, 1995a), en Italie (Gabbro, Mondaino, Senigallia, Licata, Bessima et Masseria il Salto) (Bradley & Landini, 1984; Bedini *et al.*, 1986; d'Erasmus, 1930; Arambourg, 1925; Leonardi, 1959; Gaudant *et al.*, 1996), en Grèce (Mires et Gavdos) (Gaudant *et al.*, 1997, 2006) et à Chypre (Pissouri) (Merle *et al.*, 2002).

Famille Dactylopteridae GILL, 1885
Genre *Dactylopterus* LACEPÈDE, 1802
Dactylopterus sp.
(Pl. 8, fig. 1-2)

Un spécimen en double empreinte portant le numéro de catalogue Ro-31A+B témoigne de la présence du genre *Dactylopterus* Lacepède dans le

Messinien de Roddi. Sa longueur standard égale environ 116 mm. L'empreinte Ro-31A montre la face inférieure du toit crânien et une partie du tronc. Les os du toit crânien sont trop brisés pour permettre d'en donner une description détaillée. On notera cependant qu'ils présentent une ornementation caractéristique formée de tubercules. De plus, on observe la présence de petits denticules sur le bord inférieur du lacrymal gauche. Les préopercules sont caractérisés par leur processus postérieur pointu très développé qui dépasse vers l'arrière la base des pectorales.

La colonne vertébrale paraît avoir été constituée d'une trentaine de vertèbres dont les centra sont allongés, leur longueur égalant environ une fois et demie leur hauteur. La nageoire caudale, de petite taille, a une longueur qui égale approximativement 1/5 de la longueur standard. Elle est composée de huit rayons principaux dont six sont à la fois articulés et bifurqués. On dénombre en outre un rayon marginal dorsal et environ quatre rayons marginaux ventraux.

Par suite de l'écrasement dorso-ventral du crâne, les nageoires dorsale et anale n'ont laissé aucune trace.

Les nageoires pectorales, remarquablement développées, ont une longueur qui correspond aux 2/3 de la distance séparant leur base de celle de la nageoire caudale. On y dénombre environ 18 rayons dont les plus inférieurs sont les plus longs.

Les nageoires pelviennes, constituées de six rayons, sont insérées très légèrement en arrière de la base des pectorales.

Le corps est couvert d'écaillés ossifiées épaisses, allongées longitudinalement.

Remarque: le genre *Dactylopterus* Lacepède est caractérisé par le grand développement de ses nageoires pectorales – qui a longtemps fait attribuer à tort à ces poissons la capacité de voler à la manière de l'exocet – et par l'ornementation des plaques osseuses de leur toit crânien.

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Le genre *Dactylopterus* Lacepède était jusqu'à présent inconnu dans le

Planche 8

Fig. 1 - *Dactylopterus* sp. Vue générale du spécimen Ro-31B.

Fig. 2 - *Dactylopterus* sp. Vue générale du spécimen Ro-31A (contre-empreinte du précédent).

[Clichés D. Serrette]



Messinien du bassin méditerranéen.

Percoidei indet., sp. 1

(Fig. 7)

Un petit spécimen en double empreinte qui porte le numéro de catalogue Ro-61A+B indique la présence d'un *Percoidei* dans le Messinien de Roddi. Il s'agit d'un individu juvénile dont la longueur standard n'excède pas 12,5 mm. Il est caractérisé par son corps trapu dont la hauteur maximale égale la moitié de la longueur standard. La tête, massive, constitue environ 45% de la longueur standard. L'orbite, de taille moyenne, a un diamètre horizontal qui égale le quart de la longueur de la tête. La cavité buccale est relativement grande: l'articulation de la mandibule avec le crâne se situe approximativement sur la verticale passant par le bord postérieur de l'orbite. De ce fait, la longueur de la mandibule égale environ 60% de la longueur de la tête.

Le toit crânien paraît s'être terminé vers l'arrière par une crête supraoccipitale renflée. L'opercule, de forme trapézoïdale, était terminé postérieurement par une pointe située à l'extrémité de la crête osseuse qui prend naissance au niveau de la cavité articulaire assurant l'articulation avec

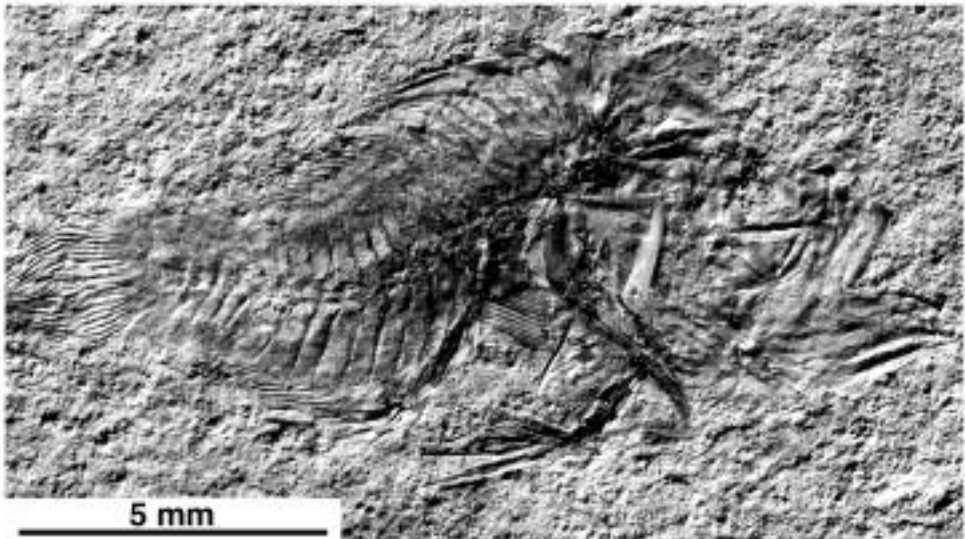


Fig. 7 - *Percoidei* indet., sp. 1. Vue générale du spécimen Ro-61A. [Cliché D. Serrette]

l'hyomandibulaire.

La colonne vertébrale semble avoir été composée d'environ 25 vertèbres dont 14 ou 15 constituent la région postabdominale. Les centra vertébraux supportent des neurapophyses et des hémapophyses très longues dont l'extrémité distale atteint presque les bords dorsal ou ventral de l'animal.

La nageoire caudale, de petite taille, présente une forme en palette à contour postérieur convexe. Elle semble avoir comporté une quinzaine de rayons principaux.

La nageoire dorsale débute juste au-dessus de l'arrière de la tête. Elle est continue et comporte à l'avant dix épines de taille modérée puisque la longueur de la troisième épine, qui semble avoir été la plus grande, égale moins de 40% de la hauteur maximale du corps. Sa partie postérieure paraît avoir été composée d'une douzaine de rayons.

L'endosquelette de la dorsale n'est qu'incomplètement connu. Neuf axonostes proximaux soutiennent les épines. Deux prédorsaux sont visibles en avant du premier axonoste.

La nageoire anale est opposée à la partie postérieure de la nageoire dorsale. Elle débute par trois épines de longueur croissante, celle de la troisième épine égalant presque celle de la plus grande épine dorsale. En arrière prennent place huit rayons.

L'endosquelette de la nageoire anale est inconnu à l'exception de l'axonoste antérieur très long qui s'articule avec l'hémapophyse de la première vertèbre postabdominale.

Les nageoires pectorales sont situées approximativement au tiers inférieur du flanc. Elles comportent une quinzaine de rayons.

Les nageoires pelviennes sont insérées un peu en avant de la verticale passant par la base des pectorales. Leur épine est relativement grande puisque sa longueur excède celle de la plus grande épine de la dorsale.

Le corps est couvert d'écailles cténoïdes dont le bord postérieur est orné de plusieurs spinules et dont la surface porte plusieurs circuli concentriques.

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Ce Percoïde ne semble pas avoir été décrit à ce jour dans le Messinien du bassin méditerranéen.

Percoidei indet., sp. 2
(Pl. 9, fig. 1)

Cinq fossiles, soit 1,8% de l'ensemble de l'ichthyofaune, témoignent de la présence de ce Percoïde dans le Messinien de Roddi, comme permet de le constater le spécimen Ro-21A, qui est malheureusement privé de sa nageoire caudale. Il s'agit d'un poisson au corps relativement trapu dont la longueur standard égale 83 mm, la hauteur maximale du corps étant comprise environ 3,5 fois dans cette dimension.

La tête, massive, constitue le tiers de la longueur standard. L'orbite est assez grande: son diamètre horizontal égale environ un tiers de la longueur de la tête. La cavité buccale est relativement courte puisque l'articulation de la mandibule avec le crâne prend place approximativement sur la verticale passant par le bord antérieur de l'orbite. Le bord oral du dentaire est garni de petites dents coniques. La région operculaire est étroite: la largeur de l'opercule est comprise au moins cinq fois dans la longueur de la tête.

La colonne vertébrale comporte environ 23 ou 24 vertèbres dont 13 ou 14 postabdominales. Les vertèbres abdominales antérieures possèdent des neurapophyses qui sont quelque peu aplaties dans le plan sagittal. Les centra suivants portent des neurapophyses de longueur modérée dont l'extrémité distale prend place approximativement aux 2/3 de la distance séparant la région dorsale des centra du bord dorsal de l'animal. Les vertèbres postabdominales possèdent des hémapophyses présentant un développement comparable à celui des neurapophyses.

Les côtes pleurales, grêles, au nombre d'au moins sept paires, sont relativement courtes, leur extrémité distale prenant approximativement place à mi-hauteur de la cavité abdominale.

La nageoire caudale n'est pas conservée. Le squelette caudal axial est constitué de trois éléments: le complexe uro-terminal précédé de deux centra préuraux libres qui portent des neurapophyses et des hémapophyses allongées soutenant les rayons marginaux dorsaux et ventraux de la caudale.

La nageoire dorsale est continue. Elle débute peu en arrière de la tête.

Planche 9

Fig. 1 - Percoidei indet., sp. 2. Vue générale du spécimen Ro-21.

Fig. 2 - *Lepidopus albyi* (Sauvage, 1870). Vue générale du spécimen Ro-26.

[Clichés D. Serrette]



Elle comporte une dizaine d'épines cannelées dont le bord antérieur est orné de petits tubercules. La longueur des épines s'accroît progressivement jusqu'à la sixième dont la longueur est comprise 2,5 fois dans la hauteur maximale du corps. La partie postérieure de la nageoire paraît avoir comporté au moins une douzaine de rayons. L'endosquelette de la nageoire dorsale comporte environ 22 axonostes proximaux de longueur modérée: seuls les cinq premiers d'entre eux sont assez longs pour que leur extrémité proximale s'intercale entre les extrémités distales des neurapophyses correspondantes.

La nageoire anale est opposée à la dorsale postérieure. Elle débute par trois épines cannelées de taille croissante dont le bord antérieur est orné de petits tubercules. En arrière prennent place environ douze rayons articulés et bifurqués. L'endosquelette de la nageoire anale est formé de 14 axonostes proximaux. Il débute par un axonoste très long et robuste qui s'articule avec l'hémapophyse de la vertèbre postabdominale antérieure. Son extrémité distale porte une expansion formant saillie vers l'avant. Le deuxième axonoste proximal est également assez long: son extrémité proximale s'intercale assez profondément entre les extrémités distales des hémapophyses correspondantes. Les autres axonostes proximaux sont sensiblement plus courts.

Les nageoires pectorales sont insérées approximativement à mi-flanc. Elles sont relativement grandes, leur longueur excédant sensiblement la moitié de la distance séparant leur base de l'origine de l'anale. Il n'a pas été possible de déterminer leur composition.

Les nageoires pelviennes sont insérées un peu en avant de la verticale passant par la base des pectorales. Leur longueur excède sensiblement celle de la plus longue épine de la dorsale. Elles comportent une longue épine cannelée dont le bord latéro-externe est orné de petits tubercules et cinq rayons articulés et bifurqués.

Le corps est couvert de très petites écailles plus ou moins rondes qui devaient être approximativement au nombre de 90 dans la longueur de la ligne latérale. Celle-ci occupe une position très élevée, à faible distance de la base de la nageoire dorsale, avant de s'abaisser sensiblement au-dessous de la partie postérieure de la dorsale.

Remarque: ces poissons Percoïdes messiniens de Roddi sont également présents dans le Tortonien du Tanaro (Gaudant *et al.*, 2007).

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Ce Percoïde ne semble pas avoir été décrit jusqu'à ce jour dans le Mes-

sinien du bassin méditerranéen.

Famille Trichiuridae RAFINESQUE, 1810

Genre *Lepidopus* GOUAN, 1870

Lepidopus albyi (SAUVAGE, 1870)

(Pl. 9, fig. 2)

La tête et la partie antérieure du tronc d'un assez grand poisson qui porte le numéro de catalogue Ro-26 indique la présence du genre *Lepidopus* Gouan dans le Messinien de Roddi. On peut estimer à environ 380 mm la longueur standard de ce spécimen.

De la tête manque seulement l'extrémité des mâchoires. Le prémaxillaire porte deux crocs à l'avant de son bord oral. Le plus grand d'entre eux possède un bord postérieur lisse, contrairement à ce qui s'observe chez l'espèce actuelle *Lepidopus argenteus* Euphrasen et également chez l'espèce fossile *Lepidopus proargenteus* Arambourg, définie dans le Messinien d'Oran.

L'orbite est assez grande: son diamètre égale approximativement un quart de la longueur de la tête. La mâchoire inférieure est longue: son articulation avec le crâne prend pratiquement place sur la verticale passant par le bord postérieur de l'orbite. Le toit crânien semble avoir été lisse. L'opercule n'est que partiellement visible. Sa largeur égale approximativement le quart de la longueur de la tête.

Le corps est allongé, sa hauteur maximale égalant environ 40% de la longueur de la tête. La colonne vertébrale comportait 22 vertèbres abdominales dont les centra supportent de longues neurapophyses dont l'extrémité distale prend approximativement place aux 2/3 de la distance séparant la région dorsale des centra du bord dorsal de l'animal. Seules les sept premières vertèbres abdominales sont conservées.

La nageoire dorsale est composée d'épines relativement courtes dont la longueur des plus grandes égale la moitié de la hauteur du corps.

Les nageoires pectorales sont insérées relativement bas sur le flanc. La longueur de ses plus longs rayons est sensiblement inférieure à la hauteur maximale du corps. Aucune trace des nageoires pelviennes n'est observable.

Le corps est totalement dépourvu d'écailles.

Remarque: *Lepidopus* Gouan est un poisson au corps très allongé en forme de ruban. Il est caractérisé par la forme des axonostes soutenant les épines de sa nageoire dorsale.

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Cette espèce est bien représentée dans le Messinien du bassin méditerranéen: en Italie (Gabbro, Mondaino, Licata et Bessima, Masseria il Salto et Scaparoni, près d'Alba) (Bradley & Landini, 1984; Bedini *et al.*, 1986; Arambourg, 1925; Leonardi, 1959; Gaudant *et al.*, 1996; Fontes *et al.*, 1987), en Grèce (Mires et Gavdos) (Gaudant *et al.*, 1997, 2006) et à Chypre (Pissouri) (Merle *et al.*, 2002). En outre certains *Lepidopus* spécifiquement indéterminés découverts en Espagne (Columbares et Lorca) (Gaudant, 1995a, 1995b) et en Italie (Castagnito, près d'Alba) (Fourtanier *et al.*, 1991) appartenaient probablement à cette même espèce.

Famille Scombridae RAFINESQUE, 1815

Genre *Scomber* LINNAEUS, 1758

Scomber scombrus LINNAEUS, 1758

(Fig. 8; Pl. 10, fig. 1-2)

Sept spécimens incomplets, soit 4% du nombre d'individus recensés, indiquent la présence de cette espèce dans le Messinien de Roddi. Le plus complet d'entre eux est inventorié Ro-25 (Pl. 10, fig. 1).



Fig. 8 - *Scomber* sp. Opercule isolé Ro-59.
[Cliché D. Serrette]

La tête de ce spécimen a une longueur de 50 mm pour une hauteur maximale du corps d'environ 30 mm. Elle est caractérisée par le profil faiblement convexe des frontaux que prolonge une crête supraoccipitale basse. L'orbite est relativement grande, son diamètre horizontal étant compris plus de trois fois dans la longueur de la tête.

La cavité buccale est grande, la longueur de la mandibule égalant la moitié de celle de la tête. De ce fait, l'articulation de la mandibule avec le crâne prend place en arrière de la verticale passant par le milieu de l'orbite. La mâchoire supérieure est constituée par le maxillaire arqué dont le bord ventral est sensiblement évidé pour recevoir le prémaxillaire qui constitue la totalité du bord oral de la mâchoire. L'extrémité postérieure du maxillaire est nettement élargie. La mandibule est caractérisée par la forme de son dentaire dont le bord oral subrectiligne s'élève régulièrement vers l'arrière et dont la région symphysaire est tronquée obliquement. Le préopercule, falciforme, est formé de deux branches de longueur semblable qui déterminent entre elles un angle d'environ 110°.

Comme le montre la tête isolée inventoriée Ro-30, le contour postéro-ventral du préopercule est régulièrement convexe, sa branche horizontale étant de ce fait assez fortement proéminente ventralement. La pièce Ro-59 (fig. 8) montre un opercule isolé caractérisé par sa région inférieure triangulaire étroite et par son contour dorsal régulièrement convexe qui se termine au niveau d'une proéminence arrondie séparée par une concavité bien marquée de la pointe mousse située à l'extrémité de la ride osseuse qui prend naissance au niveau de la cavité assurant l'articulation avec l'hyomandibulaire.

Le corps est caractérisé par sa forme élancée dont la hauteur maximale est comprise près de six fois dans la longueur standard. La colonne vertébrale est composée d'une quinzaine de vertèbres abdominales auxquelles s'ajoutent 16 vertèbres postabdominales, comme on peut le constater sur le spécimen Ro-29. Les centra des vertèbres abdominales sont allongés: leur longueur égale approximativement une fois et demie leur hauteur. Ils supportent d'assez longues neurapophyses faiblement arquées vers l'arrière dont l'extrémité distale prend place approximativement aux 2/3 de la distance séparant la région dorsale des centra du bord dorsal de l'animal.

Les côtes pleurales, au nombre d'une douzaine de paires, sont grêles et relativement longues, leur extrémité distale atteignant approximativement le quart inférieur de la cavité abdominale. Les trois dernières paires de côtes s'articulent avec des parapophyses de plus en plus longues.

La nageoire caudale est assez profondément fourchue. Elle est compo-

sée de 17 rayons principaux, dont 15 sont à la fois articulés et bifurqués. Dorsalement et ventralement prennent place respectivement 10 et 8 rayons marginaux. Le squelette caudal axial est composé de trois éléments: le complexe uro-terminal et deux centra préuraux libres dont les neurapophyses et hémaphyses fortement allongées et épaissies soutiennent les premiers rayons de chaque lobe de la nageoire caudale.

La nageoire dorsale antérieure est insérée un peu en arrière de la tête. Elle est composée de 11 épines dont la deuxième est la plus grande. Sa longueur égale approximativement les 2/3 de la hauteur maximale du corps. L'endosquelette de la dorsale antérieure comporte 10 axonostes proximaux, seule l'extrémité proximale des six premiers s'intercalant entre les extrémités distales des neurapophyses correspondantes.

La nageoire dorsale postérieure est séparée de la dorsale antérieure par un diastème. Elle débute par une courte épine en arrière de laquelle prennent place 11 rayons. L'endosquelette de la dorsale postérieure est composée d'une dizaine d'axonostes proximaux dont seuls les six premiers intercalent leur extrémité proximale entre les extrémités distales des neurapophyses correspondantes.

En arrière de la dorsale postérieure prend place une série de pinnules dotées d'un support endosquelettique. Cinq d'entre elles sont observables sur le spécimen Ro-29 (Pl. 10, fig. 2).

Le même individu montre la nageoire anale qui est opposée à la nageoire dorsale postérieure, bien qu'elle débute un peu en arrière de la verticale passant par l'origine de celle-ci. A l'avant prend place une courte épine en arrière de laquelle on dénombre une douzaine de rayons. L'endosquelette de la nageoire anale est composé de 13 axonostes proximaux. Le plus antérieur, très long et relativement robuste, s'articule avec l'hémaphyse falciforme portée par la première vertèbre postabdominale. Tous les autres axonostes proximaux s'intercalent plus ou moins profondément entre les extrémités distales des hémaphyses correspondantes.

En arrière de l'anale il est possible d'observer cinq pinnules. En outre, le support endosquelettique d'une sixième pinnule est également visible.

Le corps est couvert de petites écailles cycloïdes de forme ovale à la surface desquelles s'observent quelques circuli concentriques disposés autour

Planche 10

Fig. 1 - *Scomber scombrus* Linnaeus, 1758. Vue générale du spécimen Ro-25.

Fig. 2 - *Scomber scombrus* Linnaeus, 1758. Vue générale du spécimen Ro-29.

[Clichés D. Serrette]



d'un nucleus d'assez grande taille.

Remarque: l'attribution de ces poissons à l'espèce *Scomber scombrus* Linnaeus repose sur la composition de la nageoire dorsale antérieure qui comporte onze épines sur les spécimens de Roddi. Or l'espèce *Scomber colias* Gmelin n'en possède que 9 ou 10, contre 11 à 13 chez les représentants actuels de l'espèce *Scomber scombrus* (Linnaeus).

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Le genre *Scomber* L. a été identifié dans le Messinien d'Algérie (Oran et Sig) (Arambourg, 1927) et d'Italie (Licata) (Arambourg, 1925) où il est représenté par l'espèce *Scomber colias* Gmelin.

Genre *Thunnus* SOUTH, 1845

Thunnus sp.

(Pl. 11, fig. 1-2)

Un grand poisson incomplet en double empreinte portant le numéro de catalogue Ro-24A+B témoigne de la présence du genre *Thunnus* South dans le Messinien de Roddi. Ce poisson est fossilisé avec la bouche entrouverte au moment d'ingérer un représentant de l'espèce *Myctophum* (s.l.) *licatae* (Sauvage). La longueur de sa tête, dont l'extrémité antérieure manque, devait avoisiner 105 mm. La hauteur maximale du corps égale approximativement les 4/5 de la longueur de la tête. La distance séparant la pointe du museau de l'origine de la dorsale postérieure mesure environ 245 mm, ce qui permet d'estimer sa longueur standard à environ 440 mm.

De la tête, on distingue principalement les mâchoires et la région operculaire. A l'arrière du neurocrâne s'observe la crête supraoccipitale qui est basse, en forme de lame, disposée dans le prolongement des frontaux. Le bord oral de la mâchoire supérieure est constitué par le prémaxillaire. Il est subrectiligne et porte une seule rangée de petites dents coniques. L'articulation de la mandibule avec le crâne prend place un peu en arrière de la verticale passant par le milieu de l'orbite. La longueur de la mandibule est, de ce fait, sensiblement inférieure à la moitié de la longueur de la tête. L'opercule est massif. Sa largeur est comprise environ trois fois dans la longueur de la tête.

Le corps devait être fusiforme. La colonne vertébrale semble avoir comporté environ 23 vertèbres abdominales. Toutefois, le fait que le complexe hémamaxal ne soit pas observable laisse subsister la possibilité que le nombre réel de vertèbres abdominales ait pu être un peu supérieur. Les

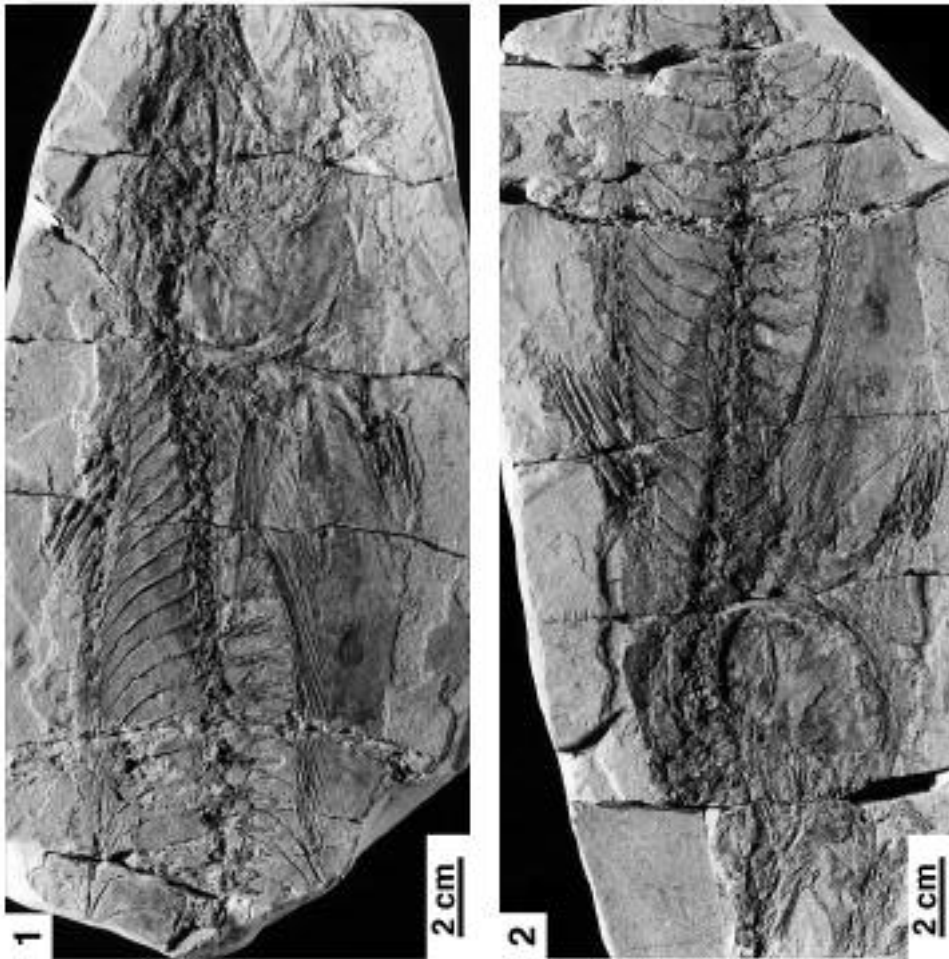


Planche 11

Fig. 1 - *Thunnus* sp. Vue générale du spécimen Ro-24A.

Fig. 2 - *Thunnus* sp. Vue générale du spécimen Ro-24B (contre-empainte du précédent).

[Clichés D. Serrette]

centra vertébraux supportent des neurapophyses arquées, très longues, dont l'extrémité distale atteint pratiquement le bord dorsal du corps. Ventralement, la plupart des vertèbres portent des hémaphyses très développées dont la longueur s'accroît sensiblement à l'arrière de la cavité abdominale. Les moitiés droite et gauche des hémaphyses postérieures ne sont pas fusionnées dans le plan sagittal, un caractère observé chez les espèces actuelles du genre *Thunnus* South (Tortonese, 1975). Les côtes pleurales, longues et grêles, s'articulent avec l'extrémité distale des hémaphyses et sont disposées très obliquement, ce qui confère à la cavité abdominale de ce poisson un aspect caractéristique.

La nageoire dorsale est constituée de deux parties contiguës. La nageoire dorsale antérieure débute peu en arrière de la tête. Bien que seule sa région antérieure soit bien conservée sur l'empreinte Ro-24B, elle semble avoir été composée d'une douzaine d'épines dont la deuxième était la plus grande. Sa longueur excède quelque peu la moitié de la hauteur maximale du corps. La longueur des épines suivantes diminue rapidement vers l'arrière au point que celle de la cinquième épine égale seulement 70% de celle de la plus grande, que la huitième ne mesure plus que 30% de celle de cette dernière, et que les dernières épines sont encore deux fois plus courtes. De ce fait, une ligne verticale unit les extrémités distales des cinq ou six premières épines. L'endosquelette de la dorsale antérieure est formé d'environ 15 axonostes proximaux qui portent à leur extrémité un processus articulaire saillant évidé en une cavité articulaire dans laquelle prend place la base de l'épine correspondante.

De la nageoire dorsale postérieure, l'empreinte Ro-24A permet seulement d'observer les deux épines antérieures très courtes et une dizaine d'axonostes proximaux.

La destruction de la partie postérieure du corps a entraîné celle des nageoires anale et caudale.

Les nageoires pectorales, insérées à mi-flanc, sont composées de 24 rayons dont la longueur des plus grands atteint presque la base des dernières épines de la dorsale antérieure.

Les nageoires pelviennes sont insérées au-dessous des pectorales et débutent juste en arrière de la verticale passant par la base de celles-ci. Elles sont formées d'une épine et de cinq rayons dont la longueur excède la moitié de celle des plus longs rayons des pectorales.

Le corps est couvert de petites écailles cycloïdes dont la surface est ornée de quelques circuli concentriques. Ces écailles sont notamment observables à l'arrière de la région abdominale de l'empreinte Ro-24A, un peu en avant de la nageoire dorsale postérieure.

Remarque: l'attribution de ce spécimen incomplet au genre *Thunnus* South est fondée sur la possession de nageoires dorsales contiguës, sur la composition de la nageoire dorsale antérieure qui comporte une douzaine d'épines et sur la présence d'écailles qui ne sont pas limitées au seul corselet.

Distribution dans le Messinien méditerranéen

Il s'agit du premier signalement du genre *Thunnus* South dans le Messinien du bassin méditerranéen.

SIGNIFICATION PALEOECOLOGIQUE DE L'ICHTHYOFAUNE

Comme indiqué précédemment, le gisement fossilifère de Roddi comporte à la base un horizon marneux dans lequel sont exclusivement fossilisés de nombreux squelettes d'*Alosa elongata* Agassiz. Pour réaliser l'étude quantitative de cette ichthyofaune, nous nous sommes donc efforcés de ne prendre en compte que les squelettes provenant des niveaux sus-jacents, tout en étant conscient qu'il a été parfois difficile de déterminer l'origine précise de certains spécimens, ce qui peut avoir pour conséquence de majorer artificiellement le pourcentage d'*Alosa elongata* Agassiz dans les estimations suivantes.

Sur un total de 280 spécimens pris en compte dans cette étude, les Myctophidae sont nettement les principaux composants de l'ichthyofaune de Roddi dont ils constituent 45% du nombre d'individus. Ils se répartissent très inégalement entre l'espèce *Myctophum* (s.l.) *licatae* (Sauvage), de beaucoup la plus abondante avec 40% de l'effectif total, et *Myctophum* (s.l.) *dorsale* (Sauvage) qui en constitue seulement 5%.

Le second composant, par ordre décroissant d'abondance, est l'espèce *Alosa elongata* Agassiz avec – compte tenu de la remarque précédente – 20,7% du nombre d'individus.

Le troisième constituant majeur est *Maurolicus muelleri* (Gmelin), dont la population représente 17,1% du nombre total d'individus examinés.

Toutes les autres espèces jouent un rôle mineur. Parmi elles, avec six individus chacune, *Bregmaceros albyi* (Sauvage), *Syngnathus albyi* Sauvage et *Scomber scombrus* L. constituent chacune 2,1% de l'ichthyofaune de Roddi. Les autres ne sont représentées que par un à trois spécimens.

L'étude de la longueur standard, mesurée ou estimée, de ces poissons a

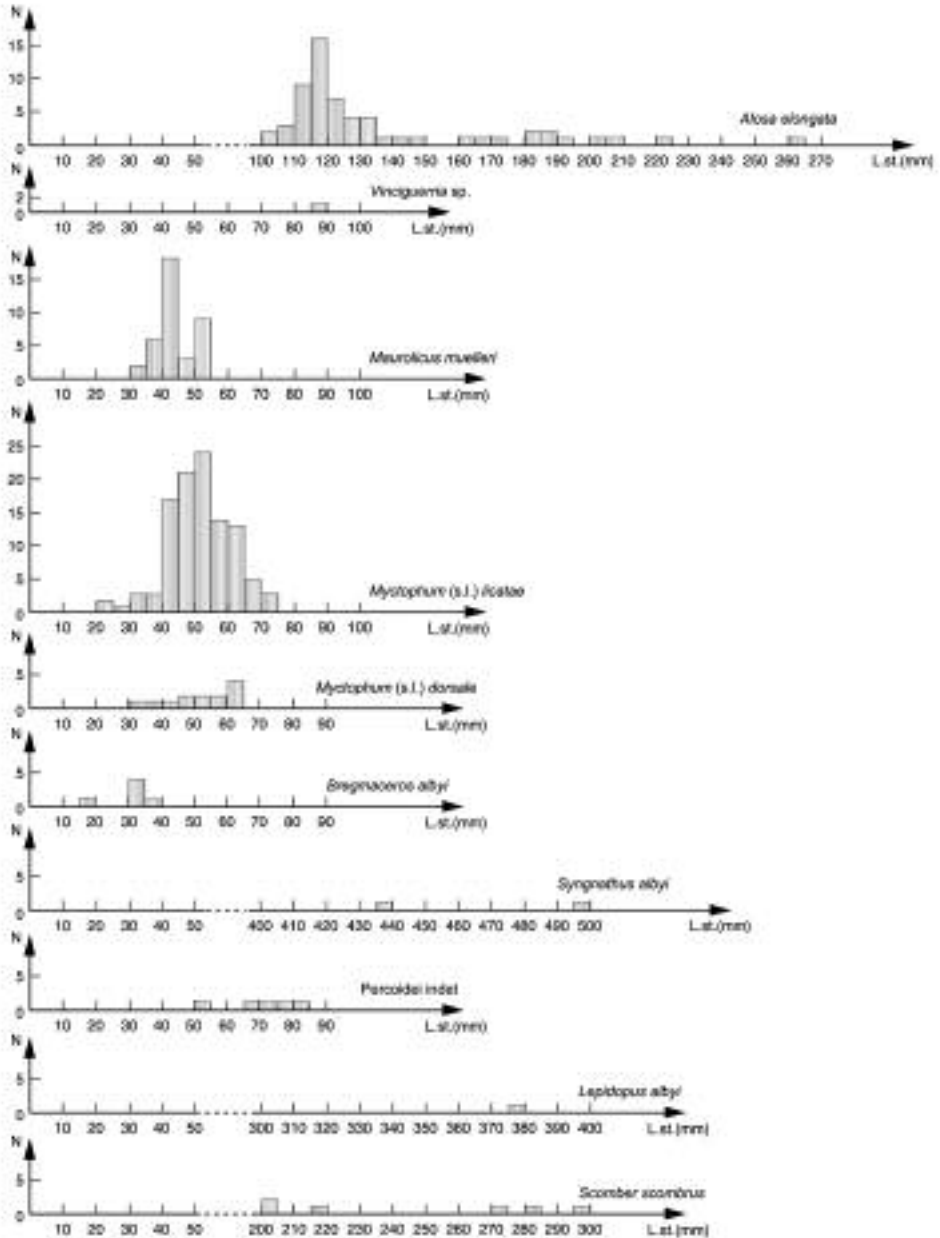


Fig. 9 - Histogramme des longueurs standard mesurées ou estimées des principaux constituants de l'ichthyofaune messinienne de Roddi.

montré que l'ichthyofaune de Roddi est majoritairement constituée d'individus adultes ou subadultes (fig. 9). Tel est notamment le cas d'*Alosa elongata* Agassiz, bien que sa fréquence maximale soit observée entre 100 et 130 mm, ce qui correspond à de jeunes adultes. Il est toutefois possible qu'il s'agisse d'individus ayant vécu en bancs – comme celui observé à la base de la couche fossilifère – ce qui a pour effet notoire de ralentir la croissance en raison de la raréfaction de la nourriture disponible pour chaque individu.

Dans le cas de *Maurolicus muelleri* (Gmelin), les longueurs standard varient de 33 à 54 mm, la fréquence maximale étant observée au-dessus de 35 mm, ce qui, pour cette espèce de petite taille, devait très probablement correspondre à des adultes.

Les représentants de l'espèce *Myctophum* (s.l.) *licatae* (Sauvage) ont des longueurs standard comprises entre 21 et 72 mm avec une fréquence maximale observée entre 40 et 65 mm. Il s'agit donc de juvéniles et de jeunes adultes si l'on admet que, comme chez la plupart des espèces actuelles de Myctophidae de Méditerranée, la maturité sexuelle devait être atteinte entre 40 et 50 mm. Il en est de même pour l'espèce *Myctophum* (s.l.) *dorsale* (Sauvage) dont la longueur standard des représentants s'échelonne de 31 à 64 mm.

Avec des individus dont la longueur standard varie de 16,5 à 37 mm, et dont la fréquence maximale est observée entre 30 et 35 mm, les représentants de l'espèce *Bregmaceros albyi* (Sauvage) semblent avoir été des juvéniles ou de jeunes adultes.

En revanche, les deux seuls individus de l'espèce *Syngnathus albyi* Sauvage dont la longueur a pu être estimée, sont des adultes dont la longueur standard devait atteindre respectivement environ 440 et 495 mm.

De même, la longueur standard estimée des six spécimens attribués à l'espèce *Scomber scombrus* Linnaeus est comprise entre 200 et 395 mm. Il s'agit donc de jeunes adultes et d'adultes car, dans la nature actuelle, la longueur de cette espèce n'atteint qu'exceptionnellement 500 mm (Tortonese, 1975).

On notera que la composition de l'ichthyofaune messinienne de Roddi présente une grande similitude avec celle du Tortonien du Tanaro que nous avons décrite récemment (Gaudant *et al.*, 2007). Toutes deux sont dominées par deux espèces au mode de vie fort différent. En premier lieu, la plus abondante: *Myctophum* (s.l.) *licatae* (Sauvage) qui, comme les Myctophidae actuels, était une espèce mésopélagique qui accomplissait des migrations nyctémérales entre des profondeurs de plusieurs centaines de mètres et la subsurface. Au contraire, *Alosa elongata* Agassiz était une es-

pèce épipélagique qui appréciait les profondeurs modérées à relativement faibles du fond du golfe piémontais, comme en témoigne la fossilisation d'un véritable banc d'aloses observée à la base du niveau fossilifère. Toutefois, l'abondance relative de l'espèce *Maurolicus muelleri* (Gmelin) mérite également d'être prise en compte. Dans la nature actuelle, cette espèce mésopélagique vit principalement à des profondeurs n'excédant généralement pas 400 mètres, ce qui conduit à penser qu'il existait des courants qui poussaient ses représentants, ainsi que les Myctophidae, vers le fond du golfe piémontais où les aloses venaient probablement frayer dans des eaux dont la salinité devait être quelque peu réduite par des apports d'eau douce provenant des Alpes.

CONCLUSION

La comparaison de l'ichthyofaune messinienne de Roddi avec celle du Tortonien du Tanaro permet de constater que l'ichthyofaune paléoméditerranéenne a connu une période de stabilité dans l'intervalle de temps qui les sépare car leur composition est remarquablement semblable. Si l'on se réfère à la zonation stratigraphique fondée sur l'étude du nannoplancton, cet intervalle de temps peut être estimé au minimum à 1,4 Ma (de -8,8 à -7,4 Ma) et au maximum à 3,5 Ma (de -9,5 à -6,0 Ma) selon que l'on compte du sommet de la zone MNN 10 à la base de la zone MNN 11b ou de la partie supérieure de la zone MNN 9 au sommet de la zone MNN 11c (l'âge du gisement du Tanaro a été attribué à l'intervalle de temps allant de la partie supérieure de la zone MNN 9 au sommet de la zone MNN 10: Gaudant *et al.*, 2007).

Une autre constatation s'impose: l'ichthyofaune messinienne de Roddi est la première ichthyofaune riche en Myctophidae de cette période qui soit fossilisée non dans des sédiments diatomitiques mais dans une marne. Dans ce cas, on ne peut donc pas faire appel à l'existence de remontées d'eaux profondes entraînant une intense prolifération du phytoplancton pour expliquer l'apparition de conditions anoxiques favorables à la fossilisation.

Il est à noter que la similitude constatée entre les ichthyofaunes tortonienne du Tanaro et messinienne de Roddi existe également entre les malacofaunes de ces deux gisements, notamment si l'on ajoute à la malacofaune des couches à poissons celle recueillie dans les niveaux qui leur sont immédiatement superposés.

REMERCIEMENTS

Les auteurs ont plaisir à remercier les docteurs Irene Zorn (Vienne) et Didier Merle (Paris) qui ont bien voulu examiner respectivement les ptéropodes et les gastéropodes recueillis dans le Messinien de Roddi.

L'illustration a été préparée par M. Joël Dyon.

Enfin par ses remarques judicieuses, le professeur Giulio Pavia (Turin) a contribué à l'amélioration du manuscrit original.

BIBLIOGRAPHIE

- ARAMBOURG C., 1925 – Révision des poissons fossiles de Licata (Sicile). *Annales de Paléontologie*, 14: 39-132.
- ARAMBOURG C., 1927 – Les poissons fossiles d'Oran. Matériaux pour la Carte géologique de l'Algérie, (1), *Paléontologie*, 6: 1-298 + atlas 46 pl.
- BEDINI E., FRANCALACCI P., LANDINI W., 1986 – I pesci fossili del Miocene superiore di Montefiore Conca e Mondaino. *Memorie del Museo civico di Storia naturale di Verona*, (2), *Scienze della Terra*, 3: 1-66.
- BEN MOUSSA A., 1994 – Les Bivalves néogènes du Maroc septentrional (façades atlantique et méditerranéenne). *Biostratigraphie, Paléobiologie et Paléoécologie. Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon*, 132: 1-281.
- BERGGREN W.A., KENT D.V., SWISHER C.C. III, AUBRY M.-P., 1995 – A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *In* Berggren W.A., Kent D. V., Aubry M.-P., Hardenbol J., (ed.): *Geochronology time scales and global stratigraphic correlation. SPEM Special publication*, 54: 129-212.
- BRADLEY F., LANDINI W., 1984 – I fossili del «tripoli» messiniano di Gabbro (Livorno). *Palaeontographia italica*, 73: 5-33.
- CAVALLO O., GAUDANT J., 1987 – Observations complémentaires sur l'ichthyofaune des marnes messiniennes de Cherasco (Piémont): implications géodynamiques. *Bollettino della Società paleontologica italiana*, 26 (1-2): 177-198.
- CAVALLO O., MACAGNO M., PAVIA G., 1986 – Fossili dell'Albese. *Famija Albèisa, Alba*: 1-223.
- CAVALLO O., PAVIA G., 1985 – Un nuovo giacimento fossilifero nel Messiniano inferiore di Roddi d'Alba. *Alba Pompeia, n.s.*, 6 (2): 85-87.
- CHAPELLE G. DE LA, GAUDANT J., 1987 – Découverte de deux nouveaux gisements de poissons fossiles messiniens dans le bassin de Nijar-Carboneras (Andalousie orientale): signification paléoécologique et implications paléogéographiques. *Estudios geologicos*, 43: 279-297.
- DEMARCO G., 1990 – Les faunes de pectinidés du Néogène bétique. *In* Montenat C. (éd.), *Les bassins néogènes du domaine bétique oriental (Espagne). Documents et Travaux IGAL, Paris*, 12-13: 392 p.
- DEPÉRET C., ROMAN F., 1928 – Monographie des Pectinidés néogènes de l'Europe et des régions voisines. *Amussium. Mémoires de la Société géologique de France, n.s.*, 10: 169-194.

- D'ERASMO G., 1930 – L'ittiofauna fossile di Senigallia. *Atti della Reale Accademia delle Scienze fisiche e matematiche*, Napoli, (2), 18: 1-87.
- FONTES J.-C., FILLY A., GAUDANT J., 1987 – Conditions de dépôt du Messinien évaporitique des environs d'Alba (Piémont): arguments paléontologiques et isotopiques. *Bollettino della Società paleontologica italiana*, 26 (1-2): 199-210.
- 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 (1): 79-95.
- GAUDANT J., 1979a – Observations complémentaires sur l'ichthyofaune des marnes messiniennes des environs d'Alba (Piémont, Italie). *Geobios*, 12: 411-421.
- GAUDANT J., 1979b – Cherasco (Piémont): un nouveau gisement de poissons fossiles du Messinien continental d'Italie. *Geobios*, 12: 113-121.
- GAUDANT J., 1995a – Nouvelles recherches sur l'ichthyofaune messinienne des environs de Lorca (Murcia, Espagne). *Revista española de Paleontología*, 10: 179-189 [Corrección, *ibid.* 11: 122-123].
- GAUDANT J., 1995b – Nouvelles additions à l'ichthyofaune messinienne de la Sierra de Columbares (Province de Murcia, Espagne). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, 320 (IIa): 439-446.
- 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. *Geodiversitas*, 24 (3): 691-710.
- GAUDANT J., 2008 – Paléobiodiversité et paléoenvironnements: l'exemple des gisements de poissons téléostéens du Messinien préévaporitique d'Oran et du bassin du Chélif (Algérie). *Geodiversitas*, (sous presse).
- GAUDANT J., AMBROISE, D., 1999 – Réexamen critique des Myctophidae (Poissons téléostéens) messiniens de Licata (Sicile, Italie): conséquences taxinomiques. *Cy-bium*, 23: 131-145.
- GAUDANT J., CAULET J.-P., DI GERONIMO I., DI STEFANO A., FORTANIER E., ROMEO M., VÉNEC-PEYRÉ M.-T., 1996 – Analyse séquentielle d'un nouveau gisement de poissons fossiles du Messinien diatomitique: Masseria il Salto près de Caltagirone (Province de Catane, Sicile). *Géologie méditerranéenne*, 23: 117-153.
- GAUDANT J., CAVALLO O., COURME-RAULT M.-D., FORNACIARI E., LAURIAT-RAGE A., LAPPARENT F. DE, MERLE D., 2007 – Paléontologie des marnes tortoniennes affleurant dans le lit du Tanaro, près d'Alba (Piémont, Italie). *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 28: 3-51.
- GAUDANT J., COURME M.-D., MARÍN FERRER J. M., 2001 – Hurchillo, province d'Alicante, Espagne): un gisement de poissons messiniens d'un type encore inconnu. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, Sciences de la Terre et des planètes, 333: 411-417.
- GAUDANT J., FORTANIER E., LAURIAT-RAGE A., TSAGARIS S., VÉNEC-PEYRÉ M.-T., ZORN I. 1997 – Découverte d'une ichthyofaune marine dans le Messinien préévaporitique de la Messara (Crète centrale, Grèce): interprétation paléocéologique. *Géologie méditerranéenne*, 24: 175-195.

- 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., MÜLLER J., 1994b – L'ichthyofaune messinienne à la périphérie de la plate-forme carbonatée de Melilla-Nador (Nord-Est du Maroc). *Géologie méditerranéenne*, 21: 25-35.
- GAUDANT J., TSAPARAS N., ANTONARAKOU A., DRINIA H., SAINT-MARTIN S., DERMITZAKIS M., 2006 – A new marine fish fauna from the pre-evaporitic Messinian of Gavdos island (Greece). *Comptes Rendus Palevol* (Académie des Sciences, Paris), 5: 795-802.
- HERTLEIN L.G., 1969 – Family Pectinidae. *In* Moore (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part N: Mollusca 6: Bivalvia. Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence, Kansas: N348-N373.
- LANDINI W., MENESINI E., 1980 – Studi sulle ittiofaune messiniane. II. Studio sistematico di *Maurolicus muelleri* (Gmelin) (fam. Gonostomatidae). *Atti della Società Toscana di Scienze naturali, Memorie*, (A), 87: 231-255.
- LEONARDI A., 1959 – L'ittiofauna del "tripoli" del Miocene superiore di Bessima (Enna). *Palaeontographia italica*, 54, n.s., 24: 115-173.
- MARTINI E., 1971 – Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton Zonation. *In* Farinacci A. (ed.): *Proceedings of the II Planktonic Conference*, Roma 1970, 2: 739-785.
- 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 préévaporitique 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.
- MERLINO B., 2007 – Catalogo dei tipi e degli esemplari figurati della Collezione Bellardi e Sacco. Parte III. Museo regionale di Scienze naturali Torino, Catalogo XVII: 1-271.
- RAFFI I., MOZZATO C., FORNACIARI E., HILGEN F.J., RIO D., 2003 – Late Miocene calcareous nannofossil biostratigraphy and astrobiochronology for the Mediterranean region. *Micropaleontology*, 49: 1-26.
- SACCO F., 1897 – I molluschi dei terreni terziarii del Piemonte e della Liguria. Parte XXIII: 1-46, Carlo Clausen, Torino.
- SACCO F., 1901 – I molluschi dei terreni terziarii del Piemonte e della Liguria. Parte XXIX: 1-214, Carlo Clausen, Torino.
- SORBINI L., 1988 – Biogeography and climatology of Pliocene and Messinian fossil fish of Eastern-Central Italy. *Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona*, 14 (1987): 1-85.
- STEININGER F.F., BERNOR R.L., FAHLBUSCH V., 1990 – European Neogene marine / continental chronology correlations. *In* Lindsay E.H., Fahlbusch V., Mein P. (eds.): *European Neogene Mammal Chronology*. Plenum Press, New-York: 15-46.

- STURANI C., 1973 – A fossil eel (*Anguilla* sp.) from the Messinian of Alba (Tertiary piedmontese basin). Palaeoenvironmental and palaeogeographic implications. *In* Drooger C.W. (ed.), Messinian events in the Mediterranean, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Amsterdam: 243-255.
- STURANI C., 1978 – Messinian facies in the Piedmont basin. *Memorie della Società geologica italiana*, 16 (1976): 11-25.
- STURANI C., SAMPÒ M., 1973 – Il Messiniano inferiore in facies diatomitica nel bacino terziario piemontese. *Memorie della Società geologica italiana*, 12: 335-358.
- TORTONESE E., 1975 – Osteichthyes (Pesci ossei). Parte seconda. *In* Fauna d'Italia, 11, Edizioni Calderini, Bologna: I-XIII + 1-636.
- WERNLI R., 1980 – Le Messinien à *Globorotalia conomiozea* (foraminifère planctonique) de la côte méditerranéenne marocaine. *Eclogae geologicae Helvetiae*, 73/1: 71-93.