



Découverte d'une frayère de poissons téléostéens dans des diatomites messiniennes du Djebel Murdjadjo (environs d'Oran, Algérie)

JEAN GAUDANT,¹ JEAN-PAUL SAINT-MARTIN,² MOSTEFA BESSEDIK,³
BOUHAMEUR MANSOUR,³ PIERRE MOISSETTE⁴
et JEAN-MARIE ROUCHY⁵

¹17, rue du Docteur Magnan, 75013 Paris (URA 1761 du CNRS), France

²Centre de Sédimentologie-Paléontologie, Université de Provence, place Victor
Hugo, 13331 Marseille Cedex 03 (URA 1208 du CNRS), France

³Département de Paléontologie et de Stratigraphie, Institut des Sciences de la
Terre, Université d'Oran, BP 1524, El Mnaouer, Oran, Algérie

⁴Centre des Sciences de la Terre, Université Claude Bernard, 43, boulevard du 11
novembre, 69622 Villeurbanne Cedex (URA 11 du CNRS), France

⁵Laboratoire de Géologie, Muséum national d'Histoire naturelle, 43, rue Buffon,
75005 Paris (URA 723 du CNRS), France

Résumé—Un nouveau gisement de poissons fossiles messiniens a été découvert dans des diatomites qui affleurent à proximité de l'ancienne "Ferme Giraud", dans le massif du Murdjadjo, près d'Oran (Algérie). Il a livré une ichthyofaune oligospécifique composée de cinq espèces de poissons téléostéens. Celles-ci indiquent un milieu marin littoral qui pourrait correspondre à un fond de golfe, probablement en communication avec une lagune saumâtre, comme le suggère la composition de la flore diatomitique. © 1997 Elsevier Science Limited.

Abstract—A new locality of Messinian fossil fish has been found in the diatomite outcropping in the surroundings of the former "Ferme Giraud", in the Murdjadjo Massif (near Oran, Algeria). It has yielded an oligospecific fish fauna, including five species indicative of a littoral marine environment that may have occurred in a gulf bottom. This was probably linked to a brackish lagoon, as indicated by the diatom flora. © 1997 Elsevier Science Limited.

(Received 4 October 1995; revised version received 15 January 1997)

INTRODUCTION

Depuis les travaux de Sauvage (1873) et d'Arambourg (1927), les environs d'Oran (Algérie) sont réputés pour leurs gisements de poissons fossiles tertiaires attribués au Messinien. Arambourg (1927) décrit en effet un ensemble de cinq gisements pratiquement synchrones dont trois situés dans l'agglomération oranaise. D'après lui, le premier d'entre eux: Raz el Aïn a dû se former dans "la région littorale du plateau continental"; le second: Les Planteurs, "situé dans des conditions géographiques analogues à celles du précédent", est caractérisé "par l'abondance des formes pélagiques"; enfin

le dernier: Gambetta (Ravin blanc), qui est "plus rapproché de la zone axiale du fjord sahélien", se distingue par "la prédominance très nette des éléments bathypélagiques et pélagiques".

La découverte d'un nouveau site fossilifère dans le Djebel Murdjadjo, à une douzaine de kilomètres à l'ouest d'Oran (Fig. 1) vient encore accroître l'intérêt paléontologique de cette région, d'autant plus qu'il renferme une ichthyofaune oligospécifique d'un type nouveau, inconnu à ce jour dans le Messinien du bassin méditerranéen. Elle se compose de quatre espèces principalement ou exclusivement

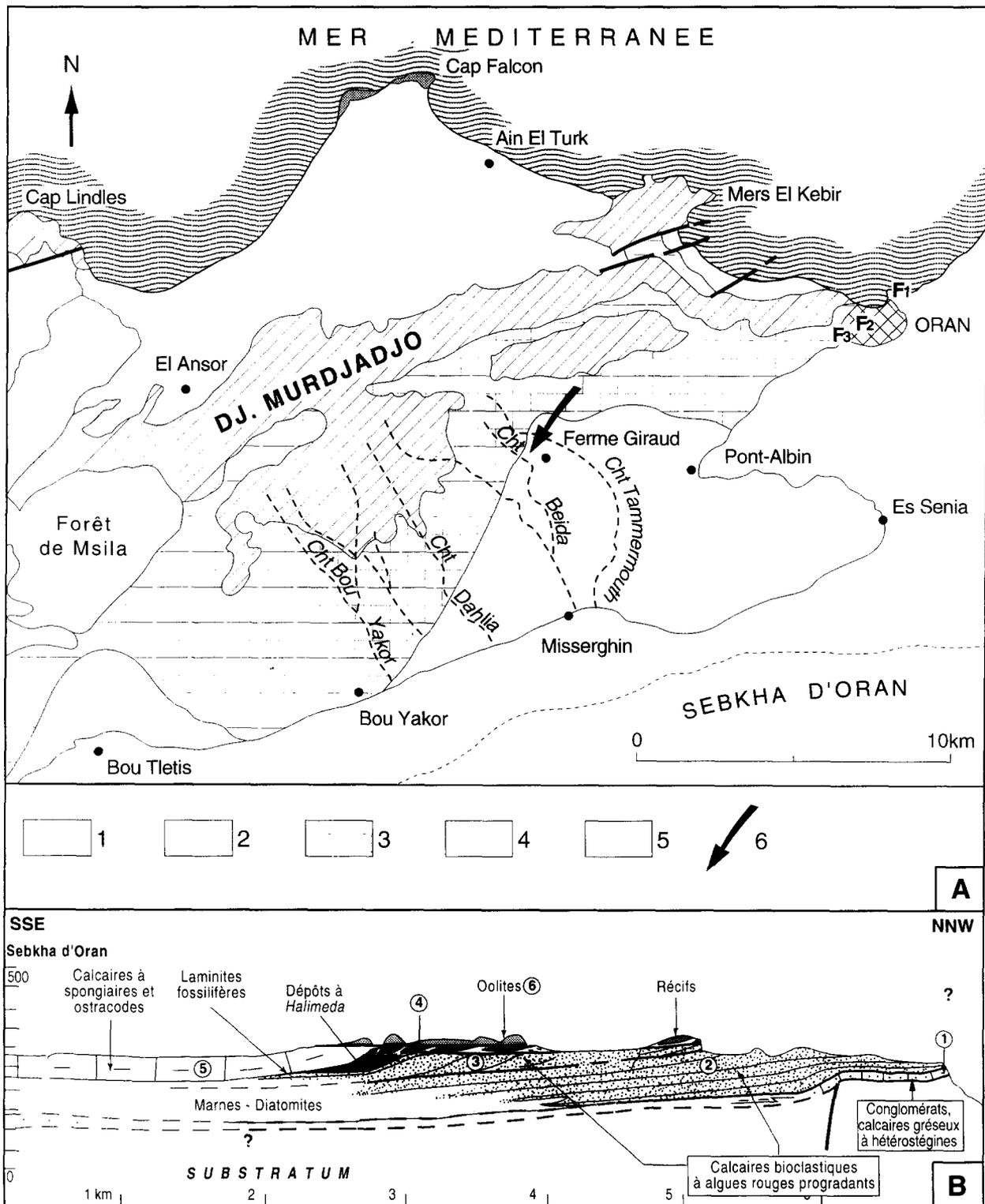


Figure 1. (A) Carte géologique simplifiée du Djebel Murdjadjo et des environs d'Oran (Algérie), indiquant la position du gisement fossilifère de la Chabet Beida (longitude 0°44'40" W; latitude 35°39'14" N). 1: substratum anté-messinien; 2: marnes; 3: plate-forme carbonatée à sédiments bioclastiques et complexe récifal corallien; 4: diatomites, calcaires micritiques à lentilles de gypse, calcaires oolitiques et stromatolitiques; 5: Plio-Quaternaire; 6: gisement fossilifère étudié. (B) Coupe-type à travers la plate-forme messinienne du Djebel Murdjadjo montrant l'organisation des différentes unités sédimentaires (1 à 6) et la position des laminites à poissons (adapté d'après Cornée et al., 1994).

marines associées à une espèce caractéristique des environnements lagunaires à salinité variable. Son intérêt est encore accru par le fait que la flore diatomitique et la palynoflore associées aux poissons ont également été examinées, permettant ainsi de préciser le contexte paléoécologique.

SITUATION GÉOLOGIQUE DU GISEMENT

Le Djebel Murdjadjo, qui s'étend immédiatement à l'Ouest de l'agglomération oranaise (Fig. 1A), apparaît comme un horst dissymétrique constitué de terrains jurasso-crétacés, qui présente un rebord septentrional abrupt. Son versant méridional s'incline en pente plus douce vers la Sebkhia d'Oran et supporte différents termes de la sédimentation messinienne. Celle-ci comporte des faciès de plate-forme carbonatée, développés au Nord, auxquels se substitue progressivement vers le Sud une sédimentation de bassin. La géométrie des dépôts est précisée par la figure 1B qui représente le transect type le plus complet à travers la plate-forme.

D'après les travaux de Saint-Martin et Rouchy (1990) et de Cornée *et al.* (1994), on peut distinguer (de bas en haut) les unités suivantes au sein de la plate-forme carbonatée messinienne:

- i) unité 1: grès transgressifs sur le substratum;
- ii) unités 2 et 3: calcaires bioclastiques riches en mélobésiées, s'organisant en deux ensembles progradants superposés; ces sédiments passent vers le bassin à des marnes et laminites diatomitiques (Gourinard, 1958; Rouchy, 1982);
- iii) unité 4: complexe récifal constitué de corps coralliens à *Porites* progradants et de sédiments bioclastiques riches en articles d'*Halimeda*;
- iv) unité 5: calcaires micritiques blancs riches en spicules de spongiaires siliceux. Cette unité qui apparaît en bordure du complexe carbonaté comprend localement des laminites diatomitiques qui s'intercalent entre les calcaires à *Halimeda* et les calcaires à spicules. Des masses résiduelles de gypse apparaissent au sein de cette unité; et
- v) unité 6: calcaires oolitiques et stromatolitiques recouvrant partiellement le complexe récifal corallien.

Le ravin de la Chabet Beida dégage une coupe dans la série messinienne, en position de plate-forme externe, au-delà de la limite d'extension des constructions coralliennes (Fig. 2). Cette série se compose, à l'extrême base, de marnes bleues surmontées par une alternance de marnes laminées diatomitiques à écailles de poissons et de calcaires bioclastiques (unités 2 et 3?). Sur

cet ensemble, des bancs calcaires riches en débris d'*Halimeda* représentent géométriquement (Fig. 1B) les dépôts distaux de l'édifice corallien (unité 4). L'unité 5 repose, sans discontinuité apparente, sur les calcaires à *Halimeda*. Les calcaires oolitiques de l'unité 6 terminent la série.

A proximité immédiate de l'ancienne "Ferme Giraud", une partie seulement de la série est visible. Au fond du ravin affleurent les bancs à *Halimeda*. Au-dessus, reposent des calcaires argileux peu épais à spicules de spongiaires siliceux et nodules de sel, puis un niveau de laminites diatomitiques d'épaisseur métrique renfermant l'ichthyofaune présentée dans ce travail. Ces laminites sont surmontées par des calcaires blancs crayeux à spicules de spongiaires, devenant oolitiques vers le haut. Il est à noter que les laminites dans lesquelles furent découverts les premiers restes de poissons, font défaut plus en aval dans le ravin (Cornée *et al.*, 1994). La présence de traces et/ou de nodules de sel, observés à la fois dans les laminites et dans les niveaux encadrant celles-ci, témoigne de l'instauration d'un régime confiné proche de conditions évaporitiques.

LA FLORE DIATOMITIQUE

L'examen préliminaire de la flore diatomitique des laminites à poissons a permis de constater qu'elle est caractérisée par une faible diversité car une douzaine d'espèces seulement ont été observées dans trois échantillons occupant des positions différentes dans cette couche. Un second caractère de cette flore diatomitique tient au fait qu'elle est presque exclusivement constituée de diatomées pennées (benthiques), ce qui plaide en faveur d'un environnement marin littoral (Fourtanier *et al.*, 1991). En effet, les diatomées planctoniques (*Nitzschia* sp. et *Pleurosigma* sp.) ne constituent pas plus de 0,1% du matériel étudié. Comme le montre la liste suivante, l'association d'espèces benthiques est très fortement dominée par *Rhabdonema adriaticum* Kutzing:

- Rhabdonema adriaticum* Kutzing: 78%
- Grammatophora oceanica* (Ehr.) Grunow: 10%
- Cocconeis scutellum* Ehrenberg: 3%
- Rhopalodia gibberula* var. *protracta* (Ehrenberg) Muller: 3%
- Navicula liber* var. *elongata* (Ehrenberg) Grunow: 1,5%
- Achnantes brevipes* Agardh: 1%
- Autres taxons (fréquences < 1%): 2,5%

D'après les données paléoécologiques compilées par Hustedt (1930-1966) et Gersonde

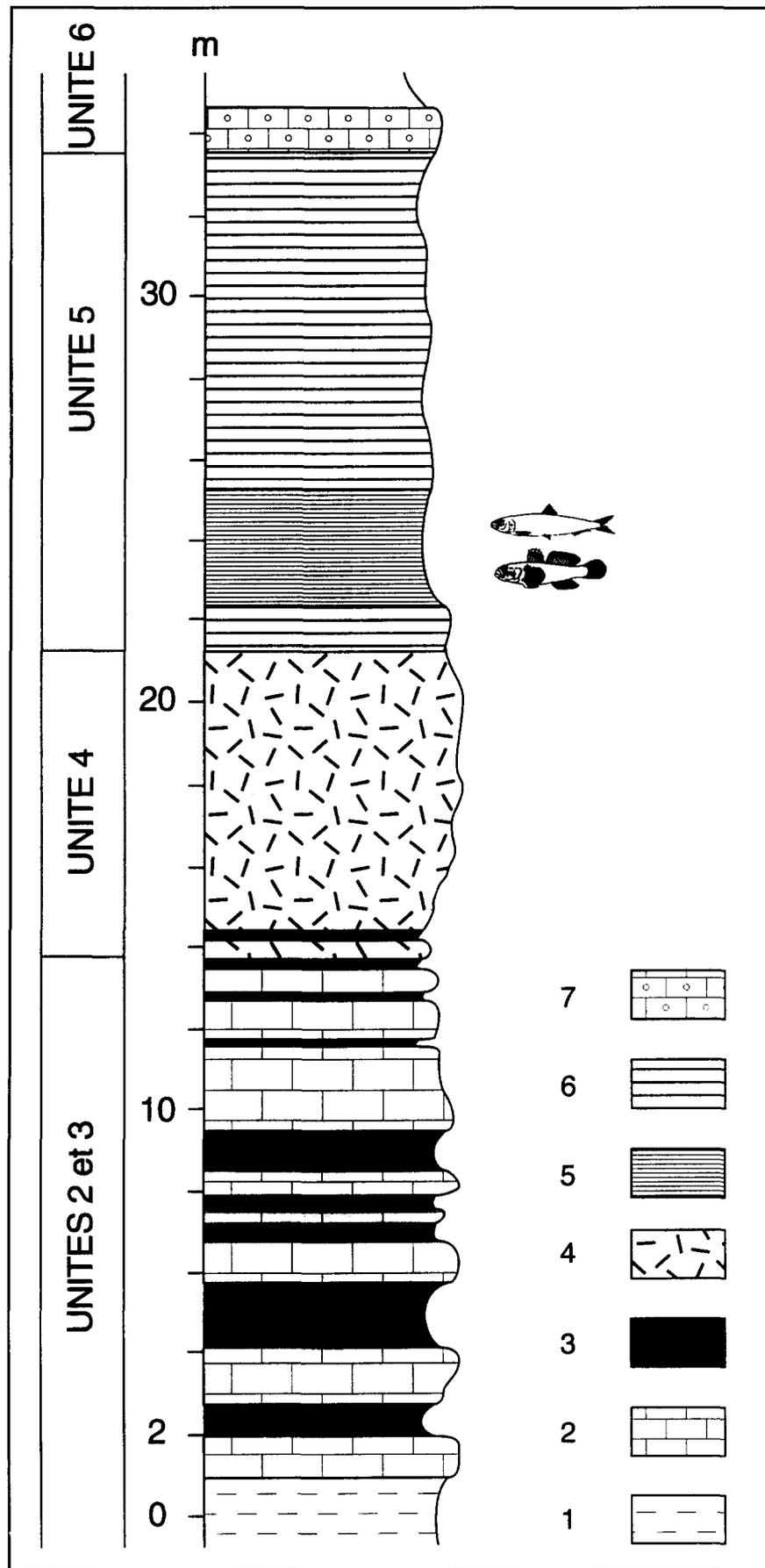


Figure 2. Coupe montrant la position du niveau fossilifère à poissons par rapport aux autres unités sédimentaires messiniennes affleurant dans le ravin de la Chabet Beida. 1: marnes; 2: calcaires bioclastiques; 3: laminites diatomitiques; 4: niveaux riches en articles d'*Halimeda*; 5: diatomites à poissons; 6: calcaires micritiques à spicules de spongiaires; 7: calcaires oolitiques.

(1980), les deux espèces dominantes: *Rhabdonema adriaticum* Kutzing et *Grammatophora oceanica* (Ehr.) Grunow sont des espèces marines meioeuryhalines (voire mésoeuryhaline pour la seconde) polyhalobes, c'est-à-dire adaptées à la vie dans des eaux marines dont la concentration est comprise entre 35 et 20‰). *Rhopalodia gibberula* var. *protracta* (Ehrenberg) Muller est considérée comme holoeuryhaline oligohalobe (elle vit dans des eaux dont la salinité est comprise entre 30 et 0,2‰). *Achnanthes brevipes* Agardh est une espèce euryhaline mésohalobe (caractéristique des eaux saumâtres). Enfin, d'après Gersonde (1980), *Cocconeis scutellum* Ehrenberg vit dans les eaux dessalées des estuaires.

La flore diatomitique des laminites fossilifères qui affleurent dans le ravin de la Chabet Beida, à proximité de l'ancienne "Ferme Giraud" caractérise donc un milieu marin montrant une tendance marquée à la dessalure, de sorte qu'on peut estimer entre 35 et 20‰ la concentration en NaCl des eaux marines dans lesquelles s'est déposée la couche fossilifère à poissons.

LA FLORE POLLINIQUE

Une flore pollinique à la fois peu abondante et peu diversifiée a été mise en évidence dans les laminites à poissons. Elle est dominée par des chênes (39%) dont *Quercus* cf. *ilex-coccifera* et des Oléacées (33%) dont *Olea*. Les Hamamelidacées (7,5%), dont *Liquidambar* et *Distylium*, et les Pinacées (4,6%) sont assez bien représentées. Sa composition globale peut être résumée comme suit:

Chênes (*Quercus* sp., *Q.* cf. *ilex coccifera*): 39%

Oléacées (*Olea*, *Fraxinus*, *Phillyrea*): 33,5%

Hamamélidacées (*Distylium*, *Liquidambar*): 7,5%

Pinacées (Type- *Pinus*): 4,6%

Amaranthacées/Chénopodiacées, *Ephedra*: 4%

Poacées, *Ulmus/Zelkova*: 2%

Alnus: 2,5%

Sapotacées, *Ceratonia*: 0,8%

Autres taxons cosmopolites (fréquences <0,8%): 6,1%

Cette association suggère la présence d'une végétation arborée sclérophylle de type chênaie, caractérisée par un mélange d'éléments à feuilles persistantes (Pinacées, Sapotacées) et à feuilles caduques (*Quercus* p.p., *Alnus*). S'y trouvent aussi des éléments dont les représentants sont actuellement méditerranéens (*Olea*, *Pistacia*, *Phillyrea*, *Quercus* cf. *ilex-coccifera*, *Cistus*...).

Cette formation arborée à laquelle peuvent être associées des Hamamélidacées

(*Liquidambar*) semble représenter une certaine variante (Asie mineure) de la végétation méditerranéenne actuelle (Aschmann, 1984). En outre, l'étage thermo-méditerranéen peut être évoqué sur la base de la présence de *Ceratonia*. En effet, ce taxon dont les populations actuelles (*C. siliqua*) vivent principalement dans les régions sud-méditerranéennes, peut atteindre vers le Nord la latitude de Tarragone (Espagne).

Non loin de la végétation sclérophylle de type chênaie, devait exister une formation végétale herbacée indiquant la proximité du littoral (*Ephedra*, *Armeria*). Dominée par des Poacées, des Amaranthacées/Chénopodiacées et des Asteracées, elle peuplait les basses plaines.

A l'inverse de ce qui a été envisagé pour la flore pollinique des marnes diatomitiques messiniennes des massifs des Tessala et des Beni Chougrane qui indiquerait un climat subtropical à tropical de type semi-aride, suggéré par la présence d'éléments phytosociologiques mégathermes (*Bombax*, *Alchornea*, *Lygeum*, *Neurada*, *Ziziphus*, etc.; Chikhi, 1992), la végétation des niveaux fossilifères à poissons étudiés dans le présent article semble donc évoquer un climat qui n'était pas très différent du climat méditerranéen mais pouvait être toutefois légèrement plus chaud que le thermo-méditerranéen actuel. Cette végétation de type chênaie (faible altitude) nécessite néanmoins l'existence de certaines conditions hygrométriques (humidité de l'air) comparables à celles décrites précédemment dans le bassin méditerranéen occidental (Bessedik, 1984, 1985; Suc et al., 1992).

L'ICHTHYOFAUNE

L'ichthyofaune des diatomites qui affleurent dans le ravin de la Chabet Beida, en contre-bas de l'ancienne "Ferme Giraud", a fait l'objet d'un échantillonnage systématique qui a permis de récolter près de 150 pièces dont 141 squelettes en connexion. Ce matériel est conservé à Paris, à l'Institut de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle, où il est inventorié MAC-1 à -148. Comme indiqué précédemment, tous les poissons proviennent d'une même couche diatomitique dont l'épaisseur n'excède pas 2,5 m (Fig. 2). Cette ichthyofaune est caractérisée à la fois par la petite taille des individus (69,5% des individus ont une longueur standard inférieure à 35 mm) et par sa faible diversité puisque cinq espèces seulement y ont été reconnues.

Famille Clupeidae; Genre *Sardina* Antipa(?); *Sardina? crassa* (Sauvage) (Figs 3 et 4A, B)

Cette espèce, précédemment connue dans le Messinien d'Oran et de Sig sous le nom d'*Alosa crassa* Sauvage (Sauvage, 1873; Arambourg, 1927), est représentée dans ce gisement par 35 squelettes en connexion plus ou moins complets auxquels s'ajoutent deux têtes isolées et quelques os (soit 26,2% du nombre d'individus récoltés). Elle ne peut être maintenue au sein du genre *Alosa* Linck en raison de la forme de son opercule dont la partie supérieure n'est pas élargie, comme c'est le cas chez les espèces actuelles de ce genre. C'est pourquoi il nous a paru préférable de rapprocher "*Alosa*" *crassa* Sauvage du genre actuel *Sardina* Antipa, comme l'ont fait précédemment Bradley et Landini (1984) en ce qui concerne l'appartenance générique des "Aloses" messiniennes de Gabbro (Toscane, Italie).

Les individus récoltés dans le gisement de la Chabet Beida sont tous de taille relativement petite puisque leur longueur standard (mesurée ou estimée) varie de 33 à 64 mm. Ils possèdent un corps généralement élancé dont la hauteur maximale est généralement comprise de 4 à 5,5 fois dans la longueur standard.

De l'anatomie céphalique, on connaît principalement la morphologie de l'opercule (plusieurs d'entre eux ont été observés à l'état isolé sur les pièces inventoriées MNHNP MAC-31, -32 et -43), celle du préopercule, associé à l'opercule sur le fragment de tête inventorié MNHNP MAC-30_D, et la mandibule, observable sur les pièces inventoriées MNHNP MAC-30_D et -40, des dentaires isolés étant en outre conservés sur les pièces MNHNP MAC-41 et -42. Comme le montre la figure 3, l'opercule, de forme quadrangulaire, tend à se rétrécir légèrement vers le haut. Son angle antéro-ventral est orné d'une série de rides qui rayonnent à partir du processus articulaire permettant l'articulation de l'opercule et de l'hyomandibulaire. Cet opercule diffère par le faible développement de sa région dorsale de celui que nous avons figuré sous le nom *Sardina? crassa* (Sauvage) dans le Messinien marin de Campos del Río (Espagne) (Gaudant *et al.*, 1994). Pour sa part, le préopercule est caractérisé par sa branche inférieure relativement étroite, comme c'est le cas pour le préopercule d'"*Alosa*" *crassa* Sauvage figuré par Arambourg (1927).

Il est par ailleurs intéressant de signaler que de nombreux spécimens de "*Sardina*"? *crassa* Sauvage récoltés dans le gisement de la Chabet Beida présentent des traces manifestes de

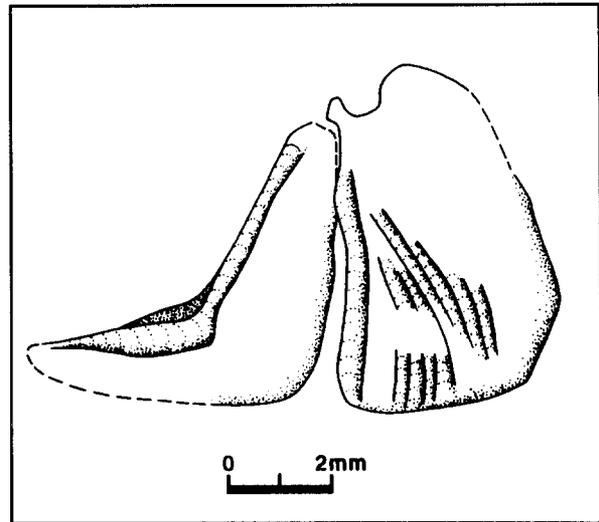


Figure 3. *Sardina crassa* (Sauvage). Préopercule et opercule du spécimen MNHNP MAC-30_D, conservé à Paris, à l'Institut de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle.

pachyostose. Celle-ci affecte notamment l'ensemble du neurocrâne et plus particulièrement le parasphénoïde et le frontal (Gaudant et Meunier, 1996).

La colonne vertébrale paraît avoir comporté 43 ou 44 vertèbres qui se décomposent en 26 ou 27 abdominales et (15) 16 ou 17 postabdominales.

La nageoire caudale, de taille modérée, est profondément fourchue. Sa longueur est comprise environ cinq fois dans la longueur standard. Sa composition n'est pas connue avec précision.

La nageoire dorsale, insérée juste en avant du milieu de la longueur du corps, mesurée de la pointe du museau au bord postérieur des hypuraux, paraît avoir comporté environ 15 ou 16 rayons. Son endosquelette est formé d'axonostes proximaux dont le nombre varie de 13 à 16.

La nageoire anale, qui occupe une position reculée, est soutenue par 15 ou 16 axonostes proximaux. Sa composition n'est pas connue avec précision.

Les nageoires pectorales, qui occupent une position basse sur le flanc, se composent d'environ 14 lépidotriches dont 13 bifurqués.

Les nageoires pelviennes, de petite taille, sont insérées généralement au-dessous de la partie antérieure de la base de la dorsale. Leur composition demeure inconnue.

Les écailles, de grande taille, sont de type cycloïde. Leur surface s'orne de circoli très denses, très développés verticalement. Elle porte également des sillons verticaux. Une carène

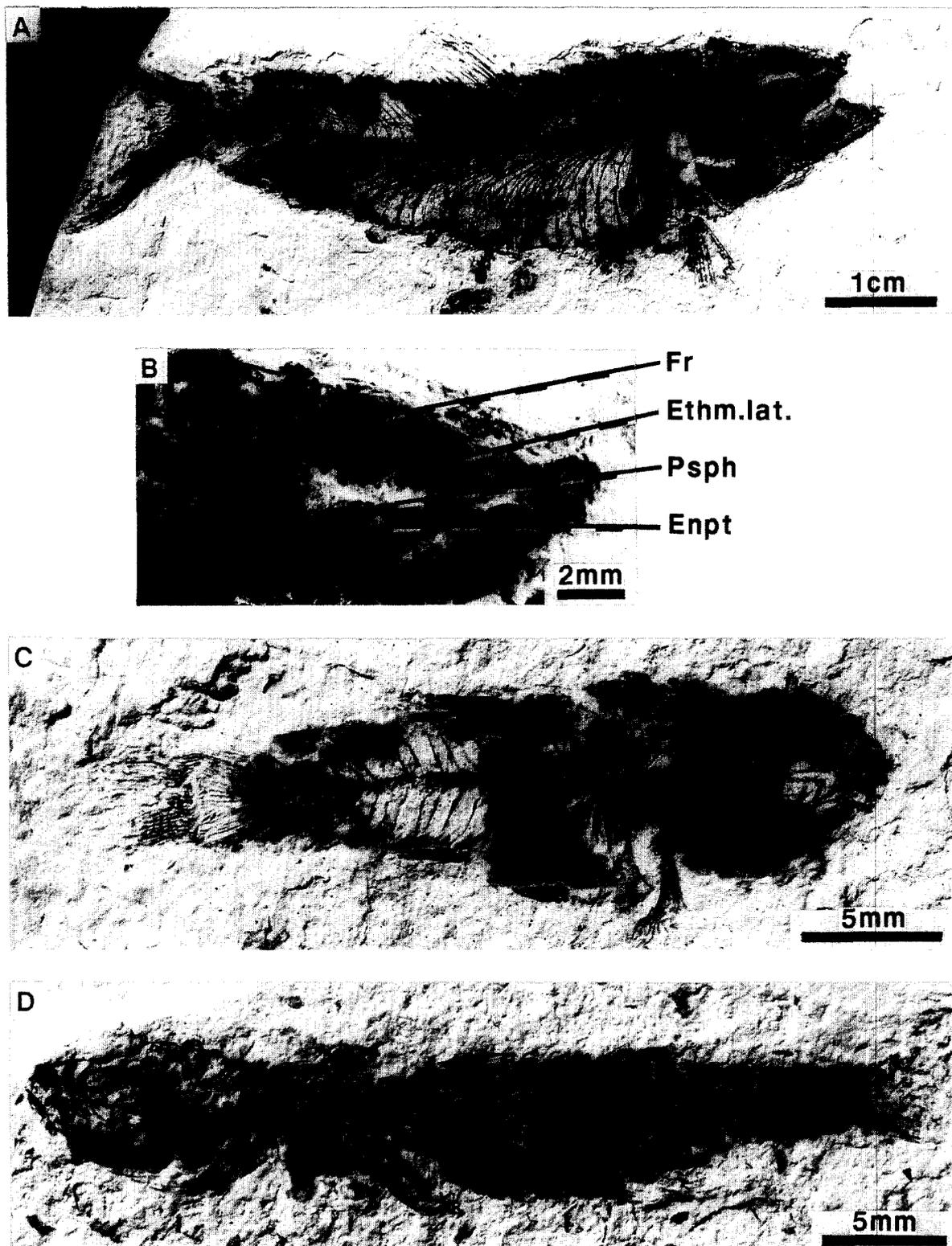


Figure 4. Poissons messiniens de la Chabet Beida (Djebel Murdjadjo). (A) *Sardina? crassa* (Sauvage). Vue générale du spécimen MNHNP MAC-4_c, conservé à Paris, à l'Institut de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle. (B) *Sardina? crassa* (Sauvage). Neurocrâne du même spécimen montrant la pachyostose de certains os. Enpt: entoptérygoïde; Ethm. lat.: ethmoïde latéral; Fr: frontal; Psph: parasphénoïde. (C) *Aphanius crassicaudus* (Agassiz). Vue générale du spécimen MNHNP MAC-45, conservé à Paris, à l'Institut de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle. (D) *Atherinomorus? etruscus* (Gaudant). Vue générale du spécimen MNHNP MAC-51, conservé à Paris, à l'Institut de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle. (Clichés D. Serrette).

ventrale, formée d'écussons à bord rectiligne, est présente. On dénombre 11 ou 12 écussons entre les pectorales et les pelviennes et une dizaine en arrière de celles-ci.

Statut taxonomique

Par l'ensemble de leurs caractères, les Clupeidae décrits précédemment peuvent être rapprochés de l'espèce "*Alosa crassa*" Sauvage dont l'appartenance générique n'a pas encore été déterminée avec certitude, bien que Sorbini (1988) la considère comme un représentant du genre *Pomolobus* Rafinesque que Svetovidov (1964) considérerait toutefois comme un simple sous-genre d'*Alosa* Linck. Comme "*Alosa*" *crassa* Sauvage, les spécimens de la Chabet Beida possèdent en effet un opercule strié de forme quadrangulaire qui, contrairement à celui des vraies Aloses, n'est pas élargi dans sa partie supérieure. De même, leur préopercule diffère de celui des espèces actuelles et fossiles du genre *Alosa* Linck et ressemble à celui d'"*Alosa*" *crassa* Sauvage par la faible largeur de sa branche inférieure.

Une grande similitude existe par ailleurs entre les Clupeidae de la Chabet Beida et "*Alosa*" *crassa* Sauvage en ce qui concerne la composition de la colonne vertébrale et celle des nageoires dorsale et anale.

Pour cette raison, et compte tenu du fait que les Clupeidae fossiles de la Chabet Beida possèdent, comme l'espèce actuelle *Sardina pilchardus* (Walbaum), un opercule quadrangulaire dont la région antéro-ventrale est striée, nous proposons de les rapporter sous réserve au genre *Sardina* Antipa, bien qu'ils diffèrent nettement de l'espèce actuelle *S. pilchardus* (Walbaum) par leur nombre plus réduit de vertèbres (43 ou 44 contre 50 à 53, d'après Tortonese, 1970). C'est pourquoi nous les désignons ici comme *Sardina?* *crassa* (Sauvage).

Famille Cyprinodontidae; Genre *Aphanius* Nardo; *Aphanius crassicaudus* (Agassiz) (Fig. 4C)

Quatre squelettes et les débris de deux autres témoignent de la présence de l'espèce *Aphanius crassicaudus* (Agassiz) dans les diatomites messiniennes de la Chabet Beida. Il s'agit de poissons au corps trapu dont la hauteur maximale est comprise un peu moins de quatre fois dans la longueur du corps, mesurée de la pointe du museau au bord postérieur des hypuraux. Leur tête, massive, constitue approximativement un tiers de la longueur standard. Ce sont tous des individus de petite taille dont la longueur standard s'échelonne de 23,5 à 42,5 mm, bien qu'un

fragment de tronc paraisse avoir appartenu à un individu dont la longueur standard était voisine de 50 mm. Si l'on compare ces valeurs à celles obtenues à partir des *Aphanius crassicaudus* (Agassiz) des gisements de Gabbro, Senigallia, Racalmuto et Guarene d'Alba (Italie) (Gaudant, 1979a) et également à l'aide du matériel récolté à Cherasco (Italie) (Gaudant, 1979b; Cavallo et Gaudant, 1987), les individus de la Chabet Beida peuvent être considérés comme des individus juvéniles.

Leur anatomie céphalique ne peut pas être décrite de manière détaillée en raison de l'état de conservation médiocre du matériel. Le spécimen MNHNP MAC-45 permet cependant d'observer partiellement le toit crânien dont les frontaux sont visibles par leur face inférieure. On y distingue nettement un bourrelet longitudinal à l'intérieur duquel prend place le canal supraorbitaire, tandis qu'un bourrelet transversal se dirige vers le plan sagittal. Les frontaux sont également visibles séparément, l'un par sa face inférieure, et l'autre par sa face supérieure, sur le spécimen inventorié MNHNP MAC-47_{D+G}.

L'empreinte MNHNP MAC-47_D permet en outre de constater que la cavité buccale, oblique, est courte puisque l'articulation de la mandibule avec le carré prend place un peu en avant de la verticale passant par le bord antérieur de l'orbite. Le dentaire porte ventralement un processus en forme d'éperon dirigé vers l'avant, comme c'est le cas chez les autres espèces actuelles et fossiles du genre *Aphanius* Nardo. Son bord oral porte une rangée de dents tricuspides dont l'extrémité distale est généralement brisée, à l'exception d'une seule. Toutefois, les extrémités distales de deux de ces dents mandibulaires brisées sont fossilisées contre le prémaxillaire dont les dents sont peu visibles. L'opercule, observable sur le même spécimen et également à l'état isolé, au milieu d'écailles et de débris osseux, est un os de grande taille, de forme générale triangulaire, dont la largeur égale approximativement les 4/5 de la hauteur.

La colonne vertébrale se compose d'un nombre indéterminé de vertèbres parmi lesquelles on dénombre 15 ou 16 vertèbres postabdominales.

La nageoire caudale, en forme de palette quelque peu tronquée postérieurement, paraît avoir été composée d'une douzaine de rayons principaux à la fois articulés et bifurqués, en avant desquels prennent place, dorsalement et ventralement, sept ou huit rayons marginaux non bifurqués. Le squelette caudal axial est composé de quatre éléments: le complexe uro-terminal,

qui supporte une très large plaque hypurale unique, et trois centra préuraux dotés de longues neurapophyses et hémaphyses.

La nageoire dorsale est insérée un peu en arrière du milieu du corps, mesuré de la pointe du museau au bord postérieur de la plaque hypurale. Comme le montre le spécimen MNHNP MAC-47_G, elle se compose d'environ 11 rayons parmi lesquels on distingue, à l'avant de la nageoire, quatre rayons non bifurqués dont la longueur s'accroît progressivement vers l'arrière.

La nageoire anale, qui est pratiquement opposée à la dorsale, débute cependant assez sensiblement en arrière de la verticale passant par l'origine de celle-ci. Elle se compose de 10 ou 11 rayons parmi lesquels les trois ou quatre rayons antérieurs ne sont pas bifurqués.

Les nageoires pectorales, de taille médiocre, occupent une position basse sur le flanc.

Les nageoires pelviennes, de petite taille, sont insérées approximativement au milieu de l'espace séparant la base des pectorales de l'origine de l'anale. On y dénombre environ six rayons.

Les écailles, de type cycloïde, sont grandes. Leur surface est ornée de circoli concentriques. En outre, leur champ antérieur porte des radii disposés en éventail.

Statut taxonomique

Par l'ensemble de leurs caractères anatomiques et méristiques, les Cyprinodontidae découverts dans le Messinien de la Chabet Beida peuvent être rapportés à l'espèce *Aphanius crassicaudus* (Agassiz), qui est largement répandue dans le Messinien évaporitique du bassin méditerranéen. Il est toutefois intéressant de noter que, contrairement à la plupart des spécimens provenant des faciès évaporitiques, chez lesquels s'observent des traces évidentes de pachyostose (Gaudant, 1979a; Meunier et Gaudant, 1987), ceux des diatomites de la Chabet Beida en sont indemnes, comme c'est également le cas de l'unique représentant de cette espèce décrit récemment dans les diatomites continentales du Turolien supérieur de Cenajo (Espagne) (Gaudant, 1993), mais également de certains des individus récoltés dans les marnes évaporitiques de Cherasco (Italie) (Gaudant, 1979b).

Famille Atherinidae; Genre *Atherinomor* Fowler; *Atherinomor*? *etruscus* (Gaudant) (Fig. 4D)

Cette espèce est abondante dans les diatomites messiniennes de la Chabet Beida puisqu'on y a recueilli 30 individus, soit 21,4% de l'ensemble de l'ichthyofaune. A l'exception d'un unique spécimen dont la longueur standard devait égaler

approximativement 72 mm, tous les individus récoltés sont des alevins dont la longueur standard est comprise entre 17,5 et 35 mm. Ce sont des poissons au corps élancé dont la hauteur maximale est généralement comprise entre cinq et six fois dans la longueur standard. La tête, assez grande, constitue approximativement le quart de cette même dimension.

L'état de conservation médiocre du matériel n'a malheureusement pas permis de décrire avec précision l'anatomie céphalique. Il est toutefois possible d'observer que l'orbite, relativement grande, a un diamètre approximativement égal au tiers de la longueur de la tête. La cavité buccale, oblique, est de taille modérée; en effet, la longueur de la mandibule est un peu inférieure à la moitié de la longueur de la tête. L'articulation de la mandibule avec le carré prend place au-dessous de la moitié antérieure de l'orbite.

La mâchoire supérieure est formée d'un prémaxillaire qui, comme le montre le spécimen MNHNP MAC-52, comporte un processus ascendant relativement large, arrondi à son extrémité distale, et dont la longueur devait représenter approximativement le tiers de celle du processus oral. Le maxillaire, généralement peu visible, est un os dont le processus articulaire est relativement massif. Sa partie postérieure est constituée par un processus effilé.

La mandibule est caractérisée par la forme moyennement élevée du dentaire dont la hauteur maximale égale approximativement la moitié de la longueur (soit le tiers de la longueur de la mandibule). Le bord oral du dentaire, pratiquement rectiligne, s'élève régulièrement vers l'arrière.

Le préopercule, observable sur le spécimen MNHNP MAC-51, possède une branche horizontale très développée dont la longueur est au moins égale à celle de sa branche verticale. L'opercule, de forme générale triangulaire, est relativement grand puisque sa largeur n'est comprise qu'environ 3,5 fois dans la longueur de la tête.

La colonne vertébrale se compose généralement de 39 ou 40 vertèbres parmi lesquelles on dénombre le plus souvent 19 ou 20 vertèbres postabdominales (ce dernier nombre étant le plus fréquent).

La nageoire caudale est profondément fourchue: comme le montre le spécimen MNHNP MAC-62, la longueur de ses lépidotriches axiaux égale approximativement la moitié de celle des plus longs lépidotriches de chaque lobe. Elle est soutenue par un squelette caudal axial composé de quatre éléments dont trois vertèbres

préurales. Le complexe uro-terminal soutient ventralement deux plaques hypurales triangulaires et le parhypural, relativement étroit.

La nageoire dorsale antérieure est formée de six épines grêles, relativement courtes, comme on peut le voir sur les spécimens MNHNP MAC-51 et -54_G. La longueur de la plus grande épine excède légèrement la moitié de la hauteur maximale du corps. Elle débute généralement très peu en avant ou juste au milieu de la longueur du corps, mesurée de la pointe du museau au bord postérieur des hypurax.

La nageoire dorsale postérieure est insérée presque exactement aux 2/3 de la longueur du corps, mesurée comme indiqué précédemment. Elle se compose d'une épine grêle et de 9 ou 10 lépidotriches.

La nageoire anale, pratiquement opposée à la dorsale postérieure, débute légèrement en avant de la verticale passant par l'origine de celle-ci. Elle se compose d'une épine grêle et de 8 à 10 (?) lépidotriches.

Les nageoires pectorales, de taille modérée, et dont la composition n'a pu être déterminée, sont insérées en position élevée sur le flanc, leur base étant située approximativement au niveau de la colonne vertébrale.

Les nageoires pelviennes occupent une position subthoracique. Leur base prend place assez nettement en avant de la verticale passant par l'origine de la première épine de la dorsale antérieure. Elles sont formées d'une épine grêle et, vraisemblablement, de cinq lépidotriches.

Le corps est couvert de grandes écailles cycloïdes dont la surface est ornée de circoli concentriques.

Statut taxonomique

Les Atherinidae messiniens de la Chabet Beida présentent des affinités étroites avec les Atherinidae de même âge que nous avons décrits précédemment, sous le nom *Palaeoatherina etrusca* Gaudant, dans les marnes messiniennes de Pane e Vino, près de Gabbro (Italie) (Gaudant, 1978a). Comme ces derniers, ils sont en effet caractérisés par la possession d'un prémaxillaire dont le processus ascendant est relativement large et arrondi à son extrémité distale, par l'absence d'arcs hémaux élargis sur les vertèbres postabdominales antérieures, et par la position de leurs nageoires pelviennes qui sont situées en avant de la verticale passant par l'origine de la dorsale antérieure. De plus, leurs caractères méristiques ne diffèrent pas de manière significative de ceux des Atherinidae de Pane e Vino dont la colonne vertébrale comporte environ

38 vertèbres, dont 18-19 postabdominales. De même, ces poissons possèdent une nageoire dorsale antérieure composée de sept épines (contre six chez les spécimens de la Chabet Beida), une dorsale postérieure formée d'une épine grêle et d'au moins sept lépidotriches (contre une épine grêle et neuf ou dix lépidotriches chez les spécimens décrits dans le présent article), et une nageoire anale qui comporte, comme ces derniers, une épine et neuf ou dix lépidotriches. Toutes ces similitudes conduisent à considérer que les Atherinidae messiniens de la Chabet Beida appartiennent vraisemblablement à la même espèce que ceux de Pane e Vino, bien qu'une très légère différence ait été observée en ce qui concerne la position relative des nageoires dorsale postérieure et anale. Cette différence est due au fait que la distance antédorsale postérieure est un peu plus grande chez les Atherinidae de la Chabet Beida (64,2 à 70% de la longueur standard) que chez ceux de Pane e Vino (60,3 à 65,1%).

L'attribution de ces poissons au genre *Palaeoatherina* Gaudant, proposée précédemment (Gaudant, 1978a), pose cependant problème car les poissons fossiles messiniens diffèrent de ceux de l'Eocène supérieur du Sud de la France, pour lesquels a été créé le genre *Palaeoatherina* Gaudant, à la fois par la position un peu plus avancée de leur nageoire dorsale, qui prend place un peu en avant du milieu du corps, et par le fait que, chez *Palaeoatherina* Gaudant, la position des nageoires pectorales est sensiblement plus basse sur le flanc qu'elle ne l'est chez les Atherinidae de la Chabet Beida (Ferrandini *et al.*, 1976; Chedhomme et Gaudant, 1984).

On notera par ailleurs que les Atherinidae messiniens de Pane e Vino et de la Chabet Beida peuvent être rapprochés de l'espèce "*Atherina*" *suchovi* Svichenskaya, du Sarmatien de Moldavie, qui possède cependant quelques vertèbres postabdominales de plus (22-23 contre 19-20) et quelques lépidotriches de plus à la nageoire anale (12-13 contre 8 à 10), et dont la nageoire dorsale antérieure est insérée presque exactement au milieu du corps (distance antédorsale antérieure égale à 47-52% de la longueur standard) (Svichenskaya, 1973).

Comme nous l'avons fait précédemment pour le genre *Palaeoatherina* Gaudant, on est tenté de rapprocher les Atherinidae messiniens de Pane e Vino et de la Chabet Beida du genre actuel *Pranesus* Whitley, considéré par Whitehead et Ivantsoff (1983) comme un synonyme postérieur d'*Atherinomorus* Fowler. Ils en diffèrent toutefois

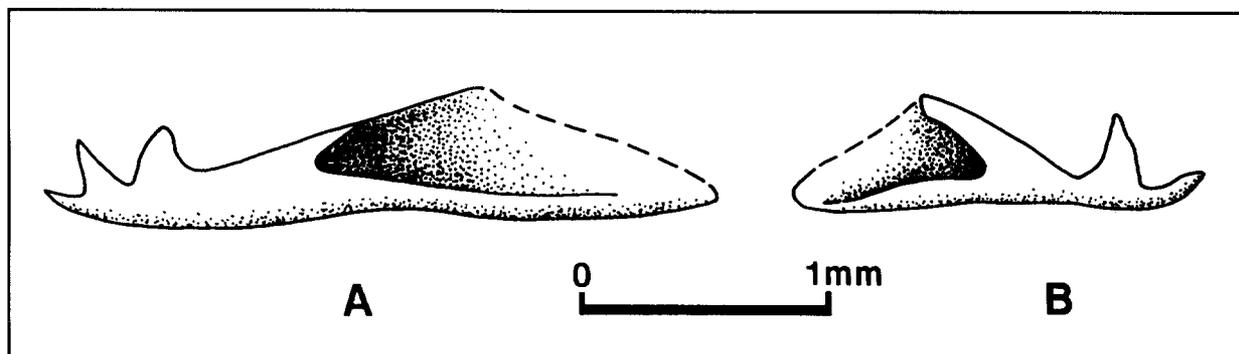


Figure 5. *Callionymus cf. pusillus* Delaroche. Partie postérieure du préopercule. (A) spécimen MNHNP MAC-101. (B) spécimen MNHNP MAC-100. Les deux spécimens sont conservés à Paris, à l'Institut de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle.

par la position plus avancée de leur nageoire dorsale antérieure. Le fait que l'espèce *A. suchovi* Svichenskaya, du Sarmatien de Moldavie, occupe une position intermédiaire entre l'espèce messinienne et les espèces actuelles du genre *Atherinomorus* Fowler, fait toutefois obstacle à la création d'un genre nouveau pour la (ou les) espèce(s) dont la dorsale antérieure est insérée en avant du milieu de la longueur du corps. C'est pourquoi nous proposons de désigner ici les Atherinidae messiniens de Pane e Vino et de la Chabet Beida comme *Atherinomorus etruscus* (Gaudant).

Famille Callionymidae; Genre *Callionymus* L.; *Callionymus cf. pusillus* Delaroche (Figs 5 et 6A, B)
Peu répandu dans le Messinien du bassin méditerranéen où il n'a, jusqu'à présent, été signalé que dans le gisement de Gabbro (Italie) (d'Erasmus, 1930), le genre *Callionymus* L. est abondant dans les diatomites messiniennes de la Chabet Beida où nous en avons recueilli 29 individus (soit 20,7% de l'ichthyofaune), tous de petite taille (leur longueur standard varie de 11 à 31 mm).

Tous les individus recueillis ont la tête écrasée dorso-ventralement, ce qui ne permet pas d'en donner une description anatomique détaillée. On a pu cependant observer le toit crânien qui, relativement étroit dans la région supraorbitaire, s'élargit très fortement en arrière de celle-ci. Le supraoccipital s'immisce entre la partie postérieure des frontaux et rejette latéralement les pariétaux qui sont de taille réduite.

La bouche, qui occupe une position terminale, comporte une mâchoire supérieure protractile caractérisée par le grand développement du processus ascendant du maxillaire.

Latéralement, le préopercule est fréquemment visible, au moins partiellement. Sa partie

postérieure est le plus souvent (dans 13 cas sur 19, soit 68,4%), ornée de trois épines (Fig. 5A), bien que le nombre de celles-ci puisse être parfois seulement de deux, comme le montre le spécimen MNHNP MAC-79_b (Fig. 5B).

De forme effilée, le corps est généralement très imparfaitement conservé, notamment en ce qui concerne les nageoires impaires. La colonne vertébrale, relativement courte, paraît avoir été composée de 20 ou 21 vertèbres dont les centra sont très allongés puisque leur longueur égale généralement deux à trois fois leur hauteur.

Le complexe uro-terminal est fusionné à la plaque hypurale supérieure, triangulaire, au-dessous de laquelle prend place une seconde plaque hypurale de forme et de taille comparables, qui s'articule avec le complexe uro-terminal.

La nageoire caudale, en forme de palette arrondie à son extrémité distale, est constituée d'environ huit rayons principaux tous bifurqués, dont la longueur égale approximativement le quart de la longueur standard.

La nageoire dorsale antérieure paraît avoir été composée de quatre épines grêles, comme le montre le spécimen MNHNP MAC-113. La longueur de la plus longue épine égale approximativement 1/7 de la longueur standard. Les nageoires dorsale postérieure et anale sont opposées et débutent peu en arrière du milieu du corps. Leur composition est inconnue.

Les nageoires pectorales, composées d'une vingtaine de rayons, s'articulent avec la ceinture scapulaire par l'intermédiaire de radiaux de grande taille, bien visibles sur plusieurs individus et notamment sur le spécimen MNHNP MAC-88, où l'on peut observer leur forme en sablier. Les nageoires pelviennes, où l'on distingue cinq ou six

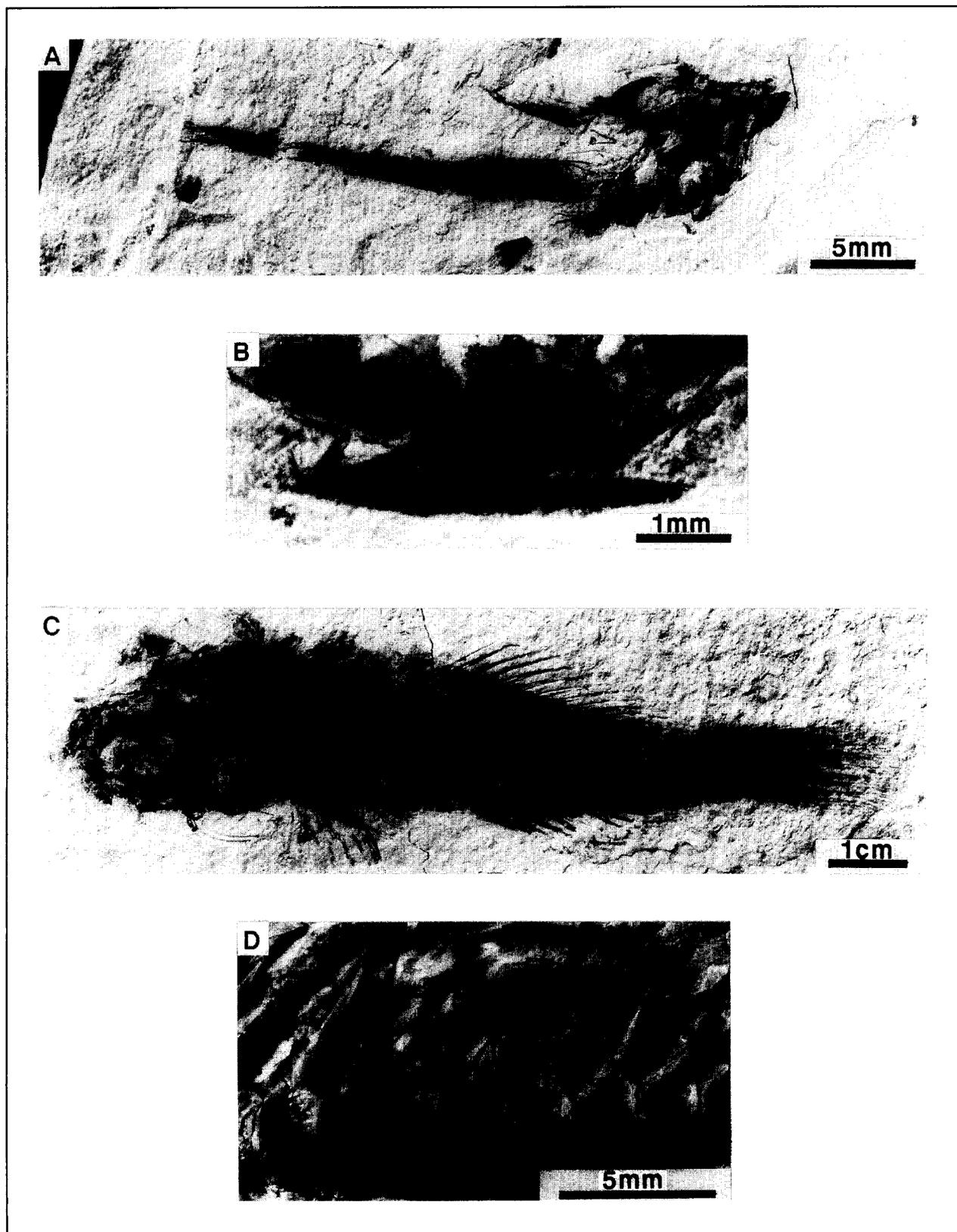


Figure 6. Poissons messiniens de la Chabet Beida (Djebel Murdjadjo). (A) *Callionymus cf. pusillus* Delaroche. Vue générale du spécimen MNHNP MAC-79_A, conservé à Paris, à l'Institut de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle. (B) *Callionymus cf. pusillus* Delaroche. Préopercule du même spécimen. (C) *Gobius aïdouri* Arambourg. Vue générale du spécimen MNHNP MAC-2_y, conservé à Paris, à l'Institut de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle. (D) *Gobius aïdouri* Arambourg. Vertèbres postabdominales du même spécimen affectées par la pachyostose. (Clichés D. Serrette).

rayons, sont insérées en position jugulaire, sensiblement en avant des pectorales.

Aucune trace d'écailles n'a été observée.

Statut taxonomique

On notera que la description précédente est beaucoup moins précise que celle, donnée par d'Erasmus (1930), des *Callionymus* messiniens de Gabbro (Italie). Cela s'explique par l'état de conservation médiocre du matériel de la Chabet Beida et, en particulier, par l'absence totale dans ce gisement d'individus écrasés latéralement, ce qui rend impossible la description des nageoires dorsale postérieure et anale, et très aléatoire l'observation de la dorsale antérieure. Pour cette raison, alors que d'Erasmus (1930) avait cru pouvoir rapporter les *Callionymus* messiniens de Gabbro à l'espèce méditerranéenne actuelle *C. festivus* Pallas (un synonyme postérieur de *C. pusillus* Delaroché), il nous a paru préférable de réserver notre diagnostic relatif aux spécimens de la Chabet Beida.

On notera cependant que ces fossiles diffèrent nettement de deux des espèces méditerranéennes actuelles, *C. lyra* L. et *C. maculatus* Rafinesque, à la fois par l'absence d'épine préoperculaire inférieure et par la taille réduite des épines de la dorsale antérieure. En outre, l'unique spécimen qui ait permis d'observer la nageoire dorsale antérieure nous a montré que ses épines sont sensiblement plus développées que celles de l'espèce méditerranéenne actuelle *C. rissoi* Lesueur qui, en outre, n'en possède que trois. En revanche, à la fois le nombre et la longueur relative des épines de la dorsale antérieure conduisent à rapprocher les *Callionymes* messiniens de la Chabet Beida de l'espèce actuelle *C. pusillus* Delaroché. Toutefois, le fait que, si le nombre d'épines préoperculaires est généralement de trois, près d'un tiers des préopercules n'en portent cependant que deux, ne nous a pas permis de nous assurer que l'on ait indubitablement affaire à l'espèce *C. pusillus* Delaroché, car l'espèce méditerranéenne actuelle *C. phaeton* Günther est précisément caractérisée par la possession de deux épines préoperculaires. C'est pourquoi, après avoir admis que nous étions en présence d'une seule espèce au sein de laquelle le nombre d'épines préoperculaires était variable, nous avons préféré désigner les *Callionymes* fossiles des diatomites messiniennes de la Chabet Beida comme *Callionymus* cf. *pusillus* Delaroché.

Famille Gobiidae; Genre *Gobius* L. (s.l.); *Gobius aïdouri* Arambourg (Fig. 6C, D)

Cette espèce est représentée par 38 individus (soit 27,1% de l'ichthyofaune) dans les

diatomites messiniennes de la Chabet Beida. Parmi eux, 36 sont des alevins dont la longueur standard est comprise entre 9,5 et 37 mm, alors que la longueur standard des trois adultes varie de 78 à 85,5 mm.

L'état de conservation des alevins étant relativement médiocre et ces fossiles étant le plus souvent écrasés dorso-ventralement, il est pratiquement impossible d'en décrire l'anatomie céphalique et également d'en déterminer avec précision les caractères méristiques (en particulier la composition des nageoires dorsales et anales), ce qui rend délicate leur comparaison avec les adultes.

Bien que l'état de conservation de sa tête soit trop médiocre pour permettre d'en décrire l'anatomie céphalique, le spécimen MNHNP MAC-2_{D+G'}, dont la longueur standard égale 85,5 mm, a permis de préciser les principaux caractères de ces poissons.

Le squelette axial paraît être constitué de 28 vertèbres, dont 17 postabdominales. Toutefois, nous avons pu constater que, chez les alevins, le nombre de vertèbres postabdominales est le plus souvent de 16. Il est à noter que les vertèbres de plusieurs individus présentent des traces évidentes de pachyostose. Le spécimen adulte MNHNP MAC-2_D possède ainsi des vertèbres postabdominales caractérisées par leurs centra épaissis, bien que les neurapophyses et les hémaphyses soient relativement peu modifiées (Fig. 6D). Cette pachyostose peut parfois se manifester très précocément, comme le montre par exemple l'individu juvénile MNHNP MAC-82 dont la longueur standard n'excède pas 28 mm. En revanche, le spécimen adulte MNHNP MAC-1_{D+G'}, dont la longueur standard était voisine de 85 mm, n'en montre aucune trace.

La nageoire caudale, en forme de palette convexe à son extrémité distale, est constituée d'une douzaine de rayons principaux à la fois articulés et bifurqués, en avant desquels prennent place, dorsalement et ventralement, six ou sept rayons marginaux non bifurqués. Le squelette caudal axial est formé du complexe uro-terminal auquel est fusionnée une grande plaque hypurale triangulaire. La plaque hypurale inférieure et le parhypural s'articulent avec la région antéro-ventrale du complexe uro-terminal, tandis qu'un épural unique de grande taille prend place au-dessus de lui. Plus en avant prennent place deux centra préuraux qui supportent des neurapophyses et hémaphyses allongées.

La nageoire dorsale antérieure est constituée de six épines grêles relativement courtes, comme

le montrent le spécimen adulte MNHNP MAC-1_{D+G} et les individus juvéniles inventoriés MNHNP MAC-137, -139 et -142. En effet, sur le premier d'entre eux, l'extrémité distale de la plus longue épine atteint à peine la base de l'épine antérieure de la nageoire dorsale postérieure, ce qui est loin d'être le cas chez les alevins.

La nageoire dorsale postérieure paraît avoir été composée d'une épine grêle et de 10 à 12 lépidotriches (les deux spécimens adultes chez lesquels cette nageoire est bien conservée en possèdent 12).

La nageoire anale, bien qu'opposée à la dorsale postérieure, débute sensiblement en arrière de la verticale passant par l'origine de celle-ci (la base de son épine prend approximativement place au-dessous de celle du quatrième lépidotriche de la dorsale postérieure). En arrière de l'épine antérieure de l'anale, on dénombre le plus souvent 9 ou 10 lépidotriches.

Les nageoires pectorales, de taille modérée (la longueur de leurs plus grands rayons égale environ les 3/4 de la distance séparant leur base de l'origine de l'anale), se composent d'une quinzaine de lépidotriches. Elles s'articulent avec la ceinture scapulaire par l'intermédiaire de radiaux de grande taille.

Les nageoires pelviennes, assez petites, sont insérées un peu en avant de la verticale passant par la base des pectorales. Elles se composent d'une épine et de cinq lépidotriches.

Le corps est couvert de grandes écailles cténoïdes dont le champ antérieur est orné de radii disposés en éventail.

Statut taxonomique

Compte tenu de l'homogénéité remarquable qui caractérise l'ostéologie de la plupart des membres de cette famille et de l'état de conservation généralement médiocre, dû à l'écrasement le plus souvent dorso-ventral de la moitié antérieure du corps, seuls certains caractères morphométriques et méristiques permettent de tenter une détermination spécifique des Gobiidae messiniens de la Chabet Beida.

Ainsi, le corps trapu dont la hauteur maximale représente, chez les individus adultes, 1/4 à 1/5 de la longueur standard, et la composition de la colonne vertébrale qui comporte le plus souvent 28 vertèbres dont 16 ou 17 vertèbres postabdominales, suggèrent un rapprochement avec les espèces messiniennes *Gobius aïdouri* Arambourg, qui est présente à Oran (gisement de Raz-el-Aïn) et *G. meneghinii* Cocchi, du Messinien évaporitique de Senigallia (Italie). D'autre part, les Gobiidae fossiles de la Chabet

Beida possèdent une nageoire dorsale postérieure composée d'une épine grêle et de 10 à 12 lépidotriches, contre une épine et 10 ou 11 lépidotriches chez *G. aïdouri* Arambourg, alors que le nombre des lépidotriches peut s'élever jusqu'à 14 chez *G. meneghinii* Cocchi (Gaudant, 1978b). Enfin, la composition de la nageoire anale (une épine grêle et 9 ou 10 lépidotriches) s'accorde à la fois avec celle observée chez *G. aïdouri* Arambourg et *G. meneghinii* Cocchi, ces deux espèces possédant une nageoire anale formée d'une épine grêle et de neuf lépidotriches.

En conclusion, c'est avec l'espèce *G. aïdouri* Arambourg que les Gobiidae des diatomites messiniennes de la Chabet Beida présentent le plus d'affinités. C'est pourquoi il nous paraît justifié de les rapporter à cette espèce.

SIGNIFICATION PALÉOÉCOLOGIQUE ET PALÉOCLIMATIQUE

L'ichthyofaune des diatomites messiniennes de la Chabet Beida est caractérisée en premier lieu par sa faible diversité puisqu'elle n'est composée que de cinq espèces de poissons téléostéens appartenant à cinq familles différentes. L'étude de sa composition quantitative a permis de constater que quatre d'entre elles sont représentées dans le gisement par plus de 20% du nombre total d'individus récoltés. Deux d'entre elles: *Gobius aïdouri* Arambourg et *Sardina? crassa* (Sauvage) dominent légèrement avec, respectivement, 27,1% et 26,2% du nombre d'individus, tandis qu'*Atherinomorus cf. etruscus* (Gaudant) et *Callionymus cf. pusillus* Delaroche sont à peine moins abondantes avec, respectivement, 21,4% et 20,7%. Enfin, *Aphanius crassicaudus* (Agassiz) est relativement rare avec 4,3%.

La seconde caractéristique de cette ichthyofaune est d'être presque exclusivement formée d'individus de petite taille puisque seuls 8 des 137 individus mesurables (soit 5,8%) ont une longueur standard supérieure à 60 mm, alors que chez 85 d'entre eux (soit 62%), cette dimension est inférieure à 35 mm, ce qui est le cas de 90% des *Atherinomorus? etruscus* (Gaudant), 100% des *Callionymus cf. pusillus* Delaroche, et 89,5% des *Gobius aïdouri* Arambourg. Seuls les représentants de l'espèce *Sardina? crassa* (Sauvage) sont un peu plus grands puisque 91,4% d'entre eux ont une longueur standard supérieure à 35 mm, sans toutefois jamais excéder 64 mm (Fig. 7). Ces dimensions caractérisent néanmoins des individus juvéniles car Arambourg (1927) a noté

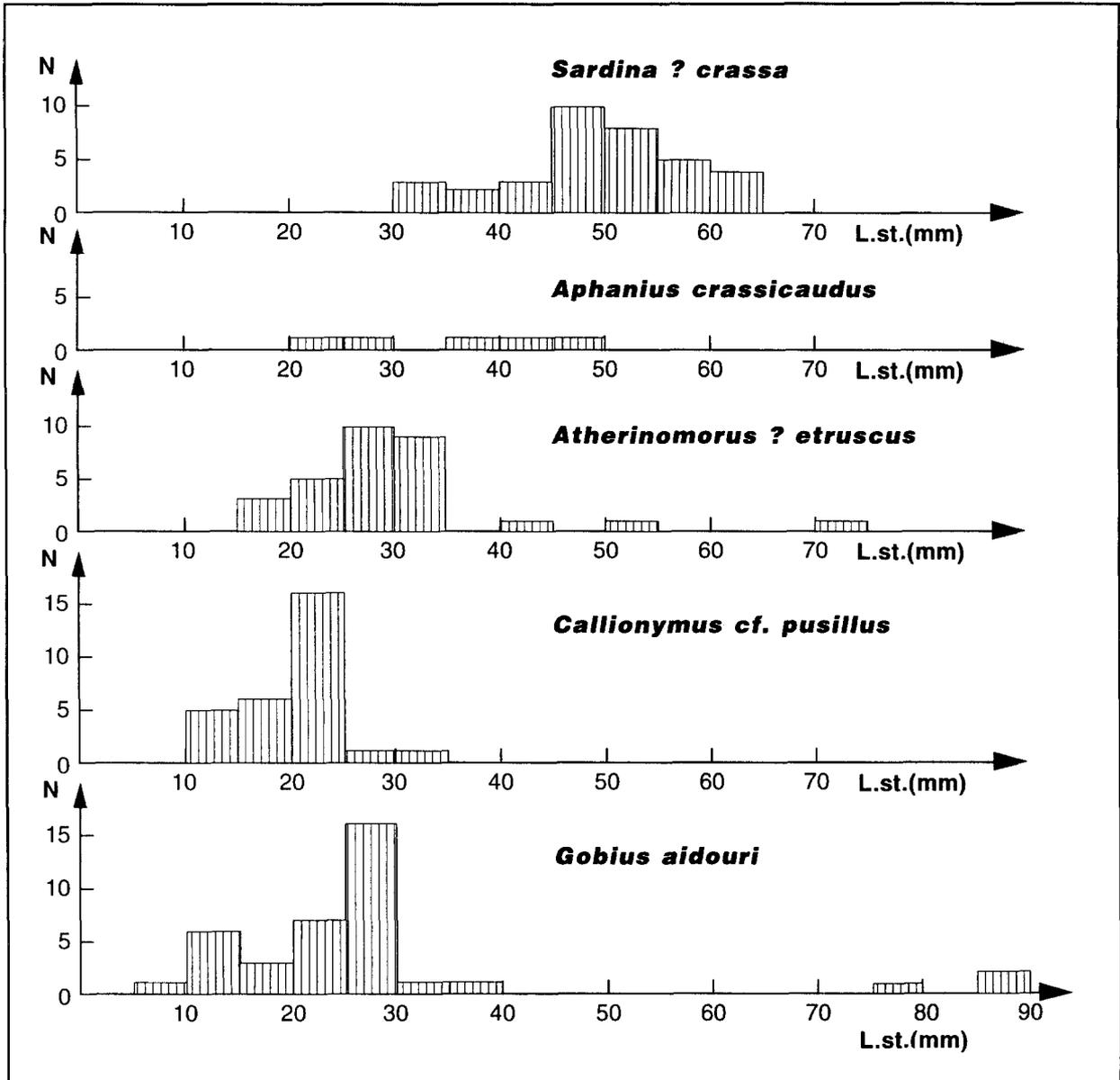


Figure 7. Histogramme des longueurs standard des poissons téléostéens recueillis dans le Messinien de la Chabet Beida.

que cette espèce "ne dépasse pas 250 mm de longueur totale", ce qui signifie que la longueur standard des adultes peut parfois excéder 200 mm. On peut donc en déduire que l'ichthyofaune des diatomites messiniennes de la Chabet Beida est principalement constituée d'individus juvéniles puisque seuls trois spécimens de *Gobius aidouri* Arambourg et, éventuellement, un représentant de l'espèce *Atherinomorbus ? etruscus* (Gaudant) peuvent être considérés comme des adultes. On peut donc admettre que, comme c'est également le cas pour certains gisements messiniens d'Espagne comme Campos del Río et Lorca (Gaudant, 1989; Gaudant *et al.*, 1994; Gaudant, 1995), le gisement étudié dans cet article correspond à

une frayère fossile. L'examen du mode de vie des espèces actuelles les plus proches de celles identifiées dans le gisement de la Chabet Beida est susceptible d'apporter des informations paléoécologiques sur les conditions de dépôt de la diatomite fossilifère.

Ainsi, dans l'hypothèse où l'espèce "*Alosa crassa* Sauvage" appartiendrait bien au genre *Sardina* Antipa, il s'agissait vraisemblablement d'une espèce marine qui, comme l'espèce actuelle *S. pilchardus* Walbaum, devait vivre principalement dans le domaine néritique et, plus particulièrement, à proximité du littoral (Tortonese, 1970).

Les espèces actuelles du genre *Atherinomorbus* Fowler vivent normalement en milieu marin, dans

le domaine néritique et généralement le long des côtes mais pénètrent également dans les estuaires et dans les lagunes côtières (Ivantsoff et Crowley, 1991).

Les Callionymes sont des poissons marins benthiques qui vivent principalement dans le domaine néritique, à partir de quelques dizaines de mètres de profondeur, certaines espèces actuelles pouvant peupler des eaux sensiblement plus profondes (jusqu'à 600 m pour l'une des espèces méditerranéennes). Toutefois, l'espèce actuelle *C. pusillus* Delaroche, dont nous pensons pouvoir rapprocher les Callionymes étudiés dans le présent article, vit à très faible profondeur à proximité des plages (Tortonese, 1975).

Les Gobiidae sont fondamentalement des poissons marins benthiques fréquemment eurhalins dont de nombreuses espèces actuelles pénètrent volontiers dans les eaux saumâtres. Certaines espèces sont même totalement inféodées aux eaux douces. Une telle ubiquité rend évidemment extrêmement délicate l'utilisation de ces poissons à des fins paléocéologiques.

Le composant le moins abondant (4,3% du nombre d'individus) de l'ichthyofaune de la Chabet Beida est un représentant du genre *Aphanius* Nardo dont les espèces actuelles vivent principalement dans les lagunes à salinité variable du domaine margino-littoral péri-méditerranéen. Sa présence dans les eaux marines côtières est exceptionnelle puisque, d'après Torchio (1967), seuls quelques individus de l'espèce *A. fasciatus* Nardo ont été récoltés à ce jour à quelques dizaines de mètres du rivage de Finale Ligure, près de Savona (Italie).

On notera enfin l'absence totale de poissons marins méso- et/ou bathypélagiques dans l'ichthyofaune de la Chabet Beida, ce qui paraît traduire un isolement relatif du bassin dans lequel se sont déposées les diatomites fossilifères.

En conclusion, il apparaît ainsi que l'ichthyofaune des diatomites messiniennes de la Chabet Beida est très majoritairement composée de poissons marins dont certains sont toutefois susceptibles de supporter des dessalures plus ou moins marquées. La présence du genre *Aphanius* Nardo peut être considérée comme un argument favorable à une telle interprétation. Il pourrait en être éventuellement de même pour le genre *Sardina* Antipa car l'espèce actuelle *S. pilchardus* (Walbaum) est présente en Mer Noire et pénètre dans les étangs saumâtres du Midi de la France où Gourret (1897) a noté (sous le nom d'"*Alosa sardina*") qu'elle vit dans des eaux dont la salinité peut

s'abaisser jusqu'à 6‰. Toutefois, certains autres poissons comme les Callionymes sont exclusivement marins.

L'ichthyofaune étudiée est fossilisée dans la partie inférieure de l'unité sédimentaire 5, constituée essentiellement de calcaires micritiques blancs, finement lités ou laminés, riches en spicules de spongiaires et renfermant une microfaune assez pauvre et peu diversifiée, constituée d'ostracodes et de foraminifères benthiques (*Elphidium* et Miliolidae). L'analyse du sédiment montre que le dépôt s'est effectué par décantation dans une fine boue calcaire, dans des conditions très probablement anoxiques, comme le confirme l'absence de bioturbation qui traduit une forte restriction de la vie benthique. On remarque cependant, dans cette formation, la présence, à plusieurs niveaux, de lamellibranches (pectinidés et ostréidés), bryozoaires et rhodophycées qui témoignent d'influences marines nettes. Cette unité renferme également des intercalations lenticulaires de gypse. La présence de halite sous forme de feuilletts pelliculaires et de petits nodules recristallisés dans les diatomites indique que ces sédiments ont été baignés par des saumures concentrées qui pourraient témoigner de conditions épisodiques de sursalure pendant la sédimentation. Par ailleurs, l'analyse isotopique d'un échantillon de dolomite provenant de l'une des intercalations dolomitiques centimétriques observables dans les laminites diatomitiques fossilifères a permis de constater que cette dolomite a précipité dans des eaux fortement évaporées, comme l'indique sa teneur élevée en $\delta^{18}\text{O}$ (+6‰/PDB). D'autre part, sa faible teneur en ^{13}C ($\delta^{13}\text{C} = -5,20\text{‰/PDB}$) indique une influence marquante du CO_2 d'origine organique (Pierre et Fontes, 1979).

Tous ces éléments permettent de proposer le modèle suivant pour interpréter les conditions de dépôt des diatomites fossilifères de la Chabet Beida. Comme l'indiquent à la fois la composition et le caractère oligospécifique de l'ichthyofaune (Table 1), il s'agissait probablement d'un milieu marin littoral, correspondant à un fond de golfe relativement fermé, partiellement abrité de la mer ouverte par un goulet peu profond qui faisait obstacle à la pénétration de poissons méso- et/ou bathypélagiques. La stagnation et la stratification des eaux dont témoigne l'état de conservation des poissons pourrait expliquer la présence de dolomite cristallisée dans des eaux plus salées. Des épisodes d'isolement plus importants pouvaient même conduire occasionnellement à l'apparition de conditions

Tableau 1. Signification paléoécologique de l'ichthyofaune messinienne de la Chabet Beida

Espèces	Lagunes côtières	Zone littorale	Zone néritique
<i>Sardina? crassa</i> (Sauvage)		+	+
<i>Aphanius crassicaudus</i> (Agassiz)	+		
<i>Atherinomorus? etruscus</i> (Gaudant)	+	+	+
<i>Callionymus cf. pusillus</i> Delaroche		+	
<i>Gobius aïdouri</i> Arambourg		+	+

franchement évaporitiques (formation de gypse et/ou de saumures). Une certaine dessalure se manifestait également de manière plus ou moins temporaire, sous l'effet d'arrivées d'eaux saumâtres relâchées par une lagune qui devait occuper le fond de ce golfe, progressivement abandonné par une mer régressive. On notera que ce modèle, fondé sur l'étude de l'ichthyofaune, s'accorde bien avec les données déduites de la composition de la flore diatomitique qui tend en effet à suggérer l'existence d'eaux marines littorales quelque peu dessalées (20 à 35‰).

D'un point de vue paléoclimatologique, le fait que quatre des cinq espèces de poissons identifiées dans le gisement appartiennent à des genres représentés actuellement en Méditerranée (la cinquième semble pouvoir être rapportée à un genre largement répandu de la Mer Rouge à l'Australie mais également dans la partie occidentale de l'Atlantique Nord), conduit à suggérer que le climat ne devait pas différer considérablement du climat actuel de cette région. La présence probable du genre *Atherinomorus* Fowler pourrait toutefois indiquer des conditions un peu plus chaudes. Nous avons vu précédemment que c'est également la conclusion à laquelle conduit l'étude palynologique. De même, la présence dans la flore diatomitique d'espèces comme *Rhabdonema adriaticum* Kutzing et *Grammatophora oceanica* (Ehr.) Grunow, qui constituent ensemble 88% de celle-ci, paraît indiquer un climat tempéré chaud à subtropical.

CONCLUSION

L'ichthyofaune découverte dans les diatomites messiniennes qui affleurent dans le ravin de la Chabet Beida, à proximité de l'ancienne "Ferme Giraud" présente une originalité manifeste par rapport à toutes les ichthyofaunes marines précédemment décrites dans le Messinien en raison à la fois de son caractère oligospécifique (cinq espèces seulement y ont été identifiées),

de la petite taille de la quasi-totalité des individus récoltés et de l'association de quatre espèces de poissons marins et d'une espèce caractéristique des milieux à salinité variable: *Aphanius crassicaudus* (Agassiz).

En particulier, cette ichthyofaune présente peu de points communs avec celles décrites par Arambourg (1927) dans la ville d'Oran (Gambetta) et ses environs immédiats (Raz-el-Aïn et Les Planteurs). En effet, seules deux des cinq espèces reconnues dans le gisement de la "Ferme Giraud" y sont présentes: *Sardina? crassa* Sauvage et *Gobius aïdouri* Arambourg (encore cette dernière n'est-elle connue à Raz-el-Aïn que par son holotype !). Il convient de souligner en outre que l'espèce *Sardina? crassa* (Sauvage) n'est représentée à Oran que par des individus adultes, ce qui traduit indubitablement des conditions écologiques différentes.

La composition de l'ichthyofaune de la Chabet Beida, constituée exclusivement de poissons du domaine néritique (parmi lesquels deux espèces benthiques: *Callionymus cf. pusillus* (Delaroche) et *Gobius aïdouri* Arambourg, auxquelles est associée une espèce de milieu lagunaire), confirme celle de la flore diatomitique, caractérisée par un nombre restreint d'espèces presque toutes benthiques qui indiquent une tendance à une certaine dessalure ou, du moins, un milieu soumis à des variations de salinité. Ces diatomites diffèrent donc radicalement des "diatomites de type I", contemporaines de l'édification des plate-formes à mélobésiées et scléactiniaires, dont la formation est généralement considérée comme étant liée à l'existence de remontées d'eaux profondes (Rouchy, 1982; Moissette et Saint-Martin, 1992). Elles sont au contraire plutôt assimilables aux "diatomites de type II" (Rouchy, 1982; Rouchy et Saint-Martin, 1992), plus tardives et caractéristiques des épisodes de stagnation des eaux qui affectèrent les régions périphériques du bassin méditerranéen au cours de leur évolution vers des conditions évaporitiques.

Le modèle d'une frayère fossilisée dans un environnement marin littoral de fond de golfe soumis à des épisodes de variations de salinité et de stagnation des eaux permet ainsi de rendre compte à la fois des données ichthyologiques, paléontologiques et sédimentologiques.

REMERCIEMENTS

La préparation du présent article a été réalisée dans le cadre de l'accord programme franco-algérien 90 MBU 140. En complément, le Ministère des Affaires étrangères a pris en charge la mission de l'un de nous (J. G.) à Oran.

Le travail sur le terrain a bénéficié du concours matériel de l'Institut des Sciences de la Terre de l'Université d'Oran.

Les auteurs sont redevables envers M. J.-C. Fontes et Melle A. Filly qui leur ont aimablement communiqué les résultats de l'analyse isotopique de la dolomite intercalée dans le banc fossilifère de la "Ferme Giraud".

L'illustration a été préparée par Melle B. Guichané (Marseille) et par M. J. Dyon (Paris).

RÉFÉRENCES

- Arambourg, C. 1927. Les poissons fossiles d'Oran. *Matériaux Carte géologique Algérie*, 1ère série, *Paléontologie* 6, 1-291.
- Aschmann, H. 1984. A restrictive definition of Mediterranean climate. *Bulletin, Société Botanique France Actualités Botaniques* 131, 21-30.
- Bessedik, M. 1984. The Early Aquitanian and Upper Langhian-Lower Serravallian environments in the Northwestern Mediterranean region. *Paléobiologie Continentale* 14, 153-179.
- Bessedik, M. 1985. Reconstitution des environnements miocènes des régions nord-ouest méditerranéennes à partir de la Palynologie. *Thèse-ès-Sciences* 162p. Université des Sciences Techniques Languedoc, Montpellier.
- Bradley, F. et Landini, W. 1984. I fossili del "tripoli" messiniano di Gabbro (Livorno). *Palaeontographia Italia* 73, 5-33.
- Cavallo, O. et Gaudant, J. 1987. Observations complémentaires sur l'ichthyofaune des marnes messiniennes de Cherasco (Piémont): implications géodynamiques. *Bollettino Societa Paleontologica Italiana* 26, 177-198.
- Chedhomme, J. et Gaudant, J. 1984. Sur une nouvelle espèce du genre *Palaeoatherina* Gaudant (Poissons téléostéens, Atherinomorpha) découverte dans l'Eocène supérieur continental des environs d'Ornac-l'Aven (Ardèche). *Géologie Méditerranéenne* 11, 303-319.
- Chikhli, H. 1992. Une palynoflore méditerranéenne à subtropicale au Messinien pré-évaporitique en Algérie. *Géologie Méditerranéenne* 19, 19-30.
- Cornée, J.-J., Saint-Martin, J.-P., Conesa, G. et Muller, J. 1994. Geometry, palaeoenvironments and relative sea-level (accommodation space) changes in the Messinian Murdjado carbonate platform (Oran, Western Algeria); consequences. *Sedimentary Geology* 89, 143-158.
- D'Erasmo, G. 1930. L'ittiofauna fossile del Gabbro. *Atti Reale Accademia Scienze Fisiche Matematiche Napoli* 18, 1-118.
- Ferrandini, M., Ferrandini, J. et Gaudant, J. 1976. Découverte d'un nouveau gisement d'Athérines (Poissons téléostéens, Atherinomorpha) dans le Paléogène de Mormoiron (Vaucluse). *Géologie Méditerranéenne* 3, 115-126.
- Fourtanier, E., Gaudant, J. et 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 Societa Paleontologica Italiana* 30, 79-95.
- Gaudant, J. 1978a. L'ichthyofaune des marnes messiniennes des environs de Gabbro (Toscane, Italie): signification paléocéologique. *Géobios* 11, 905-911.
- Gaudant, J. 1978b. L'ichthyofaune des marnes messiniennes des environs de Senigallia (Marche, Italie): signification paléocéologique et paléogéographique. *Géobios* 11, 913-919.
- Gaudant, J. 1979a. "*Pachylebias*" *crassicaudus* (Agassiz) (poisson téléostéen, Cyprinodontiforme), un constituant majeur de l'ichthyofaune du Messinien supérieur du bassin méditerranéen. *Géobios* 12, 47-73.
- Gaudant, J. 1979b. Cherasco (Piémont): un nouveau gisement de poissons fossiles du Messinien continental d'Italie. *Géobios* 12, 113-121.
- Gaudant, J. 1989. Poissons téléostéens, bathymétrie et paléogéographie du Messinien d'Espagne méridionale. *Bulletin Société Géologique France* 5, 1161-1167.
- Gaudant, J. 1993. Un exemple de "régression évolutive" chez des poissons Cyprinodontidae du Miocène supérieur d'Espagne: *Aphanius illunensis* nov. sp. *Geobios* 26, 449-454.
- Gaudant, J. 1995. Nouvelles recherches sur l'ichthyofaune messinienne des environs de Lorca. *Revista Española Paleontología* 10, 175-189.
- Gaudant, J. et Meunier, F. J. 1996. Observation d'un cas de pachyostose chez un Clupeidae fossile du Miocène terminal de l'ouest algérien, *Sardina? crassa* (Sauvage, 1873). *Cybium* 20, 169-183.
- Gaudant, J., Loiseau, J. et Ott d'Estevou, Ph. 1994. Découverte d'une frayère fossile de poissons téléostéens dans le Messinien des environs de Campos del Rió (Province de Murcia, Espagne). *Revista Española Paleontología* 9, 37-50.
- Gersonde, R. 1980. Paläoökologische und biostratigraphische Auswertung von Diatomeenassoziationen aus dem Messinium des Caltanissetta-Beckens (Sizilien) und einiger Vergleichs-Profile in SO-Spanien, NW-Algerien und auf Kreta. *Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrecht-Universität zu Kiel, Kiel, Germany*. 393p.
- Gourinard, Y. 1958. Recherches sur la géologie du littoral oranais. *Publications Service Carte Géologique Algérie* 6, 1-200.
- Gourret, P. 1897. Les étangs saumâtres du midi de la France et leurs pêcheries. *Annales Muséum Histoire Naturelle Marseille, Zoologie* 5, 386p.
- Hustedt, F. 1930-1966. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. In: *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, 7-Die Kieselalgen* (Edited by Rabenhorst's, L.) 1 (1930) 920p; 2 (1959) 845p; 3 (1961-1966). 861p. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- Ivantsoff, W. and Crowley, L. E. L. M. 1991. Review of the Australian silverside fishes of the genus *Atherinomorus* (Atherinidae). *Australian Journal Marine Freshwater Research* 42, 479-505.
- Meunier, F. J. et Gaudant, J. 1987. Sur un cas de pachyostose chez un poisson du Miocène terminal du bassin méditerranéen, *Aphanius crassicaudus* (Agassiz), (Teleostei, Cyprinodontidae). *Comptes Rendus Académie Sciences Paris* 305 (III), 925-928.

- Moissette, P. and Saint-Martin, J.-P. 1992. Upwelling and benthic communities in the Messinian of Western Mediterranean. *Paleontologia Evolució* **24-25**, 245-254.
- Pierre, C. et Fontes, J.-C. 1979. Oxygène 18, carbone 13, deutérium et soufre 34: marqueurs géochimiques de la diagenèse et du paléomilieu évaporitiques du Messinien de la Méditerranée. *Bulletin Muséum National Histoire Naturelle, Paris* **1**, sect. C, 3-18.
- Rouchy, J.-M. 1982. La genèse des évaporites messiniennes de Méditerranée. *Mémoires Muséum National Histoire Naturelle, Paris (C)*, **50**, 1-267.
- Rouchy, J.-M. et Saint-Martin, J.-P. 1992. Late Miocene events in the Mediterranean as recorded by carbonate-evaporite relations. *Geology* **20**, 629-632.
- Saint-Martin, J.-P. et Rouchy, J.-M. 1990. Les plates-formes carbonatées messiniennes en Méditerranée occidentale: leur importance pour la reconstitution des variations du niveau marin au Miocène terminal. *Bulletin Société Géologique France* **6**, 83-94.
- Sauvage, H. E. 1873. Mémoire sur la faune ichthyologique de la période tertiaire et plus spécialement sur les poissons fossiles d'Oran (Algérie) et sur ceux découverts par M. R. Alby à Licata en Sicile. *Annales Sciences Géologiques* **4**, 1-272.
- Sorbini, L. 1988. Biogeography and climatology of Pliocene and Messinian fossil fish of Eastern-Central Italy. *Bollettino Museo Civico Storia Naturale Verona* **14**, 1-85.
- Suc, J.-P., Clauzon, G., Bessedik, M., Leroy, S., Zheng, Z., Drivaliari, A., Roiron, P., Ambert, P., Martinell, J., Domenech, R., Matias, I., Julia, R. and Anglada, R. 1992. Neogene and Lower Pleistocene in Southern France and Northeastern Spain. Mediterranean environments and climate. *Cahiers Micropaléontologie* **7**, 165-186.
- Svetovidov, A. N. 1964. Systematics of the North American anadromous Clupeoid fishes of the genera *Alosa*, *Caspialos* and *Pomolobus*. *Copeia* **1964**, 118-130.
- Svichenskaya, A. A. 1973. Iskopaemye Kefaleobraznye SSSR. *Akademija Nauk SSSR, Trudy Paleontologičeskogo Instituta* **138**, 1-56 (en russe).
- Torchio, M. 1967. Osservazioni e considerazioni sulla presenza in acque mediterranee costiere di Ciprinidi, Ciprinodontidi e Gasterosteidi. *Natura* **58**, 235-243, Milano.
- Tortonese, E. 1970. Osteichthyes (Pesci ossei). Parte prima. *Fauna d'Italia* **10**, XIII. Calderini, Bologna. 565p.
- Tortonese, E. 1975. Osteichthyes (Pesci ossei). Parte seconda. In: *Fauna d'Italia*, **11**, XVIII. Calderini, Bologna. 636p.
- Whitehead, P. J. P. et Ivantsoff, W. 1983. *Atherina lacunosa* and the fishes described by J. R. Forster. *Japanese Journal Ichthyology* **29**, 355-364.