

Ann. Inst. océanogr., Paris, 1975, 51 (2), 195-201.

STRUCTURE DES OTOLITHES D'UN *MACROURIDAE*
(POISSON GADIFORME) BATHYAL.
ÉTUDE AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE A BALAYAGE (1)

PAR

M. RANNOU* et C. THIRIOT-QUIEVREUX**

MOTS-CLÉS : Otolithes.
Poisson de profondeur.
Microscope à balayage.

KEY WORDS : Otoliths.
Deep-sea fish.
Scanning microscope.

Résumé

L'examen au microscope électronique à balayage des formations concentriques observées dans les otolithes du *Macrouridae Coryphaenoides guentheri* montre que leur structure est la même que chez les poissons des zones photiques. Les poissons des grandes profondeurs présentent donc des phénomènes cycliques dont l'origine reste à préciser.

Abstract

Structure of the otoliths of a deep-sea Macrourid (Pisces Gadiformes). A scanning electron microscope study.

The structure of the otoliths of the deep-sea Macrourid *Coryphaenoides guentheri* was determined by means of scanning electron microscopy. The structure of the concentric zones is the same as in otoliths of fish from upper layers and cyclic phenomena exist for deep-sea fish as well.

INTRODUCTION

L'essentiel de nos connaissances sur la structure des otolithes de poissons est dû à des travaux histologiques : HICKLING (1931), a montré que l'otolithe est constitué d'une trame organique (lamelles concen-

triques et fibres radiales) et de cristaux, dont les préparations histologiques, obligatoirement déminéralisées, ne conservent que la trace. Le microscope électronique utilise des répliques sur acétate (PANNELLA,

(1) Contribution n° 335 du Département scientifique du Centre Océanologique de Bretagne.

* Laboratoire d'Hydrobiologie, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, place Eugène-Bataillon, F 34060 Montpellier Cedex.

** Centre Océanologique de Bretagne, Brest. Adresse actuelle : Station Zoologique, F 06230 Villefranche-sur-Mer.

1971); la composition des cristaux s'étudie sur des broyats. Seul, le microscope électronique à balayage, qui permet d'observer directement la surface des objets, offre la possibilité de visualiser les cristaux en place. A notre connaissance, une telle étude n'a jamais été entreprise (1).

On sait par ailleurs (BLACKER, 1974, en particulier), que les couches concentriques qui constituent l'oto-

lithe se déposent, en principe, selon un cycle annuel et permettent d'estimer l'âge des animaux. L'étude des otolithes des poissons de profondeur présente donc un intérêt tout particulier, puisque la comparaison avec les structures observées chez les poissons des zones marines superficielles peut apporter de précieuses indications sur les conditions de vie en mer profonde.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les otolithes utilisés ont été prélevés sur des *Coryphaenoides guentheri* récoltés dans le Golfe de Gascogne entre 1 880 et 1 950 m (Campagnes Biogas III et Biogas IV du N.O. *Jean-Charcot*, organisées par le département scientifique du C.O.B.).

La sagitta est prélevée dès la récolte de l'animal, et conservée à sec.

Le polissage de la face interne, plate, des otolithes est poursuivi jusqu'au niveau du noyau. On procède dans une goutte d'eau sur une pierre fine.

Le polissage est suivi d'une attaque à l'acide (HCl dilué) jusqu'à l'effacement plus ou moins complet des stries de polissage. Les otolithes sont ensuite rincés à l'eau, séchés, puis collés sur les porte-objets; certains ont été métallisés à l'aide d'or-palladium sur une épaisseur de 300 Å environ.

Les observations ont été effectuées au microscope électronique à balayage (Stereoscan 4, *Cambridge Scientific Instruments*) du Centre Océanologique de Bretagne.

OBSERVATIONS

Les données numériques sont regroupées en annexe et comparées à celles de HICKLING (1931).

Les observations dépendent des traitements mécaniques et chimiques qu'a subis la surface examinée.

1. — Polissage de l'otolithe jusqu'au niveau du noyau; attaque légère à l'acide. Métallisation (figs. 1 et 2).

Au faible grossissement (100 à 200 fois), les stries de polissage sont plus ou moins visibles selon l'efficacité de l'attaque de l'acide. On note des formations concentriques soulignées par le relief (figs. 1 a, 2 a).

Aux grossissements 500 à 1 000 fois, la structure devient visible : les figures 1 b et 1 c, montrent des bandes concentriques d'aiguilles parallèles. Des dépressions étroites alternent avec ces bandes d'aiguilles : sur la figure 2 d, on voit que ces sillons étroits ont une structure dénudée, différente de celles des zones plus larges, hérissées d'éléments acérés.

La structure granuleuse des sillons est manifeste aux grossissements 2 000 à 5 000; on voit qu'au contraire, les zones larges sont constituées de faisceaux d'aiguilles (fig. 1 d) ou d'éléments acérés plus trapus (fig. 2 d).

2. — Polissage de l'otolithe jusqu'au niveau du noyau; forte attaque à l'acide. Pas de métallisation.

On distingue, dès les faibles grossissements, des formations concentriques et des formations radiales (fig. 3). Les premières sont de deux sortes :

(1) Nous avons eu récemment connaissance du projet de communication du Dr. P. K. L. LIEW au « *Symposium on ageing of fish* » (READING, juillet 1973). L'auteur aurait observé des otolithes d'anguilles au microscope à balayage. A l'heure actuelle, le compte rendu du symposium n'a pas été publié.

STRUCTURE DES OTOLITHES D'UN MACROURIDAE BATHYAL

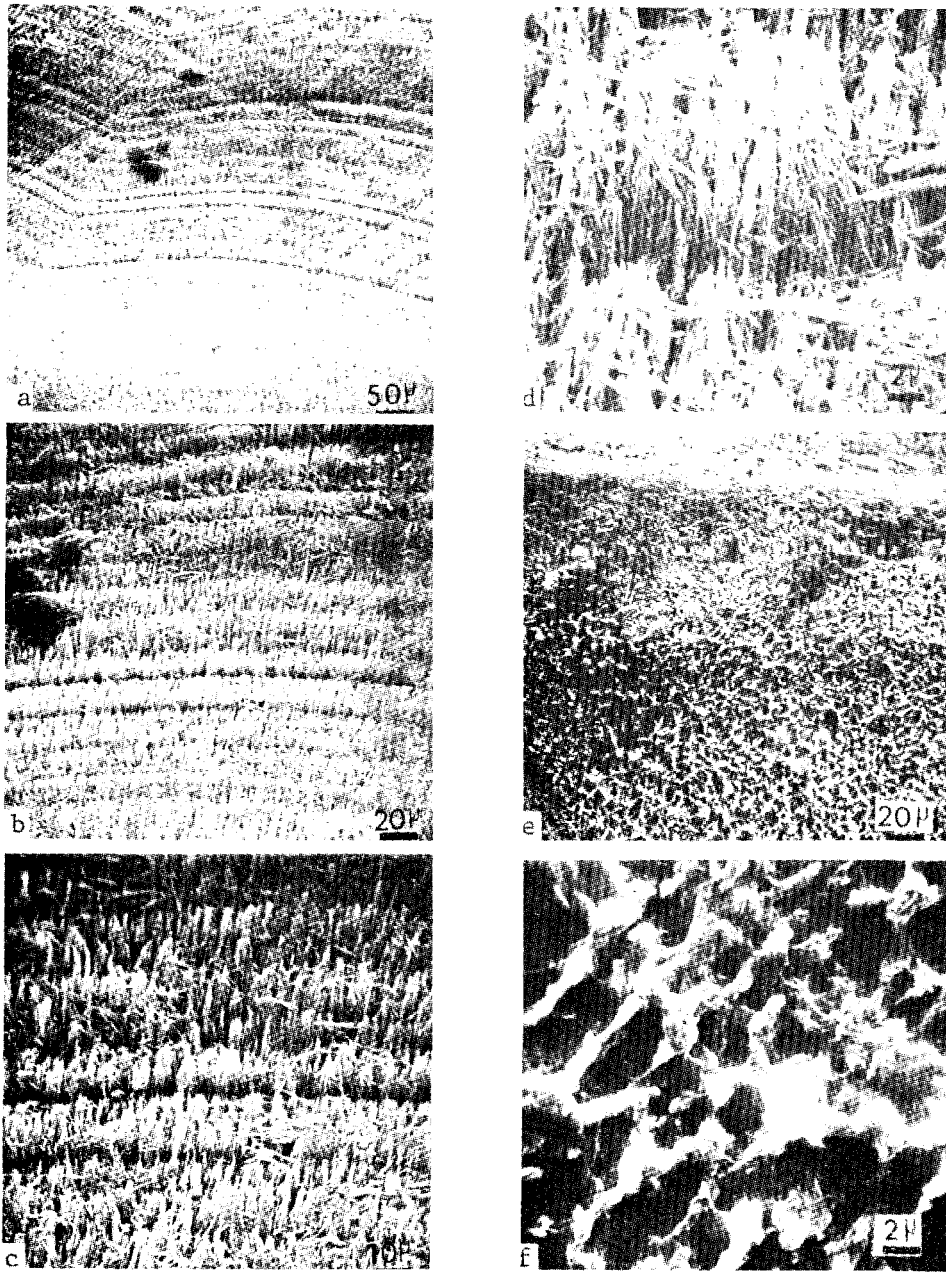


FIG. 1. — Examen après polissage, attaque légère à l'acide et métallisation. a : $\times 185$; b : $\times 460$; c : $\times 925$; d : $\times 4\,550$. Extérieur du même otolithe (sans polissage); e : $\times 500$; f : $\times 5\,000$.

FIG. 1. — Polished, etched and shaded section of an otolith. a : $\times 185$; b : $\times 460$; c : $\times 925$; d : $\times 4,550$. Exterior of the same otolith (unpolished); e : $\times 500$; f : $\times 5,000$.

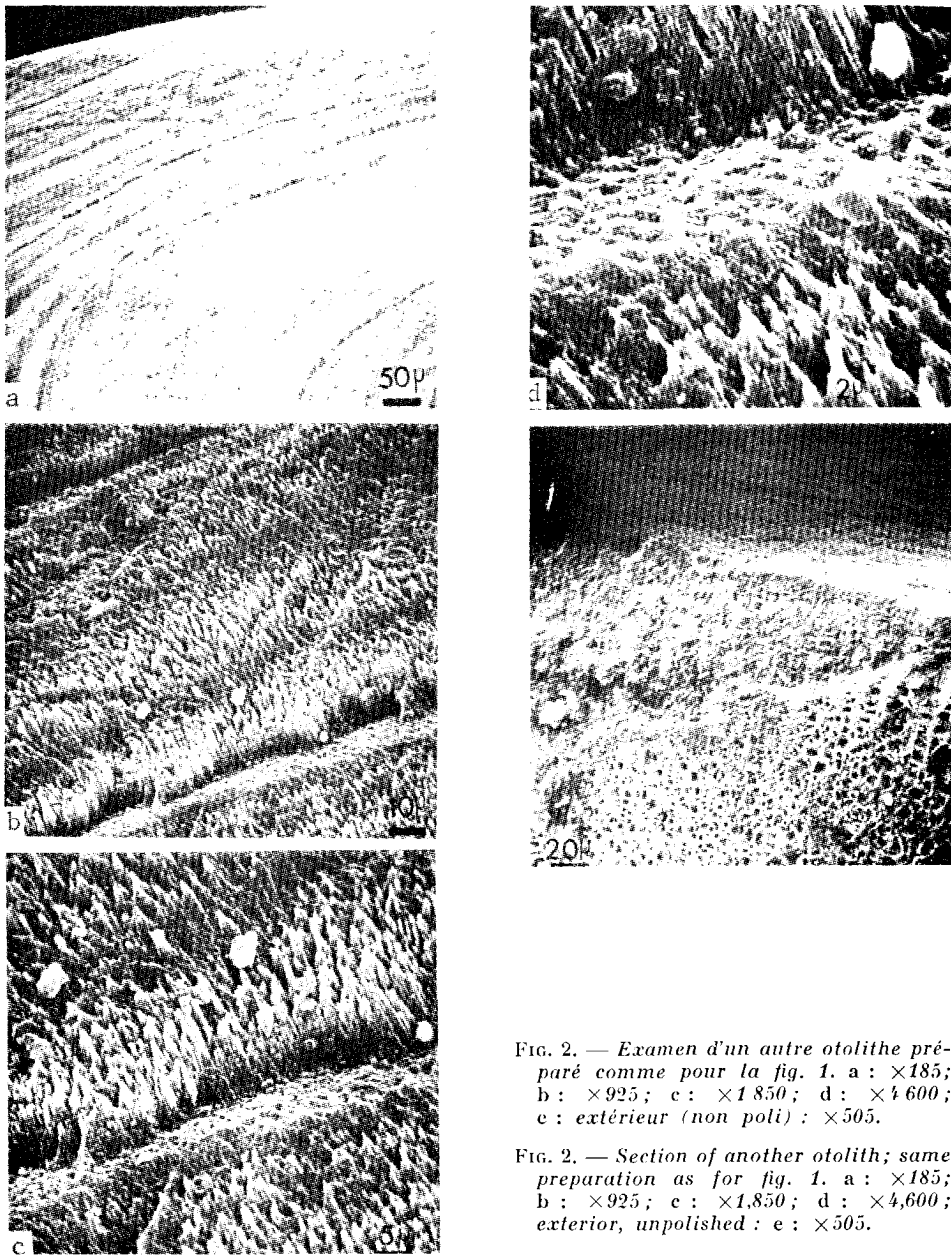


FIG. 2. — Examen d'un autre otolithe préparé comme pour la fig. 1. a : $\times 185$; b : $\times 925$; c : $\times 1850$; d : $\times 4600$; e : extérieur (non poli) : $\times 505$.

FIG. 2. — Section of another otolith; same preparation as for fig. 1. a : $\times 185$; b : $\times 925$; c : $\times 1850$; d : $\times 4600$; exterior, unpolished : e : $\times 505$.

— fines, marquées par une ligne claire étroite ondulée et interrompue;

— plus larges, marquées par plusieurs lignes claires rappelant les précédentes (fig. 3 d), chaque ligne formant saillie.

Des lignes radiales, très serrées, sont également visibles et créent un relief sur la surface examinée.

3. — Surface naturelle de l'otolithe non polie; attaque à l'acide. Pas de métallisation.

La surface de l'otolithe a nettement une structure alvéolaire (figs. 1 e, 1 f, 2 e). L'ouverture des alvéoles mesure $2 \times 2 \mu$ à $2 \times 6 \mu$ dans le cas de la figure 1, et 4 à 5 μ sur la figure 2 e.

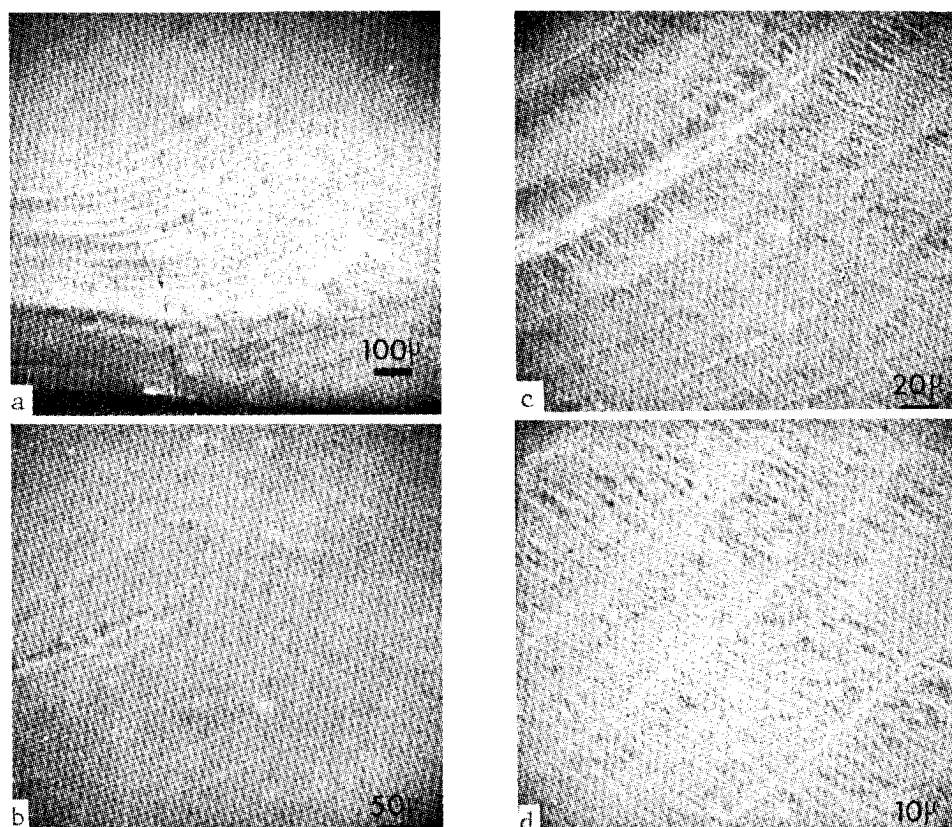


FIG. 3. — Examen d'un otolithe poli et attaqué à l'acide, mais non métallisé.
a : $\times 105$; b : $\times 210$; c : $\times 500$; d : $\times 1\,050$.

FIG. 3. — Polished, etched, unshaded section of an otolith. a : $\times 105$; b : $\times 210$;
c : $\times 500$; d : $\times 1,050$.

INTERPRÉTATION

Les observations de HICKLING (1931) portaient sur des otolithes de merlu déminéralisés, ne comportant donc plus que la matière organique. Nous reproduisons ici (fig. 5) une des illustrations de son article. Les figures 3 et 4 de ses planches et le schéma 1, page 554, permettent de reconnaître sur les photos de notre otolithe fortement déminéralisé par attaque à l'acide (fig. 3), les lamelles concentriques fines, les lamelles concentriques épaisses, qui sont peut-être constituées par l'accrolement de plusieurs lamelles fines, enfin, les fibres radiales. Les alvéoles fibreuses entourant l'otolithe, sur nos clichés (figs. 1 e, 1 f, 2 e), s'accordent parfaitement avec la structure réticulée des lamelles concentriques à laquelle concluait HICK-

LING (p. 551) qui n'en donne cependant pas de schéma.

La fragilité de cette trame organique a été soulignée par les histologistes; lors du polissage auquel nous soumettons l'otolithe, les débris calcaires doivent profondément l'entamer; elle apparaît en creux lorsque l'attaque chimique du calcaire est légère (figs. 1 et 2); seule une attaque énergétique permet de rattraper le niveau auquel elle a été réduite (fig. 3).

Alternant avec les zones étroites que nous venons d'assimiler aux lamelles concentriques de HICKLING, les éléments cristallins (fig. 1 d) sont strictement limités aux zones larges. Ils ne traversent donc pas les lamelles concentriques. On voit un phénomène

analogue sur la fig. 2 b, les constituants des zones larges étant plus trapus. Les observations de IMMERMANN, rapportées par HICKLING (p. 552) sur l'otolithe de plie, se rapprochent beaucoup des nôtres : les cristaux calcaires sont plus ou moins perpendiculaires



FIG. 4. — Empilement de plaques.

FIG. 4. — Stacked plates.

aux lamelles et situés uniquement entre elles. Chez le merlu, au contraire, selon HICKLING, les cristaux traversent les lamelles.

Par ailleurs, la forme des cristaux de la fig. 1 ressemble à ceux que HICKLING observait dans l'otolithe de merlu (HICKLING, p. 553) : pointus et très grêles. De plus, ils semblent groupés en faisceaux. IRIE (1960) a observé des cristaux de ce type chez *Lateolabrax*. Les cristaux de la figure 2 sont également pointus, mais pas grêles. Selon ce que rapporte HICKLING (p. 553), ils ressembleraient à ceux que MAIER dessine dans l'otolithe de morue. Or, les otolithes des figures 1 et 2 proviennent de la même espèce. Plutôt que de cristaux fondamentalement différents, il s'agirait de l'effet d'une déminéralisation plus ou moins poussée, ou d'un changement de forme lié à l'humidité (CARLSTRÖM, 1963, p. 442). Peut-être en est-il de même des empilements de plaques, observés très localement (fig. 4), qui rappellent les observations de ERBEN (1972 : planche 5, fig. 3-7) sur la formation de la nacre des Mollusques, et qui se rencontrent parfois dans les otolithes (MINET, *verbatim*).

DISCUSSION

Nos observations concordent avec celles d'HICKLING sur l'otolithe de merlu. On a, chez un *Macrouridae* bathybenthique, les mêmes structures que chez les poissons des zones photiques : alternance de dépôts organiques et de dépôts minéraux. Or, on considère habituellement que les profondeurs marines sont un milieu stable, à l'abri des variations cycliques. MENZIÈS *et al.* (1974, p. 294 et 288) parlent de « physically uniform deep-sea », de « lack of seasonal oscillations of physical characteristics in the deep-sea ». Depuis quelques années, cependant, on a pu mettre en évidence des rythmes dans les phénomènes de reproduction de plusieurs Invertébrés (MENZIÈS *et al.*, 1974, p. 292). Un autre indice de variations cycliques est connu depuis plus longtemps : MURRAY et HJORT (1913), GILBERT et HUBBS (1920), FARRAN (1924) observent des marques de croissance périodique sur des écailles de poissons de profondeur. MOTAIS (1960) en note sur les écailles et les otolithes du *Macrouridae* *Trachyrhynchus trachyrhynchus*. D'autre part, nous savons par des observations personnelles (RANNOU, 1974), que les otolithes de poissons de plusieurs familles bathyales et abys-

sales comportent des anneaux concentriques. Le présent travail vient à l'appui de toutes ces observations. Il permet de conclure que les animaux des

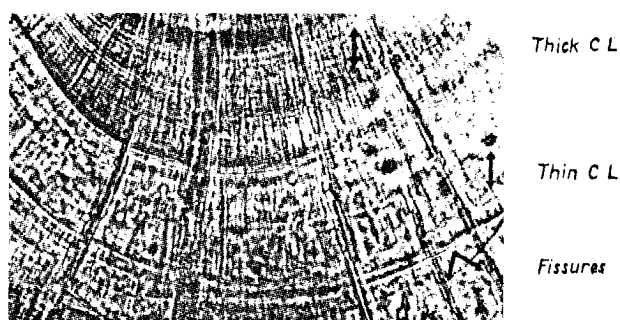


FIG. 5. — Coupe transversale d'un otolithe de merlu, reproduit de HICKLING, 1931.

FIG. 5. — Cross-section of a hake otolith (from HICKLING, 1931).

grandes profondeurs peuvent présenter des phénomènes cycliques. Il reste à définir si ces phénomènes sont d'origine interne (rythme physiologique inné)

STRUCTURE DES OTOLITHES D'UN MACROURIDAE BATHYAL

ou externe (modification du milieu, comportement migratoire), et plus précisément, s'ils correspondent à des cycles saisonniers, et par conséquent, si les structures qui les révèlent dans les otolithes permettent d'estimer l'âge des poissons.

ANNEXE :

Données numériques

Otolithe de *Coryphaenoides guentheri* : fig. 1.

Longueur de l'otolithe : 8 mm.
Distance entre rangées d'aiguilles : 10 μ .
Épaisseur des faisceaux d'aiguilles, fig. 1 d : 2-4 μ .
Ouverture des alvéoles : 2 \times 2 à 2 \times 6 μ .

Otolithe de *Coryphaenoides guentheri* : fig. 2.

Longueur de l'otolithe : 5 mm.
Épaisseur des lamelles épaisses : 5-8 μ .
Épaisseur des lamelles fines : 2 μ .
Distance entre lamelles concentriques épaisses (selon fig. 2 d) 80-200 μ .
Épaisseur des cristaux : 0,5-2 μ .
Ouverture des alvéoles : 4-5 μ .

Otolithe de merlu : HICKLING.

Épaisseur des lamelles épaisses : 1,5 μ au maximum.
Distance entre les lamelles concentriques fines ou épaisses : 2 μ .
Longueur des cristaux : 40 μ .
Épaisseur des cristaux : 1 μ .

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BLACKER, R. W., 1974. — Recent advances in otolith studies, in Sea fisheries research, F. R. HARDEN JONES, editor : 67-90.
- CARLSTRÖM, D., 1963. — A cristallographic study of vertebrate otoliths. *Biol. Bull. marine biol. lab. Woods Hole*, 125 : 441-463.
- ERBEN, H. V. von, 1972. — Über die Bildung das wachstum von Perlmutter. *Biomineralisation Forsch., Stuttgart*, 4 : 15-46.
- FARRAN, G. P., 1924. — Seventh report on the fishes of the Irish Atlantic slope. The Macrurid fishes (*Coryphaenoididae*). *Proc. R. Ir. Acad.*, 36 (8) : 91-143.
- GILBERT, C. H., HUBBS C. L., 1920. — The Macrouroid fishes of the Philippine islands and the East Indies. *Bull. U. S. natn. Mus.*, Bull. 100, 1 (7) : 369-588.
- HICKLING, C. F., 1931. — The structure of the otolith of the hake. *Quart. Journ. Micr. Sci.*, 74 : 547-561.
- IRIE, T., 1960. — The growth of the fish otolith. *J. Fac. Fish. anim. Husbandry Hiroshima Univ.*, 3 : 203-221.
- MENZIES, R. J., GEORGE, R. Y., ROWE, G. T., 1973. — Abyssal environment and ecology of the world oceans. 448 p. *J. Wiley and sons*, New-York.
- MOTAIS, R., 1960. — Quelques observations sur la biologie d'un poisson abyssal *Trachyrhynchus trachyrhynchus* Risso et sur les conditions de vie en mer profonde. *Bull. Inst. océanogr., Monaco* (1165) : 1-79.
- MURRAY, J., HJORT, J., 1912. — The depths of the ocean. 821 p. London.
- PANNELA G., 1971. — Fish otoliths : daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173 : 1124-1127.
- RANNOU, M., 1974. — Données nouvelles sur l'activité reproductrice cyclique des poissons benthiques bathyaux et abyssaux. (*A paraitre*).