LES OTOLITHES : UNE SOURCE D'INFORMATIONS EXCEPTIONNELLES SUR LES POISSONS ACTUELS ET FOSSILES

Dirk Nolf – Département de Paléontologie

Il peut paraître saugrenu que des scientifiques, voire même des équipes entières de chercheurs, consacrent la majorité de leur temps à des recherches sur les otolithes, petits corpuscules que l'on trouve dans l'oreille des poissons. C'est que la quantité d'informations stockée dans ces otolithes est immense : dans les minuscules anneaux concentriques dont elles sont constituées, elles enregistrent constamment de l'information concernant l'environnement dans lequel les poissons vivent et d'autre part, leur morphologie externe est caractéristique de chaque espèce.

Les otolithes ont une fonction statico-acoustique et sont des portions minéralisées et hautement spécialisées du système acustico-latéral. On les trouve chez tous les poissons osseux (tous les poissons actuels, sauf requins et raies). Elles ne sont pas faites de matière osseuse qui, elle, se constitue de matière organique et de *phosphate de calcium*, alors que le constituant minéral des otolithes est le *carbonate de calcium*, c'est-à-dire le calcaire. Ce calcaire constitue la portion majeure d'une otolithe et se présente sous forme de cristaux d'aragonite, incorporés dans une matière organique, l'otoline, une protéine fibreuse qui elle, ne représente que 0,2 à 10 % de l'otolithe.

Les otolithes sont logées dans les capsules otiques du neurocrâne, et plus précisément dans le labyrinthe membraneux. De chaque côté du crâne, on en trouve trois : une dans l'utriculus, une dans le sacculus, et une dans la lagaena. Chez presque tous les poissons téléostéens (à l'exception des ostariophysiens), l'otolithe sacculaire atteint une taille beaucoup plus importante que celle des deux autres otolithes. En généralisant fort, on peut dire que chez un grand nombre d'espèces, un poisson de 20 cm de long, possède des otolithes sacculaires d'environ 0,5 cm. A la Figure 1, nous illustrons les otolithes sacculaires gauches pour un choix de poissons familiers : le hareng (*Clupea harengus*), le brochet (*Esox luccius*), le cabillaud (*Gadus morhua*), le merlan (*Merlangius merlangus*), la perche (*Perca fluviatilis*), le thon (*Thunnus thynnuss*), et le turbot (*Scophthalmus maximus*).

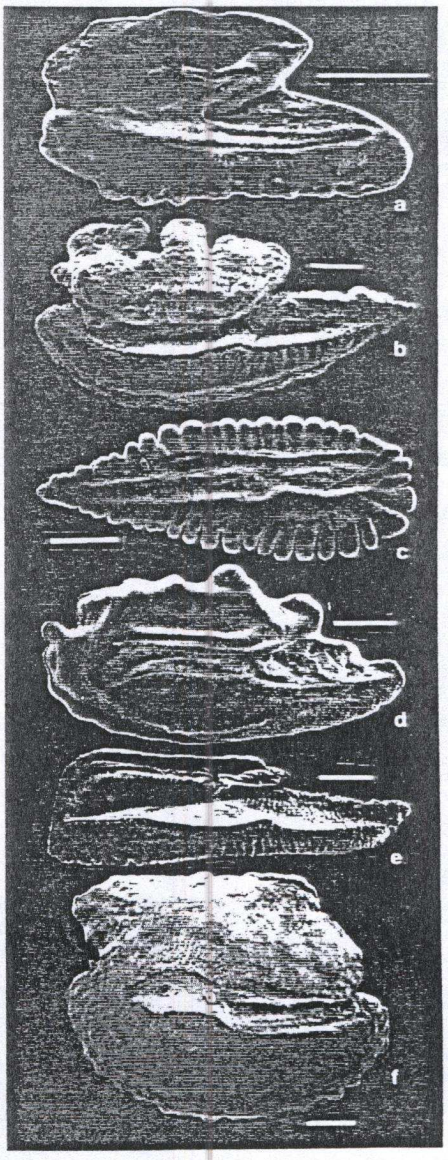


Figure 1 : Otolithes sacculaires de hareng (a), brochet (b), merlan (c), perche (d), thon, (e), et turbot (f). Le trait représente chaque fois la longueur d'un millimètre

Applications résultant de la structure annulaire des otolithes

Les otolithes sont les premières formations calcifiées qui apparaissent au stade embryonnaire ou larvaire. Leurs structures de croissance restent intactes pendant toute la vie du poisson. En section, elles montrent des structures semblables aux anneaux de croissance observés sur une coupe de tronc d'arbre. Il s'agit également d'anneaux de croissance. Depuis le début du siècle, on connaît une configuration grossière de bandes opaques et claires, appelées annuli, et correspondant à la croissance annuelle de l'otolithe. Ces bandes sont surtout observées dans les otolithes de poissons de régions sujettes à de fortes variations saisonnières, les zones claires correspondant à un dépôt calcaire plus considérable en été et automne. Pannella (1) identifia approximativement 360 structures fines d'accroissement au sein d'un cycle annuel : ce sont des anneaux diurnes, correspondant à un cycle de 24 heures de lumière et d'obscurité. Leur largeur est de l'ordre de 0,001 mm. De ce fait, les otolithes s'avèrent les structures les plus précises permettant d'évaluer l'âge d'un poisson. En outre, aucune expérience n'a démontré la résorption d'otolithes dans des conditions stressantes. Les observations initiales de Pannella furent suivies par de nombreuses études et permettent des estimations très précises de la durée de croissance et de la mortalité chez les poissons.

Dans les anneaux, le calcaire est fixé sous forme de cristaux d'aragonite qui contient aussi des éléments-trace de toutes sortes. Comme l'analyse à la microsonde permet d'identifier des différences chimiques dans des aires d'approximativement 0,001 mm, il en résulte que la conformation structurale et chimique des anneaux successifs peut être suivie quasiment jour par jour, traduisant ainsi les milieux dans lequel le poisson a séjourné. De nos jours, l'analyse de l'ultrastructure et de la microchimie des otolithes a donné lieu à un vaste domaine de recherches, comme en témoigne la participation de plus de 300 chercheurs au symposium "Fish otolith research and application" tenu en 1993 en South Carolina, USA. Le volume de synthèse issu de ce symposium (2) donne un excellent aperçu des progrès récents réalisés.

Applications résultant de la morphologie spécifique des otolithes

Puisque chaque espèce peut être caractérisée par ses otolithes, celles-ci permettent donc d'identifier le poisson dont elles proviennent. C'est le cas des otolithes trouvées dans les contenus stomachaux, dans des échantillons du fond marin, et surtout de celles rencontrées à l'état fossile (Nolf, 1985). Il est évident que la fiabilité de l'identification dépend de la qualité et de l'étendue des collections de référence (otolithes prélevées sur des poissons dûment identifiés) : si on n'a jamais vu une otolithe de hareng, on ne la reconnaîtra pas parmi les débris récoltés dans un estomac de marsouin ou de phoque, et on ne verra pas qu'une otolithe fossile montre des affinités avec celles d'un hareng. Ce sont surtout les paléontologues qui ont constitué les plus importantes collections d'otolithes actuelles. Celle de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique réunit près de 6 000 espèces et est sans doute la plus importante à l'échelle mondiale.

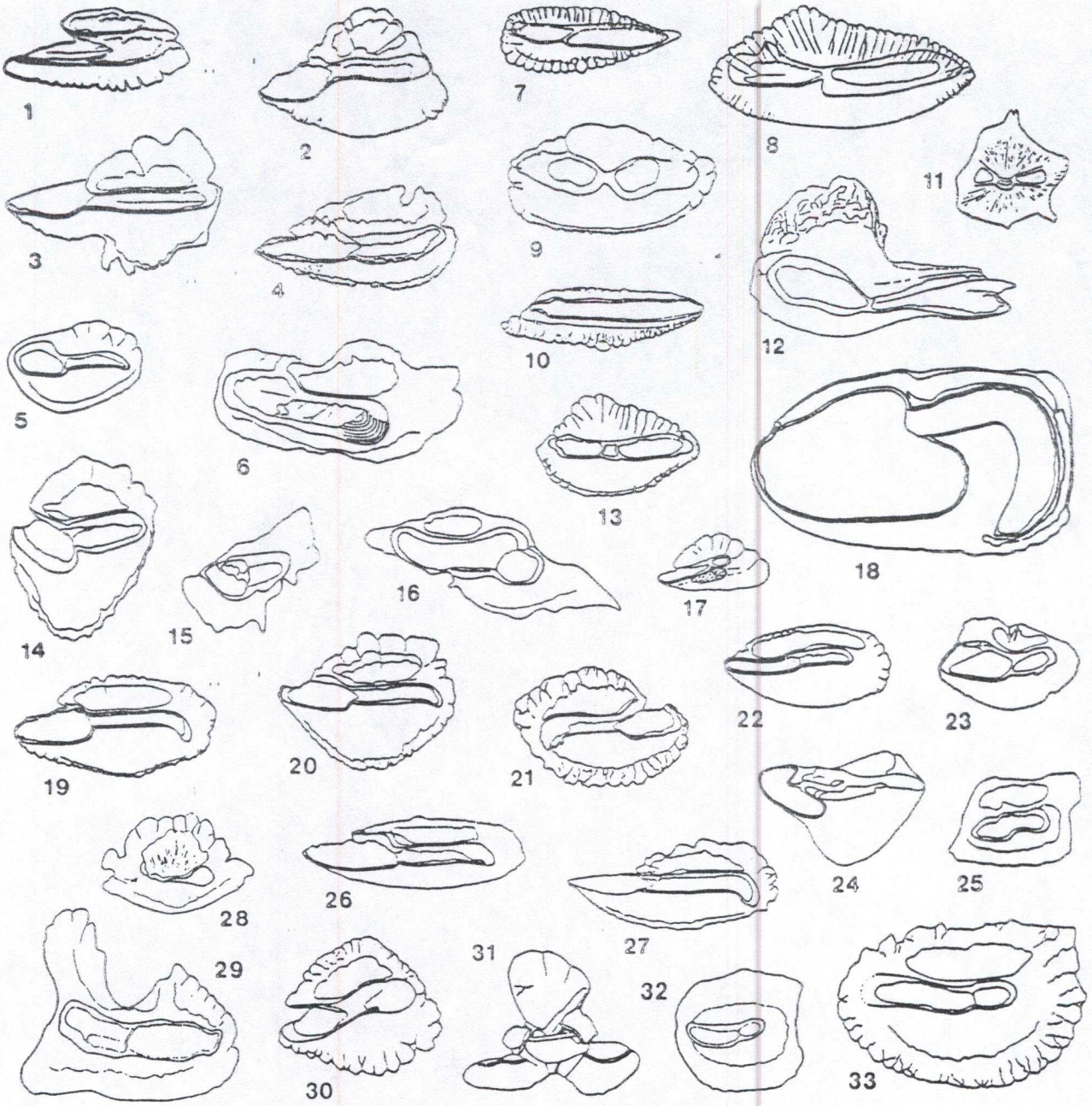
Recherches sur les otolithes fossiles

Alors que la fossilisation de squelettes de poissons est très rare dans des conditions normales de sédimentation, les otolithes se rencontrent en grandes quantités dans de nombreux dépôts marins et permettent ainsi de reconstituer des faunes fossiles; certains gisements ont livré des otolithes de près de 100 espèces de poissons. Ce sont sans doute les plus abondants fossiles de téléostéens qui existent, et l'on peut dire que leur importance est pareille à celle que prennent les dents dans la reconstitution des faunes de requins et de mammifères. Des otolithes peuvent être récoltées dans tout sédiment non consolidé et non décalcifié qui se prête au tamisage (sables, silts, argiles et marnes).

Les plus anciennes otolithes proviennent du Dévonien de la région Baltique, et ont été attribuées hypothétiquement à des Palaeonisciformes (3). Ce n'est cependant qu'à partir du Crétace Supérieur, au cours duquel on commence à voir certaines espèces dont les otolithes montrent déjà des affinités avec des familles actuelles, que la paléontologie des otolithes prend une importance majeure. Vu l'intérêt économique des pêcheries, l'écologie et la biologie des poissons sont sans doute mieux étudiées que celles de tout autre groupe d'organismes marins. Il en résulte que nous disposons de données très précises sur leur distribution (géographique et bathymétrique) et leur mode de vie. Celles-ci permettent d'interpréter les assemblages d'otolithes fossiles et d'inférer des estimations fiables concernant la bathymétrie, la température de l'eau et autres caractéristiques du milieu où ces assemblages furent formés, pourvu que les fossiles montrent suffisamment d'affinités avec les faunes actuelles; en plus, elles nous instruisent sur la paléobiogéographie des poissons (Nolf, In: Secor *et al.*, sous presse).

Un des exemples qui illustrent le mieux l'importance que prennent les otolithes pour tracer l'ancienneté des taxa de poissons actuels est celui des "perciformes inférieurs", ou subordre des Percoidei (Figure 2), étant donné que ce groupe s'est diversifié essentiellement pendant le Crétacé Supérieur et le Tertiaire. L'omission de l'information apportée par les otolithes modifierait les données de répartition pour 32 des 48 familles connues à l'état fossile. Vingt et un disparaîtraient du tableau et, pour 11 autres, la répartition dans le temps serait plus restreinte.

N.S.T., vol. 13, numero 2/3/4, 1995, pp. 251-253



Plaat 1. Vormenrijkdom bij otolieten.

Alle afbeeldingen zijn binnenzijden van sagitta's (de naar de hersenen toegekeerde zijden met de gehoorgroef) afkomstig van recente vissen. Van alle soorten wordt de wetenschappelijke naam gegeven, zo mogelijk de Nederlandse naam, de familie en de vergroting. Alle exemplaren bevinden zich in de collectie van Pieter A. M. Gaemers.

Fig. 1. *Clupea harengus*, haring, Clupeidae, 6x. Fig. 2. *Salmo trutta*, forel, Salmonidae, 6x. Fig. 3. *Argentina silus*, grote zilversmelt, Argentinidae, 3x. Fig. 4. *Esox lucius*, snoek, Esocidae, 3x. Fig. 5. *Pterothrissus gissu*, Pterothrissidae, 3x. Fig. 6. *Conger conger*, zeepaling, Congridae, 3x. Fig. 7. *Merlangius merlangus*, wijting, Gadidae, 3x. Fig. 8. *Merluccius merluccius*, heek, Merlucciidae, 3x. Fig. 9. *Raniceps raninus*, vorskwab, Ranicipidae, 3x. Fig. 10. *Emphycus chuss*, rode gaffelkabeljauw, Phycidae, 3x. Fig. 11. *Bregmaceros bathymaster*, Bregmacerotidae, 13x. Fig. 12. *Mora moro*, Moridae, 3x. Fig. 13. *Coelorinchus coelorhynchus*, langstaart, Macrouridae, 3x. Fig. 14. *Antigonia eos*, hoge zwijnsvis, Caproidae, 6x. Fig. 15. *Hoplostethus atlanticus*, ruwe roodvis, Trachichthyidae, 3x. Fig. 16. *Melamphaes macrocephalus*, Melamphaidae, 6x. Fig. 17. *Callionymus lyra*, pitvis, Callionymidae, 6x. Fig. 18. *Argyrosomus regius*, ombervis, Sciaenidae, 3x. Fig. 19. *Dicentrarchus labrax*, zeebaars, Serranidae, 3x. Fig. 20. *Opsodentex macrophthalmus* grootogige zeebrasem, Sparidae, 3x. Fig. 21. *Oreochromis mossambicus*, Mozambicaanse tilapia, Cichlidae, 3x. Fig. 22. *Trachinus draco*, grote pieterman, Trachinidae, 3x. Fig. 23. *Apogonichthys ellioti*, kardinaalsvis, Apogonidae, 3x. Fig. 24. *Myripristis clarionensis*, eekhoornvis, Holocentridae, 3x. Fig. 25. *Gobius paganellus*, rotsgrondel, Gobiidae, 6x. Fig. 26. *Sphyraena lucasana*, barracuda, Sphyraenidae, 3x. Fig. 27. *Trachurus trachurus*, horsmakreel, Carangidae, 3x. Fig. 28. *Lophius piscatorius*, zeeduivel, Lophiidae, 3x. Fig. 29. *Porichthys myriaster*, paddevis, Batrachoididae, 3x. Fig. 30. *Trigla lucerna*, rode poon, Triglidae, 6x. Fig. 31. *Zeus faber*, zonnevis, Zeidae, 13x. Fig. 32. *Solea solea*, tong, Soleidae, 6x. Fig. 33. *Pleuronectes platessa*, schol, Pleuronectidae, 6x.