

**TECHNIQUES DE LECTURE D'AGE A PARTIR
DES RAYONS EPINEUX DE LA NAGEOIRE
CAUDALE POUR LA CARDINE
LEPIDORHOMBUS WIFFIAGONIS
ET A PARTIR DES SECTIONS D'ILLICIAM
POUR LES BAUDROIES,
LOPHIUS PISCATORIUS ET *LOPHIUS BUDEGASSA***

Isabelle PERONNET¹, Hervé DUPOUY¹,
Jean-Jacques RIVOALEN¹, Bernard KERGOAT¹

RESUME

Parmi les pièces dures servant à la détermination de l'âge en routine, les auteurs se sont attachés à rechercher celles qui simplifieraient le prélèvement en criée, sans nuire à la fiabilité des lectures (voire même en l'améliorant). Le choix s'est porté sur les rayons de nageoire caudale, chez la cardine, et sur le rayon de nageoire dorsale, ou illicium, chez les baudroies. Les méthodes de prélèvement, de préparation, d'inclusion et de montage pour la lecture sont décrites et une tentative de validation est présentée pour la cardine et la baudroie (*L. piscatorius*).

**METHODS OF AGEING BASED ON CAUDAL FIN-RAYS FOR
MEGRIM (*LEPIDORHOMBUS WIFFIAGONIS*) AND ON SECTIONS
OF ILLICIUM FOR ANGLERFISHES (*LOPHIUS PISCATORIUS*
AND *L. BUDEGASSA*)**

ABSTRACT

*Among the osseous tissues used for routine age determination, the authors choose those which simplify sampling techniques in the market place, and improve the readability. Caudal fin-rays were chosen for megrim and dorsal fin ray, or illicium, for anglerfishes. Methods of sampling, preparation, inclusion and mounting for reading are described. An attempt to validate the results is presented for megrim and anglerfish (*L. piscatorius*).*

¹IFREMER, 8 rue François Toullec, 56100 LORIENT

INTRODUCTION

Afin de satisfaire aux besoins de l'aménagement des ressources marines exploitées, le biologiste des pêches est confronté à la nécessité de pouvoir estimer l'âge d'un nombre de plus en plus important d'espèces de poissons. Une des disciplines importantes de la biologie des pêches concerne la "Dynamique des populations exploitées" dont l'objet est de construire, d'alimenter les modèles mathématiques permettant de représenter et de prévoir l'évolution d'un stock de poissons soumis à une exploitation plus ou moins importante. Chaque modèle à ses caractéristiques propres et nécessite un nombre variable d'éléments concernant les données de production (débarquement, effort de pêche...) ou encore une connaissance précise de la structure démographique des captures. Mais tous nécessitent une donnée préalable sur l'estimation de l'âge des individus appartenant au stock considéré, que ce soit par l'intermédiaire de l'estimation des paramètres de la croissance (modèle en longueur de Jones) ou par la construction de la structure démographique des captures (analyse des populations virtuelles, modèle de Pope). Seul, ce dernier modèle basé sur les structures en âge est susceptible de fournir des prédictions de captures pour les années à venir. De ce fait, il est classiquement utilisé par les instances internationales ayant à statuer sur l'état d'un stock. Le biologiste des pêches doit donc utiliser ou optimiser les techniques de lecture d'âge telles que l'otolithométrie, la scalimétrie ou la squelettochronologie avant tout travail ayant pour but l'aménagement d'une pêcherie.

Compte tenu de leur importance pour les pêches européennes, la Cardine franche *Lepidorhombus wiffiagonis* et les deux espèces de Baudroies *Lophius piscatorius* et *Lophius budegassa* font l'objet depuis 1989 d'évaluation annuelle et de prédiction de captures au sein d'un groupe international de travail du CIEM (Conseil International pour l'Exploration des Mers). L'estimation de l'âge et l'établissement de clés taille-âge trimestrielles pour ces espèces devenaient impératifs et devaient pouvoir se faire par une méthode simple, fiable, peu coûteuse, applicable à un grand nombre d'individus et compatible avec les contraintes liées à l'échantillonnage sous criée (le poisson est commercialisé après les opérations d'échantillonnages, prélèvements effectués).

MATERIELS ET METHODES

CHOIX DES PIÈCES SQUELETTIQUES

Chez les poissons, diverses pièces anatomiques sont classiquement utilisées en squelettochronologie ; parmi celles-ci les otolithes et les écailles sont le plus souvent retenues. L'absence d'écailles chez les Baudroies conduit naturellement à se tourner vers les otolithes (Guillou et Njock 1978 ; Tsimenidis et Ondrias, 1980 ; Crozier, 1989). Toutefois les fortes divergences observées entre les résultats de la croissance de *Lophius budegassa* et surtout de *L. piscatorius* obtenus par ces auteurs semblent en partie s'expliquer par la difficulté d'interprétation des anneaux des otolithes comme l'avait déjà signalé Conolly (1921) pour *L. americanus*.

Ce dernier avait eu recours à l'examen des vertèbres pour une première approche de la croissance (Conolly, 1920). Cette pièce squelettique nous a paru difficile à retenir pour des raisons pratiques de prélèvement en routine.

Pour les poissons plats, la pièce squelettique de base pour l'estimation de l'âge demeure l'otolithe.

Celui-ci était jusqu'alors utilisé dans toutes les études sur la croissance de la Cardine (Furnestin, 1935 ; Aubin-Ottenheimer, 1986 et Moguedet et Pérez, 1988). Tous ces auteurs s'accordent pour reconnaître des difficultés d'interprétation des structures de l'otolithe dès que l'animal dépasse 7 ou 8 ans. D'une façon générale ils ont utilisés des poissons provenant soit de campagne à la mer soit provenant d'achat de lots de poissons, mais en aucun cas résultant d'un échantillonnage systématique des débarquements dans les criées. En effet, la manipulation relative au prélèvement endommage suffisamment le poisson pour nuire à sa qualité commerciale. L'otolithométrie ne semblait pas, pour ces raisons, correspondre à notre attente : facilité de prélèvement et possibilité d'estimer avec précision l'âge d'animaux relativement vieux (plus de 7 ans), fréquents dans les captures françaises. Ainsi, pour ces espèces notre choix s'est porté sur les rayons de nageoires dont l'utilisation dans les études de croissance a été développée avec succès sur un nombre important d'espèces parmi lesquelles l'Esturgeon (Kler, 1916), les Thonidés (Antoine *et al.* 1981), les Gadidés (Beamish, 1981) etc.

Parmi les différents rayons de nageoires le choix des auteurs se porte soit sur les nageoires dorsales, soit sur les pectorales (Beamish, 1981). Des essais préliminaires nous ont montré : pour les Baudroies, que les sections des rayons issus des pectorales et de la caudale sont évidées et nous les avons donc rejetées pour éviter les artefacts de lecture dus à un possible remaniement de la partie centrale en cours de croissance. L'examen des deux premiers rayons de la première dorsale ne présente pas cet inconvénient. N'ayant pas constaté de différences particulières dans la lisibilité de ces deux rayons, nous avons finalement retenu le premier encore appelé illicium ou filament pêcheur dont les caractéristiques morphologiques ont fait l'objet de nombreuses descriptions à des fins systématiques (Du Buit et Thong, 1971 ; Caruso, 1983), ce qui peut faciliter le tri du matériel lors des manipulations. De même, les divers essais sur les nageoires pectorales, dorsales ou ventrales de Cardine ont été infructueux du fait, probablement, de la petite taille des rayons qui rendent les techniques d'inclusions et de sections très délicates. La mauvaise qualité des coupes empêche toute tentative d'interprétation des structures osseuses. En revanche, les coupes réalisées à partir des rayons de la nageoire caudale, de taille nettement supérieure, ont donné des résultats à priori satisfaisants. Les rayons de la nageoire caudale ont donc été retenus comme matériel pouvant servir de support à l'estimation de l'âge de la Cardine

MATERIEL BIOLOGIQUE COLLECTE

Les Baudroies

Les échantillons d'illicium proviennent du plateau Celtique (sous-aire VII du CIEM) et du golfe de Gascogne (sous-aire VIII). Ils ont été récoltés entre 1984 et 1990 au cours des campagnes de recherches au chalut de fond ou au débarquement des chalutiers dans les ports de Lorient, Concarneau et du Guilvinec. Pour la sous-aire VII, les individus ont été capturés sur des fonds compris entre 100 et 700 m et pour la sous-aire VIII, sur les fonds côtiers entre 30 et 100 m.

Le tri entre les deux espèces de Baudroies européennes a été réalisé suivant la couleur du péritoine, blanc chez *L. piscatorius*, noir chez *L. budegassa*.

Après détermination du sexe, la longueur totale des individus était mesurée au cm inférieur et l'illicium prélevé.

La Cardine

Les rayons de nageoires sont prélevés lors des échantillonnages systématiques des captures commerciales sous la criée du port de Concarneau. Les flottilles échantillonnées fréquentent la mer celtique plus spécifiquement les secteurs VII f, g et h de la nomenclature du CIEM. La stratégie d'échantillonnage mise en place est stratifiée en trimestre flottille et catégorie commerciale. Le poisson est sexé, mesuré au cm inférieur et les rayons de nageoire caudale sont prélevés à raison de trois par sexe, par classe de taille (1cm) et par catégorie commerciale. La fréquence mensuelle des échantillonnages aboutit à prélever et à examiner environ 2000 rayons chaque année appartenant à des poissons dont la gamme de taille s'échelonne entre 23 cm et 65 cm pour les femelles et entre 23 cm et 45 cm pour les mâles. Les exemples cités ici ont été sélectionnés parmi ceux-ci.

CHOIX DU NIVEAU DE COUPE

Les illicium de baudroies

L'illicium est un rayon épineux constitué, de son sommet vers la base, d'une excroissance cutanée ou esche, puis d'une tige longue et flexible et enfin d'un bulbe basal épais en forme de pied, qui vient s'articuler sur le ptérygiophore illicial (figure 1). Les illicium ont été prélevés entiers à l'aide de forts ciseaux, puis placés individuellement dans des enveloppes portant les références du prélèvement. Au laboratoire les illicium sont séchés à température ambiante dans leur enveloppe en papier pendant un à deux jours avant leur stockage. Les inclusions sont réalisées dans de la résine polyester colorée en noir : seule la partie inférieure de l'illicium est retenue. Plusieurs rangs parallèles ainsi que plusieurs couches d'illicium peuvent être ainsi inclus dans le même moule. Une fois secs, les blocs sont débités à la scie diamantée tournant à 2000 tours/mn. L'épaisseur des coupes est fixée entre 0,4 et 0,8 mm environ (Souplet et Dufour, 1983). Le niveau de la coupe est fixé précisément à 0,5 cm du sommet du bulbe basal (figure 1) afin de contenir la croissance du premier été. Une coupe trop basse se traduit par une section alvéolée et contenant de l'os remanié impropre à la lecture.

Les rayons de nageoire caudale de cardine

Les rayons osseux des nageoires sont des os d'origine dermique faisant partie de l'exosquelette. Ils sont considérés par Goodrich (1904), comme des dérivés d'écailles auxquels il a donné le nom de "lépidotriches". Ce sont des os de membrane formés par ossification directe du conjonctif sans ébauche cartilagineuse. Naissant de part et d'autre du feuillet dermique, sous les deux épidermes, les pièces qui les constituent sont symétriques à droite et à gauche pour ce qui concerne les nageoires impaires. Bien que les deux moitiés s'accolent dos à dos, la dualité des lépidotriches est toujours apparente en coupe transversale. L'article basilaire est bifurqué à sa partie proximale et embrasse étroitement l'extrémité du ptérygiophore (figure 2).

Cette particularité anatomique sert de repère lors de l'inclusion dans la résine. En effet à la criée un ou deux lépidotriches sont prélevés dans la partie centrale de la nageoire caudale, la section est réalisée légèrement au-dessus de l'articulation et perpendiculairement à l'axe du rayon. Chaque rayon est référencé par la taille du poisson, son sexe, la date du prélèvement et le bateau d'origine. Au laboratoire les rayons sont nettoyés par trempage dans l'eau oxygénée à 120 volumes pendant 20 à 25 mn.

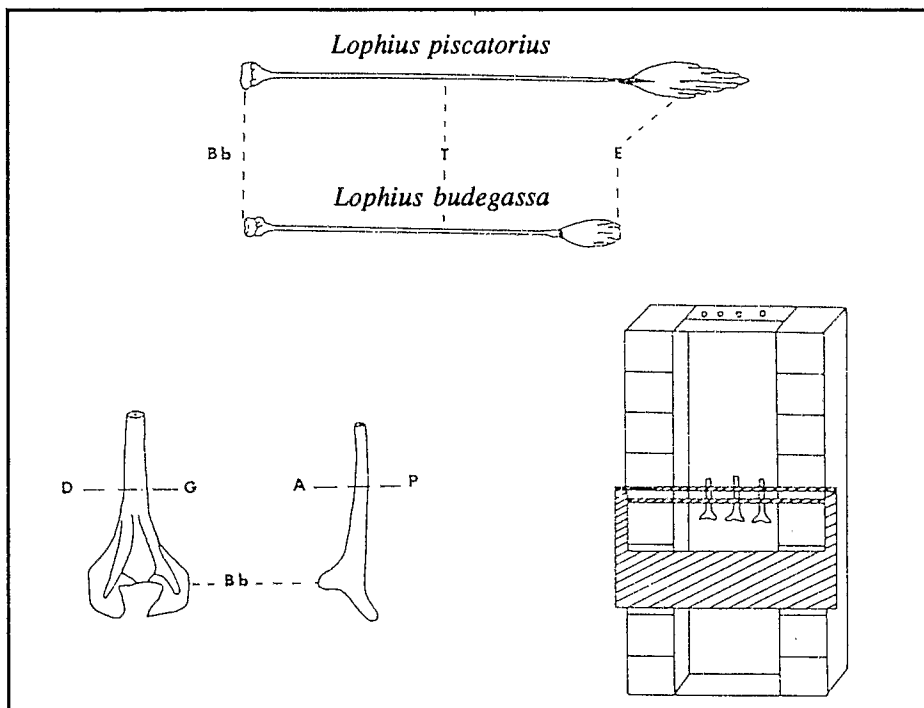


Figure 1. Présentations des illicium de *Lophius piscatorius* et *Lophius budegassa* (Bb : bulbe basal ; T : tige ; E : esche). Niveau de coupe droite-gauche (DG) ou antéro-postérieur (AP) et alignement des pièces dans le moule à résine.

Après rinçage à l'eau claire et séchage les rayons sont prêts à être inclus dans de la résine noire selon la technique décrite précédemment et dont l'adaptation au rayon de nageoire de cardine a été décrite par Péronnet et Rivoalen (1989). Toutefois, nous rappellerons ici l'importance du soin à apporter au positionnement des lépidotriches dans la résine. En général, 4 ou 5 lépidotriches sont inclus dans un même bloc de résine. Afin que la qualité des coupes soit homogène, le plan de coupe doit passer nécessairement par les mêmes structures. Ceci est obtenu en traçant une ligne horizontale sur la couche de base de résine et en plaçant ensuite la pointe du V formé par les deux branches du lépidotriche sur cette ligne horizontale. La deuxième couche de résine est ensuite coulée délicatement pour éviter d'éventuels glissements et décalages des rayons. Après durcissement les blocs sont débités en lames de 0,2 mm à 0,4 mm d'épaisseur ; le plan de coupe de la scie correspond à la ligne horizontale tracée dans la résine. Plusieurs plans de coupes ont été réalisés, de façon systématique tous les 0,5 mm à partir de l'articulation. L'article basilaire puis les articles suivants ont ainsi été sectionnés. Seul, l'article basilaire présente des marques rythmiques susceptibles d'être interprétées.

Les articles constituant le lépidotriche se forment de toute pièce au cours de la vie du poisson et non par fragmentation des anciens (Prenant, 1936 et 1937), l'article basilaire, le premier formé et le seul existant dans la nageoire embryonnaire, est par

conséquent le plus à même à refléter l'intégralité de la vie de l'individu. Au sein de cet article différents plans de coupe ont été observés, la structure et la forme de la coupe se modifient lorsque l'on s'éloigne de l'articulation. La coupe la plus proximale à un aspect circulaire, des structures rythmiques sont visibles et interprétables. La suivante à une forme caractéristique de coeur (figure 3) les structures sont toujours visibles et interprétables. Nous retiendrons ce plan de coupe comme optimal dans la mesure où les structures osseuses sont visibles et ne présentent pas de remaniement osseux et qu'elle est la plus facilement réalisable en appliquant rigoureusement la technique de montage et de coupe décrite précédemment. Les coupes suivantes ont une forme en croissant qui s'ouvre de plus en plus lorsque l'on progresse vers la partie distale du segment ; le nombre et la qualité des structures visibles sont moindres que sur les coupes situées à des niveaux plus proximaux. Il est toutefois recommandé de pratiquer, systématiquement, au moins deux coupes successives, leur observation pouvant aider à l'estimation de l'âge de l'individu.

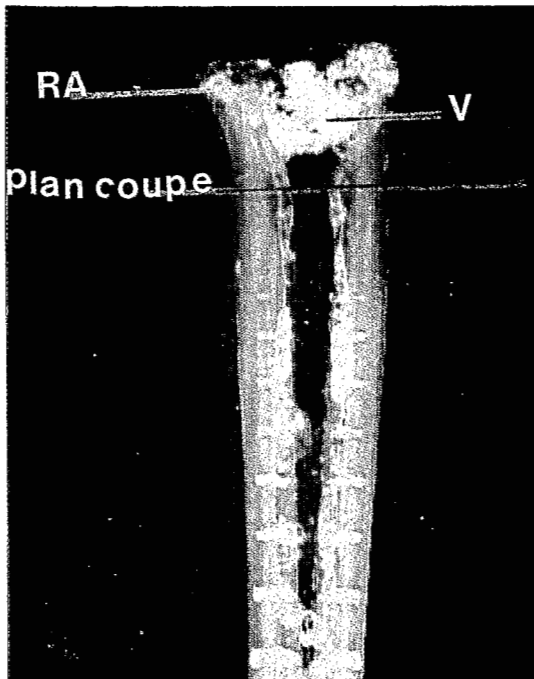


Figure 2. Rayon de nageoire caudale de Cardine, entier, après nettoyage dans l'eau oxygénée : rotule articulaire (RA) ; jonction des deux branches du rayon (V).

METHODE D'INVESTIGATION

Les lames sont observées au microscope au grossissement 100 :

- soit directement en lumière transmise, le diaphragme étant fermé au maximum ;
- soit par l'intermédiaire d'un écran vidéo : le microscope est alors relié à une caméra électronique et à un moniteur couleur. L'aspect des marques de

croissance peut-être amélioré en jouant à la fois sur les couleurs, la brillance et les contrastes. La confrontation de l'interprétation des structures osseuses par plusieurs observateurs simultanés est alors possible.

Des essais préparatoires des plaques d'illicium avant lecture, soit par décalcification à l'acide chlorhydrique ou à l'acide citrique, soit par brûlage doux à la glycérine, ou encore par coloration à la murexine et au méthylviolet n'ont pas donné de résultats probants. Les éclaircissants (créosote de hêtre ou xylène) apportent une légère amélioration de lisibilité après une action de plusieurs heures. Finalement, quelle que soit l'espèce les lames sont lues directement sans préparation, simplement recouvertes au pinceau d'un liquide d'observation constitué d'un mélange isovolumique d'alcool et de glycérine.

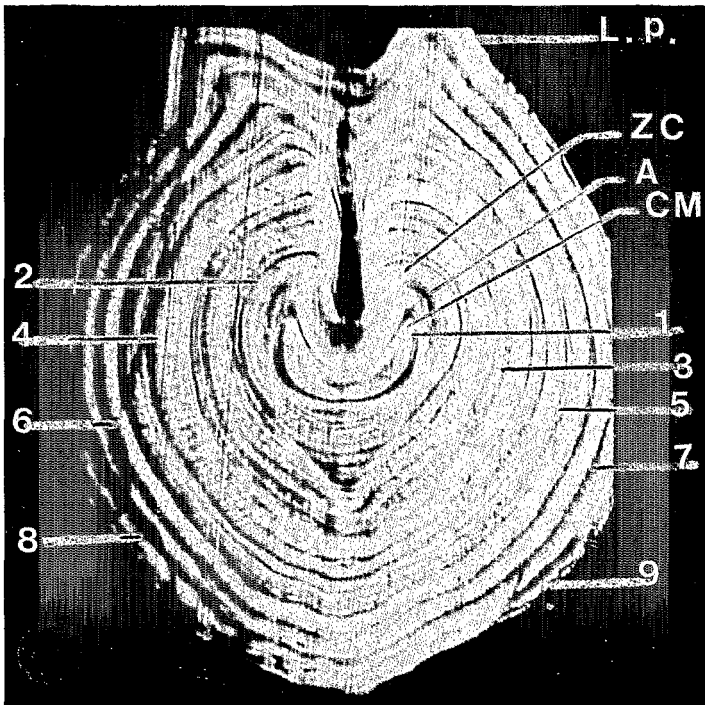


Figure 3. Section, au niveau optimal de coupe, d'une des branches du lépidotriche de Cardine présentant 9 *annuli*. (CM : centre médullaire ; LP Lobe postérieur ; A : *annulus* ; ZC zone de croissance)

EXAMEN ET INTERPRETATION DES RAYONS

LES BAUDROIES

Différenciation spécifique

L'examen des premières coupes a permis de mettre en évidence une nette différenciation spécifique : les Baudroies à péritoine blanc (*L. piscatorius*) présentent

des sections d'illicium ovales dans la partie centrale. Au centre de l'espace circonscrit par le premier *annulus* (Castanet *et al.*, 1977), on note la présence d'une zone sombre, généralement brune, aplatie antéro-postérieurement, soit en forme de lame, soit en forme de rein, et portant à ses extrémités deux pointes réfringentes (figure 4). Cette caractéristique se retrouve quelque soit l'âge de l'animal et indique clairement qu'il n'y a pas de remaniement secondaire du centre de l'illicium. Chez la Baudroie à péritoine noir (*L. budegassa*), la section est ronde, quel que soit l'âge de l'animal. Au centre du cercle circonscrit par le premier *annulus* se trouve une zone circulaire ronde présentant une seule pointe réfringente (figure 5). Le diamètre du premier *annulus* est compris entre 0,04 et 0,08 mm contre 0,10 à 0,20 pour *L. piscatorius*.

Dénombrement des annuli

La croissance de l'illicium se manifeste en fait selon trois modèles pour les deux espèces :

- le premier type est constitué d'une succession de couches larges et sombres séparées à intervalles réguliers par des couches claires, souvent limitées à une étroite bande hyaline ;
- le deuxième type est constitué d'une succession de couches claires et larges, séparées par une couche sombre et étroite.
- le troisième type est un panachage des deux précédents et se rencontre plus fréquemment chez les individus âgés : les plages de couleurs contrastées définissant des zones de croissance.

En fait on supposera que la succession couche large, couche étroite, correspond à un cycle annuel, la couche étroite constituant l'*annulus*. Des exemples des deux derniers types sont donnés dans les figures 4 et 5. Il faut par ailleurs noter la forte tendance des *annuli* à se dédoubler, ce qui rend l'interprétation de l'âge difficile. En outre la nature du bord ne permet pas toujours de se faire une idée de l'achèvement ou non du dernier *annulus*. Le nombre croissant d'*annuli* avec la taille de l'animal observé sur un grand nombre d'individus, laisse à penser qu'ils se déposent régulièrement avec une périodicité annuelle ; les couches supplémentaires sont souvent incomplètes, ce qui permet de les rejeter dans l'estimation de l'âge. Dupouy *et al.* (1986) proposent une série de diamètres moyens des *annuli* en fonction de l'âge pour les deux espèces : pour un âge différent, la position des *annuli* de même rang ne diffère pas sensiblement. Ceci indique la constance du phénomène de croissance pour chacune des deux espèces de Baudroies étudiées, ainsi que la possibilité de procéder au rétrocalcul de la taille aux âges successifs.

LA CARDINE

Enregistrement de la croissance

Les coupes réalisées au niveau optimal donnent l'image de deux unités symétriques correspondant à la section des deux branches du lépidotriche. Pour des raisons techniques il n'est malheureusement pas possible de présenter ces deux unités sur la même photo. Toutefois, il est bien évident que les observations faites dans le but d'estimer l'âge d'un individu portent, en parallèle, sur les deux unités. L'enregistrement de la croissance de la cardine se traduit bien au niveau tissulaire, dans l'article basilare, par des variations structurales visibles sur les coupes transversales. La succession des rythmes saisonniers s'exprime bien au niveau de ce tissu osseux par une succession de zones (dépôts osseux estival) et d'*annuli* (dépôts osseux hivernal). Les *annuli* et les zones présentent des aspects histologiques précis

(Castanet *et al.*, 1970). Le ralentissement de croissance hivernale ou son arrêt se traduit par la formation d'une ou deux couches d'os lamellaire constituant l'*annulus*.

En revanche, la reprise de croissance printanière et estivale se manifeste par la synthèse d'un abondant tissu osseux qui forme la zone de croissance active.

D'une façon générale ils sont reconnaissables aux caractéristiques suivantes : les *annuli* sont étroits et les zones sont plus épaisses et opaques (Castanet *et al.*, 1977).

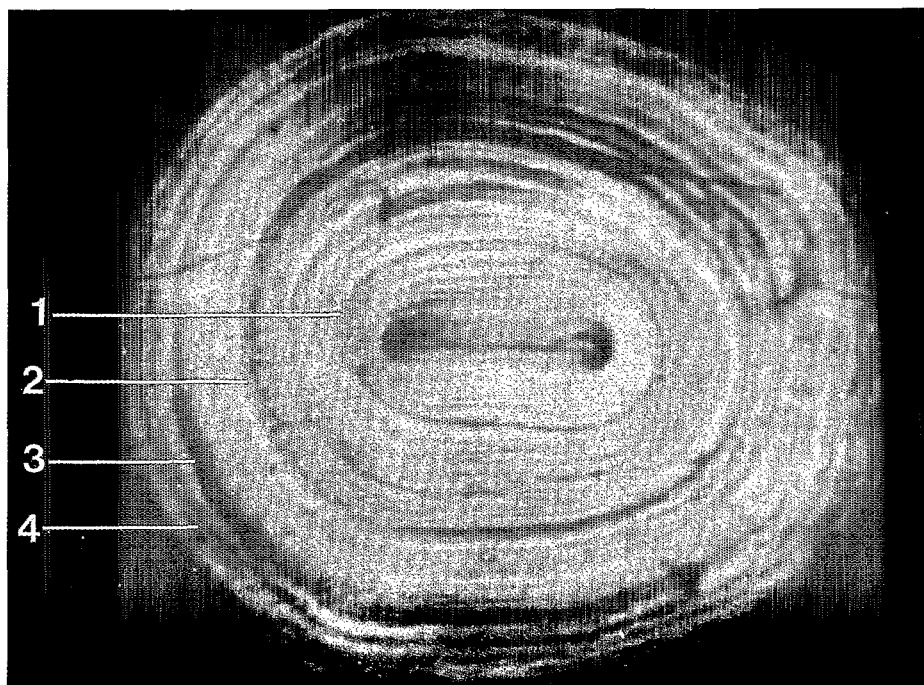


Figure 4. Section d'illicium de *L. piscatorius* présentant 4 *annuli* prélevement février 1984, taille 43 cm).

Dénombrement des cycles annuels de croissance

Un cycle annuel complet sera constitué d'une zone de croissance et d'un *annulus*. Le décompte du nombre de cycles ou par extrapolation du nombre d'*annuli* traduit en première approximation l'âge absolu de l'animal. Dans notre exemple (figure 3) l'animal considéré montrait 9 *annuli* ; il était donc dans sa 10^{ème} année. La partie centrale, ou cavité médullaire apparaît comme un croissant plus ou moins noirâtre, immédiatement suivi par une zone opaque et large que nous avons considérée comme la première zone de croissance correspondant au premier été passé sur le fond après la métamorphose ; l'éclosion ayant lieu au début du printemps l'animal arrivé sur le fond ne peut qu'amorcer une période de première croissance. Cette zone est elle-même suivie par une ligne courbe sombre qui est assimilée au premier *annulus* de ralentissement de croissance. Sur le type de coupe utilisé, la cavité médullaire peut parfois être peu distincte et entraîner une confusion avec le premier *annulus*. Des coupes histologiques pratiquées sur des individus très jeunes (2 ans et moins) nous permettraient de préciser la position exacte du premier *annulus* par rapport à la cavité médullaire.

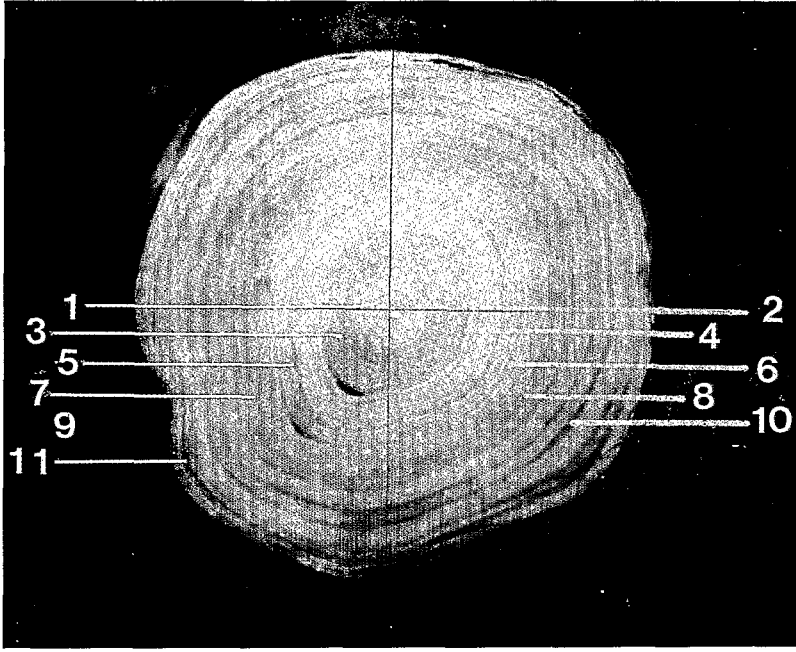


Figure 5. Section d'illicium de *L. budegassa* présentant 11 *annuli* (prélèvement novembre 1985, taille 63 cm)

Les prélèvements échelonnés sur l'année montrent que l'*annulus* n'est apparent qu'après la reprise de croissance au printemps suivant. Toutes les coupes observées, quelle que soit la date de prélèvement présentent un bord correspondant à une zone de croissance à la différence de ce qui est habituellement observable sur un otolithe où la nature du bord est hyaline ou opaque en fonction de l'époque de la capture.

Ceci nous a donc conduit à adopter la convention suivante pour l'estimation de l'âge du poisson, le propos du biologiste des pêches n'étant pas de connaître l'âge réel des individus mais de les grouper en classe d'âge : le groupe d'âge 0 est constitué par les juvéniles nés au printemps de l'année "n" et ce jusqu'au 1er janvier de l'année "n+1" moment à partir duquel ils constitueront le groupe 1. Nous avons choisi, en raison des problèmes liés à la nature du bord, de dénombrer le nombre exact d'*annuli*, d'ajouter un *annulus* fictif pour les individus capturés au premier trimestre de l'année n+1 ; de même au second trimestre si la zone de croissance apparaît large elle est considérée alors comme résultant de la croissance de l'année précédente, si la zone est étroite on ne rajoute pas d'anneau fictif considérant qu'il s'agit des premiers éléments de tissu osseux nouvellement déposés.

Dans l'exemple précédent (figure 3) où l'on dénombre 9 *annuli* cet animal serait classé avec cette convention dans les groupes d'âges 9 ou 10 selon les dates fictives de captures résumées dans le tableau 1.

Tableau 1. Résumé de la convention adoptée pour l'estimation de l'âge d'un individu en fonction du nombre d'*annuli* observés

Nbre d' <i>annuli</i>	Date de capture	Date	Date	Date
	15/11/90	15/02/91	15/05/91	15/09/91
9	9 ans	10 ans	zone large = 10 ans zone étroite = 9 ans	9 ans

TENTATIVE DE VALIDATION

LES BAUDROIES

Comparaison de l'estimation de l'âge par les otolithes et par les illicium

A titre de comparaison une confrontation a eu lieu entre deux lecteurs expérimentés pour déterminer l'âge obtenu par lecture des sections d'illicium et des sections d'otolithes, ces derniers examinés au microscope stéréoscopique à grossissement variable (entre 10 et 50 fois). Les résultats sont donnés dans le tableau 2. On constate que pour 50 individus examinés l'indice d'erreur moyenne de Beamish et Fournier (1981) est très élevé pour les otolithes (26 %) et est pratiquement diminué de moitié en utilisant les sections d'illicium.

La reproductibilité des lectures n'est qu'une mesure de la précision et non un moyen de validation. Cette dernière ne peut venir que d'informations extérieures telles que les marquages ou encore d'une connaissance de l'âge absolu du poisson par tout autre moyen. Pour les Baudroies, aucune référence porte sur les marquages aussi doit on se contenter des analyses de fréquence en taille qui, dans le meilleur des cas, permettent de valider les premiers âges.

Analyse des structures en taille et de leur évolution

Trois sources d'informations complémentaires ont été utilisées. Tout d'abord des distributions de fréquences de longueurs totales réalisées sur une base trimestrielle, au cours d'un cycle annuel, à cheval sur les années 1980-1981, obtenues à bord des chalutiers langoustiniers opérant en mer Celtique (Charreau *et al.*, 1982). La deuxième source de données provient des campagnes de recherches menées par IFREMER sur une base trimestrielle dans le golfe de Gascogne en 1982 et 1983.

Enfin, la dernière source est issue d'un échantillonnage des débarquements effectué sur des captures provenant également du golfe de Gascogne.

Pour *L. piscatorius*, on distingue trois à quatre cohortes dans les histogrammes A à D (figure 6). Le premier groupe apparaît dans les captures du troisième trimestre (mode à 8 cm) ; nous supposons qu'il s'agit du groupe 0, car Karlovac et Karlovac (1968) indiquent que la phase larvaire planctonique s'achève entre 5 et 8 cm. Il atteint 11 cm au premier trimestre de l'année suivante. Le deuxième groupe présente une taille modale à 15 cm au deuxième trimestre et se déplace progressivement pour atteindre 24 cm au premier trimestre 1981. Les troisième et quatrième groupes atteignent, respectivement, 34 et 43 cm en début d'année 1981. Les écarts-types autour des modes sont de l'ordre de 3 cm. Le glissement annuel d'une cohorte est donc de 11 à 12 cm entre la première et la deuxième année, puis de 9 à 10 cm entre les suivantes.

Tableau 2. Lecture comparée entre deux lecteurs expérimentés de coupes d'otolithes et d'illicium de *Lophius piscatorius* du golfe de Gascogne (octobre 1987).

Lectures d'otolithes						Lectures d'illicium							
Rang	Taille	Lecteur A	Lecteur B	Moyenne	Som. écarts	Erreur moy.	Rang	Taille	Lecteur A	Lecteur B	Moyenne	Som. écarts	Erreur moy.
oto.1	16	1	4	2.5	3	60	il.1	16	1	1	1	0	0
oto.2	16	2	3	2.5	1	20	il.2	16	1	1	1	0	0
oto.3	25	2	4	3	2	33	il.3	25	3	3	3	0	0
oto.4	25	3	7	5	4	40	il.4	25	3	2	2.5	1	20
oto.5	25	2	7	4.5	5	56	il.5	25	3	2	2.5	1	20
oto.6	29	3	6	4.5	3	33	il.6	29	3	2	2.5	1	20
oto.7	29	3	4	3.5	1	14	il.7	29	3	3	3	0	0
oto.8	30	4	5	4.5	1	11	il.8	30	4	3	3.5	1	14
oto.9	32	4	5	4.5	1	11	il.9	32	4	3	3.5	1	14
oto.10	32	4	6	5	2	20	il.10	32	3	3	3	0	0
oto.11	36	5	3	4	2	25	il.11	36	3	3	3	0	0
oto.12	38	3	5	4	2	25	il.12	38	3	3	3	0	0
oto.13	38	4	4	4	0	0	il.13	38	3	3	3	0	0
oto.14	43	4	5	4.5	1	11	il.14	43	4	4	4	0	0
oto.15	60	6	6	6	0	0	il.15	60	6	6	6	0	0
oto.16	63	6	7	6.5	1	8	il.16	63	6	5	5.5	1	9
oto.17	68	6	8	7	2	14	il.17	68	7	6	6.5	1	8
oto.18	69	6	9	7.5	3	20	il.18	69	8	7	7.5	1	7
oto.19	70	5	8	6.5	3	23	il.19	70	8	7	7.5	1	7
oto.20	70	7	6	6.5	1	8	il.20	70	7	6	6.5	1	8
oto.21	72	7	8	7.5	1	7	il.21	72	7	7	7	0	0
oto.22	73	6	10	8	4	25	il.22	73	9	8	8.5	1	6
oto.23	75	8	9	8.5	1	6	il.23	75	9	8	8.5	1	6
oto.24	75	7	7	7	0	0	il.24	75	11	9	10	2	10
oto.25	79	8	7	7.5	1	7	il.25	79	9	8	8.5	1	6
oto.26	80	7	9	8	2	13	il.26	80	10	8	9	2	11
oto.27	84	7	10	8.5	3	18	il.27	84	11	10	10.5	1	5
oto.28	86	9	10	9.5	1	5	il.28	86	10	7	8.5	3	18
oto.29	16	1	1	1	0	0	il.29	16	1	1	1	0	0
oto.30	18	2	1	1.5	1	33	il.30	18	1	1	1	0	0
oto.31	19	2	1	1.5	1	33	il.31	19	2	1	1.5	1	33
oto.32	31	2	2	2	0	0	il.32	31	3	3	3	0	0
oto.33	33	2	2	2	0	0	il.33	33	4	3	3.5	1	14
oto.34	40	4	4	4	0	0	il.34	40	4	3	3.5	1	14
oto.35	45	4	8	6	4	33	il.35	45	3	2	2.5	1	20
oto.36	48	5	9	7	4	29	il.36	48	4	3	3.5	1	14
oto.37	66	5	8	6.5	3	23	il.37	66	6	5	5.5	1	9
oto.38	85	6	7	6.5	1	8	il.38	85	11	11	11	0	0
oto.39	94	5	9	7	4	29	il.39	94	12	10	11	2	9
oto.40	96	6	12	9	6	33	il.40	96	12	8	10	4	20
oto.41	99	8	10	9	2	11	il.41	99	15	12	13.5	3	11
oto.42	103	11	10	10.5	1	5	il.42	103	14	11	12.5	3	12
oto.43	18	1	0	0.5	1	100	il.43	18	1	0	0.5	1	100
oto.44	18	0	0	0	0	0	il.44	18	1	0	0.5	1	100
oto.45	17	1	0	0.5	1	100	il.45	17	1	0	0.5	1	100
oto.46	18	1	0	0.5	1	100	il.46	18	2	1	1.5	1	33
oto.47	18	2	0	1	2	100	il.47	18	1	1	1	0	0
oto.48	15	1	0	0.5	1	100	il.48	15	1	0	0.5	1	100
oto.49	63	il	il				il.49	63	7	6	6.5	1	8
oto.50	71	il	il				il.50	71	8	7	7.5	1	7
Index d'erreur moyenne						26.04	Index d'erreur moyenne						15.86

La deuxième source de données (histogrammes E à H) permet de suivre les trois premières cohortes qui s'accroissent annuellement de 10 à 12 cm, ce qui confirme les observations précédentes, mais avec un léger décalage sur les modes (figure 6).

La dernière source d'informations (histogrammes I à L), tronquée sur la gauche par le tri fait à bord des navires, indique un accroissement de 10 cm à l'année entre les modes de 24 et 34 cm (figure 6).

Toutes ces informations corroborent les résultats obtenus par l'interprétation d'un grand nombre d'illicium provenant de ces secteurs indiquant une taille moyenne lors de la formation du premier *annulus* entre 8 et 15 cm, du deuxième entre 19 et 26 cm et du troisième entre 30 et 36 cm de longueur totale.

Il y a donc accroissement d'un *annulus* par an sur les sections d'illicium de *L. piscatorius*. Pour *L. budegassa*, la validation des premiers *annuli* est plus

délicate, car l'augmentation de taille entre cohortes successives est beaucoup plus limitée, entraînant un chevauchement entre les différents modes. A titre de comparaison, l'apparition des *annuli* intervient entre 6 et 10 cm pour la première année, 12 à 16 cm, pour la deuxième et 17 à 21 pour la troisième. La validation reste donc à faire pour cette espèce. Le suivi d'une forte classe d'âge dans les captures de cette espèce devrait permettre de valider l'hypothèse de la formation d'un *annulus* par an.

LA CARDINE

Lecture comparée d'otolithes et de rayons

Là encore, on ne peut à proprement parler de validation de la méthode puisque nous ne disposons pas d'animaux d'âge connu provenant d'élevage et qu'aucune expérience de marquage du tissu osseux et recapture après des temps judicieux n'a été réalisée.

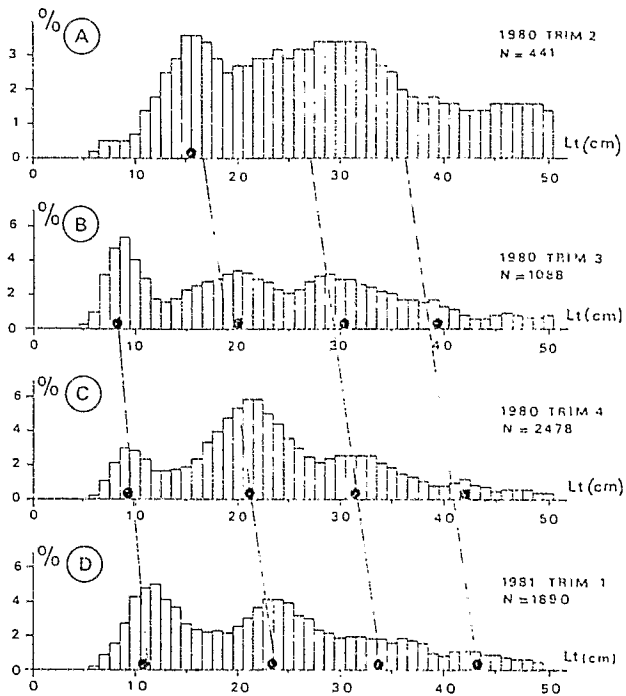


Figure 6. Histogramme de longueurs de *L. piscatorius* (A à D : captures des chalutiers langoustiniers, CIEM VII)

La seule perspective de validation pourrait avoir lieu dans les années à venir en utilisant les techniques radiométriques actuellement utilisées, dans un premier temps, à l'IFREMER pour l'estimation de l'âge des crustacés. Pour lors, nous nous sommes bornés à comparer les estimations de l'âge pour un même individu, obtenues en

examinant indépendamment l'otolithe et le rayon nageoire. Ce test a été effectué sur 85 cardines dont les tailles s'échelonnaient de 11 cm à 52 cm. Les coupes de rayons des individus de tailles inférieures à 20 cm ne sont pas interprétables, les structures osseuses ayant été écrasées par le passage de la scie ou moment du tronçonnage du bloc de résine. Au delà de ces tailles les pourcentages d'agrément entre les deux méthodes sont les suivants (tableau 3). Les différences observées sont toujours une sous-estimation de l'âge lors de la lecture de l'otolithe.

Un autre type de comparaison a été effectuée en calculant les paramètres de la croissance de la Cardine à partir des résultats des lectures faites en 1988 sur 1119 rayons (soit 888 femelles et 231 mâles). L'ajustement du modèle de Von Bertalanffy (1938) a été calculé par la méthode du maximum de vraisemblance, décrite en détail par Gros et Santarelli (1985).

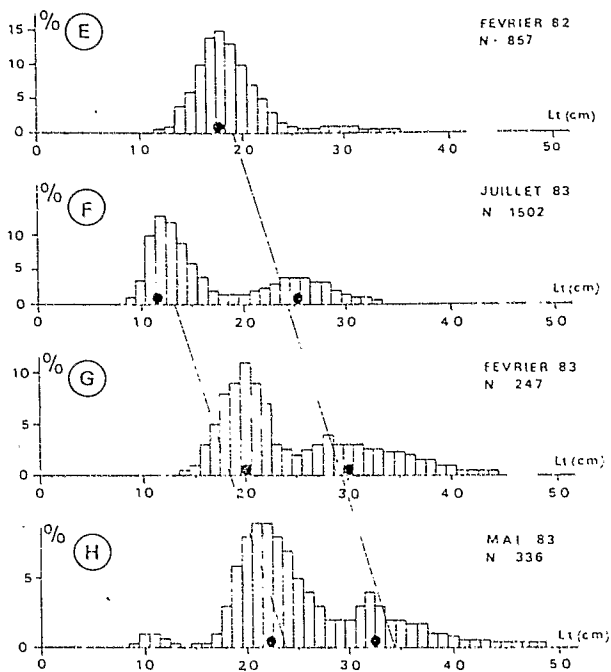


Figure 6. Histogramme de longueurs de *L. piscatorius* (E à H : capture du navire océanographique "Pélagia", CIEM VIII)

L'équation devient respectivement pour les mâles et les femelles :

$$L = 44.98(1 - e^{-0.14(T+1.7)})$$

$$L = 66.83(1 - e^{-0.11(T+0.33)})$$

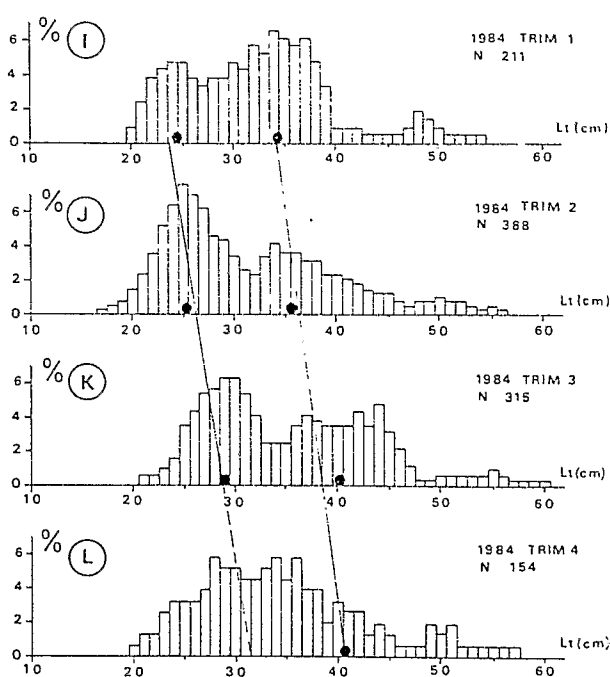
variance résiduelle de 6.57

variance résiduelle de 18.31

Ces résultats présentent une cohérence certaine avec les données bibliographiques antérieures sur la croissance de la cardine en mer Celtique (Moguedet et Pérez, 1988 ; Aubin-Ottenheimer, 1986)

Tableau 3. Comparaison entre les résultats sur l'âge obtenus par otolithométrie et la squelettochronologie.

Âges	Pourcentage d'agrément	Différences en nombre d'année		
		1	2	3
3 à 6 ans	100 %			
6 à 8 ans	80 %	20 %		
8 à 10 ans	60 %	20 %	20 %	
11 ans et plus	50 %	30 %	10 %	10 %

Figure 6. Histogramme de longueurs de *L. piscatorius* (I à L : débarquements des chalutiers côtiers, CIEM VIII).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Bien qu'un certain nombre de questions ne soit pas encore résolues, en particulier la nature exacte du bord des coupes de rayons de nageoire de Baudroies et de Cardine à laquelle vient s'adjoindre pour cette espèce la nécessité d'étudier plus finement l'emplacement du premier *annulus*, nous avons tenté de montrer l'intérêt que peuvent présenter les rayons de nageoire en squelettochronologie pour la Cardine franche et les Baudroies européennes. En effet les sections des rayons présentent bien une succession de zones et d'*annuli*. Blanc et Buser (1949) avaient déjà observé le phénomène d'arrêt hivernal sur des rayons de nageoire de cyprinidés : " Ce blocage de

l'ostéogénèse est le même que celui qui se traduit dans les écailles, les otolithes, les vertèbres, etc..., par l'existence de zones étroites ou mêmes de simples lignes séparant des zones larges de croissance estivale. Celle-ci s'observe dans nos régions de mars à novembre." Ce type d'approche peut être utile lorsque les écailles ou les otolithes sont inadéquats pour l'estimation de l'âge, que ce soit pour des raisons de lisibilité ou d'accessibilité à la pièce.

Il n'en demeure pas moins que, comme toute méthode d'estimation de l'âge, l'interprétation des sections de rayons reste un exercice difficile pour l'observateur non averti. Si les tentatives de validations demeurent encore insuffisantes, elles ont cependant permis de montrer que, pour les Baudroies, la reproductibilité des lectures est meilleure que celle mesurée sur les otolithes. Les trois ou quatre premiers *annuli* correspondent bien à des tailles que l'on trouve dans les modes de distributions de fréquence en longueur. Les lectures comparées d'otolithes et de rayons pour un même individu ainsi que la confrontation des résultats obtenus sur les paramètres de croissance de la Cardine montrent que la méthode peut être utilisée, au même titre que l'otolithométrie, qui demanderait également à être validée, pour l'estimation de l'âge de la Cardine.

Les méthodes classiques de validation de l'âge par marquage à la tétracycline, par exemple, ou par tout autre marqueur biologique, d'animaux en élevage et analyse des dépôts osseux après un temps écoulé depuis le marquage sont peu concevables dans le cas de ces espèces qui sont relativement fragiles et très difficiles à maintenir en élevage. Une démarche envisageable, consisterait à analyser sur des structures osseuses (centres vertébraux) ou des nucléus d'otolithes la vitesse de désintégration de radioéléments, comme cela se fait actuellement sur la carapace des crustacés ou sur le sébaste (Campana *et al*, 1990), afin d'obtenir l'âge réel du poisson.

BIBLIOGRAPHIE

- ANTOINE L., CAYRE P., MENDOZA J., 1981. Etude de la croissance du Listao (*Katsuwonus pelamis*) de l'Atlantique au moyen des rayons de la nageoire dorsale: mise au point d'une méthodologie, résultats préliminaires.- Doc. SCRS/81/42 In I.C.C.A.T. Col. Vol. Sci. papers 1: 195-208.
- AUBIN-OTTENHEIMER G., 1986. La cardine (*Lepidorhombus whiffiagonis*) étude biologique et dynamique du stock de Mer Celtique. Thèse de Doctorat de 3ème cycle Univ. Paris VI : 179 p.
- BEAMISH R.J., 1981. Use of fin-rays sections to age Walleye pollock, pacific cod and albacore, and the importance of this method. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 110 (2) : 287-289.
- BEAMISH R.J., FOURNIER D.A., 1981. A method for comparing the precision of a set of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38 : 982-983.
- BLANC M., BUSER J., 1949. Action de la température sur l'ostéogénèse réparatrice chez les poissons téléostéens. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 74 : 167-170.
- BERTALANFFY L. VON, 1938. A quantitative theory of organic growth (inquires on growth laws II). *Hum. biol.*, 10 : 181-213.

- CAMPANA S.E., ZWANENBURG K.C., SMITH J.N., 1990. Pb/Ra determination of longevity in redbfish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47 : 163-165.
- CARUSO J.H., 1983. The systematics and distribution of the Lophiid angler fishes : Revisions of the genera *Lophiomus* and *Lophius*. *Copeia*, (1) : 11-30.
- CASTANET J., GASC J.P., MEUNIER F.J., RICQLES A. de, 1970. Calcium et nature des zones de croissance cyclique dans l'os des vertébrés poïkilothermes. *C. R. Acad. Sc.*, 270 : 2853-2856.
- CASTANET J., MEUNIER F.J., RICQLES A. de, 1977. L'enregistrement de la croissance cyclique par le tissu osseux chez les vertébrés poïkilothermes : données comparatives et essai de synthèse. *Bull. Biol. Fr., Bel.*, 111 : 183-202.
- CHARUAU A., CONAN G., MORIZUR Y., 1982. Etude sur la pêche de langoustines de Mer Celtique. *Rapport Miméo, ISTPM-CNEXO EPR Bretagne* : 71 p. + annexes.
- CONNOLLY C.J., 1920. Histories of new food fishes: III, the angler. *Bull. Biol. Bd. Can.*, 3 : 17 p.
- CONNOLLY C. J., 1921. On the development of the angler. *Contr. Canad. Biol.*, 7 : 115-124.
- CROZIER W.W., 1989. Age and growth of angler-fish (*Lophius piscatorius*) in the north Irish Sea. *Fish. Res.*, 7 : 267-278.
- DU BUIT M.H., THONG L.H., 1971. Quelques notes sur le filament pêcheur (illicium) des baudroies (*Lophius* spp.) débarquées à Concarneau. *Trav. Lab. Biol. Halieutique, Univ. Rennes*, 5 : 45-52.
- DUPOUY H., PAJOT R., KERGOAT B., 1986. Etude de la croissance des baudroies, (*Lophius piscatorius* et *L.budegassa*), de l'Atlantique Nord-Est obtenue à partir de l'illicium. *Rev. Trav. Inst. Pêch. Marit.*, 48 (3 et 4) : 107-131.
- FURNESTIN J., 1935. La cardine (*Lepidorhombus megastome* Dunovan = *Lepidorhombus wiff*, Walban). Résumé des connaissances acquises sur la biologie de ce poisson. *Rev. Trav. Inst. Pêch. Marit.*, 8 (2) : 203-249.
- GOODRICH, 1904. On the dermal fin-rays of fishes living and extinct. *J. Micr. Sc.*, 47 : 465-522.
- GROS P., SANTARELLI L., 1985. Détermination de l'âge et de la croissance de *Buccinum undatum* (L.) à l'aide des isotopes stables de la coquilles et l'ornementation operculaire. *Oceanologica acta*, 8 (2) : 221-229.
- GUILLOU A., NJOCK J.C., 1978. Analyse de la pêche dans les ports de la côte atlantique française de 1961 à 1975 et des incidences du chalutage sur les stocks des principales espèces concernées par cette activité dans les mers adjacentes. *Rev. Trav. Inst. Pêch. marit.*, 42(1 et 2) : 17-164.
- KARLOVAC J., KARLOVAC O., 1968. *Lophius piscatorius* L. dans les eaux de la haute Adriatique, dans toutes les phases de sa vie. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 19 (3) : 537-540.

- KLER V.O., 1916. Some data on age determination in fishes from bones. *Vestnik Rybopromyshlennost*, 3 : 2-15.
- MOGUEDET P., PEREZ N., 1988. Estimation of megrim (*Lepidorhombus wiffiagonis*) growth parameters, for males and females from the ICES division VII : fitting to the von Bertalanffy model using resampling techniques as well as several adjustable central values (mean mediane and mode length age). *Int. Cons. Expl. Sea*, CM 1988/G : 9 : 18 p.
- PERONNET I., RIVOALEN J.J., 1989. Mise au point d'une technique de détermination de l'âge pour la cardine (*Lepidorhombus wiffiagonis*) à partir des rayons de la nageoire caudale ; Validation de la méthode par comparaison avec les résultats obtenus par otolithométrie. *Int. Cons. Expl. Sea*. CM.1989/G : 32 : 16 p.
- PRENANT M., 1936. Structure fine et croissance normale des lépidotriches articulés chez les téléostéens. *C. R. Soc. Biol.*, 123 : 474.
- PRENANT M., 1937. Sur la croissance des lépidotriches articulés chez les téléostéens. *Bull. Soc. Zool. Fr.* 62 : 191-195.
- SOUPLET A., DUFOUR J.L., 1983. Développement des techniques de lecture des otolithes en coupes fines. *Rapp. Techn. ISTPM*, n°5
- TSIMENIDIS N.CH., ONDRIAS J.C., 1980. Growth studies on the angler fishes *Lophius piscatorius* L. and *Lophius budegassa* Spinola 1807, in Greek waters. *Thalassographica* 3 (2) : 63-9