

La croissance de *Sardinella maderensis* (Lowe, 1841) au Sénégal

Tomas CAMARENA-LUHRS (1)

RÉSUMÉ

La croissance de *Sardinella maderensis* a été étudiée le long des côtes du Sénégal à partir d'échantillons provenant principalement des pêcheries artisanales et semi-industrielles situées au sud de la presqu'île du Cap-Vert. La détermination de l'âge des juvéniles a été effectuée par la méthode de Petersen et, pour les jeunes reproducteurs et adultes, par lecture directe des écailles. L'interprétation des résultats est complexe du fait que la reproduction s'étale sur toute l'année, avec une période relativement longue (appelée ponte principale) où la ponte est quantitativement plus importante, et dont l'apparition varie d'une année sur l'autre. En outre, cette espèce réalise des migrations en dehors des zones de pêche du Sénégal. Cependant, on a pu déterminer que la croissance est rapide, *S. maderensis* atteignant 18 cm (longueur à la fourche) la première année.

MOTS-CLÉS : Sardinelle — *Sardinella maderensis* — Croissance — Détermination de l'âge — Sénégal.

ABSTRACT

GROWTH OF *Sardinella maderensis* (LOWE, 1841) IN SENEGAL WATERS

The growth of *Sardinella maderensis* has been studied in the Senegal coastal waters using samples from small scale and semi-industrial fisheries located in the South of Cap-Vert peninsula. Age of juveniles has been determined using Petersen method. For older fishes, direct reading of scales has been applied. Interpretation of results is complex, because the reproduction is staggered over the whole year. The principal spawning period, during which spawning is quantitatively the most important, is changing from one year to the next one. Furthermore, the species has migrations outside senegalese fisheries. Nevertheless, it has been shown that growth of *S. maderensis* is fast, reaching 18 cm (Fork Length) during the first year.

KEY WORDS : Gilt sardine — *Sardinella maderensis* — Growth — Age determination — Senegal.

INTRODUCTION

La sardinelle plate, *Sardinella maderensis* (Lowe, 1841) est un poisson commun des côtes atlantiques de l'Afrique. Les captures de cette espèce représentent 50 % environ des captures totales de petits pélagiques au Sénégal depuis 1982, et son importance pour les pays riverains de la zone sénégal-mauritanienne (26° N à 9° N) n'est plus à démontrer.

Au Sénégal les premières observations sur la biologie de cette sardinelle ont été réalisées par BLANC (1950), puis POSTEL (1955). Depuis, de nouveaux points de la biologie ont été éclaircis (BOELY, 1980 a, 1980 b), d'autres, comme la croissance, restaient encore à préciser.

Sur les côtes africaines, les seules études disponibles sont celles de GHENO et LE GUEN (1968), effectuées sur les côtes congolaises. En Méditerranée, des

(1) Antenne ORSTOM auprès du centre IFREMER, B.P. 337, 29273 Brest cedex, France.

études ont été réalisées par EL-MAGHRABY *et al.* (1970) et par KARTAS (1981), entre autres.

GHEÑO et LE GUEN (*op. cit.*) et BOELY (1980 a) soulignent la difficulté des études de croissance en milieu tropical, notamment pour la sardinelle plate au Sénégal. En effet, la méthode de Petersen est difficile à appliquer du fait du chevauchement des classes de taille provoqué par une reproduction quasi continue, de plus les marques de croissance sur les écailles sont peu lisibles. Des essais d'élevage en bassin réalisés en 1977 au Centre de Recherches Océanographiques de Dakar Thiaroye (GRODT), qui auraient pu apporter des informations sur la croissance de cette espèce n'ont pu être conduits au-delà de quelques mois.

Afin de mieux exposer cette étude sur la croissance, il est d'abord nécessaire de rappeler les principaux traits de la biologie de *Sardinella maderensis* au Sénégal.

1. RAPPEL SOMMAIRE DE LA BIOLOGIE DE *SARDINELLA MADERENSIS* AU SÉNÉGAL

Sardinella maderensis vit sur le plateau continental et est euryhaline, car on la trouve aussi bien en eau dessalée que sursalée (ALBARET, *comm. pers.*). Elle est présente au Sénégal toute l'année, malgré des écarts de température entre la saison chaude ou « hivernage » et la saison froide, qui peuvent atteindre 15° C.

C'est une espèce planctonophage qui, sur les côtes sénégalaises, ne dépasse pas 30 cm de longueur à la fourche (mensuration du bout du museau aux plus courts rayons de la nageoire caudale). Les juvéniles et les jeunes ont une répartition côtière, puis gagnent le large et participent aux migrations saisonnières des adultes. Ceux-ci, à partir d'une taille d'environ 28 cm, ne sont observés au Sénégal que sur la côte nord, au mois de mai et certaines années seulement ; ces adultes vivent, en effet, au large et sur les côtes mauritaniennes.

Toute l'année, on trouve des femelles aptes à se reproduire (stades sexuels IV, V et VI), mais il existe en général un maximum de reproduction en saison chaude (juin-octobre) ; celui-ci présente cependant une forte variabilité interannuelle.

Il se constitue une nurserie importante le long de la Petite Côte (fig. 1), et notamment à l'intérieur de l'isobathe 50 mètres (BOELY, 1980 b), où les juvéniles et les jeunes reproducteurs font de rapides déplacements avant de devenir adultes et de quitter alors définitivement les zones de pêche de la Petite Côte.

BOELY (1980 b) situe la taille à la première maturité à 16,5 cm, taille qui est confirmée par des études postérieures (CAMARENA, 1986).

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Deux méthodes complémentaires ont été utilisées pour déterminer la croissance des sardinelles plates au Sénégal : la méthode de Petersen et la lecture directe des écailles.

2.1. La méthode de Petersen

2.1.1. MATÉRIEL

CONAND et FAGETTI (1971) estiment que les larves de *Sardinella maderensis* grandissent de plus de trois centimètres en un mois, sans véritable métamorphose. Des juvéniles de 4-6 cm apparaissent dans les apports de senne de plage, dès que les mailles peuvent les retenir.

L'échantillonnage régulier des juvéniles montre que toute l'année de nouvelles cohortes sont constamment recrutées dans la pêche à la senne de plage. Cela s'explique par la durée de la reproduction de l'espèce sur les côtes sénégalaises et par l'importance relative des différentes poussées reproductives qui changent, d'ailleurs, d'une année à l'autre. C'est pourquoi le regroupement des échantillons par mois ou même par quinzaine, ne permet pas de suivre le devenir d'une même cohorte. Il s'est donc avéré nécessaire de disposer d'un échantillonnage permettant une stratification sur la base hebdomadaire.

FREON et STEQUERT (*comm. pers.*) avaient échantillonné intensivement les débarquements de senne de plage des années 1976 et 1977, en mesurant les individus au demi-centimètre inférieur par défaut, ce qui procure une série de 59 semaines. Le taux élevé d'échantillonnage permet un regroupement des fréquences de tailles par semaine.

Une autre série de fréquences de tailles a été obtenue sur une période de 21 semaines pendant l'été 1985 : les tailles étaient directement mesurées au demi-centimètre inférieur.

2.1.2. RAPPEL ET JUSTIFICATION DE LA MÉTHODE

La méthode de Petersen consiste à rechercher les modes successifs dans la distribution de fréquences de tailles, en se fondant sur l'hypothèse selon laquelle ces modes existent chaque fois que la ou les périodes de ponte présente(nt) un ou plusieurs maximums bien définis chaque année.

L'utilisation de cette méthode dans le présent travail se justifie par le fait que la détermination de l'âge par interprétation des marques naturelles dues à des phénomènes cycliques de grande période (plus d'une saison) n'étant possible qu'au-delà d'une certaine taille (GHEÑO et LEGUEN, *op. cit.*), les courbes de croissance obtenues par cette seule méthode ne peuvent être représentatives pour les jeunes individus.

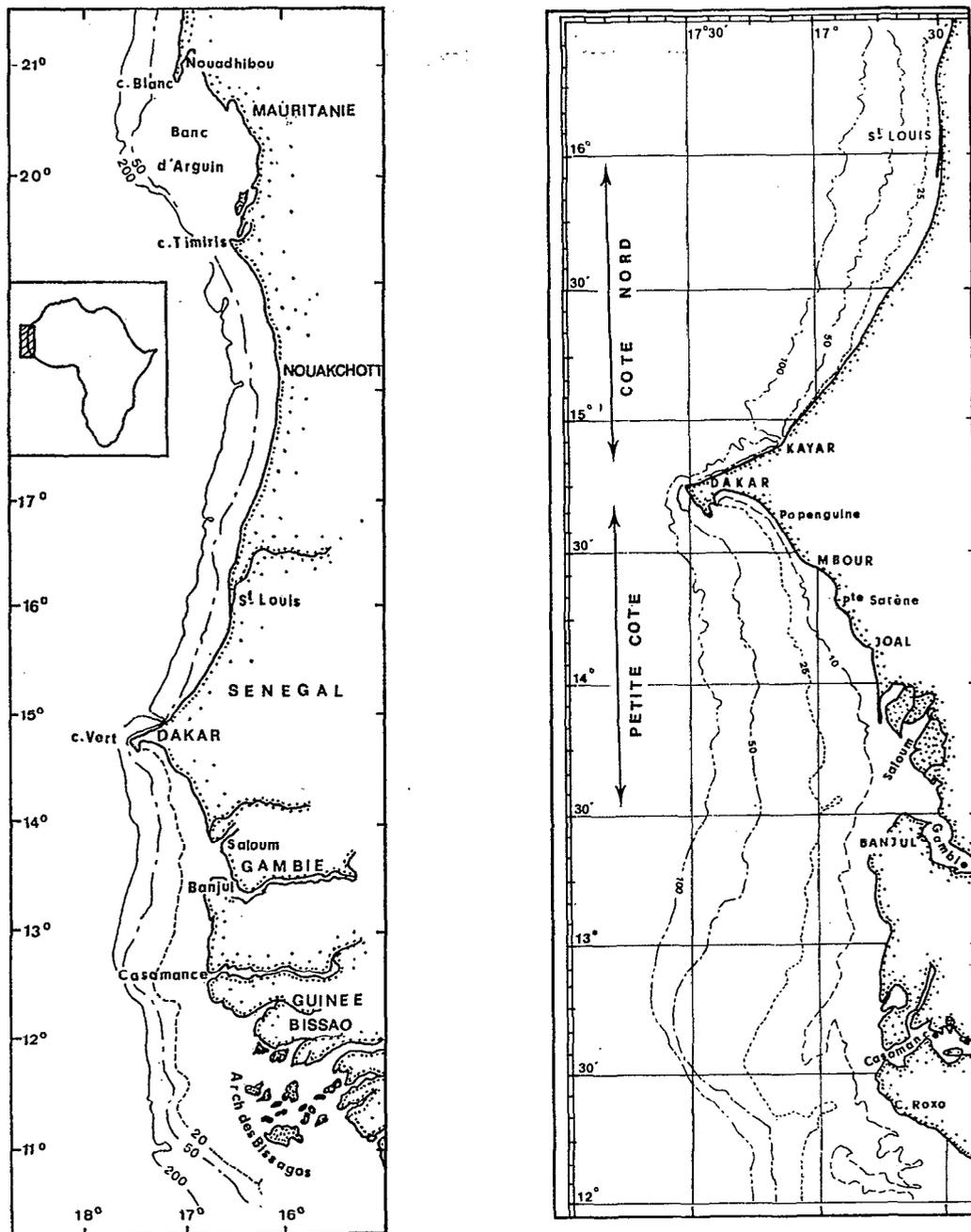


FIG. 1. — Localisation du Sénégal et de la « Petite Côte ». D'après BOELY et al. (1982), modifié. Senegal and « Petite Côte » localization. After BOELY et al. (1982), modified

2.2. Lecture des marques de croissance chez les jeunes reproducteurs et les adultes : lecture des écailles

2.2.1. MATÉRIEL

Le matériel utilisé provient des échantillonnages effectués entre 1978 et 1980 par les techniciens du

CRODT et en 1984-1985 pour la présente étude. La plupart des poissons ont été capturés le long de la Petite Côte du Sénégal (fig. 1) entre Dakar et la Gambie, soit par la pêche artisanale (sennes tournantes, filets maillants droits ou encerclants et sennes de plage), soit par la pêche sardinière dakaraise.

Les écailles de 560 individus ont été utilisées, la moitié capturée en 1978-1980 et l'autre moitié en 1984-1985.

Pour plus de commodité les poissons sont classés en trois catégories : juvéniles de moins de 17 cm, jeunes reproducteurs de 17 à 24 cm et adultes au-dessus de 24 cm. Ces limites, bien qu'étant plus ou moins arbitraires, correspondent à des phases caractéristiques de la vie de l'espèce (BOELY et FREON, 1979). La première maturité est atteinte vers 17 cm et, à cette taille, les poissons sont recrutés dans les pêcheries artisanales et semi-industrielles, vers 24 cm les poissons migrent vers les côtes mauritaniennes et vers le large, devenant accessibles aux pêcheries hauturières lorsqu'elles existent.

2.2.2. PRÉLÈVEMENT ET EXAMEN DES ÉCAILLES

Les écailles ont été prélevées de préférence sous la nagoire dorsale, vers le tiers supérieur du corps, endroit où elles sont le plus lisibles. Toutefois, *S. maderensis* perd ses écailles très facilement à cet endroit, même lorsqu'on prend l'échantillon au moment du débarquement. C'est pourquoi des écailles ont été également prises dans d'autres zones, ce qui provoque une forte variabilité dans la taille et la forme des écailles. Ces différences empêchent l'utilisation de la méthode de rétrocalcul (LEA, 1910), raison pour laquelle la lecture des écailles d'un poisson n'a été employée que pour déterminer son âge au moment de la capture.

Quatre écailles ont été prélevées par poisson et la lecture a été effectuée sur l'écaille la plus nette. Elles ont été nettoyées à l'eau en les frottant entre le pouce et l'index, puis fixées entre deux lames porte-objets.

Les écailles ont été observées par transparence (lumière transmise) à l'aide d'un microscope à écran de type Nikon et avec un grossissement de 50.

2.2.3. DESCRIPTION DES ÉCAILLES ET DÉTERMINATION DE L'ÂGE

Il importe, avant tout, de savoir à quel moment se forme l'anneau. Il est connu que chez les espèces des zones froides et tempérées, la croissance se ralentit en période hivernale du fait des conditions défavorables et que cela se marque sur les pièces osseuses et sur les écailles. Dans l'Atlantique tropical POINSARD et TROADEC (1966), GHENO et LE GUEN (1968) et BOELY *et al.* (1982) ont montré qu'il existait un rythme de croissance basé sur l'alternance de saisons chaudes et froides.

Chez les sardinelles, au Sénégal, et plus spécialement chez *S. maderensis*, l'aspect des écailles est déroutant. Chez les jeunes reproducteurs apparaissent de nombreux annuli et souvent les écailles des poissons

appartenant au même groupe de taille semblent n'avoir aucun lien apparent; parfois, chez un même poisson certains annuli ne se retrouvent pas sur toutes ses écailles. C'est pourquoi seuls les annuli particulièrement nets et apparaissant sur toutes les écailles prélevées ont été pris en compte.

3. RÉSULTATS

3.1. Méthode de Petersen

Quatre cohortes ont pu être identifiées pour la série des 59 semaines de la période 76-77 et, en suivant dans le temps le déplacement des tailles modales, une courbe de croissance pour les tailles allant de 4,5 cm à 13,0 cm de LF a pu être établie (fig. 2 a).

Ainsi, pour cette période les petits individus atteignent la taille de 13,0 cm en 21 semaines, soit un taux de croissance moyen de 1,6 cm par mois.

Pour l'été 85 dans les 21 semaines échantillonnées, deux cohortes ont pu être suivies allant de 4,5 cm à 14,0 cm. Cette dernière taille est atteinte au bout de 20 semaines, soit en moins de cinq mois (fig. 2 b).

Au-delà de 17 cm, il est très difficile de suivre les différentes cohortes, en raison du fort brassage qui se produit entre elles.

3.2. Lecture des marques de croissance sur les écailles

Nous faisons l'hypothèse qu'il y a au Sénégal, deux périodes de ralentissement de la croissance chez *Sardinella maderensis*, à l'instar de *Sardinella aurita* (BOELY *et al.*, 1982), l'une en saison froide (novembre-février) et l'autre en saison chaude (juillet-septembre), séparées par une reprise de la croissance nettement marquée sur les écailles, reprise confirmée par les observations sur la croissance marginale des écailles. La période de formation des annuli s'effectue donc à la suite de chaque période de ralentissement mentionnée.

3.3. Équation de croissance

Pour calculer les paramètres de l'équation de croissance, les données (âge-taille) des juvéniles et des jeunes jusqu'à 14,0 cm proviennent des distributions de fréquences de tailles analysées précédemment et, à partir de cette taille, l'âge a été déterminé par lecture des écailles.

Les données brutes de croissances des deux périodes étudiées (fig. 3), n'étant pas statistiquement au seuil de 1 % (méthode de Fisher), elles ont été regroupées dans une seule courbe (fig. 4).

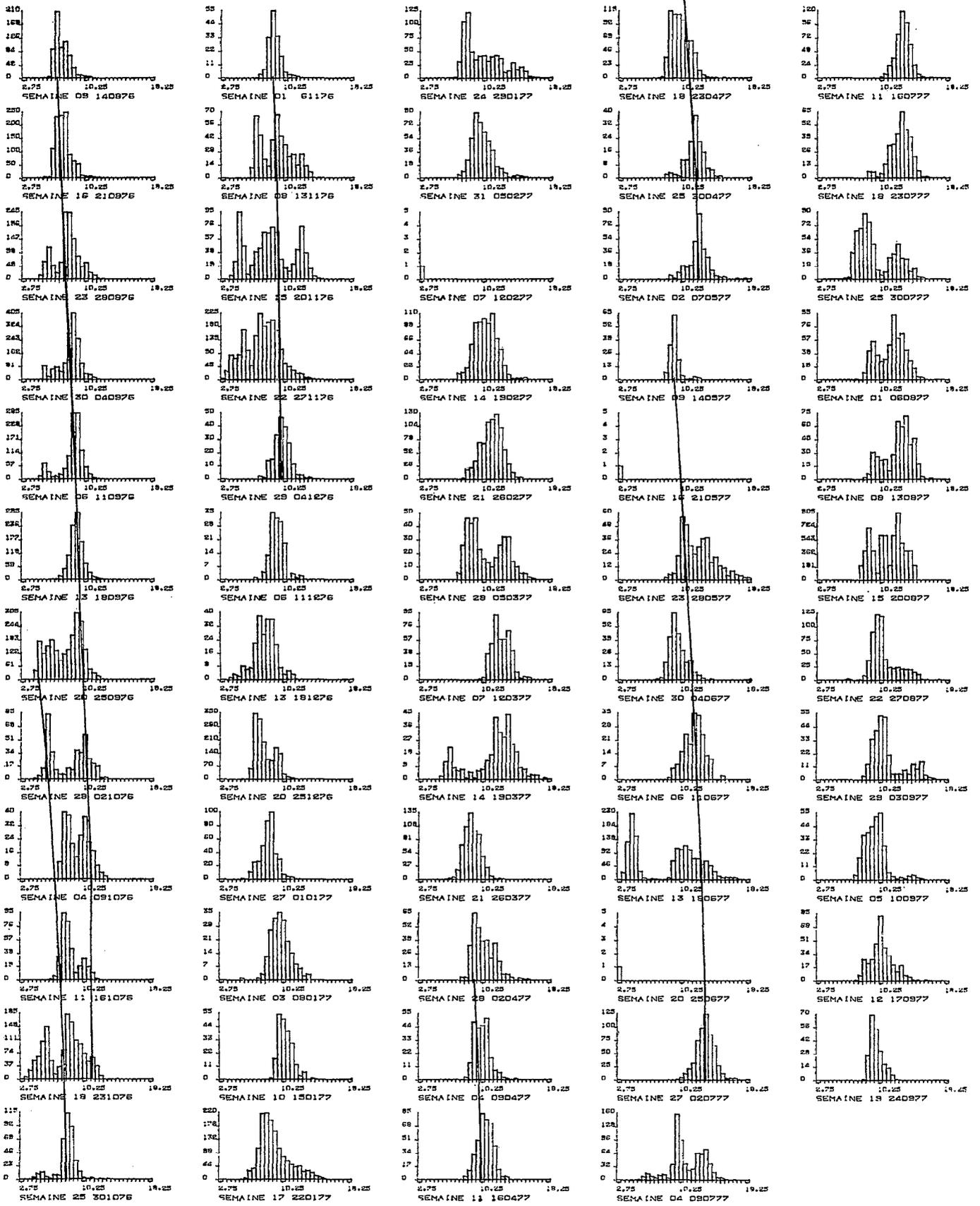
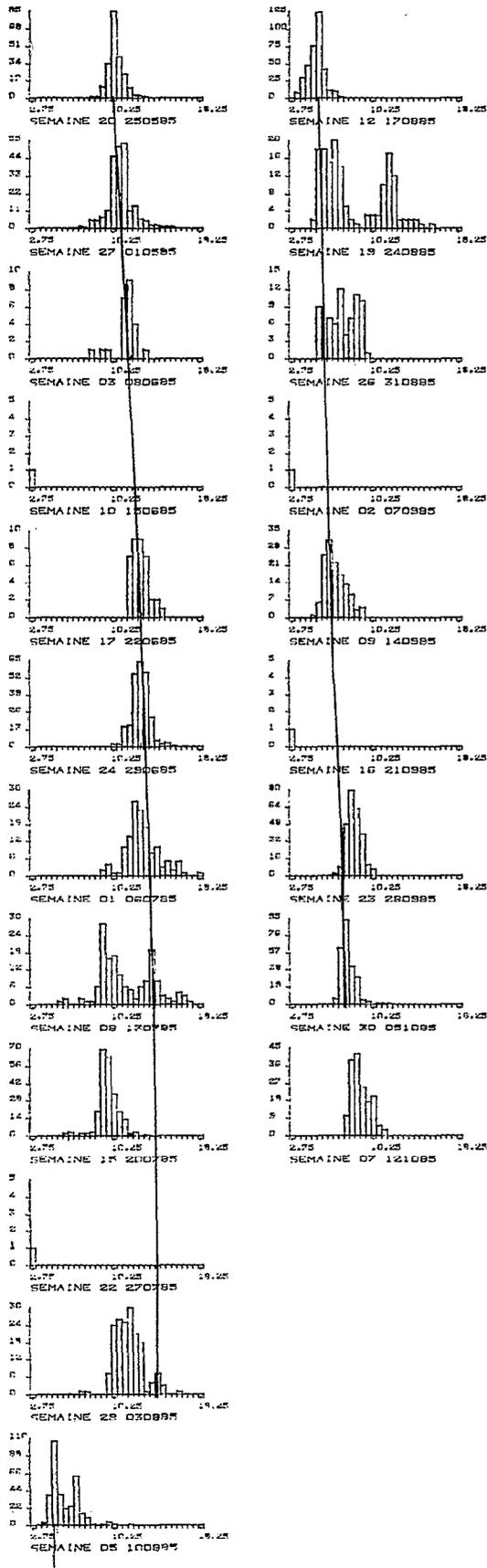


Fig. 2 a. — Histogrammes hebdomadaires de fréquence de taille de *Sardinella maderensis* obtenus à partir des débarquements de senne de plage pour la période septembre 1976 à septembre 1977. Weekly histograms of length frequency for juveniles caught by beach seine. September 1976 to September 1977



Le modèle de von Bertalanffy a été retenu pour l'étude théorique de la croissance avec l'ajustement des moindres carrés réalisé avec le programme BGC3 de TOMLINSON et ABRAMSON (1961).

Les paramètres de l'équation sont les suivants :

$$L_{\infty} = 30,34 \text{ cm}$$

$$k = 0,490 \text{ (annuel)}$$

$$t_0 = 0,589 \text{ (an)}$$

Les couples âge-longueur sont exposés dans le tableau I.

TABEAU I

Couples âge-longueur pour *Sardinella maderensis*. * Valeurs calculées selon les modes de fréquences de taille des débarquements des sennes de plage. *Sardinella maderensis age-length pairs (fork length)*. * Values recorded from length frequency method (beach seine landings)

AGE années	LONG. calculée	LONG. observée	NOMBRE D'INDIVIDUS	ERREUR STANDARD
0,17	09,384	07,971	*	
0,25	10,222	09,960	*	
0,33	11,026	11,562	*	
0,50	12,540	12,886	43	0,366
0,75	14,591	15,412	24	0,403
1,00	16,406	17,279	93	0,336
1,50	19,432	19,776	52	0,357
2,00	21,881	21,542	52	0,357
2,50	23,656	23,412	48	0,360
3,00	25,107	24,670	31	0,385
3,50	26,244	25,430	23	0,406
4,00	27,133	25,557	33	0,381
4,50	27,829	27,334	26	0,397
5,00	28,374	28,271	7	0,550
5,50	28,801	29,699	2	0,863
6,00	29,135	29,924	4	0,661

3.4. Discussion des résultats

3.4.1. MÉTHODE DE PETERSEN

Les résultats obtenus par cette méthode n'ont qu'une valeur statistique, car, pour une distribution de fréquences de tailles unimodale, le même âge est attribué à tous les individus supposés appartenir à une seule et même cohorte. Si l'on considère l'échelle du temps, il est possible que, parmi les plus grands individus, il s'en trouve quelques-uns provenant de la cohorte précédente et, parmi les plus petits, quelques uns provenant de la cohorte suivante, d'autant plus que cette espèce a un recrutement quasi permanent dans les sennes de plage. On sait, de plus, que chez les espèces grégaires, les individus, isolés pour une cause quelconque, se joignent automatiquement au premier groupe qui passe, pourvu qu'il soit constitué d'individus d'une taille sensiblement équivalente à la leur (DAGET et LE GUEN, 1975; FREON, 1984). « Il n'en demeure pas moins

←
FIG. 2 b. — Histogrammes hebdomadaires de fréquence de taille de *Sardinella maderensis* obtenus à partir des débarquements de senne de plage pour la période mai 1985 à octobre 1985. *Weekly histograms of length frequency for juveniles caught by beach seine, May 1985 to October 1985*

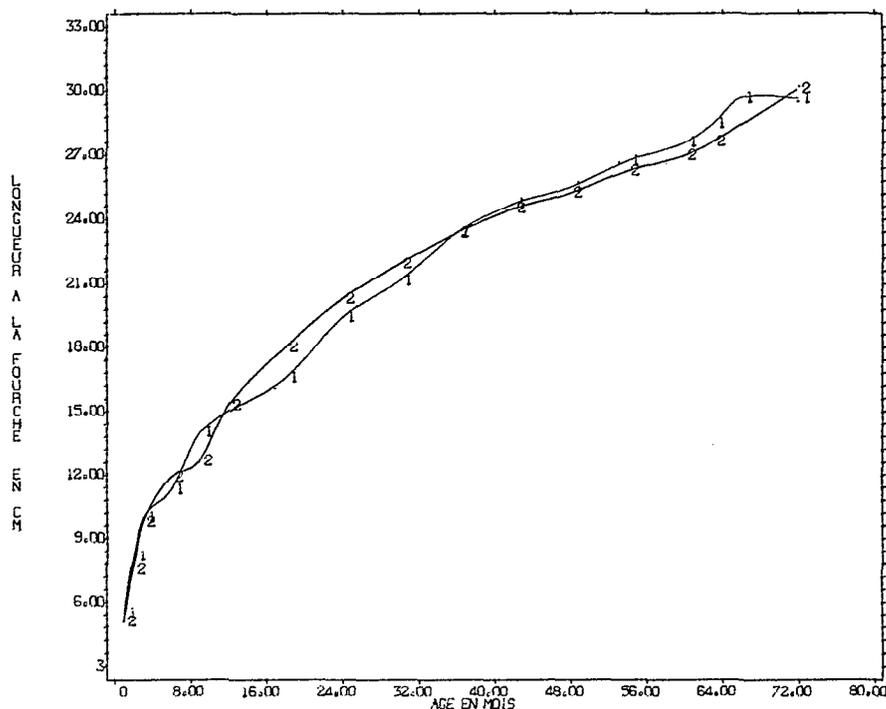


FIG. 3. — Courbes de croissance sans aucun ajustement pour les périodes de 1976-1980 (1) et 1984-1985 (2). Growth curves without mathematical ajustement for two periods, 1976-1978 (1) and 1984-1985 (2)

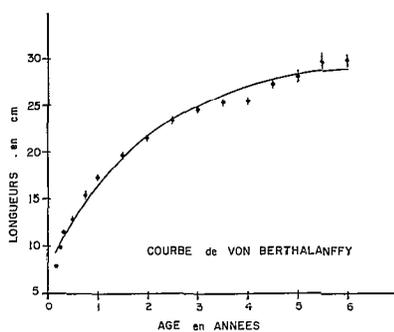


FIG. 4. — Courbe de croissance ajustée avec le modèle de von Bertalanffy pour *Sardinella maderensis* (périodes 1976-1980 et 1984-1985 réunies). *Sardinella maderensis* growth curve in Senegal waters (periods 1976-1980 and 1984-1985 pooled)

qu'en attribuant le même âge moyen à tous les individus ayant une taille identique ou voisine de la taille modale, les résultats obtenus concernant la croissance ou la structure démographique de la population restent statistiquement valables » (DAGET et LE GUEN, *op. cit.*).

BOELY (1980 a), en utilisant cette même méthode, indique que la croissance serait de l'ordre de 2,5 à 3 cm par mois jusqu'à la taille de 9-10 cm, taille

à laquelle elle se ralentirait. Ces résultats sont confirmés par le présent travail.

Les essais d'élevage indiquent que la croissance serait de l'ordre de 1 cm par mois pour des tailles comprises entre 7 et 15 cm (FREON, 1986). La croissance serait donc moins rapide, mais l'eau du bassin a toujours eu une température comprise entre 26° et 28 °C et la nourriture consistait principalement en un broyat de chair de poisson et en débris de gonades ou de contenus stomacaux (de sardinelle). Ces conditions de température et d'alimentation, en plus du confinement, sont très différentes de celles rencontrées par les individus en milieu naturel et ont vraisemblablement un effet négatif sur la croissance.

3.4.2. INTERPRÉTATION DES MARQUES DE CROISSANCE

L'interprétation des écailles est difficile, car seuls 80 % des individus présentaient au moins une écaille lisible parmi celles qui avaient été prélevées et rares étaient les cas où ces écailles étaient aisément interprétables. Au Congo (GHENO et LE GUEN, *op. cit.*), seul un faible pourcentage des écailles était lisible.

Malheureusement, il n'a pas été possible de compter avec une double lecture des écailles, qui aurait pu permettre d'estimer la fiabilité de nos propres observations.

3.4.3. COURBE DE CROISSANCE

L'analyse des paramètres de croissance obtenus indique que l'ajustement de la courbe n'est pas représentatif des petites tailles, la valeur de t_0 étant égal à $-0,589$. De plus, on sait que pour un L_{∞} donné, la loi d'ajustement implique une corrélation négative entre t_0 et k , ce qui laisse supposer que *S. maderensis* croît légèrement plus vite dans la zone étudiée que ce qui est indiqué par nos résultats.

Cette espèce présente vraisemblablement des variations de croissance individuelle et moyenne importantes. En effet, la croissance individuelle est conditionnée par les caractéristiques de la reproduction de l'espèce, qui s'étale sur toute l'année avec un ou deux maximums par an et une forte variabilité interannuelle; ainsi, le lieu et la date des pontes (température, nourriture disponible) seraient des facteurs déterminants de la croissance individuelle. La croissance moyenne quant à elle, serait en partie conditionnée par les différences constatées de l'intensité de l'upwelling d'une année à l'autre.

Si, pour la zone sénégal-mauritanienne, nos résultats ne peuvent être comparés avec nul autre, du fait qu'il n'existe aucune étude portant sur la croissance de *S. maderensis* dans cette zone, une

comparaison avec le stock congolais (GHENO et LE GUEN, 1968) est toutefois possible.

Les valeurs obtenues par ces auteurs sont :

$$\begin{aligned} L_{\infty} &= 24,93 \text{ cm (LF)} \\ k &= 0,9883 \text{ (annuel)} \\ t_0 &= 0,0240 \text{ (an)} \end{aligned}$$

Il en ressort que les poissons du stock congolais croissent plus rapidement avec un L_{∞} inférieur à celui obtenu pour notre zone d'étude. La comparaison des couples âge-longueur des deux régions (Tabl. II), fait ressortir une grande différence, tant pour les petites que pour les grandes tailles. Pour le premier groupe cela tient peut-être aux différentes valeurs de t_0 , pour le second cela proviendrait de la taille maximale atteinte par cette espèce, qui est de 26 cm au Congo et de 31 cm au Sénégal.

Sur un faible échantillon d'otolithes de *S. maderensis*, des marques pouvant être supposées journalières sont indiquées au Congo par GOBERT (1983).

4. CONCLUSION

L'étude des sardinelles plates débarquées par les pêcheries sénégalaises a permis d'obtenir un échantillonnage supposé représentatif et d'étudier la croissance des juvéniles, des jeunes reproducteurs et dans une certaine mesure, des adultes jusqu'à 28 cm.

La croissance de cette espèce serait très rapide au Sénégal; la taille de 18 cm serait atteinte au bout de la première année de vie. Ainsi, une reproduction intensive, donnerait l'année suivante un recrutement important de poissons de près de 20 cm dans les pêcheries sénégalaises.

On peut supposer que la courbe de croissance est représentative de la croissance pour les âges compris entre 3 mois et 4 ans, ce qui couvre largement la période d'exploitation de *Sardinella maderensis* par les différents types de pêche au Sénégal.

Il paraît souhaitable d'approfondir les études de croissance, notamment pour préciser les différentes périodes de naissance et l'âge des grands individus, mal représentés dans les échantillonnages réalisés au Sénégal. Pour ce faire, des études portant sur la croissance journalière seraient à envisager (DEGENS *et al.* 1969, PANNELLA 1971, 1980, BAGENAL 1974).

*Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 15 janvier 1987
et reçu au Secrétariat des Éditions le 20 mars 1987.*

TABLEAU II

Comparaison des couples âge-longueur du stock congolais (GHENO et LE GUEN, 1968) et du stock sénégalais. *Comparison between age-length of congolese (GHENO et LE GUEN, 1968) and senegalese stocks*

AGE Années	LONGUEURS CALCULEES	
	CONGO	SENEGAL
0,17	3,28	9,38
0,25	4,99	10,22
0,33	6,57	11,03
0,50	9,36	12,54
0,75	11,72	14,59
1,00	15,43	16,41
1,50	19,13	19,43
2,00	21,39	21,80
2,50	22,77	23,66
3,00	23,62	25,11
3,50	24,13	26,24
4,00	24,44	27,13
4,50	24,63	27,83
5,00	24,75	28,37
5,50	24,82	28,00
6,00	24,86	29,14

BIBLIOGRAPHIE

- BAGENAL (T.) (ed.), 1974. — The ageing of fish, Old working. Surrey, England, 234 p.
- BLANC (A.), 1950. — Les clupéidés de la Petite Côte. *Bull. Inform. Docum. Serv. Elev. Indust. Anim.* Sénégal, 6 : 7-13.
- BOELY (T.), 1980a. — Biologie des deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita* Valenciennes 1847 et *Sardinella maderensis* Lowe 1841) des côtes sénégalaises. Thèse de doctorat d'État, Université de Paris VI, 219 p.
- BOELY (T.), 1980b. — Étude du cycle sexuel de la sardinelle plate : *Sardinella maderensis* (Lowe, 1841), des côtes sénégalaises. *Cybiurn*, 3^e sér., 8 : 77-88.
- BOELY (T.) et FREON (P.), 1979. — Les ressources pélagiques côtières. In : Les ressources halieutiques de l'Atlantique centre-est. *FAO, Doc. tech. Pêches*, 186 (1) : 13-78.
- BOELY (T.), FREON (P.) et STEQUERT (B.), 1982. — La croissance de *Sardinella aurita* au Sénégal. *Océanogr. trop.*, 17 (2) : 103-119.
- CAMARENA-LUHRS (T.). — Les poissons pélagiques côtiers au Sénégal : biologie et évaluation de ressources. Thèse de troisième cycle, Université de Bretagne occidentale.
- CONAND (F.) et FAGETTI (E.), 1971. — Description et distribution saisonnière des larves de sardinelles des côtes du Sénégal et de la Gambie en 1968 et 1969. *Cah. ORSTOM., sér. Océanogr.*, 9 (3) : 293-318.
- DAGET (J.) et LE GUEN (J. C.), 1975. — Les critères d'âge chez les poissons. 253-289, In : Problèmes d'écologie : la démographie des populations de vertébrés. Masson, Paris.
- DEGENS (E.), DEUSER (W.) and HAEDRICH (R.), 1969. — Molecular structure and composition of fish otoliths. *Int. J. Life Oceans Coast. Wat.*, 2 (22) : 105-103.
- EL-MAGHRABY (A. M.), BOTROS (G. A.) and SOLIMAN (I. A. M.), 1970. — Age and growth studies on *Sardinella maderensis* Lowe and *Sardinella aurita* Cuv. and Val. from the Mediterranean sea at Alexandria (U.A.R.). *Bull. Inst. Oceanogr. Fish. Cairo*, 1 : 48-42.
- FREON (P.), 1986. — Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation : analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. Thèse de doctorat d'État, Université de Marseille, 239 p.
- GHEHO (Y.) et LE GUEN (J.-C.), 1968. — Détermination de l'âge et de la croissance de *Sardinella eba* (Val.) dans la région de Pointe Noire. *Cah. ORSTOM., sér. Océanogr.*, 6 (2) : 70-82.
- GOBERT (B.), 1983. — Observations préliminaires sur la microstructure des otolithes de *Sardinella maderensis* des côtes congolaises. *Doc. Scient. du Centre de Pointe-Noire*, N.S. 60 : 8 p.
- KARTAS (F.), 1981. — Les clupéidés de Tunisie, caractéristiques biométriques et biologiques, étude comparée des populations de l'Atlantique-est et de la Méditerranée. Thèse de doctorat d'État, Faculté des Sciences de Tunisie, 608 p.
- LEA (E.), 1910. — On the methods used in the herring-investigations. *Public. Circonst. Cons. Inter. Explor. Mer*, 53 : 7-38.
- PANNELLA (G.), 1971. — Fish otoliths : Daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173 : 1124-1126.
- PANNELLA (G.), 1980. — Growth patterns in fish sagittae. In : Skeletal growth of aquatic organisms. Biological records of environmental changes. D. Rhoads & R. Lutz (Eds). Plenum Press, New York and London : 519-560.
- POINSARD (F.) et TROADEC (J.-P.), 1966. — Détermination de l'âge par lecture des otolithes chez deux espèces de sciacnides ouest-africains (*Pseudotolithus senegalensis* C. V. et *Pseudotolithus typus* Blkr). *J. Cons. Int. Explor. Mer*, (30) (3) : 291-307.
- POSTEL (E.), 1955. — Résumé de connaissances acquises sur les clupéidés de l'ouest africain. *Rapp. P.V. Cons. Int. Expl. Mer*, 137 : 14-16.
- TOMLINSON (P. K.) and ABRAMSON (N. J.), 1961. — Fitting of Von Bertalanffy growth curve by least squares. California Dept Fish. Game, *Fish. Bull.*, 116 : 69 p.